

ESCOLA DE MEDICINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GERONTOLOGIA BIOMÉDICA
DOUTORADO EM GERONTOLOGIA BIOMÉDICA

MAGDA ALINE BAUER

**DESENVOLVIMENTO E ACURÁCIA DE UM APLICATIVO MÓVEL PARA RASTREIO
AUDITIVO**

Porto Alegre
2018

PÓS-GRADUAÇÃO - *STRICTO SENSU*



Pontifícia Universidade Católica
do Rio Grande do Sul

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE MEDICINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GERONTOLOGIA BIOMÉDICA

MAGDA ALINE BAUER

**DESENVOLVIMENTO E ACURÁCIA DE UM APLICATIVO DE
DISPOSITIVO MÓVEL PARA RASTREIO AUDITIVO**

Porto Alegre

2018

MAGDA ALINE BAUER

**DESENVOLVIMENTO E ACURÁCIA DE UM APLICATIVO DE
DISPOSITIVO MÓVEL PARA RASTREIO AUDITIVO**

Tese de doutorado apresentada à banca examinadora como requisito para obtenção do título de Doutor (a) em Gerontologia Biomédica pelo Programa de Pós-graduação em Gerontologia Biomédica da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS).

Linha de pesquisa: Envelhecimento e Saúde Pública.

Orientador: Ângelo José Gonçalves Bós

Porto Alegre

2018

Ficha Catalográfica

B344d Bauer, Magda Aline

Desenvolvimento e acurácia de um aplicativo de dispositivo móvel para rastreio auditivo / Magda Aline Bauer . – 2018.

92 f.

Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Gerontologia Biomédica, PUCRS.

Orientador: Prof. Dr. Ângelo José Gonçalves Bós.

1. Audiometria. 2. Perda Auditiva. 3. Programas de Rastreamento. 4. Aplicativos Móveis. I. Gonçalves Bós, Ângelo José. II. Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da PUCRS
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Bibliotecária responsável: Salete Maria Sartori CRB-10/1363

MAGDA ALINE BAUER

**DESENVOLVIMENTO E ACURÁCIA DE UM APLICATIVO DE
DISPOSITIVO MÓVEL PARA RASTREIO AUDITIVO**

Tese doutorado apresentada à banca examinadora como requisito para obtenção do título de Doutor (a) em Gerontologia Biomédica pelo Programa de Pós-graduação em Gerontologia Biomédica da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS).

Prof. Dr. Ângelo José Gonçalves Bós - PUCRS (Orientador)

Profa. . Dra.. Adriane Ribeiro Teixeira- UFRGS

Prof.. Dr. Afonso Henrique Corrêa de Sales – PUCRS

Prof. Dr. Rodolfo Herberto Schneider – PUCRS

Porto Alegre

2018.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, quero agradecer ao meu querido e dedicado orientador, Prof. Dr. Ângelo Bós, que foi incansável nos ensinamentos e sempre esteve disponível em todas as etapas desta jornada.

Minha gratidão à PUCRS e principalmente ao Programa de Pós-Graduação em Gerontologia Biomédica pela oportunidade de aprendizado. Os mestres e funcionários que são exemplos de profissionalismo e cordialidade.

A CAPES pela bolsa de estudo que proporcionou a permanência no doutorado. A UFRGS pela liberação de horas de trabalho, por acreditarem nos servidores e por proporcionarem o crescimento profissional.

Aos colegas que passaram ou estiveram todos esses anos comigo, meus mais sinceros agradecimentos pelas experiências compartilhadas, pelos dias de convívio, pelo conhecimento que dividiram e por tornarem a trajetória leve e divertida.

Aos amigos do AMPAL, levarei nossas produtivas discussões para a vida. Aprendi conhecimentos científicos e técnicos de várias áreas com vocês, me engrandeceram profissionalmente. Também, compartilhamos o carinho por atender idosos e tivemos ótimos momentos de confraternizações. Espero que sigamos assim!

Aos longevos que participaram do AMPAL meu reconhecimento pelos ensinamentos de vida, pela oportunidade de aprendizado e pelo desejo de conhecer cada vez mais sobre o envelhecimento. Da mesma forma, obrigada a todos que participaram desta pesquisa com presteza e disponibilidade.

Aos colegas e amigos de UFRGS, gratidão por compreenderem e apoiarem minha ausência.

Aos professores da minha banca de qualificação e defesa de doutorado, agradeço pelo tempo, dedicação, contribuições e disponibilidade para estarem comigo neste momento importante do curso. Saibam que são exemplos a serem seguidos!

Minha família, a qual sou grata por fazer parte, agradeço o apoio, incentivo e confiança. Meus pais, que acreditaram em mim desde meu primeiro sorriso e estiveram ao meu lado comemorando todas minhas conquistas desde então, esse título também é de vocês. Meu marido e filho, vocês me deram os “títulos” mais importantes que tenho: Esposa e Mãe, minhas estrelas do Lattes vão para vocês.

Por fim, e igualmente importante, agradeço a Deus pelas oportunidades que sempre coloca em meu caminho e por tantas pessoas especiais que tive o privilégio de

conviver durante o doutorado, as quais carregarei comigo em minha atuação profissional e no coração por onde for.

Gratidão!

RESUMO

A audição é considerada uma função complexa, sendo essencial para o processamento dos eventos acústicos e para a emissão e compreensão dos sinais de fala. O comprometimento da audição, ou perda auditiva (PA), pode ser ocasionado por diversos fatores e as implicações variam de acordo com o tipo, grau, causa e idade de acometimento. O diagnóstico e a reabilitação da PA necessitariam ser feitos de forma precoce, em todas as fases da vida. Desta forma, a triagem auditiva deveria ser um procedimento usual que possibilitasse a identificação pré-clínica e os encaminhamentos necessários, evitando as consequências da privação deste sentido. Atualmente, a triagem é feita por meio de questionários padronizados ou através da realização de testes auditivos simplificados, que não visam determinar limiares auditivos, e sim identificar a possibilidade de que o indivíduo apresente PA. Com isso, aplicativos móveis mostram-se uma boa alternativa. No entanto, verificamos a falta de um aplicativo nacional, completo e validado. Por isso, nosso objetivo foi desenvolver um aplicativo e avaliá-lo a fim de verificar seu desempenho na identificação de PA e ainda compará-lo com outro instrumento de rastreio validado. O aplicativo, chamado Ouviu, foi criado utilizando-se o conhecimento audiológico e as ferramentas disponíveis na plataforma Ios. Avaliamos 185 pessoas, idades entre 6 e 96 anos, distribuídas em 5 grupos etários, realizando audiometria e rastreio auditivo através de dois instrumentos: *HearCheck* e aplicativo.. Entre os resultados, ficou evidenciado que a sensibilidade do aplicativo para identificar PA foi aproximadamente 97%, enquanto a do *HearCheck* 79%. O valor preditivo positivo do aplicativo mostrou que a probabilidade de uma pessoa ser identificada com este instrumento e realmente ter PA foi 94%, o *HearCheck* foi de 96%. Os falsos negativos, que deixaram de identificar PA, foram menores no aplicativo (3%) que no *HearCheck* (21%). Assim, o aplicativo desenvolvido mostrou-se eficaz como uma ferramenta de rastreio auditivo, sendo melhor que *HearCheck* na identificação de PA leve. Além de ser portátil, de fácil aplicação, baixo custo e rápida execução, o aplicativo tem a vantagem de avaliar o ruído ambiental para realizar o exame, e também a não necessidade de quaisquer *hardwares* para acoplar ao dispositivo móvel.

Palavras chaves: Audiometria, Perda Auditiva, Programas de Rastreamento, Aplicativos Móveis.

ABSTRACT

Hearing is considered a complex function, and it is essential to processing acoustic events and to producing and understanding speech signs. Hearing loss (HL) can be caused by several factors and the implications vary due to type, degree and age of occurrence. HL diagnosis and rehabilitation need to take place early, during all stages of life. In this sense, hearing triage should be a usual procedure, one to convey the preclinical assessment and the proper follow through, in order to avoid the consequences brought by the deprivation of this sense. Currently, triage is conducted through standard surveys or through simplified hearing tests. These instruments do not aim to determine hearing edges, but to identify the possibility of HL in the individual. Therefore, mobile applications (app) represent a good alternative. However, there is not a national app that is both complete and verified. For this reason, our objective was to develop an app, assessing its performance in identifying HL, and also comparing it with another verified tracking device. App, named “Ouviu”, was developed by applying audiology knowledge and the tools available in the iOS platform. One hundred five participants were assessed, from 6 to 96 years old, classified into 5 age groups. The audiometric in all participants was performed through 2 devices: HearCheck and app. The results have shown, among other, that the app sensitivity to identify HL was close to 97%, while HearCheck was 79%. The predictive positive value of app demonstrated that the probability of an individual to be identified with HL was 94%, while HearCheck was 96%. False negatives, which missed HL identification, were fewer with app (3%) than HearCheck (21%). So, the app developed has proved to be efficient as a hearing tracking device, being more effective than HearCheck in the sight HL identification. Besides being portable, easy to handle, less expensive and quick to use, app has as an advantage of evaluating environment noise during the exam, and, also, it does not require any hardware to connect to the mobile device.

Key Word: Audiometry, Hearing Loss, Mass Screening, Mobile Applications

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	15
2.1 PERDA AUDITIVA.....	15
2.2 AVALIAÇÃO AUDITIVA	18
2.2.1 Audiometria.....	18
2.2.2 Triagem Auditiva ou Rastreio Auditivo.....	18
2.3 O USO DE APLICATIVOS	20
3 HIPÓTESES.....	23
4 OBJETIVOS.....	24
4.1 OBJETIVO GERAL	24
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	24
5 METODOLOGIA.....	25
5.1 DELINEAMENTO DO ESTUDO	25
5.2 PARTICIPANTES.....	25
5.3 DESENVOLVIMENTO DO APLICATIVO	26
5.4 PROCEDIMENTO	28
5.5 ANÁLISE DOS DADOS.....	30
5.5 ASPECTOS ÉTICOS	31
6 RESULTADOS	33
6.1 DESENVOLVIMENTO DO APLICATIVO	33
6.2 DISTRIBUIÇÃO DA AMOSTRA.....	35
6.3 DESEMPENHO DO APLICATIVO.....	35
7 DISCUSSÃO	45
7.1 DESENVOLVIMENTO DO APLICATIVO	45
7.2 PARTICIPANTES.....	46
7.3 DESEMPENHO DOS INSTRUMENTOS DE RASTREIO.....	47
8 CONCLUSÕES.....	52
REFERÊNCIAS.....	54
APÊNDICE A: TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO – MAIORES DE IDADE	59
APÊNDICE B: TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO – MENORES DE IDADE	61
APÊNDICE C: FICHAS PARA ANOTAÇÃO DOS RESULTADOS	63

APÊNDICE D: ARTIGO PUBLICADO.....	64
APÊNDICE E: EQUIPAMENTO <i>HEARCHECK SCREENER</i>	65
APÊNDICE F: APLICATIVO OUVIU	66
ANEXO I: ARTIGO SUBMETIDO.....	68
ANEXO II: APROVAÇÃO COMISSÃO CIENTÍFICA DO IGG	88
ANEXO III: APROVAÇÃO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA DA PUCRS	89

1 INTRODUÇÃO

A audição é uma função extremamente complexa, sendo essencial para o processamento dos eventos acústicos e para a emissão e compreensão dos sinais de fala. A perda auditiva pode ser ocasionada por diversos fatores, dentre eles, os pré-natais, como herança genética, malformações da orelha interna, infecções congênitas pelo vírus da rubéola, citomegalovírus, herpes, toxoplasmose e sífilis; as perinatais, como anóxia, prematuridade, hiperbilirrubinemia, traumatismo craniano e trauma sonoro; e pós-natais, dentre elas, causas metabólicas, como hipotireoidismo e diabetes, infecções virais como rubéola, varicela-zoster, influenza, caxumba, citomegalovírus, meningite bacteriana, encefalite e otite média crônica (PEREIRA et al., 2014). A perda auditiva pode, também, ser advinda de exposição excessiva a ruídos (SLIWINSKA-KOWALSKA; DAVIS, 2012) e múltiplos fatores que atuam sobre o ouvido interno ao longo da vida que cumulativamente levam à presbiacusia (OHLEMILLER, 2009).

As consequências da perda auditiva variam de acordo com o tipo, grau, causa e idade de acometimento. Nas crianças e adolescentes podem ser observados comprometimentos linguísticos, educacionais e psicossociais (MONTEIRO et al., 2009). Nos adultos e idosos, geralmente se observa isolamento, com restrições de participação na vida social e familiar, muitas vezes para não se tornar motivo de zombaria ou desprezo (FRANCELIN; MOTTI; MORITA, 2010). A perda auditiva ainda pode estar associada ao declínio cognitivo, depressão e redução do estado funcional (CRUZ et al., 2009).

O diagnóstico e a reabilitação da deficiência auditiva deveriam ser feitos de forma precoce, tanto nas crianças quanto nos indivíduos em outras fases da vida. Ocorre, porém, que em muitas situações a perda auditiva ocorre de forma gradual, com progressão lenta, e, muitas vezes, não é percebida ou é negada pelos indivíduos (FRANCELIN; MOTTI; MORITA, 2010). Assim, a triagem auditiva deveria ser um procedimento usual em escolas, hospitais, postos de saúde, clínicas e no próprio domicílio, visando a testagem de forma rápida, simples e barata de um número elevado de indivíduos, possibilitando o diagnóstico precoce e os encaminhamentos necessários, evitando as consequências da privação auditiva.

Atualmente, a triagem pode ser feita por meio de questionários padronizados (SAMELLI et al., 2011) ou por realização de testes auditivos simplificados, que não visam determinar limiares auditivos, e sim identificar a possibilidade de que o indivíduo

apresente perda auditiva. Podem também ser realizadas por instrumentos para triagem, como é o caso do equipamento para triagem auditiva *HearCheck Screener*, que pode ser usado em indivíduos das mais diferentes faixas etárias. Foi concebido para ser usado em ambientes silenciosos, não implicando em uso de cabina acústica. O funcionamento do aparelho é simples e não traz qualquer desconforto ao paciente. O examinador deve anotar os sons percebidos pelo indivíduo, sendo que a percepção de menos de três sons indica que o paciente deverá ser encaminhado para avaliação audiológica completa (CARDOSO et al., 2014). No entanto, apesar dos benefícios já verificados desse equipamento de triagem, o aparelho tem custos relativamente elevados, apresenta limitação no número de testes que realiza (800 orelhas) e frequências avaliadas (1000 e 3000 Hz), além de precisar de profissionais qualificados para a utilização.

Rastrear a audição é uma preocupação já consagrada, e várias alternativas vêm sendo sugeridas neste intuito. Com a população idosa essa preocupação não é diferente. Sabemos que o acesso a exames auditivos não é uma realidade para essa população. O deslocamento, encaminhamentos, profissionais qualificados e locais para realização dos exames são umas das barreiras enfrentadas por essa faixa etária. Por isso, na Cartilha Idosa foi proposto o uso do teste do Sussurro como parte integrante das medições que devem ser realizadas no idoso. Porém, Bauer et al. (2017) avaliaram longevos com esse teste e compararam os resultados com o *Hearcheck* e não obtiveram resultados satisfatórios, sugerindo que o teste do Sussurro, como indicado para ser realizado, deixa de detectar possíveis perdas auditivas.

De tal modo, sabendo da necessidade de um instrumento que atendesse a essa demanda, verificamos na literatura que os aplicativos para dispositivos móveis se mostravam como uma boa alternativa para realizar o rastreamento auditivo, já que têm os benefícios de serem mais baratos, apresentarem melhor acesso entre usuários e profissionais da saúde, terem aplicação e registro simplificados, serem portáteis e não necessitarem de assistência periódica. Os aplicativos estão disponíveis para *download* nas plataformas iOS e Android, muitos deles gratuitos. Alguns já foram testados com resultados positivos, e outros, nem tanto (ABU-GHANEM et al., 2016; AMLANI, 2014; FOULAD; BUI; DJALILIAN, 2013).

Apesar da já existência de alguns aplicativos, vimos que algumas questões dificultavam sua utilização em maior escala. A principal era o uso de fones de ouvido, uma vez que a necessidade de ter um *hardware* como este dificulta seu emprego, devido às imposições de se fazer a higienização após o uso, de se ter fones de boa qualidade, de

ter um contato mais invasivo com o examinado e maiores gastos. Também não encontramos aplicativos nacionais validados para a população brasileira e gratuitos. Ainda, em sua maioria os aplicativos existentes buscam replicar uma audiometria, fazendo uma varredura em todas as frequências. Como nosso intuito era rastrear, queríamos algo mais conciso e que pudesse ser usado por outros profissionais que não necessariamente tivessem conhecimentos audiológicos e que levasse em consideração o ruído ambiental do local da testagem.

Vendo a necessidade de um instrumento de rastreio diferenciado que auxiliasse na pesquisa da acuidade auditiva, pensamos em desenvolver um aplicativo, acreditando ser esta uma forma simples, barata, eficaz, segura e rápida de identificar possíveis perdas. Dessa maneira, a presente tese teve como objetivo principal desenvolver e avaliar o desempenho de um aplicativo de rastreio auditivo em diferentes faixas etárias.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 PERDA AUDITIVA

Os dois principais tipos de perda auditiva são condutivas e neurossensoriais. As perdas auditivas condutivas geralmente envolvem anormalidades da orelha externa ou média e têm uma causa mecânica (por exemplo, tímpano perfurado, fluido no ouvido médio, desarticulação da cadeia ossicular, acúmulo de cerume), por isso, muitas vezes, o tratamento pode ser cirúrgico ou medicamentoso (YUEH et al., 2003). No entanto, mais de 90% das perdas auditivas são neurossensoriais, que normalmente resultam de danos permanentes nas células ciliadas da cóclea, localizadas na orelha interna (YUEH et al., 2003).

A perda auditiva neurossensorial, gradual e progressiva que acompanha a idade, conhecida como presbiacusia, é um acometimento muito comum na população idosa (LIN, 2011) e caracteriza-se pela diminuição da sensibilidade auditiva, principalmente para frequências altas, além da dificuldade para compreender a fala em ambientes ruidosos, detectar a localização sonora e realizar o processamento central de estímulos acústicos (NATIONAL INSTITUTE ON DEAFNESS AND OTHER COMMUNICATION DISORDERS, 2013).

Embora as pessoas geralmente atribuam a perda auditiva a um processo de envelhecimento, atualmente ela vem sendo uma crescente preocupação também para a população jovem (MARRON et al., 2014). Isso ocorre devido à exposição a níveis elevados de pressão sonora em ambiente ocupacional, mas também, em parte, devido à exposição ao ruído durante atividades recreativas, como escutar música com fones de ouvido em intensidade excessiva, o que é preocupante, pois muitos jovens não são conscientes de que esse hábito pode ocasionar um dano irreversível à sua audição (PUNCH; ELFENBEIN; JAMES, 2011). Em média, uma pessoa saudável terá audição normal pelo menos até os 60 anos de idade, se não for exposta a níveis excessivos de ruído sem proteção auricular (NADLER, 2003).

Segundo a Organização Mundial da Saúde (WHO, 2012), 360 milhões de pessoas (5,3% da população) do mundo têm surdez incapacitante, dentre estes 328 milhões de adultos (91%) e 32 milhões de crianças (9%), sendo estimado que a maioria dessas pessoas viva em países em desenvolvimento ou subdesenvolvidos.

No Brasil, em 2010, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 5,1% da população residente apresentava algum grau de deficiência auditiva. Essa deficiência estava em terceiro lugar entre as deficiências citadas e se apresentava de diferentes formas: 340 mil pessoas informaram não conseguir ouvir de modo algum, aproximadamente 1,8 milhão disseram ter grande dificuldade, e mais de 7,5 milhões relataram ter alguma dificuldade. Na distribuição por idades, constatou-se que, de 0 – 14 anos, 1,3% apresentava deficiência auditiva, subindo para 4,2% entre 15 – 64 anos, e chegando a 25,6% das pessoas com 65 anos ou mais. Esse aumento proporcional da prevalência da deficiência em relação à idade advém das limitações do próprio fenômeno do envelhecimento, quando há uma perda gradual das acuidades e capacidades do indivíduo (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2010). Essa relação diretamente proporcional entre a incidência do problema e o avanço da idade é igualmente observada no mundo: enquanto a prevalência de PA em crianças é de 1,7%, e em maiores de 15 anos fica em torno de 7%, ela chega a acometer 1 para cada 3 indivíduos com mais de 65 anos (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2012).

Quanto ao gênero, os homens têm maior incidência de PA. Mundialmente, foi referida por 56% homens e 44% mulheres (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2012). Igualmente, no Brasil, 5,3% da população de homens referiu ter PA, enquanto 4,9% da população feminina. Nos idosos, a deficiência auditiva foi declarada por 28,2% dos homens de 65 anos ou mais de idade, enquanto 23,6% das mulheres desse grupo etário declararam ter o mesmo tipo de deficiência (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2010).

Esses índices nem sempre refletem a realidade, pois são inferidos a partir de informações da percepção do participante da pesquisa, que pode não ter realizado avaliações auditivas para comprovar clinicamente seu déficit auditivo. Tal imprecisão também ocorre nos resultados obtidos pelo Censo Demográfico, uma vez que as perguntas formuladas buscaram identificar as deficiências – entre elas auditiva – com seus graus de severidade através da percepção da população sobre sua dificuldade – no caso, de ouvir – mesmo com o uso aparelho auditivo.

Em crianças recém-nascidas, com a obrigatoriedade do teste da orelhinha, esses índices passaram a ser aferidos clinicamente. Em um estudo de incidência de PA entre nascidos num hospital, foram avaliadas 798 crianças, e encontrada prevalência de 1,8% de PA auditiva geral. Já dentre os casos de PA neurossensorial, o índice foi de 0,5%.

Segundo esses autores, o índice de 0,5% foi semelhante aos índices encontrados em estudos que utilizaram o registro das emissões otoacústicas ou a avaliação auditiva comportamental em recém-nascidos de berçário comum e UTI, e ficou compatível com a literatura consultada, que fez referência à incidência de perda auditiva em recém-nascidos em torno de 1 a 3 em mil nascidos vivos (TIENSOLI et al., 2007).

Nos adolescentes e adultos jovens, a exposição a ruídos tem se destacado devido à repercussão da PA. Uma meta-análise sobre a prevalência de PA nessa população estimou que nos estudos autorreferidos a prevalência foi inferior a 2%, enquanto nos que realizam audiometria foi de algo entre 11,5 e 15,8% (MARQUES; MIRANDA-FILHO; MONTEIRO, 2015).

Em idosos, com dados da Pesquisa Nacional de Saúde, a autorreferência de PA foi de 28% dentre os 7.167 participantes. No entanto, os autores observaram que esse índice foi inferior ao encontrado na literatura, que se baseia em resultados de testes auditivos aplicados em idosos, e sugeriram que se esse percentual poderia ser maior caso testes objetivos tivessem sido realizados (BAUER et al., 2017a). Foi exatamente isto o observado num estudo que fez a comparação entre a queixa e a perda auditiva: os pesquisadores averiguaram que somente 24% dos idosos tinham queixa específica acerca de audição, apesar de 66% apresentarem PA em algum grau (TEIXEIRA et al., 2009).

As consequências da perda auditiva variam de acordo com o tipo, grau e idade de acometimento. Nas crianças e adolescentes podem ser observados comprometimentos linguísticos, educacionais e psicossociais (MONTEIRO et al., 2009). Nos adultos e idosos geralmente se observa isolamento, com restrições de participação na vida social e familiar, muitas vezes para não se tornar motivo de zombaria ou desprezo (FRANCELIN; MOTTI; MORITA, 2010). A perda auditiva ainda pode estar associada ao declínio cognitivo, depressão e redução do estado funcional (CRUZ et al., 2009). A associação entre maior PA e resultados alterados em rastreio cognitivo também foi constatado nos idosos avaliados por Oliveira et al. (2014). Nesse trabalho, os autores observaram que 80% dos indivíduos com rastreamento cognitivo normal apresentaram limiares auditivos menos afetados, enquanto 60% dos com rastreamento cognitivo alterado apresentaram maior grau de perda auditiva (OLIVEIRA et al., 2014).

2.2 AVALIAÇÃO AUDITIVA

2.2.1 Audiometria

A audiometria tonal limiar é o exame mais conhecido para avaliação da audição, é ainda o padrão-ouro para verificar a acuidade auditiva do indivíduo. Por essa razão, é com ela que todos os testes são comparados e validados.

Através desse exame, a perda auditiva pode ser detectada e quantificada, sendo realizado pelo profissional fonoaudiólogo (YUEH et al., 2003). A audiometria tonal limiar consiste na apresentação de sons de várias intensidades [medidas em *decibels* (dB)] em diferentes frequências [medidas em Hertz (Hz)] a cada orelha e no registro da menor intensidade ouvida pela sujeito, ou seja, o limiar auditivo daquela orelha para a frequência testada - um limiar mais alto indica uma pior audição (MASTERSON et al., 2013).

Com as intensidades mínimas obtidas, tanto por via aérea como por via óssea, na audiometria a perda auditiva pode ser classificada quanto ao tipo (condutiva, neurossensorial e mista) e grau (FRAZZA et al., 2004). Uma das classificações mais utilizadas para determinar o grau de perda auditiva é a da Organização Mundial da Saúde (OMS), que utiliza-se a média dos limiares obtidos nas frequências de 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz e 4000 Hz, sendo que valores de média iguais ou inferiores a 25 dBNA indicam limiares auditivos normais; entre 26 e 40 dBNA, perda auditiva de grau leve; entre 41 e 55 dBNA, perda auditiva de grau moderado; entre 56 e 80 dBNA, perda auditiva de grau moderadamente severo; entre 71 e 90 dBNA, perda auditiva de grau severo, e média superior a 91 dBNA, perda auditiva de grau profundo (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 1997).

2.2.2 Triagem Auditiva ou Rastreio Auditivo

A triagem pode ser feita por meio de questionários padronizados (SAMELLI et al., 2011) ou por realização de testes auditivos simplificados, que não visam determinar limiares auditivos, e sim identificar a possibilidade de que o indivíduo apresente perda auditiva.

Na população de recém-nascidos, a triagem auditiva é o teste mais conhecido. Capaz de detectar a presença de PA, esse exame deve ser realizado por profissionais qualificados. O exame faz parte da rotina do bebê, e os resultados, quando ocorrem falhas, indicando possível comprometimento auditivo, são encaminhados para avaliação mais ampla. Independente de apresentarem fatores de risco para alterações auditivas, todas as crianças devem ser encaminhadas para a Triagem Auditiva (TIENSOLI et al., 2007).

Além dos questionários padronizados, se utiliza os autorrelatos para possível identificação de PA, conforme abordado anteriormente sobre o IBGE e a Pesquisa Nacional de Saúde.

Sabendo que os idosos têm maiores comprometimentos auditivos, comparado com as demais faixas etárias, e que identificar e encaminhar o idoso de forma rápida e simples se faz necessário, o Teste do Sussurro consta no Caderno de Atenção Básica preconizado pelo Ministério da Saúde (BRASIL, 2006). Nessa publicação sugere-se a utilização do Teste do Sussurro (*whisper*), em que o examinador deve ficar fora do campo visual da pessoa idosa, a uma distância aproximada de 33 cm, e deve sussurrar, em cada ouvido, uma questão simples (exemplo: “qual o seu nome?”). Caso a pessoa não responda, o examinador deve verificar o conduto auditivo a fim de afastar a possibilidade de cerume ser a causa da diminuição da acuidade auditiva e encaminhar para audiometria. Ainda nesse caderno, são sugeridas questões simples para avaliar a audição (Compreende a fala em situações sociais?; Consegue entender o que ouve no rádio ou televisão?; Tem necessidade de que as pessoas repitam o que lhe é falado?; Sente zumbido ou algum tipo de barulho no ouvido ou cabeça?; Fala alto demais?; Evita conversar?; Prefere ficar só?).

Apesar de a PA ser mais comum entre os idosos, os testes auditivos devem rastrear qualquer indivíduo de maneira eficiente e econômica (NAKAMURA, 2004). Nesse sentido, o *HearCheck Screener (HearCheck)* é um equipamento de rastreio que pode ser utilizado em indivíduos das mais diferentes faixas etárias. Foi concebido para ser usado em ambientes silenciosos, não implicando uso de cabina acústica, com funcionamento simples e sem trazer desconforto ao paciente. Para a triagem são emitidos uma série de seis sons, sendo três na frequência de 1000 Hz, e três na frequência de 3000Hz, em intensidades decrescentes. O examinador deve observar os sons percebidos pelo indivíduo e considerar que a percepção de menos de 5 sons sugere alteração auditiva (CARDOSO et al., 2014). A eficácia desse aparelho, *HearCheck*, foi

constatada em um único estudo, com adultos de meia-idade e idosos (entre 48 e 85, com média de 65 anos), que demonstrou ter sensibilidade (94,7% para orelha direita e 100% para orelha esquerda) e especificidade (65,9% - 74,3%) consideráveis (CARDOSO et al., 2014). Apesar de ser um bom instrumento de rastreio, o *HearCheck* tem limitações que vão desde a aquisição do equipamento, passando pela vida útil (com isso custos), necessidade de profissionais qualificados para o uso e a falta de domínio técnico por parte dos profissionais de saúde (BAUER et al., 2017a).

2.3 O USO DE APLICATIVOS

A disseminação das tecnologias de informação e o desenvolvimento de aplicativos para dispositivos móveis têm se mostrado bastante úteis em diversas áreas, incluindo a saúde. Os benefícios do uso dessas ferramentas têm sido descritos em várias situações de saúde, como por exemplo, facilitar a adesão de pacientes em tratamentos de câncer e diabetes (BURHENN; SMUDDE, 2015; HUMBLE et al., 2016) e auxiliar na prática profissional de dermatologistas, por meio da câmera dos aparelhos móveis (ASHIQUE; KALIYADAN; AURANGABADKAR, 2015), e ortopedistas, através de aplicativos que auxiliam em cirurgias (FRANKO, 2011).

Em relação à habilidade auditiva, muitos aplicativos estão disponíveis. Em 2016, um artigo fez uma busca dos aplicativos disponíveis com essa temática. Na época, encontraram 1100 aplicativos nas lojas da Google Play e Apple App Store. Destes, 34 tinham o objetivo de avaliar a audição: 4 eram com função de otoscopia (verificação do meato acústico), e 30 eram rastreadores dos limiares auditivos. Os autores ainda buscaram por estudos de validação que utilizaram aplicativos e os compararam com a audiometria. Foram encontrados 11 estudos com 6 aplicativos diferentes, e os demais usando o mesmo (uHear, da Apple). Cabe ressaltar que apenas um aplicativo era gratuito (BRIGHT; PALLAWELA, 2016).

O aumento das tecnologias de aplicativo vem tentar superar os desafios e carências na avaliação auditiva, no que se referem tanto aos custos, equipamentos e profissionais especializados, quanto ao acesso, locais para realização dos exames, e diagnóstico. O diagnóstico precoce pode favorecer o tratamento e condutas adequadas e pode reduzir as possíveis implicações da PA (NA et al., 2014).

Para além da sua função principal de tentar identificar possíveis PA, os aplicativos de rastreio auditivo podem ser usados como instrumento para acompanhar os

pacientes em casos de patologias auditivas. Num caso relatado na literatura, perante uma PA unilateral súbita, o rastreio auditivo foi utilizado como monitoramento e auxiliou na conduta tomada (SETHI et al., 2018). Outro exemplo sugerido para uso desse tipo de aplicativo seria o monitoramento da audição durante a administração de medicamentos ototóxicos no tratamento de doenças como tuberculose, câncer e vírus da imunodeficiência humana (HARRIS; PEER; FAGAN, 2012).

Além das suas possibilidades de uso, outra vantagem do aplicativo descrita em artigos é a não necessidade de um local específico para sua utilização. Dessa forma, esse instrumento pode ser empregado na atenção primária à saúde (LOUW et al., 2017) e como triagem em escolas (MAHOMED-ASMAIL et al., 2016).

O aplicativo também beneficia a possibilidade de autoavaliação. A eficácia da aplicação pelos usuários (autoexame) versus pelos profissionais qualificados foi objeto de investigação. As medidas feitas em casa de maneira autoadministrada foram comparadas a testes realizados em ambiente clínico por profissionais, e foram constatados resultados semelhantes (WHITTON et al., 2016). Nesse contexto, o uso de aplicativo por usuários em locais não clínicos deve considerar o controle do ruído do ambiente para a eficácia do rastreio (SALIBA et al., 2017), mesmo que resultados semelhantes tenham sido encontrados quando os rastreios foram realizados com e sem cabine acústica (SANDSTROM et al., 2016).

São poucos os trabalhos que falam do desenvolvimento do aplicativo. O trabalho mais antigo encontrado foi o de Nakamura (2004), que relata um protótipo de audiômetro simples para fins de triagem e monitoramento auditivos, desenvolvido no celular pelo programa para aplicativo Java. Mais atual e testado, temos o estudo chinês de desenvolvimento de *software* para *notebook*, que desenvolveu e aferiu com resultados positivos para avaliação auditiva (LIU et al., 2015). A maioria dos artigos revisados analisaram o desempenho dos aplicativos já existentes, confrontando o rastreio com a audiometria, como nos trabalhos de Louw et al. (2017), Whitton et al. (2016), Derin et al. (2016), Mahomed-Asmail et al. (2016) e Abu-Ghanem et al. (2016). Todos tiveram resultados positivos quanto ao critério de identificar PA, porém, foram enfáticos que esse tipo de instrumento não substitui uma avaliação audiológica padrão e tampouco pode inferir grau e tipo de comprometimento auditivo.

Nos trabalhos que avaliaram o desempenho dos aplicativos, a sensibilidade e especificidade foram os critérios utilizados. Dois trabalhos de 2016, um com crianças (n=1070) e outro com idosos (n=26) encontraram, respectivamente, sensibilidade de

75% e 100%, e especificidade de 98,5% e 60% (MAHOMED-ASMAIL et al., 2016; ABU-GHANEM et al., 2016). Com jovens adultos (n=30) e adultos (n=33), foram encontradas sensibilidade de 100% em ambos os trabalhos, e especificidade de 100% e 96%, respectivamente; o estudo com jovens adultos ainda apresenta os valores preditivos positivo e negativo de 100% (SAMELLI et al., 2011; SALIBA, 2017). Um único estudo que avaliou 1236 participantes com diferentes idades – entre 3 e 97 anos – e encontrou sensibilidade de 81,7% e especificidade de 83,1%, considerou, pois, o aplicativo eficaz à identificação de PA (LOUW et al., 2017).

As vantagens desse mecanismo em relação às outras formas de rastreio são de que os exames podem ser realizados de forma prática e rápida, até mesmo no domicílio do paciente, e a um custo baixo (ABU-GHANEM et al., 2016). Além disso, os testes de rastreio existentes, como, por exemplo, o teste do sussurro ou do atrito dos dedos, são bastante subjetivos e apresentam muita variação na aplicação inter-examinadores (YUEH et al., 2003), assim como os questionários, que apresentam acurácia reduzida quando comparados a outros instrumentos de rastreio auditivo, incluindo o aplicativo (HANNULA et al., 2011, ABU-GHANEM et al., 2016).

3 HIPÓTESES

H0: O aplicativo não funciona para o rastreio auditivo em nenhuma faixa etária.

Ha: O aplicativo funciona para o rastreio auditivo em todas as faixas etárias.

4 OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver e avaliar um aplicativo para realização de rastreamento auditivo.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Desenvolver um aplicativo de rastreamento auditivo;
- Estabelecer padrões de normalidade para o aplicativo;
- Verificar o desempenho do aplicativo na identificação da PA em diferentes faixas etárias;
- Verificar o desempenho do *HearCheck* na identificação da PA em diferentes faixas etárias.

5 METODOLOGIA

5.1 DELINEAMENTO DO ESTUDO

Estudo do tipo transversal, observacional, descritivo, comparativo.

5.2 PARTICIPANTES

A amostra deste estudo foi composta por indivíduos com idade a partir de 6 anos. Foram convidados a participar da pesquisa as pessoas que compareceram na Clínica de Audiologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) para realizar avaliação auditiva. Os participantes da comunidade compareceram na clínica para realizar exame auditivo encaminhados por outros profissionais ou por iniciativa própria, alguns oriundos de Unidades Básicas de Saúde, e outros, participantes da Clínica de Fonoaudiologia ou Faculdade de Odontologia da UFRGS. Com o intuito de formar a amostra necessária, o período de coleta foi de um ano (agosto de 2016 a agosto de 2017). A delimitação do início da faixa etária - 6 anos - baseou-se no fato de, a partir dessa idade, a criança já conseguir responder adequadamente os exames que foram realizados. Além disso, em crianças menores o teste de triagem auditiva costuma ser realizado já ao nascimento, sendo, acreditamos, a população das demais idades subavaliadas quanto à audição.

Para determinar o número necessário de participantes a fim de contemplar os objetivos propostos, baseou-se na pesquisa realizada por Hajian-Tilaki (2014), que calculou o tamanho amostral necessário para termos um teste com uma sensibilidade de 95% e uma especificidade de 85% com 38 pessoas em cada grupo, alcançando uma razão de verossimilhança positiva de 2.5 (HAJIAN-TILAKI, 2014). Com base nesse autor, foram formados cinco grupos por faixas etárias, e estes foram avaliados quanto às questões auditivas (análise dos resultados obtidos dos exames auditivos). Com o intuito de formar a amostra necessária, o período de coleta foi de um ano (agosto de 2016 a agosto de 2017).

Dessa forma, foram incluídos neste estudo 184 indivíduos de ambos os sexos, com idade igual ou superior a 6 anos. Os indivíduos foram divididos em grupos de, no mínimo, 38 sujeitos de pesquisa em cada, exceto os longevos, que foram 27 (apesar de o

período de coletas se estender por um ano, não compareceram mais pessoas nessa faixa etária). A seguinte divisão foi realizada:

- Grupo A: indivíduos de 6 a 19 anos (crianças e adolescentes);
- Grupo B: indivíduos de 20 a 39 anos (adultos jovens);
- Grupo C: indivíduos de 40 a 59 anos (adultos de meia-idade);
- Grupo D: indivíduos de 60 a 79 anos (idosos jovens);
- Grupo E: indivíduos com idade igual ou superior a 80 anos (longevos).

Foram excluídos os sujeitos que apresentaram cera obstrutiva no meato acústico externo, uni ou bilateralmente.

5.3 DESENVOLVIMENTO DO APLICATIVO

O aplicativo foi desenvolvido na plataforma iOS para realizar o rastreamento auditivo. Esse instrumento de avaliação foi desenvolvido em parceria com a TecnoPUC por alunos de graduação da Escola Politécnica, sob a orientação do Professor Afonso Henrique Corrêa de Sales. No aplicativo não ficaram registrados dados pessoais do participante, mas apenas a medição realizada e um código de identificação.

O aplicativo foi desenvolvido seguindo os seguintes procedimentos:

Analisador de ruído ambiental: ao abrir o dispositivo, o aplicador aguarda a mensuração do ruído ambiental. Somente caso detecte intensidade menor ou igual a 60 dBNA, o aplicativo permite que o examinador inicie o exame. Dessa forma, o artefato sinaliza de maneira visual se o teste pode ser realizado. A tela em tom verde sinaliza que o ambiente está adequado, pois a intensidade do ambiente estaria inferior a 50dB dBNA; a tela amarela indica que o ruído ambiental está entre 50 e 60dBNA ($50 \leq 60$ dB dBNA), condição em que se consegue fazer o teste, mas o ideal é adequar o ambiente; e, caso a tela fique vermelha, indicando intensidade superior a 60dB (> 60 dB), o início do teste não é permitido, pois o dispositivo não libera o teste até a adequação do ambiente.

O teste: o aplicativo apresenta tons puros e contínuos nas frequências de 1000 Hertz (Hz), 2000 Hz, 4000 Hz, 8000 Hz e 500 Hz, nesta sequência. A apresentação em cada frequência se dará em intensidade inicial de 40 dBNA (dBNPS convertido em dBNA) e nomeada como “Moderada”, com duração de 4 segundos, e um ícone

representando um alto-falante verde quando estiver emitindo som para identificar que ele está sendo emitido (para não gerar dúvida, caso a pessoa não ouça o estímulo devido ao seu prejuízo auditivo). Quando o participante ouvir, clica-se no ícone “Ouviu”. Então, a intensidade cai para “Fraca” (inferior aos 40dBNA, ajustada visual e auditivamente pela amplitude de onda disponível no dispositivo), permanecendo por mais 4 segundos com a frequência atual na nova intensidade. Caso o participante não ouça o estímulo de intensidade moderada após 4 segundos, aguarda-se, e a intensidade muda para 60dBNA, denominada “Forte”, com duração de mais 4 segundos com a frequência atual na nova intensidade. Clica-se em “ouviu” novamente, caso escute o estímulo, ou aguarda-se o final do tempo para passar para nova frequência. A sequência de intensidade é a seguinte: Moderada (40 dBNA) inicial, mudando para Fraca (caso o participante escute) ou Forte (60dBNA) (em caso de não ter escutado). Ou seja, cada participante irá ouvir o tom em apenas duas intensidades. Assim, cada frequência terá a duração completa de sua avaliação em 8 segundos. O teste completo pode ser feito em no máximo 40 segundos.

Escolha das frequências e intensidades: foram escolhidas baseadas no cálculo do grau de perda auditiva, segundo classificação da Organização Mundial da Saúde (OMS), que consiste no cálculo da média dos limiares obtidos nas frequências de 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz e 4000 Hz. Médias de até 25 dBNA indicam que os limiares auditivos são normais; valores entre 26 dBNA e 40 dBNA configuram perdas auditivas de grau leve; entre 41 dBNA e 60 dBNA, de grau moderado; entre 61 dBNA e 80 dBNA, grau severo; e superiores a 81 dBNA, de grau profundo (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 1997). A frequência de 8000 Hz foi escolhida levando em consideração que os idosos têm maior dificuldade nas frequências altas, e esta poderia nos mostrar um indicativo do tipo de perda do participante (HUANG, 2007), além de detectar perdas iniciando em frequências altas e ainda não atingindo as quatro “principais” que levam puramente ao diagnóstico.

Resultado: ao final do teste realizado através do aplicativo, foi disponibilizada uma aba de respostas ao teste conforme os resultados individuais aos sons apresentados, e conforme as intensidades ouvidas ou não. Os resultados ficam disponíveis, por código identificador do participante, além de data e hora do exame, e podem ser enviados por e-mail.

Optou-se por apresentar os sons em campo livre, e não em fones, para agilizar o rastreio, evitar quaisquer tipos de desconforto resultante do contato dos fones com a

orelha do participante, e, finalmente, para facilitar a aplicação do dispositivo, dispensando os fones em si, bem como material de higienização para limpeza destes após o uso.

O aplicativo foi nomeado como “OUVIU”. Fotos das telas de aplicação, no momento do testagem, estão disponíveis nos anexos (ANEXO).

5.4 PROCEDIMENTO

Os indivíduos convidados a participar do estudo, e após assinaram do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (APÊNDICE A [maiores de idade] e APÊNDICE B [menores de idade]), primeiramente responderam a uma ficha de dados pessoais de relevância para a pesquisa elaborada pelos pesquisadores (APÊNDICE C), e após foram submetidos às avaliações. Realizou-se exame de meatoscopia, utilizando-se o otoscópio, para verificar a presença de cera obstrutiva. Em caso afirmativo, os sujeitos foram encaminhados para médico otorrinolaringologista para a remoção do cerúmen e agendados para retorno após a desobstrução da orelha externa. Os sem obstrução seguiram para as avaliações normalmente.

Para a triagem auditiva utilizou-se o equipamento *Hearchek Screener* (Siemens) em ambiente silencioso (nível de ruído menor do que 50 dBNA). O nível de ruído ambiental foi medido utilizando-se o medidor de pressão sonora DL-4020. O acoplador do equipamento, semelhante ao fone auricular (ANEXO A – Figura 1) foi posicionado sobre a orelha direita (ANEXO A – Figura 2), e o sujeito foi orientado a sinalizar a cada som que ouvisse. Quando inicializado pelo examinador, o equipamento produzia uma sequência de três sons na frequência de 1000 Hz (55 dBNA, 35 dBNA e 20 dBNA), e a seguir outros três sons na frequência de 3000 Hz (75 dBNA, 55 dBNA, 35 dBNA). O examinador anotou em quais intensidades e frequências o indivíduo percebeu o som. O mesmo procedimento foi realizado na orelha esquerda. Os resultados foram anotados em formulário específico (APÊNDICE C).

Segundo informações contidas no manual do equipamento, a não percepção de três ou mais tons puros implica em falha na triagem, e deve ser feito o encaminhamento para avaliação audiológica completa. A realização do teste dura em média cinco minutos. Neste trabalho, para o *HearCheck* foram utilizados os critérios de Cardoso et al. (2014), que considerou como teste negativo (sugestivo de ausência de

comprometimento auditivo) quando o participante ouvia no mínimo 5 dos 6 estímulos sonoros apresentados.

Após a realização da triagem através do *HearCheck Screener*, o examinado realizou o teste de rastreio auditivo com o aplicativo desenvolvido pelos pesquisadores, conforme explicado anteriormente. A cada examinado, o pesquisador anotou o código gerado pelo aplicativo, bem como as respostas aos estímulos. O código foi útil para identificar o participante na pesquisa e para mantê-lo em anonimato ao salvar o exame. O procedimento de aplicação do teste através do aplicativo se resume em disponibilizar os sons do aplicativo a uma distância de 50 cm do participante (distância aproximada de um braço do examinador, do punho ao ombro), em posição 0°/0° Azimute (na altura dos olhos e do centro do nariz do participante). É importante destacar que o controle de intensidade de apresentação dos sons não pode ser alterado mexendo-se na intensidade do aparelho (ao início do exame, deve-se observar se o equipamento está em sua intensidade e volume máximo de saída).

A última etapa dos procedimentos foi a realização da audiometria tonal limiar. Para esse teste, o indivíduo foi conduzido a uma cabina acusticamente tratada, para que fosse feita a pesquisa dos limiares auditivos por via aérea (250 Hz a 8000 Hz) e via óssea (500Hz a 4000Hz), sendo os resultados anotados em um formulário específico (APÊNDICE C). Para a classificação do grau de perda auditiva, foi feita a média dos limiares obtidos nas frequências de 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz e 4000 Hz (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 1997). Valores de média iguais ou inferiores a 25 dBNA indicam limiares auditivos normais; entre 26 e 40 dBNA, perda auditiva de grau leve; entre 41 e 55 dBNA, perda auditiva de grau moderado; entre 56 e 80 dBNA, perda auditiva de grau moderadamente severo; entre 71 e 90 dBNA, perda auditiva de grau severo; e média superior a 91 dBNA, perda auditiva de grau profundo.

Também com os dados obtidos na audiometria, a perda auditiva foi classificada quanto ao tipo. Assim, foi considerada condutiva quando houver limiares de via óssea preservados (normais) e limiares de via óssea rebaixados, com presença de gap (diferencial) aéreo-ósseo. Nas perdas auditivas neurosensoriais, os limiares de via aérea e via óssea estão rebaixados, mas não há presença de gap aéreo-ósseo. A perda auditiva mista é caracterizada pelo rebaixamento de limiares aéreos e ósseos, mas com presença de gap aéreo-ósseo (FRAZZA et al., 2004). Toda a coleta de dados do presente projeto foi realizada nas dependências da UFRGS, com a utilização dos equipamentos da Clínica de Audiologia dessa instituição. Para fins desta pesquisa, optou-se por utilizar

nas análises os graus de perda auditiva (leve, moderado, e severo segundo a OMS), e não o tipo. Ainda, devido ao teste com o aplicativo ser realizado em campo livre (ambas as orelhas avaliadas simultaneamente), optamos por utilizar o resultado da audiometria da melhor orelha.

5.5 ANÁLISE DOS DADOS

Após a realização dos testes, os dados foram digitados em um banco de dados criado no Microsoft Excel. Em seguida, foram realizadas as análises, utilizando-se as variáveis idade (para determinar os grupos), o resultado da audiometria da melhor orelha, o resultado do rastreio com o equipamento *HearCheck Screener* (para melhor orelha) e aplicativo. As análises foram feitas utilizando-se o *software* EPIINFO, com o objetivo de analisar a associação entre as variáveis pesquisadas.

Com o presente trabalho, objetivou-se identificar, através do aplicativo, participantes com possível perda auditiva (PA). Para observar a eficiência dessa identificação, foram utilizados dois parâmetros epidemiológicos: sensibilidade e especificidade. A sensibilidade é o percentual de pessoas com perda auditiva com o teste positivo, e a especificidade, o percentual de pessoas sem perda auditiva com o teste negativo. Para calcular esses parâmetros são necessários dois grupos: um sabidamente com perda auditiva e outro sabidamente sem perda auditiva. A identificação da perda auditiva deve ser feita com um método consagrado na literatura, chamado de teste padrão. No presente trabalho, a audiometria foi utilizada como teste padrão para identificar os participantes com audição normal e aqueles com perda auditiva.

Além dos anteriormente descritos, a fim de melhor identificar a acurácia do aplicativos, outros parâmetros foram utilizados: Valor Preditivo Positivo, Valor Preditivo Negativo, Falsos Positivos e Falsos Negativos. Com o Valor Preditivo Positivo, podemos saber a probabilidade das pessoas que falharam nos rastreios (aplicativo ou *HearCheck*) terem realmente perda auditiva, e com o Valor Preditivo Negativo, a probabilidade das pessoas que passaram nos rastreios não terem, efetivamente, perda auditiva. Os verdadeiros positivos (que apresentavam perda auditiva e foram identificados pelo rastreio), os verdadeiros negativos (não apresentavam perda auditiva e passaram no rastreio), os falsos positivos (que falharam

no rastreamento, mas não apresentavam perda auditiva) e os falsos negativos (passaram no rastreamento, mas tinham perda auditiva) também foram analisados.

Para avaliar os resultados do aplicativo, foram considerados testes negativos quando os participantes ouviam as frequências de 1000, 2000 e 4000 Hz em 20 dB e as frequências de 500 e 8000 Hz em 40 dB, ao passo que foram considerados positivos quando os participantes não ouviam em pelo menos uma das frequências e intensidades citadas. Esse critério foi construído a partir dos limiares auditivos dentro do padrão de normalidade obtidos em audiometria.

Importante ressaltar que devido ao teste com o aplicativo ser realizado em campo livre, ou seja, sem fones de ouvido, a melhor orelha (aquela com melhor resultado auditivo) é que acaba respondendo. Dessa forma, considerou-se sempre o resultado da melhor audiometria (caso houvesse diferença entre as orelhas) para realizar a comparação com os resultados do aplicativo. No *HearCheck* foram utilizados os critérios de Cardoso et al. (2014), que considerou como teste negativo quando o participante ouvia no mínimo 5 dos 6 estímulos sonoros apresentados.

Participantes com audição normal cujos testes do aplicativo ou do *HearCheck* foram negativos foram considerados Verdadeiros Negativos, e os com perda auditiva que tiveram o teste positivo, como Verdadeiros Positivos. A especificidade foi calculada, assim, pelo percentual de Verdadeiros Negativos dividido pelo número total de participantes com a audição normal, e a sensibilidade, pelo percentual de Verdadeiros Positivos dividido pelo número total de participantes com perda auditiva. A acurácia foi obtida somando os Verdadeiros Positivos e Verdadeiros Negativos, e dividindo essa soma pela amostra.

5.5 ASPECTOS ÉTICOS

O projeto foi aprovado pela Comissão Científica do Instituto de Geriatria e Gerontologia da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul - PUCRS (ANEXO B) e Comitê de Ética e Pesquisa da PUCRS, CAAE 57742016.8.0000.5336 (ANEXO C). Foram garantidos aos participantes os direitos de sigilo, voluntariado e desistência de participação na pesquisa. Este projeto é de risco mínimo, considerando-se que os participantes não seriam expostos a riscos, dor ou desconforto. Todos receberam cópias dos exames de audiometria realizados, e lhes foram dadas orientações sobre sua

audição. Ainda, quando necessário, os participantes foram encaminhados para médico otorrinolaringologista. Após a finalização da pesquisa, os protocolos ficarão arquivados por um período de 05 anos, podendo ser utilizados em outras pesquisas.

6 RESULTADOS

6.1 DESENVOLVIMENTO DO APLICATIVO

O desenvolvimento do aplicativo se deu na plataforma de desenvolvimento Xcode, na versão 9.4.1, utilizando a linguagem de programação Swift, na versão 3.3. Foi utilizado o Framework para manipulação de áudio e vídeo nativo da AVFoundation (<https://developer.apple.com/av-foundation/>). O conceito utilizado: amplitude (Valor Float que varia de 0 a 1). Foram feitos testes de frequência e intensidade das ondas geradas pelo alto-falante embutido no dispositivo *iPod Touch* de quarta geração. Foram feitas duas baterias de testes, uma primeira para entender as limitações físicas do dispositivo em gerar as frequências (500 Hz, 1000Hz, 2000Hz, 4000Hz e 8000Hz) e a segunda para as intensidades desejadas (20dB - 40dB - 60dB).

A amplitude foi controlada através de um aplicativo que permitia alterá-la de acordo com a potência medida no decibelímetro. O decibelímetro utilizado foi provido pelo LABELO (Laboratório Especializado em Eletroeletrônica- PUCRS) em um teste em sala com isolamento acústico. Dessa maneira, conseguiu-se ajustar o aplicativo para o funcionamento na plataforma iOS com os seguintes ajustes: na saída máxima de intensidade do equipamento (*iPod Touch*), as frequências de 1000 Hz, 2000 Hz, 4000 Hz e 8000Hz produzindo tons puros nas intensidades 40 dB e 60 dB, e a frequência de 500Hz produzindo 40dB (60dB não foi suportado a produção pelo equipamento). Esses valores de intensidade foram aferidos para o momento de chegarem ao examinado e não para o de saírem do equipamento. As intensidades inferiores a 40dB não puderam ser mensuradas, devido as características das ondas e dispersão no ambiente. Mas foram programadas para serem produzidas a partir de ajustes visuais e auditivos das ondas produzidas pelo equipamento e percepções dos profissionais envolvidos.

Com o intuito de facilitar a compreensão do teste, não confundir os usuários e tampouco erroneamente inferir valores aos achados auditivos encontrados, optamos por nomear as intensidades em “Fraca” (inferior a 40 dB), “Moderada” (40 dB) e “Forte” (60 dB). Ainda sobre os ajustes com o aplicativo, cabe ressaltar que se optou pelo não uso de fones de ouvido e testagem simultânea entre as orelhas, visto que o uso de fones implicaria em custos e necessidade de higienização entre os participantes (o que dificultaria a utilização na atenção primária ou domiciliar). A ausência de fones de

ouvido dificultou que a intensidade gerada pela fonte (neste caso, o iPod) fosse a mesma que chegasse ao examinado, ocasionando a necessidade de adequações para que a intensidade gerada fosse suficiente para chegar em, por exemplo, 40 dB nos ouvidos. Esse problema fez com que não pudéssemos afirmar que intensidades inferiores a 40dB seriam mensuradas, visto que o ruído ambiental se confunde com o som produzido. Para tanto, optamos por ajustar a saída com algoritmos que visual e auditivamente fossem inferiores a 40 dBNA. O *HearCheck*, por exemplo, emite tom puro de 1000 Hz em 35 dBNA como valor mínimo.

Após algumas versões e mensurações em laboratório específico, e também devido às especificações próprias dos *hardwares* dos iPods, as frequências e intensidades foram assim distribuídas: as frequências de 1000 Hz, 2000 Hz e 4000 Hz apresentam as intensidades moderada e forte confirmadas em 40 dB e 60 dB, respectivamente, e fraca (inferior a 40 dB, mas sem possibilidade de afirmar a intensidade); a frequência de 8000 Hz com todas as intensidades confirmadas; e a de 500 Hz com a moderada averiguada, a fraca sem confirmação, e a forte (60dB) não suportada pelo equipamento (não sendo produzida).

Para os resultados do aplicativo, foram considerados testes negativos quando os participantes ouviam as frequências de 1000, 2000 e 4000 Hz em intensidade moderada e fraca, e as frequências de 500 e 8000 Hz em intensidade moderada. E foram considerados positivos quando os participantes não ouviam em pelo menos uma das frequências e intensidade no mínimo moderada. Esse critério foi construído a partir dos limiares auditivos dentro do padrão de normalidade obtidos em audiometria. Os participantes com audição normal foram os banalizadores dos resultados negativos no aplicativo, bem como os com PA, em diferentes graus, foram o resultado positivo para o mesmo dispositivo.

O tempo de aplicação do teste do aplicativo – dado relevante, visto que a demanda na atenção primária e domiciliar é grande –, foi aferido em algumas aplicações, sendo o tempo médio de 30 segundos, podendo ser menor caso o paciente responda rapidamente, e chegando até a 45 segundos, caso o paciente não responda a nenhuma intensidade (tempo máximo). Para fins de comparação, o tempo utilizado no *HearCheck* também foi medido. O teste é realizado em um tempo pré-definido pelo aparelho, ficando 40 segundos em cada orelha.

O aplicativo, na versão em que foi utilizado para coleta e armazenamento dos dados, pode ser visto no ANEXO II.

6.2 DISTRIBUIÇÃO DA AMOSTRA

A amostra (Figura 1) constou de 185 participantes distribuídos em: 38 crianças e adolescentes (entre 6 e 19 anos), 41 adultos jovens (entre 20 e 39 anos), 40 adultos de meia-idade (entre 40 e 59 anos), 39 idosos jovens (entre 60 e 79) e 27 longevos (idade igual ou superior a 80 anos). Quanto ao sexo dos participantes, as mulheres foram em maior número, 112 mulheres (60,5%) e 73 homens (39,5%): das crianças e adolescentes, 21 (55%) eram do sexo feminino; dos adultos jovens, 28 (68%); entre os adultos de meia-idade, 24 (60%); entre os idosos, 23 (59%); e entre os longevos, 16 (59%).

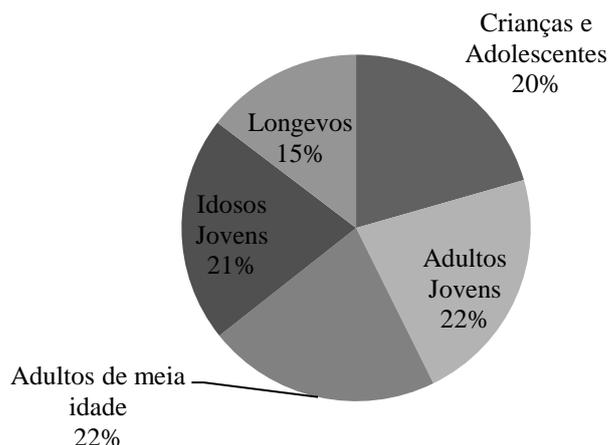


Figura 1. Distribuição da amostra nos grupos por faixa etária.

6.3 DESEMPENHO DO APLICATIVO

Os resultados apresentados dizem respeito à sensibilidade e à especificidade do aplicativo Ouviu e do *HearCheck*. O valor preditivo positivo e o valor preditivo negativo dizem respeito à Perda Auditiva. Para as análises, utilizou-se como variável fixa o resultado da audiometria (Presença ou Ausência de PA e graus de PA - Leve, Moderado e Severo). Foram considerados: Verdadeiro Negativo quem tivesse resultado

negativo para Perda Auditiva (audição normal) tanto no rastreio (por aplicativo ou *HearCheck*) quanto na audiometria; Verdadeiro Positivo quem tivesse Perda Auditiva detectada tanto no rastreio como na audiometria; Falso Positivo quem tivesse rastreio positivo e audição normal; e Falso Negativo quem tivesse rastreio negativo e, no entanto, tivesse perda auditiva. O grau da perda foi utilizado para análises de respostas aos rastreios (positivo ou negativo) e presença ou ausência de PA para as demais análises.

Na Tabela 1 apresentamos os resultados da comparação realizada entre os rastreios, *HearCheck* e aplicativo, e os resultados da audiometria da melhor orelha dos participantes crianças e adolescentes. Nesse grupo, 33 (87%) tiveram audição dentro dos padrões de normalidade, e 5 (13%), comprometimento auditivo. Todas as PA encontradas foram de grau leve. Das audições normais, o *HearCheck* foi negativo para 32 (97%), e o aplicativo para 30 (91%). Para as PA, o *HearCheck* foi positivo para 2 (40%), e o aplicativo, para 5 (100%). Os falsos negativos foram 3 (60%) no *HearCheck*, e nenhum no aplicativo. O *HearCheck* deixou de identificar 60% dos participantes com PA nessa faixa etária. Já o aplicativo teve mais falsos positivos que o *HearCheck*, 3 e 1 respectivamente.

Tabela 1. Distribuição dos participantes quanto aos resultados dos rastreios do aplicativo e do *HearCheck*, separados por grau de perda auditiva (audiometria) em crianças e adolescentes.

Audiometria	<i>HearCheck</i>		APP		Total
	Positivo	Negativo	Positivo	Negativo	
Normal (N)	1	32	3 (FP)	30	33(86,84%)
PA leve (N)	2 (FN)	3	5	0	5(13,16%)
Total (N)	3	35	8	30	38(100,00%)

APP: aplicativo; PA: perda auditiva; FN: falso negativo; FP: falso positivo.

A Tabela 2 apresenta o desempenho dos instrumentos de rastreio na presença ou ausência de PA. A sensibilidade do rastreio em identificar PA nessa faixa etária foi de 40% para o *HearCheck*, e de 100% para o aplicativo. Já na identificação de audição normal, a especificidade foi de 97% e 91% para o *HearCheck* e o aplicativo, respectivamente. Os valores preditivos positivos e negativos, porcentagem de chance de o examinado ter resultado positivo no rastreio e realmente ter PA, e ter teste negativo e

audição normal foram de 66,7% e 91,4% e 62,5% e 100% para o *HearCheck* e aplicativo, nesta ordem. A acurácia dos instrumentos para PA foi de 89,5% no *HearCheck*, e 92,1% no aplicativo.

Tabela 2. Desempenho do aplicativo e do *HearCheck* na identificação das crianças e adolescentes com e sem perda auditiva.

	<i>HearCheck</i>	APP
Sensibilidade (%)	40	100
Especificidade (%)	97,0	90,9
Valor preditivo positivo (%)	66,7	62,5
Valor preditivo negativo (%)	91,4	100,0
Acurácia (%)	89,5	92,1
Total (N)	38	38

APP: aplicativo.

Na Tabela 3 apresentamos os resultados da comparação realizada entre os rastreios, *HearCheck* e aplicativo, e resultado da audiometria da melhor orelha dos participantes adultos jovens. Neste grupo, 37 (90,24%) tiveram audição dentro dos padrões de normalidade, e 4 (9,76%) apresentaram comprometimento auditivo. Todas as PA encontradas foram de grau leve. Das audições normais, o *HearCheck* foi negativo para 37 (100%), e o aplicativo, para 36 (97,3%). Para as PA, o *HearCheck* foi positivo para 3 (75%), e o aplicativo, para 4 (100%). Os falsos negativos foram 1 (25%) no *HearCheck* e nenhum no aplicativo. O *HearCheck* deixou de identificar 25% dos participantes com PA nessa faixa etária. Já o aplicativo teve mais falsos positivos que o *HearCheck*, 0 e 1 respectivamente.

Tabela 3. Distribuição dos participantes quanto aos resultados dos rastreios do aplicativo e do *HearCheck*, separados por grau de perda auditiva (audiometria) em adultos jovens.

Audiometria	<i>HearCheck</i>		APP		Total
	Positivo	Negativo	Positivo	Negativo	
Normal (N)	0	37	1 (FP)	36	37 (90,24%)
PA leve (N)	3	1	4	0	4 (9,76%)

Total (N)	3 (FN)	38	5	36	41 (100%)
------------------	--------	----	---	----	-----------

PA: perda auditiva; APP: aplicativo; FN: falso negativo; FP: falso positivo.

A Tabela 4 apresenta o desempenho dos instrumentos de rastreio na presença ou ausência de PA. A sensibilidade do rastreio em identificar PA nessa faixa etária foi de 75% para o *HearCheck*, e 100% para o aplicativo. Já na identificação de audição normal, a especificidade foi 100% e 97% para o *HearCheck* e o aplicativo, respectivamente. Os valores preditivo positivo e negativo, porcentagem de chance de o examinado ter resultado positivo no rastreio e realmente ter PA, e ter teste negativo e audição normal, foram de 100% e 97,4% e 80% e 100% para o *HearCheck* e aplicativo, nesta ordem. A acurácia para ambos os instrumentos para PA foi de 97,5% nessa faixa etária.

Tabela 4. Desempenho do aplicativo e do *HearCheck* na identificação de adultos jovens com e sem perda auditiva.

	<i>HearCheck</i>	APP
Sensibilidade (%)	75	100
Especificidade (%)	100	97,3
Valor preditivo positivo (%)	100	80
Valor preditivo negativo (%)	97,4	100,0
Acurácia (%)	97,5	97,5
Total (N)	41	41

APP: aplicativo.

A Tabela 5 apresenta os resultados da comparação realizada entre os rastreios, *HearCheck* e aplicativo, e resultado da audiometria da melhor orelha dos participantes adultos de meia-idade. Dos avaliados, 30 (75%) tiveram audição dentro dos padrões de normalidade, e 10 (25%) apresentaram comprometimento auditivo, sendo 12,5% PA de grau leve, e 12,5% PA de grau moderado. Das audições normais, o *HearCheck* e o aplicativo foram negativos para todas (100%). Para as PA, o *HearCheck* foi positivo para 3 (60%) das 5 PA de grau leve, e para 5 (100%) das PA de grau moderado, enquanto o aplicativo foi positivo para 100% de ambas as PA. Dois falsos negativos foram encontrados nos rastreios, ambos para o *HearCheck* e na PA leve. O *HearCheck* deixou de identificar 20% dos participantes com PA nessa faixa etária, enquanto o

aplicativo identificou todos. Nenhum falso positivo foi encontrado nesse grupo por esses rastreios.

Tabela 5: Distribuição dos participantes quanto aos resultados dos rastreios do aplicativo e do *HearCheck*, separados por grau de perda auditiva (audiometria) em adultos de meia-idade.

Audiometria	<i>HearCheck</i>		APP		Total
	Positivo	Negativo	Positivo	Negativo	
Normal (N)	0	30	0	30	30 (75%)
PA leve (N)	3	2 (FN)	5	0	5 (12,5%)
PA moderado(N)	5	0	5	0	5 (12,5%)
Total	8	32	10	30	40 (100%)

APP: aplicativo; PA: perda auditiva; FN: falso negativo.

A Tabela 6 apresenta o desempenho dos instrumentos de rastreio na presença ou ausência de PA dos adultos de meia-idade. A sensibilidade do rastreio em identificar PA nessa faixa etária foi de 80% para o *HearCheck*, e 100% para o aplicativo. Na identificação de audição normal, a especificidade foi de 100% para ambos. O valor preditivo positivo foi de 100% para os rastreios, e a porcentagem de chance de o examinado ter resultado positivo em qualquer um dos rastreios e realmente ter PA foi de 100%. O valor preditivo negativo foi de 94% para o *HearCheck*, e 100% para o aplicativo. A acurácia para *HearCheck* foi de 95%, e para o aplicativo, de 100%.

Tabela 6. Desempenho do aplicativo e do *HearCheck* na identificação de adultos de meia-idade com e sem perda auditiva.

	<i>HearCheck</i>	APP
Sensibilidade (%)	80	100
Especificidade (%)	100	100
Valor preditivo positivo (%)	100	100
Valor preditivo negativo (%)	93,8	100
Acurácia (%)	95	100
Total (N)	40	40

APP: aplicativo.

A Tabela 7 apresenta os resultados da comparação realizada entre os rastreios, *HearCheck* e aplicativo, e resultados da audiometria da melhor orelha dos participantes idosos. Dos avaliados, 17 (43,6%) tiveram audição dentro dos padrões de normalidade, e 22 (56,4%) apresentaram comprometimento auditivo, sendo 36% PA de grau leve, 18% PA de grau moderado, e 3% PA de grau severo. Das audições normais, o *HearCheck* foi negativo para 16 (94%), e o aplicativo, para todas (100%). Para as perdas auditivas, o *HearCheck* foi positivo para 9 (64%) das de grau leve, 7 (100%) de grau moderado e 1 (100%) de grau severo, enquanto o aplicativo foi positivo para 93% (13) de grau leve e 100% para os graus moderado e severo. Os falsos negativos foram encontrados apenas na PA de grau leve, dos quais 5 (36%) no *HearCheck* e 1 (7%) no aplicativo. O *HearCheck* deixou de identificar 23% dos participantes com PA nessa faixa etária, e o aplicativo, 4,5%. Apenas um falso positivo foi encontrado, no *HearCheck*, nesse grupo.

Tabela 7. Distribuição dos participantes quanto aos resultados dos rastreios do aplicativo e do *HearCheck*, separados por grau de perda auditiva (audiometria) em idosos.

Audiometria	<i>HearCheck</i>		APP		Total
	Positivo	Negativo	Positivo	Negativo	
Normal (N)	1 (FP)	16	0	17	17 (43,6%)
PA leve (N)	9	5 (FN)	13	1 (FN)	14 (35,9%)
PA moderado (N)	7	0	7	0	7 (17,9%)
PA severo (N)	1	0	1	0	1 (2,6%)
Total	18	21	21	18	39 (100%)

APP: aplicativo; PA: perda auditiva; FN: falso negativo; FP: falso positivo.

A Tabela 8 apresenta o desempenho dos instrumentos de rastreio na presença ou ausência de PA dos idosos examinados. A sensibilidade do rastreio em identificar PA nessa faixa etária foi de 77% para o *HearCheck*, e de 95% para o aplicativo. Na identificação de audição normal, a especificidade foi de 94% para o *HearCheck*, e de 100% para o aplicativo. Os valores preditivos positivo e negativo, porcentagem de chance de o examinado ter resultado positivo no rastreio e realmente ter PA, e ter teste negativo e audição normal, foram de 94,4% e 76,2%, e 100% e 94,4%, para o

HearCheck e aplicativo, nesta ordem. A acurácia do *HearCheck* para a PA foi de 84,6%, enquanto para o aplicativo foi de 97,4% nessa faixa etária.

Tabela 8. Desempenho do aplicativo e do *HearCheck* na identificação de idosos com e sem perda auditiva.

	<i>HearCheck</i>	APP
Sensibilidade (%)	77,3	95,5
Especificidade (%)	94,1	100
Valor preditivo positivo (%)	94,4	100
Valor preditivo negativo (%)	76,2	94,4
Acurácia (%)	84,6	97,4
Total (N)	39	39

APP: aplicativo

Na Tabela 9 estão os resultados da comparação realizada entre os rastreios, *HearCheck* e aplicativo, e resultados da audiometria da melhor orelha dos participantes longevos. Nenhum dos longevos teve audição dentro dos padrões de normalidade, isto é, 100% tiveram algum grau de comprometimento auditivo. A PA dos avaliados foi distribuída em: grau leve 44%, grau moderado 33%, e grau severo 22%. Dessa maneira, não tivemos verdadeiros negativos. Para as perdas auditivas, o *HearCheck* foi positivo para 75% das de grau leve (9), e 100% de grau moderado (9) e de grau severo (6). O aplicativo, por sua vez, foi positivo para 92% (11) das PA de grau leve e 100% para os de graus moderado (9) e severo (6). Os falsos negativos foram encontrados apenas na PA de grau leve, dos quais 25% (3) no *HearCheck*, e 8% (1) no aplicativo. O *HearCheck* deixou de identificar 11% dos participantes com PA nessa faixa etária, e o aplicativo, 4%. Nenhum falso positivo foi encontrado nesse grupo.

Tabela 9. Distribuição dos participantes quanto aos resultados dos rastreios do aplicativo e do *HearCheck*, separados por grau de perda auditiva (audiometria) em longevos.

Audiometria	<i>HearCheck</i>		APP		Total
	Positivo	Negativo	Positivo	Negativo	
Normal (N)	0	0	0	0	0
PA leve (N)	9	3 (FN)	11	1 (FN)	12 (44,44%)
PA moderado (N)	9	0	9	0	9 (33,34%)
PA severo (N)	6	0	6	0	6 (22,22%)
Total	24	3	26	1	27 (100%)

APP: aplicativo; PA: perda auditiva; FN: falso negativo.

A Tabela 10 exhibe o desempenho dos instrumentos de rastreio na presença ou ausência de PA dos longevos da amostra. A sensibilidade do rastreio em identificar PA nessa faixa etária foi de 89% para o *HearCheck*, e 96% para o aplicativo. A especificidade não pode ser calculada por não encontrarmos audição com limiares dentro dos padrões de normalidade. Pelo mesmo motivo, não temos o valor preditivo negativo dos testes. Os valores preditivos positivos foram de 100% para ambos os rastreios. A acurácia do *HearCheck* para a PA foi de 84,6%, enquanto a do aplicativo foi de 97,4% nessa faixa etária.

Tabela 10. Desempenho do aplicativo e do *HearCheck* na identificação de longevos com e sem perda auditiva.

	<i>HearCheck</i>	APP
Sensibilidade (%)	88,9	96,3
Especificidade (%)	-	-
Valor preditivo positivo (%)	100	100
Valor preditivo negativo (%)	-	-
Acurácia (%)	84,6	97,4
Total (N)	27	27

APP: aplicativo.

Na Tabela 11 estão distribuídos o total dos 185 participantes e a comparação dos achados audiológicos (presença e ausência de PA) com os resultados dos rastreios do *HearCheck* e aplicativo. Do total de avaliados, foram constatados 117 (63%) resultados audiológicos de audição dentro dos padrões de normalidade, e 68 (37%) de PA (40 (59%) de PA de grau leve, 21 (31%) de PA de grau moderado, e 7 (10%) de PA de grau severo).

Ambos os rastreios foram sensíveis, em sua grande maioria, para identificar a PA, sendo a sensibilidade do *HearCheck* de 79%, e do aplicativo, de 97%. Da mesma forma, a especificidade também teve valores altos, 98% e 96% para o *HearCheck* e aplicativo, respectivamente, sendo ambos os instrumentos capazes de averiguar participantes com audição dentro dos padrões de normalidade.

O valor preditivo positivo do *HearCheck* mostrou que a probabilidade de uma pessoa ser identificada com esse instrumento e realmente ter PA foi de 96%. Já a do aplicativo foi de 94%. Ao contrário, o valor preditivo negativo 89% e 98% evidenciou a probabilidade da pessoa ter tido rastreio negativo realmente não ter PA.

Os verdadeiros positivos, rastreios com resultados positivos para PA e com PA, foram 54 (79%) no *HearCheck* e 66 (97%) no aplicativo. Ao contrário, os verdadeiros negativos, rastreios negativos e ausência de PA foram 98% (115) com o *HearCheck*, e 97% (113) com o aplicativo. Os falsos positivos, rastreio positivo para PA e ausência de PA foram 2 e 4 para *HearCheck* e aplicativo, respectivamente. Os falsos negativos, que deixam de identificar PA, foram 20,59% (14) no *HearCheck*, e 3% (2) no aplicativo.

Por fim, a acurácia dos rastreios na discriminação entre PA e audição normal em toda a amostra foi de 91% para o *HearCheck* e 97% para o aplicativo.

Tabela 11. Desempenho do aplicativo e do *HearCheck* na identificação da amostra total com e sem perda auditiva.

	<i>HearCheck</i>	APP
Sensibilidade (%)	79,4	97,1
Especificidade (%)	98,3	96,6
Valor preditivo positivo (%)	96,4	94,3
Valor preditivo negativo (%)	89,1	98,3
Verdadeiros positivos (N)	54	66
Verdadeiros negativos (N)	115	113
Falsos positivos (N)	2	4
Falsos negativos (N)	14	2
Acurácia (%)	91,4	96,8
TOTAL (N)	185*	185*

* 117 Audições normais e 68 PA (perda auditiva). APP: aplicativo.

7 DISCUSSÃO

7.1 DESENVOLVIMENTO DO APLICATIVO

No desenvolvimento do aplicativo, a primeira preocupação que tivemos foi com o ruído ambiental. Com o receio de que este interferisse nos resultados do teste, colocamos na tela inicial um analisador de ruído. O analisador tem a função de liberar o início do rastreo apenas quando detectar limites de ruído ambiental inferiores a 60 dB. A preocupação com o ruído ambiental do local de aplicação do rastreo foi levantada como sendo importante para a qualidade dos exames em outros trabalhos (SALIBA et al., 2017; SANDSTROM et al., 2016). No entanto, não encontramos outro aplicativo que disponibilizasse essa ferramenta como pré-requisito para o rastreo.

Os tons puros das frequências de 500 HZ, 1000 Hz, 2000 Hz e 4000 Hz, e as intensidades (fraca, moderada e forte) foram escolhidas levando em consideração o estabelecido pela OMS. A intensidade fraca, apresentada como inferior a 40 dB, faz referência à intensidade mínima necessária dentro dos padrões de normalidade; a moderada (em 40dB), é uma analogia à perda auditiva de grau moderado; e a forte se refere a graus mais profundos de perda (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 1997). As frequências de destaque do nosso aplicativo, 500 Hz e 8000 Hz, foram escolhidas por serem alertas: a de 500 Hz para uma perda condutiva, mais comum na infância (HUANG, 2007), e a de 8000 Hz em PA típicas do envelhecimento (OHLEMILLER, 2009). Optamos por três intensidades de cada frequência, sendo que cada examinado realizava apenas duas, similar ao *HearCheck*, que emite tom puro de 1000 Hz em 20, 35 e 55 dB, e de 3000 Hz em 35, 55 e 75 dB. Os demais aplicativos validados na literatura acabam fazendo uma varredura em mais frequências (geralmente de 250 a 8000 Hz) e intensidades variadas (LOUW et al., 2017; MAHOMED-ASMAIL et al., 2016; ABU-GHANEM et al., 2016).

Os padrões de normalidade foram estabelecidos e levaram em consideração os resultados da audiometria. Para ter teste negativo no aplicativo, o examinado deveria ouvir as intensidades moderada e fraca nas frequências de 1000, 2000 e 4000 Hz, e no mínimo a intensidade moderada de 500 e 8000 Hz, sugerindo assim audição normal. Não ouvir as intensidades moderadas foi visto como sendo indicativo de algum grau de comprometimento auditivo. O ponto de corte de nosso estudo foi parecido com o

proposto por Abu-Granem et al. (2016), que sugeriu a intensidade de 40 dB nas frequências de 250-6000 Hz.

O tempo de aplicação, considerado importante para uma ferramenta de rastreio, foi de 30 segundos, em média, podendo ser menor, caso o paciente respondesse rapidamente, e chegando até 45 segundos, caso o paciente não respondesse a nenhuma intensidade (tempo máximo). Para fins de comparação, o tempo utilizado no *HearCheck* também foi medido. O teste é realizado em um tempo pré-definido pelo aparelho, ficando em 40 segundos em cada orelha. Os tempos de testagem de ambos são similares aos encontrados em outro estudo de validação que mediu tempo inferior a um minuto (49 segundos) em crianças, e um pouco maior que um minuto (74 segundos) em adultos (LOUW et al., 2017). Mahomed-Asmail et al. (2016) também verificaram que o tempo de teste com aplicativo foi mais rápido que a triagem convencional, utilizada com crianças.

7.2 PARTICIPANTES

Avaliamos 185 pessoas com idade entre 6 e 96 anos no período de um ano. Os achados foram analisados para o total dos participantes e por faixa etária. Apenas o grupo com longevos não alcançou o número desejado de participantes (38), apesar do tempo longo de coleta (12 meses). Como nosso intuito era avaliar os pacientes que chegassem à Clínica de Audiologia, sem interferir na demanda, optamos por não chamar participantes externos.

Em todas as faixas etárias, as mulheres foram a maioria das pessoas avaliadas. As mulheres também foram maioria no estudo de validação de outro aplicativo, as quais compunham 71% da amostra (LOUW et al., 2017).

Com os resultados obtidos na audiometria, constatamos que a maioria dos resultados auditivos foi dentro dos padrões de normalidade, seguidos de PA leve, moderado e severo. Essa porcentagem de PA observada no estudo foi maior que a estimativa mundial, 5,3% (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2012), e nacional, 5,1% (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2010). No entanto, devemos levar em consideração duas questões: 1) as pessoas atendidas na clínica eram oriundas de encaminhamentos de profissionais da saúde ou estavam em atendimento fonoaudiológico, podendo ter por isso um grau maior de comprometimento

auditivo; e 2) como é rotina atender pacientes de terapia sem queixa auditiva, esse número de PA poderia ser ainda maior em populações em idade escolar, por exemplo.

Na distribuição por idades, o grupo de 6 - 19 anos (crianças e adolescentes) foi a segunda faixa etária com menos perda auditiva, pois a faixa etária com menor perda foi a dos adultos jovens. Nas demais faixas etárias, a frequência de perda auditiva aumentou com a idade, sendo esta presente em todos os longevos. Novamente, em nossa amostra, entre as crianças, adolescentes, adultos e idosos, tivemos maior frequência de PA do que o referenciado mundial e nacionalmente. Ocorreu, como esperado, um aumento da frequência de PA entre os idosos e longevos, o que corrobora com os dados mundiais e nacionais (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2012; INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2010). Um fator que deve ser considerado, além do perfil dos avaliados em nosso estudo, é que nas pesquisas epidemiológicas as informações são autorreferidas e não medidas clinicamente. A mesma justificativa foi dada em um artigo de revisão de literatura que evidenciou, entre os relatos dos adolescentes, prevalência inferior a 2% de PA, enquanto que, dentre os que comprovaram clinicamente com audiometria, a prevalência foi entre 11,5 e 15,8. Nossa prevalência ficou entre o encontrado por esses autores (MARQUES, MIRANDA-FILHO, MONTEIRO, 2015). Outro estudo que encontrou diferenças entre os dados autorreferidos e os comprovados foi um realizado com idosos, que apresentou prevalência igual à nossa para essa faixa etária (TEIXEIRA et al., 2009).

7.3 DESEMPENHO DOS INSTRUMENTOS DE RASTREIO

Ao analisar o desempenho do *HearCheck* e aplicativo nas crianças e adolescentes, constatamos que a sensibilidade para identificar PA foi maior no aplicativo. No entanto, a especificidade foi menor. Ou seja, o aplicativo foi mais eficaz no rastreio de PA, enquanto que o *HearCheck* foi levemente superior, com diferença de 8%, na identificação de audição dentro dos padrões de normalidade. Das perdas auditivas do grupo, 60% não foram identificadas pelo *HearCheck*. Os valores preditivos dos testes também não foram tão específicos para o *HearCheck* quando comparados com o aplicativo. A chance de as pessoas serem rastreadas adequadamente quanto à sua condição auditiva foram maiores para o aplicativo. A acurácia dos instrumentos de rastreio para distinguir PA de audição normal foi menor no *HearCheck* que no

aplicativo. Como a PA desse grupo se caracteriza por maior perda nas frequências graves, e o *HearCheck* avalia apenas 1000 e 3000Hz, acredita-se que este tenha sido um dos fatores para a presença de um maior número de falsos negativos. Como as pessoas desse grupo apresentaram somente grau de PA leve (média dos limiares entre 26-40 dB), a intensidade dos estímulos pode ter mascarado esta PA. A sensibilidade nesse grupo etário foi menor que a metade encontrada em outro estudo, mas com adultos e idosos, único estudo de validação do *HearCheck*. Entretanto, a especificidade foi menos diferente, apesar de também menor (CARDOSO et al., 2014).

Ainda para o mesmo grupo de crianças e adolescentes, o aplicativo foi capaz de identificar todas as PA desse grupo, mesmo sendo de grau leve. O achado quanto à sensibilidade foi maior que o encontrado em outro estudo utilizando um aplicativo em crianças, no qual a sensibilidade foi de 75%, e a especificidade foi menor (98,5%) (MAHOMED-ASMAIL et al., 2016). O nosso aplicativo teve resultado de sensibilidade igual ao encontrado em um estudo com aplicativo em jovens adultos, e especificidade novamente menor (100%), valor preditivo positivo inferior (100%) e valores preditivos negativos iguais em ambos os estudos (100%) (SAMELLI et al., 2011). Acreditamos que os falsos positivos, que interferiram na especificidade e no valor preditivo, não desvalorizam o aplicativo Ouviu, pois é preferível encaminhar uma criança com suspeita de PA para exame e tê-lo negativado a ter uma possível perda auditiva sem diagnóstico em fase inicial.

Dessa forma, apesar de ambos os instrumentos serem bons, o aplicativo apresentou melhor desempenho como teste de rastreio para as crianças e jovens do que o *HearCheck*, e ainda teve resultados similares ou melhores ao encontrado na literatura na identificação de PA.

Para os jovens adultos, que tiveram em sua grande maioria audição dentro dos padrões de normalidade e apenas 10% de PA, todas de grau leve, a sensibilidade foi, novamente, maior no aplicativo. Os falsos negativos, encontrados apenas no *HearCheck*, evidenciam que o instrumento deixaria de rastrear 25% das PA, enquanto o aplicativo encontraria todas. Novamente, o aplicativo teve um falso positivo, enquanto o *HearCheck* não demonstrou o mesmo padrão da faixa etária mais jovem, sendo mais eficaz na detecção de possíveis positivos em detrimento dos negativos. A acurácia para ambos os testes foi igual nessa faixa etária. Comparando-se os achados do *HearCheck* com o encontrado no estudo de validação do equipamento (para adultos e idosos), constatamos que a sensibilidade ficou menor do que o esperado, e a especificidade,

igual (CARDOSO et al., 2014). Confrontando o desempenho do aplicativos com os achados na literatura, também para jovens adultos, encontramos resultados de sensibilidade igual, especificidade similar, valor preditivo positivo inferior e valor preditivo negativo também igual (SAMELLI et al., 2011). Dessa maneira, os testes de rastreio utilizados, para os adultos jovens, foram eficientes.

Para os adultos de meia-idade, com maior incidência de PA que os grupos anteriores e aparecimento de PA de grau moderado, além do leve, o rastreio com *HearCheck* foi positivo para maioria das PA leves e todas as PA moderadas. Já o aplicativo foi positivo para todas as PA (tanto de grau leve quanto de grau moderado). Ou seja, o *HearCheck* deixou de identificar 20% dos participantes com PA nessa faixa etária, e o aplicativo identificou todos. Nenhum falso positivo foi encontrado nesse grupo por esses rastreios, sugerindo que os adultos talvez tenham uma melhor resposta a esse tipo de avaliação. O desempenho dos instrumentos mostrou que, quando comparados, o aplicativo é mais eficaz na presença de PA, e que ambos são igualmente bons para inferir audição normal. A diferença na acurácia foi 5% maior no aplicativo do que no *HearCheck*. O *HearCheck* comportou-se também de maneira inferior ao encontrado na literatura quanto à sensibilidade, para a faixa etária, e a especificidade foi a mesma em ambas as pesquisas (CARDOSO et al., 2014). O desempenho do aplicativo evidenciou ser eficaz com rastreio para adultos de meia-idade. Os achados de uma pesquisa com outro aplicativo, também com adultos de meia-idade, foram idênticos quanto à sensibilidade e inferior (96%) quanto à especificidade (SALIBA et al., 2017). Mais uma vez, a acurácia reconfirma a presteza desses testes, sendo melhor o nosso aplicativo.

Nos idosos, o comprometimento auditivo apareceu na maioria dos avaliados. Nesse grupo, além das PA de grau leve e moderado, também constatou-se PA de grau severo. O *HearCheck* foi positivo para a maioria das PA de grau leve, e o aplicativo foi positivo para quase todas as PA – as de grau leve e todas as demais. Ambos deixaram de identificar apenas alterações leves. O estudo de Cardoso et al. (2014), com o *HearCheck* em faixa etária que também contemplava idosos, encontrou resultados melhores com a sensibilidade e parecidos na especificidade em relação aos do nosso estudo. Abu-Ghanem et al. (2016), avaliando idosos com um aplicativo, constatou sensibilidade do aplicativo de 100%, e especificidade de 60%. O nosso aplicativo apresentou sensibilidade menor, mas especificidade maior. O desempenho do aplicativo

Ouviu foi superior, tanto para identificar PA quanto para inferir audição normal, ao do *HearCheck*, tendo acurácia também maior nessa faixa etária.

O grupo de longevos da nossa pesquisa não apresentou audição dentro dos padrões de normalidade, de modo que a especificidade e demais análises que dependiam dessa medida não puderam ser feitas. Os avaliados apresentaram os 3 graus de PA (leve, moderado e severo). Para as PA, o *HearCheck* foi, mais uma vez, capaz de identificar todas as PA de graus moderado e severo, deixando de perceber 25% das PA de grau leve. O aplicativo, por sua vez, também foi positivo para todas as PA de grau moderado e severo, e deixou de identificar apenas 8% das PA de grau leve. Nenhum falso positivo foi encontrado nesse grupo. O *HearCheck* teve sensibilidade inferior ao confrontado na literatura (94,7%) (não sendo a mesma faixa etária estudada) (CARDOSO et al., 2014). O aplicativo teve sensibilidade também inferior ao comparado com outro estudo (diferentes em 4%), apesar de ser este com idosos e não longevos (ABU-GHANEM et al., 2016). Mais uma vez, os instrumentos se mostram úteis no rastreio de PA. O *HearCheck* apresentou ter maior dificuldade na discriminação de PA de grau leve que o aplicativo. A acurácia do *HearCheck* foi menor que a do aplicativo Ouviu para os longevos.

De uma maneira geral, o *HearCheck* e o aplicativo tiveram comportamento semelhante em todas as faixas etárias. O primeiro mostrou-se melhor na identificação de audição normal, e o segundo, na de PA. O *HearCheck* deixou de identificar PA de grau leve, mas foi eficaz nas PA de maior grau de perda. O aplicativo, por sua vez, foi sensível para todos os graus de PA. Na análise conjunta, com todas as faixas de idade, onde a maioria apresentou audição dentro dos padrões de normalidade, os desempenhos dos testes foram satisfatórios. Ambos os rastreios foram sensíveis, em sua grande maioria, para identificar a PA, sendo a sensibilidade do *HearCheck* menor que a do aplicativo. Da mesma forma, a especificidade também teve valores altos para ambos os testes, sendo capazes de averiguar participantes com audição dentro dos padrões de normalidade. A sensibilidade geral do *HearCheck* foi inferior ao teste de validação do instrumento, e a especificidade foi similar (CARDOSO et al., 2014).

Quanto ao aplicativo, em uma pesquisa com participantes entre 3 e 97 anos, idades bastante diversas como o nosso, a sensibilidade encontrada foi menor (81,7%) que a do nosso aplicativo, e a especificidade (83,1%) também (LOUW et al., 2017). O valor preditivo positivo do *HearCheck* mostrou que a probabilidade de uma pessoa ser identificada com esse instrumento e realmente ter PA foi alta, bem como com o

aplicativo. Ao contrário, o valor preditivo negativo evidenciou que a probabilidade das pessoas que tiveram rastreamento negativo realmente não terem PA também foi alta. Ambos os valores preditivos foram maiores que o encontrado em um trabalho com outro aplicativo, que foram: valor preditivo positivo de 87,6%, e valor preditivo negativo de 75,6 (LOUW et al., 2017). Quanto aos falsos negativos, PA que passariam despercebidas no rastreamento e preocupam quanto a eficiência do teste, o *HearCheck* apresentou sete vezes mais que o aplicativo Ouviru. A acurácia dos rastreios evidenciou que eles foram enérgicos na discriminação entre PA e audição normal em toda a amostra estudada.

8 CONCLUSÕES

Desenvolvemos um aplicativo que supriu as nossas necessidades, capaz de rastrear PA de maneira rápida, e com desempenho eficaz, em grupos diversos, que incluem desde crianças até longevos.

O desenvolvimento, que foi desde a determinação das frequências e intensidades que seriam apresentadas, passando pela forma de exibição e ajustes quanto ao *layout* e arquivamento dos resultados, foi pensado em cobrir as “falhas” observadas em outros aplicativos disponíveis. Ao optarmos pelo não uso de fones de ouvido, tivemos problemas com a calibração das intensidades, razão por que não pudemos afirmar em que intensidade estávamos trabalhando com a intensidade “fraca”. Porém, não tivemos que nos preocupar com a higienização de fones, padronização e custos que estes trariam.

Com relação ao estabelecimento dos padrões de normalidade, levando-se em consideração os resultados da audiometria, propusemos que: ouvir as intensidades moderada e fraca nas frequências de 1000, 2000 e 4000 Hz, e no mínimo a intensidade moderada de 500 e 8000 Hz é sugestivo de audição normal. Por outro lado, não ouvir as intensidades moderadas já indica algum grau de comprometimento auditivo, e o examinado deve ser encaminhado para exames de audiometria.

O desempenho do aplicativo foi satisfatório em todas as faixas etárias avaliadas, tendo, para a amostra geral, sensibilidade de 97,1% na identificação de PA, especificidade de 96,6% na constatação de audição normal, valor preditivo positivo de 94,3% e acurácia de 96,8% na precisão da identificação da PA.

O *HearCheck* também teve desempenho suficiente em todas as faixas etárias avaliadas, apresentando, para a amostra geral, sensibilidade de 79,4% na identificação de PA, especificidade de 98,3% na constatação de audição normal, valor preditivo positivo de 96,4% e acurácia de 91,4% na precisão da identificação da PA.

Embora os dois instrumentos tenham sido eficazes, o aplicativo teve acurácia melhor que o *HearCheck* e foi mais preciso para identificar PA de todos os graus (inclusive leve). Além dos benefícios já descritos, o aplicativo também é vantajoso quanto ao custo, rapidez, acesso ao teste e aplicabilidade.

Acreditamos que o sucesso, tanto no desenvolvimento do aplicativo Ouviu como nos resultados obtidos com ele, se deve ao diferencial da equipe envolvida. Conhecimentos específicos de informática e audiologia foram compartilhados e unidos

aos esforços para criar uma ferramenta que ao mesmo fosse viável e suprisse as necessidades clínicas.

O *layout* final, proposto com a conclusão das coletas, análises e defesa dos resultados, será concluído e disponibilizado na Store da Apple.

Nossas limitações quanto à plataforma na qual foi desenvolvido são as restrições de acesso de dispositivos móveis diferentes dos iPods trabalhados. Essas limitações são, também, nossas sugestões futuras de melhoramento do aplicativo para uma mais ampla utilização em outras plataformas.

REFERÊNCIAS

ABU-GHANEM, S. et al. Smartphone-based audiometric test for screening hearing loss in the elderly. **European Archives of Oto-Rhino-Laryngology**, v.273, n.2, p.333-9, Fev. 2016.

AMLANI, A. M. Apps for the Ears. **The ASHA Leader**, v. 19, n.7, p. 34–35, Jul. 2014.

ASHIQUE, K. T.; KALIYADAN, F.; AURANGABADKAR, S. J. Clinical photography in dermatology using smartphones: An overview. **Indian Dermatology online Journal**, v.6, n.3, p.158–63, 2015.

BAUER, M. A. et al. Validade do teste de sussurro no rastreio auditivo em longevos do Projeto Acompanhamento Multiprofissional ao Longevo de Porto Alegre (AMPAL). In: 10th South-Brazilian Congress of Geriatrics and Gerontology and de 19th Winter Meeting of the Brazilian Society of Geriatrics and Gerontology – Rio Grande do Sul. 2017. Bento Gonçalves. **Anais Abstracts from the 10th South-Brazilian Congress of Geriatrics and Gerontology and de 19th Winter Meeting of the Brazilian Society of Geriatrics and Gerontology – Rio Grande do Sul**. Revista Pajar, Porto Alegre, v.5, supl.1, p.17, Set. 2017. Disponível em: <<http://revistaseletronicas.pucrs.br/ojs/index.php/pajar/article/view/28747/15991>>. Acesso em 13 de novembro de 2017.

BAUER, M. A. et al. Profile and prevalence of hearing complaints in the elderly. **Braz J Otorhinolaryngol**, v.83, n.5, p.523-29, Jul. 2017a.

BRASIL. Ministério da Saúde. Departamento de Atenção Básica. **Envelhecimento e Saúde da pessoa idosa**. Caderno de Atenção Básica nº 19. Série A. Normas e Manuais Técnicos. Ministério da Saúde, 192 p., 2006.

BRIGHT, T.; PALLAWELA, D. Validated Smartphone-Based Apps for Ear and Hearing Assessments: A Review. **JMIR Rehabil Assist Technol**, v.3, n.2, p.e13, Dec. 2016.

BURHENN, P. S.; SMUDDE, J. Using tools and technology to promote education and adherence to oral agents for cancer. **Clinical Journal of Oncology Nursing**, v.19, n.3, p. 53-9, 2015.

CARDOSO, C. et al. Sensitivity and Specificity of Portable Hearing Screening in Middle-Aged and Older Adults. **International Archives of Otorhinolaryngology**, v.18, n.01, p.21–6, Nov. 2014.

CRUZ, M. S. et al. Prevalência de deficiência auditiva referida e causas atribuídas: um estudo de base populacional. **Cadernos de Saúde Pública**, v.25, n.5, p.1123–31. 2009.

DERIN, S. et al. Initial assessment of hearing loss using a mobile application for audiological evaluation. **The Journal of laryngology and otology**, v.130, n.3, p.248–51, Mar. 2016.

FOULAD, A.; BUI, P.; DJALILIAN, H. Automated audiometry using apple iOS-based application technology. **Otolaryngology--Head and Neck Surgery**, v.149, n.5, p.700–06, Nov. 2013.

FRANCELIN, M. A. S.; MOTTI, T. F. G.; MORITA, I. As implicações sociais da deficiência auditiva adquirida em adultos. **Saúde e Sociedade**, v.19, n.1, p.180–92, Mar. 2010.

FRANKO, O. I. Smartphone apps for orthopaedic surgeons. **Clinical Orthopaedics and Related Research**, v.469, n.7, p.2042–48, Jul. 2011.

FRAZZA, M. M. et al. **Audiometria tonal e vocal**. In: MUNHOZ, M. S. et al. (Eds.). Série otoneurológica: audiologia clínica. 2. Ed., São Paulo: Atheneu, p.49–72, 2004.

HAIJIAN-TILAKI, K. Sample size estimation in diagnostic test studies of biomedical informatics. **Journal of Biomedical Informatics**, v.48, p.193–204, Abr. 2014.

HANNULA, S. et al. Self-Reported Hearing Problems among Older Adults: Prevalence and Comparison to Measured Hearing Impairment. **Journal of the American Academy of Audiology**, v.22, n.8, supp.1, p.550–59, Set. 2011.

HARRIS, T.; PEER, S.; FAGAN, J. J. Audiological monitoring for ototoxic tuberculosis, human immunodeficiency virus and cancer therapies in a developing world setting. **Journal of Laryngology and Otology**, v.126, n.6, p.548–51, Jun. 2012.

HUANG, T. Age-Related Hearing Loss. **Minnesota Medicine**, v.90, n.10, p.48–50, 2007.

HUMBLE, J. R. et al. Use of and interest in mobile health for diabetes self-care in vulnerable populations. **Journal of Telemedicine and Telecare**, v.22, n.1, supp.1, p.32–8, Jan. 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA. IBGE. **Censo Demográfico 2010**. Características gerais da população, religião e pessoas com deficiência. Rio de Janeiro, p. 1-215. 2010. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/94/cd_2010_religiao_deficiencia.pdf>. Acesso em 09 de novembro de 2018.

LIN, F. R. Hearing Loss and Cognition Among Older Adults in the United States. **The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences**, v.66, n.10, p.1131–36, Out. 2011.

LIU Y. et al. Development and Validation of a Portable Hearing Self-Testing System Based on a Notebook Personal Computer. **Journal of the American Academy of Audiology**, v. 26, n.8, p. 716-723(8), Set. 2015.

LOUW C. et al. Smartphone-Based Hearing Screening at Primary Health Care Clinics. **Ear and Hearing**, v.38, n.2, p.93-100, Mar/Abr. 2017.

MARQUES, A. P. C.; MIRANDA-FILHO, A. L.; MONTEIRO, G. T. R.. Prevalence of hearing loss in adolescents and young adults as a result of social noise exposure: meta-analysis. **Revista CEFAC**, São Paulo, v.17, n.6, p.2056-64, Dec. 2015. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-18462015000802056&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 14 de novembro de 2018.

MARRON, K. et al. Music Listening Behavior, Health, Hearing and Otoacoustic Emission Levels. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v.11, n.8, p.7592–7607, Jul. 2014.

MASTERSON, E. A. et al. Prevalence of hearing loss in the United States by industry. **American Journal of Industrial Medicine**, v.56, n.6, p.670–681, Jun. 2013.

MOHAMED-ASMAIL F. et al. Clinical Validity of hearScreen™ Smartphone Hearing Screening for School Children. **Ear Hear**, v.37, n.1, p.11-7, 2016.

MONTEIRO, C. F. de S. et al. Suspeita da perda auditiva por familiares. **Revista CEFAC**, São Paulo, v.11, n.3, p.486–93, Set. 2009.

NA, Y. et al. Smartphone-based hearing screening in noisy environments. **Sensors (Switzerland)**, v.14, n.6, p.10346–60, 2014.

NADLER, N. B. Position statement. Preventing noise-induced occupational hearing

loss. **American Academy of Audiology**, p.135–142, Out. 2003.

NAKAMURA, N. Development of “MobileAudiometer” for screening using mobile phones. In: Conference proceedings: **Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. Conference**, v.5, p.3369–72, 2004.

NATIONAL INSTITUTE ON DEAFNESS AND OTHER COMMUNICATION DISORDERS [NIDCD]. Age-related hearing loss. 2013. Disponível em: <<https://www.nidcd.nih.gov/health/age-related-hearing-loss>>. Acesso em 10, novembro de 2018

OHLEMILLER, K. K. Mechanisms and genes in human stria presbycusis from animal models. **Brain Research**, v.1277, p.70–83, Jun. 2009.

OLIVEIRA, I. S. de et al . Hearing in middle aged adults and elderly: association with gender, age and cognitive performance. **Revista CEFAC**, São Paulo, v.16, n.5, p.1463-70, Out. 2014. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-18462014000501463&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 12 de novembro de 2018.

PEREIRA, T. et al. Investigação etiológica da deficiência auditiva em neonatos identificados em um programa de triagem auditiva neonatal universal. **Revista CEFAC**, v.16, n.2, p.422–29, Mar/Abr. 2014.

PUNCH, J. L.; ELFENBEIN, J. L.; JAMES, R. R. Targeting Hearing Health Messages for Users of Personal Listening Devices. **American Journal of Audiology**, v.20, n.1, p.69, Jun. 2011.

SALIBA, J. et al. Accuracy of Mobile-based Audiometry in the Evaluation of Hearing Loss in Quiet and Noisy Environments. **Otolaryngology- Head and Neck Surgery**, v.156, n.4, p.706-711, 2017.

SAMELLI, A. G. et al. Comparação entre avaliação audiológica e screening: um estudo sobre presbiacusia. **Brazilian Journal of Otorhinolaryngology (Impresso)**, v.77, n.1, p.70–76, Fev. 2011.

SANDSTROM, J. et al. Smartphone threshold audiometry in underserved primary health-care contexts. **International Journal of Audiology**, v.55, n.4, p.232-238, Jan. 2016.

SETHI, R.K.V. et al. Mobile Hearing Testing Applications and the Diagnosis of Sudden Sensorineural Hearing Loss: A Cautionary Tale. **Otology & Neurotology**, v.39, n.1, p.e1-4, Jan. 2018.

SLIWINSKA-KOWALSKA, M.; DAVIS, A. Noise-induced hearing loss. **Noise and Health**, v.14, n.61, p.274-80, 2012.

TEIXEIRA, A. R.; et al. Relationship Between Hearing Complaint and Hearing Loss Among Older People. **International Archives of Otorhinolaryngology**, São Paulo, v.13, n.1, p.78-82, Jan/Mar. 2009. Disponível em: <http://arquivosdeorl.org.br/conteudo/acervo_port.asp?id=592>. Acesso em 10 de novembro de 2018.

TIENSOLI, L. O.; et al. Triagem auditiva em hospital público de Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil: deficiência auditiva e seus fatores de risco em neonatos e lactentes. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v.23, n.6, p.1431-41, Jun. 2007. Disponível em: <https://www.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-311X2007000600018>. Acesso em 09 de novembro de 2018.

WHITTON, J. P. et al. Validation of a Self-administered Audiometry Application: An Equivalence Study. **Laryngoscope**, v.126, n.10, p.2382-88, Out. 2016.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. (WHO). **WHO/PDH/97.3**. Genebra (Suíça): WHO, 1997.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. (WHO). **Deafness and hearing loss**. Mar. 2012. Disponível em: <http://www.who.int/pbd/deafness/WHO_GE_HL.pdf>. Acesso em 10 de novembro de 2018.

YUEH, B. et al. Screening and Management of Adult Hearing Loss in Primary Care. **Journal of the American Medical Association - JAMA**, v.289, n.15, p.1976-85, Abr. 2003.

APÊNDICE A: TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO –
MAIORES DE IDADE

Título do Projeto: DESENVOLVIMENTO E ACURÁCIA DE UM APLICATIVO DE
CELULAR PARA RASTREIO AUDITIVO

Pesquisadora-responsável: Doutoranda Fga. Magda Aline Bauer (CRFa/RS 8723)

Este projeto tem como objetivo verificar a viabilidade do uso do aplicativo de rastreio auditivo em indivíduos de diferentes faixas etárias. Será aplicado um teste de rastreio auditivo por meio de um aplicativo, uma triagem auditiva através de um instrumento e após a avaliação audiológica. O aplicativo e a triagem não causam dor ou desconforto, não são procedimentos invasivos e o tempo de aplicação dos dois levará aproximadamente dez minutos. O procedimento é semelhante à audiometria. Serão apresentados sons (frequências) e você ao escutar um apito deverá sinalizar para o examinador, levantando a mão. A audiometria será realizada em cabine auditiva e serão apresentadas frequências em diferentes intensidades em ambas as orelhas. Terá duração aproximada de 30 minutos. Você receberá gratuitamente os resultados da audiometria e levará uma cópia do seu exame, bem como encaminhamento médico em caso de tampão de cera ou perda auditiva (encaminhamento para o Sistema Único de Saúde).

Desta forma os riscos são mínimos e se referem a possíveis desconfortos na apresentação dos sons (que serão apresentados em intensidade inferiores a possíveis causadores de traumas auditivos).

Os resultados obtidos serão utilizados na elaboração de artigos científicos e resumos, para serem apresentados em congressos e publicados em revistas, mas os participantes não serão identificados (direito de sigilo) e podem desistir de participar a qualquer momento. Se o participante optar por desistir de participar do estudo, deverá entrar em contato com os pesquisadores, comunicando sua decisão. Não serão exigidas explicações sobre o motivo da desistência. A não aceitação ou desistência de participação no estudo não comprometerá seu atendimento na Clínica de Fonoaudiologia da UFRGS.

Esclarecimentos sobre o projeto podem ser solicitados para o pesquisador responsável, Magda Aline Bauer através do (51) 91698580 ou pelo CEP-PUCRS: Fone:

(51) 3320 3345. Av. Ipiranga, 6681, Prédio 40, sala 505, CEP 90619-900, horário das 08:00 às 12:00 e das 13:30 às 17:00.

Assim, assino o presente documento em duas vias de igual teor e forma, ficando uma em minha posse, e autorizando a utilização dos resultados obtidos nas minhas avaliações para o desenvolvimento da pesquisa.

Porto Alegre, _____ de _____ de 201_.

Nome: _____ RG: _____

Assinatura: _____

Assinatura do pesquisador responsável: _____

Fga. Magda Aline Bauer

APÊNDICE B: TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO –
MENORES DE IDADE

Título do Projeto: DESENVOLVIMENTO E ACURÁCIA DE UM APLICATIVO DE
CELULAR PARA RASTREIO AUDITIVO

Pesquisadora-responsável: Doutoranda Fga. Magda Aline Bauer (CRFa/RS 8723)

Este projeto tem como objetivo verificar a viabilidade do uso do aplicativo de rastreio auditivo em indivíduos de diferentes faixas etárias. Será aplicado no seu filho um teste de rastreio auditivo por meio de um aplicativo, uma triagem auditiva através de um instrumento e após a avaliação audiológica. O aplicativo e a triagem não causam dor ou desconforto, não são procedimentos invasivos e o tempo de aplicação dos dois levará aproximadamente dez minutos. O procedimento é semelhante à audiometria. Serão apresentados sons (frequências) e seu filho ao escutar um apito deverá sinalizar para o examinador, levantando a mão. A audiometria será realizada em cabine auditiva e serão apresentadas frequências em diferentes intensidades em ambas as orelhas. Terá duração aproximada de 30 minutos. Você receberá gratuitamente os resultados da audiometria e levará uma cópia do exame do seu filho, bem como encaminhamento médico em caso de tampão de cera ou perda auditiva (encaminhamento para o Sistema Único de Saúde).

Desta forma os riscos são mínimos e se referem a possíveis desconfortos na apresentação dos sons (que serão apresentados em intensidade inferiores a possíveis causadores de traumas auditivos).

Os resultados obtidos serão utilizados na elaboração de artigos científicos e resumos, para serem apresentados em congressos e publicados em revistas, mas os participantes não serão identificados (direito de sigilo) e os responsáveis pela criança podem desistir da participar a qualquer momento. Desta forma, se você decidir que seu (sua) filho (a) não poderá mais participar do estudo, deverá entrar em contato com a pesquisadora, comunicando sua decisão. Não serão exigidas explicações sobre o motivo da desistência.

Esclarecimentos sobre o projeto podem ser solicitados para o pesquisador responsável, Magda Aline Bauer através do (51) 91698580 ou pelo CEP-PUCRS: Fone: (51) 3320 3345. Av. Ipiranga, 6681, Prédio 40, sala 505, CEP 90619-900, horário das 08:00 às 12:00 e das 13:30 às 17:00.

Assim, assino o presente documento em duas vias de igual teor e forma, ficando uma em minha posse, e autorizando a utilização dos resultados obtidos nas minhas avaliações para o desenvolvimento da pesquisa.

Porto Alegre, _____ de _____ de 2012.

Nome: _____ RG: _____

Assinatura: _____

Assinatura do pesquisador responsável: _____

Profa. Magda Aline Bauer

APÊNDICE C: FICHAS PARA ANOTAÇÃO DOS RESULTADOS

Nome: _____ Data do exame: _____

Data de nascimento: _____ Idade: _____ Sexo: (1) masculino (2) feminino

Ouve bem? (1) Sim (2) Não

Apresenta zumbido? (1) sim (2) não Se sim, o zumbido é na orelha (1) direita (2) esquerda (3) ambas

Otalgia (1) sim (2) não Se sim, a otalgia é na orelha (1) direita (2) esquerda (3) ambas

Audiometria

Orelha/Frequência/Intensidade	250Hz	500Hz	1 KHz	2 KHz	3 KHz	4 KHz	6KHz	8 KHz
Orelha Direita (OD)								
Orelha Esquada (OE)								

Triagem Auditiva - *HearCheck Screener*

	1000Hz			3000Hz		
	55dB	35dB	20dB	75dB	55dB	35dB
OD	()S ()N					
OE	()S ()N					

S = Sim (Escutou o estímulo) N= Não (não escutou o estímulo)

Rastreio Auditivo – Aplicativo Código Gerado: _____

	1000Hz			2000Hz			4000Hz			8000Hz			500Hz		
	20D b	40dB	60dB	20d B	40dB	60dB	20dB	40d B	60dB	20d B	40dB	60dB	20d B	40dB	60dB
AO	()S ()N														

S = Sim (Escutou o estímulo) N= Não (não escutou o estímulo)

APÊNDICE D: ARTIGO PUBLICADO

PROFILE AND PREVALENCE OF HEARING COMPLAINTS IN THE ELDERLY

Magda Aline Bauer,
 Ângela Kemel Zanella,
 Irênio Gomes Filho,
 Geraldo de Carli,
 Adriane Ribeiro Teixeira,
 Ângelo José Gonçalves Bós

Revista Brazilian Journal Of Otorhinolaryngology

Avaliação Qualis-Capes Quadriênio 2013- 2016: B1 Área Interdisciplinar

Recebido em 26 de Outubro de 2015.

Aceito em 20 de Junho de 2016.

Publicado em Setembro de 2017.

Braz. J Otorhinolaryngol. 2017; 83(5): 523-529



Brazilian Journal of
 OTORHINOLARYNGOLOGY

www.bjorl.org



ORIGINAL ARTICLE

Profile and prevalence of hearing complaints in the elderly[☆]

Magda Aline Bauer^{a,b}, Ângela Kemel Zanella^a, Irênio Gomes Filho^c,
 Geraldo de Carli^c, Adriane Ribeiro Teixeira^c, Ângelo José Gonçalves Bós^{c,*}

^a Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUC-RS), Programa de Pós-Graduação em Gerontologia Biomédica, Porto Alegre, RS, Brazil

^b Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, RS, Brazil

^c Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUC-RS), Porto Alegre, RS, Brazil

Received 26 October 2015; accepted 20 June 2016
 Available online 31 July 2016

KEYWORDS

Hearing loss;
 Epidemiologic studies;
 Aged

Abstract

Introduction: Hearing is essential for the processing of acoustic information and the understanding of speech signals. Hearing loss may be associated with cognitive decline, depression and reduced functionality.

Objective: To analyze the prevalence of hearing complaints in elderly individuals from Rio Grande do Sul and describe the profile of the study participants with and without hearing complaints.

Methods: 7315 elderly individuals interviewed in their homes, in 59 cities in the state of Rio Grande do Sul, Brazil, participated in the study. Inclusion criteria were age 60 years or older and answering the question on auditory self-perception. For statistical purposes, the chi-square test and logistic regression were performed to assess the correlations between variables.

Results: 139 elderly individuals who did not answer the question on auditory self-perception and 9 who self-reported hearing loss were excluded, totaling 7167 elderly participants. Hearing loss complaint rate was 28% (2011) among the elderly, showing differences between genders, ethnicity, income, and social participation. The mean age of the elderly without hearing complaints was 69.44 (±6.91) and among those with complaint, 72.8 (±7.75) years. Elderly individuals without hearing complaints had 5.10 (±3.78) years of formal education compared to 4.48 (±3.49) years among those who had complaints. Multiple logistic regression observed that protective factors for hearing complaints were: higher level of schooling, contributing to the family income and having received health care in the last six months. Risk factors for hearing complaints were: older age, male gender, experiencing difficulty in leaving home and carrying out social activities.

[☆] Please cite this article as: Bauer MA, Zanella AK, Gomes Filho I, Carli G, Teixeira AR, Bós AJ. Profile and prevalence of hearing complaints in the elderly. Braz. J Otorhinolaryngol. 2017;83:523-29.

* Corresponding author.

E-mail: angelo.bos@pucrs.br (A.J. Bós).

Peer Review under the responsibility of Associação Brasileira de Otorrinolaringologia e Cirurgia Cérvico-Facial.

<https://doi.org/10.1016/j.bjorl.2016.06.015>

ISSN 1604-0010/2017 Associação Brasileira de Otorrinolaringologia e Cirurgia Cérvico-Facial. Published by Elsevier Editora Ltda. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

APÊNDICE E: EQUIPAMENTO *HEARCHECK* SCREENER

Figura 1: Dispositivo de ligar o equipamento *HearCheck*. Fonte: a autora.



Figura 2: Local de inserção da orelha para realização do teste. Fonte: a autora.

APÊNDICE F: APLICATIVO OUVIU



Figura 3: Ícone do Aplicativo Ouviu. Fonte: a autora.



Figura 4: Tela no aplicativo sinalizando o ruído ambiente. Fonte: a autora.

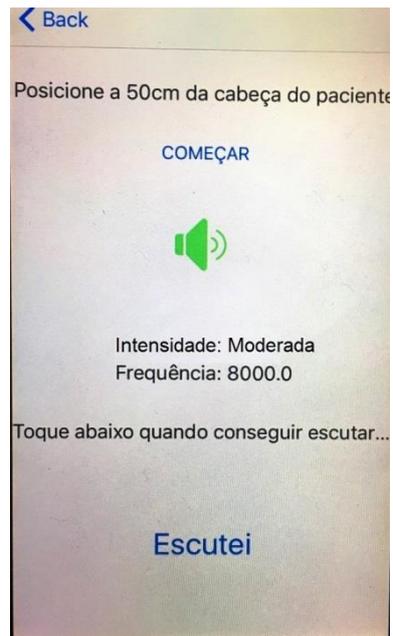


Figura 5: Tela do aplicativo apresentando uma frequência testada. Fonte: a autora.

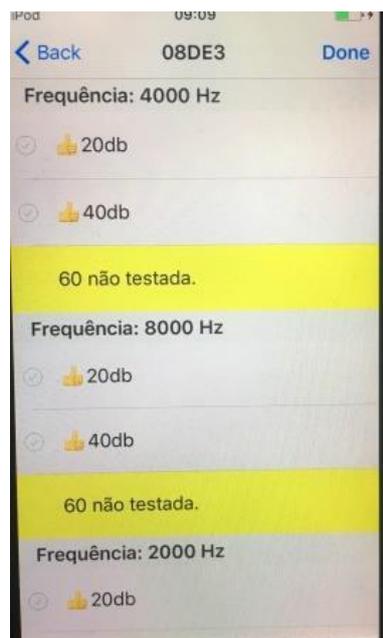


Figura 6: Tela do aplicativo com resultado da testagem. Fonte: a autora.

1 ANEXO I: ARTIGO SUBMETIDO

2

Angelo Jose Goncalves Bos

De: eesserver@eesmail.elsevier.com em nome de BJORL
<eesserver@eesmail.elsevier.com>
Enviado em: Tuesday, 20 November 2018 10:48 AM
Para: Angelo Jose Goncalves Bos
Assunto: Your PDF has been built and requires approval

*** Automated mail sent by the system ***

Brazilian Journal of Otorhinolaryngology

Title: DESENVOLVIMENTO E ACURÁCIA DE UM APLICATIVO DE DISPOSITIVO MÓVEL PARA RASTREIO AUDITIVO

Authors: Magda Aline Bauer; Patricia Morsch; Alexandre H Lessa; Adriane R Teixeira; Afonso Sales; Angelo J G Jose Goncalves Bos, MD, PhD

Dear Professor Bos,

The PDF for your submission, "DESENVOLVIMENTO E ACURÁCIA DE UM APLICATIVO DE DISPOSITIVO MÓVEL PARA RASTREIO AUDITIVO" has now been built and is ready for your approval. Please view the submission before approving it, to be certain that it is free of any errors. If you have already approved the PDF of your submission, this e-mail can be ignored.

To approve the PDF please login to the Elsevier Editorial System as an Author:

<https://ees.elsevier.com/BJORL/>

Your username is: angelo.bos@puccs.br

Then click on the folder 'Submissions Waiting for Author's Approval' to view and approve the PDF of your submission. You may need to click on 'Action Links' to expand your Action Links menu.

You will also need to confirm that you have read and agree with the Elsevier Ethics in Publishing statement

3

before the submission process can be completed. Once all of the above steps are done, you will receive an e-mail confirming receipt of your submission from the Editorial Office. For further information or if you have trouble completing these steps please go to: http://help.elsevier.com/app/answers/detail/a_id/88/p/7923.

Please note that you are required to ensure everything appears appropriately in PDF and no change can be made after approving a submission. If you have any trouble with the generated PDF or completing these steps please go to: http://help.elsevier.com/app/answers/detail/a_id/88/p/7923.

Your submission will be given a reference number once an Editor has been assigned to handle it.

Thank you for your time and patience.

Kind regards,

Editorial Office

Brazilian Journal of Otorhinolaryngology

For further assistance, please visit our customer support site at <http://help.elsevier.com/app/answers/list/p/7923>. Here you can search for solutions on a range of topics, find answers to frequently asked questions and learn more about EES via interactive tutorials. You will also find our 24/7 support contact details should you need any further assistance from one of our customer support representatives.

4



The screenshot shows the author's submission dashboard. At the top, there is a navigation bar with links for 'home', 'main menu', 'submit paper', 'guide for authors', 'register', 'change details', and 'log out'. The user is logged in as 'angelo.bos@puort.br'. Below the navigation bar, the page title is 'Submissions Being Processed for Author Angelo J G Jose Goncalves Bos, MD, PhD'. The main content area displays a table with the following data:

Action	Manuscript Number	Title	Initial Date Submitted	Status Date	Current Status
View Submission Send E-mail		DESENVOLVIMENTO E ACURÁCIA DE UM APLICATIVO DE DISPOSITIVO MÓVEL PARA RASTREIO AUDITIVO	Nov 20, 2018	Nov 20, 2018	Submitted to Journal

At the bottom of the page, there is a link for '<< Author Main Menu'.

5

6

7 DESENVOLVIMENTO E ACURÁCIA DE UM APLICATIVO DE DISPOSITIVO
8 MÓVEL PARA RASTREIO AUDITIVO
9 RASTREIO AUDITIVO: ACURÁCIA DE UM APLICATIVO

10

11 DEVELOPMENT AND ACCURACY OF A MOBILE HEAR TESTING

12

13 RESUMO

14

15 O comprometimento da audição, ou perda auditiva (PA), pode ser ocasionado por
16 diversos fatores e as implicações variam de acordo com o tipo, grau e idade de
17 acometimento. A triagem auditiva deveria ser um procedimento usual que possibilitasse
18 a identificação pré-clínica e os encaminhamentos necessários, evitando as
19 consequências da privação deste sentido. Aplicativos móveis mostram-se uma boa
20 alternativa. Por isso, nosso objetivo foi desenvolver um aplicativo e verificar seu

21 desempenho na identificação de PA comparando com outro instrumento de rastreio
22 validado. Avaliamos 185 pessoas, idades entre 6 e 96 anos, distribuídas em 5 grupos
23 etários, realizando audiometria e rastreio auditivo através de dois instrumentos:
24 HearCheck e aplicativo. O aplicativo foi criado utilizando-se o conhecimento
25 audiológico e as ferramentas disponíveis na plataforma iOS. Entre os resultados, ficou
26 evidenciado que a sensibilidade do aplicativo para identificar PA foi aproximadamente
27 97%, enquanto a do HearCheck 79%. O valor preditivo positivo do aplicativo mostrou
28 que a probabilidade de uma pessoa ser identificada com este instrumento e realmente ter
29 PA foi 94%, o HearCheck foi de 96%. Os falsos negativos, que deixaram de identificar
30 PA, foram menores no aplicativo (3%) que no HearCheck (21%). Assim, o aplicativo
31 desenvolvido mostrou-se eficaz como uma ferramenta de rastreio auditivo. Sendo
32 melhor que HearCheck na identificação de PA leve. Além de ser portátil, de fácil
33 aplicação, baixo custo e rápida execução, o aplicativo tem a vantagem de avaliar o ruído
34 ambiental para realizar o exame, e também a não necessidade de quaisquer hardwares
35 para acoplar ao dispositivo móvel.

36
37 Palavras chaves: Audiometria, Perda Auditiva, Programas de Rastreamento, Aplicativos
38 Móveis.

39 40 ABSTRACT

41
42 Earing loss (HL) can be caused by several factors and the implications vary due to type,
43 degree and age of occurrence. Currently, triage is conducted through standard surveys
44 or through simplified hearing tests. These instruments do not aim to determine hearing
45 edges, but to identify the possibility of HL in the individual. Therefore, mobile
46 applications (app) represent a good alternative. For this reason, our objective was to
47 develop an app, assessing its performance in identifying HL, and also comparing it with
48 another verified tracking device. 185 people were assessed, from 6 to 96 years old,
49 classified into 5 age groups. The audiometric in all participants was performed through
50 2 devices: HearCheck and app. App was developed by applying audiology knowledge
51 and the tools available in the iOS platform. The results have shown, among other, that
52 the app sensitivity to identify HL was close to 97%, while HearCheck was 79%. The
53 predictive positive value of app demonstrated that the probability of an individual to be
54 identified with HL was 94%, while HearCheck was 96%. False negatives, which missed
55 HL identification, were fewer with app (3%) than HearCheck (21%). So, the app
56 developed has proved to be efficient as a hearing tracking device, being more effective
57 than HearCheck in the sight HL identification. Besides being portable, easy to handle,
58 less expensive and quick to use, app has as an advantage of evaluating environment
59 noise during the exam, and, also, it does not require any hardware to connect to the
60 mobile device.

61
62 Key Word: Audiometry, Hearing Loss, Mass Screening, Mobile Applications

63 64 INTRODUÇÃO

65
66 A audição é uma função extremamente complexa, sendo essencial para o processamento
67 dos eventos acústicos e para a emissão e compreensão dos sinais de fala. A perda
68 auditiva pode ser ocasionada por diversos fatores, dentre eles, os pré-natais, como
69 herança genética, malformações da orelha interna, infecções congênicas pelo vírus da
70 rubéola, citomegalovírus, herpes, toxoplasmose e sífilis; as perinatais, como anóxia,

71 prematuridade, hiperbilirrubinemia, traumatismo craniano e trauma sonoro; e pós-
72 natais, dentre elas, causas metabólicas, como hipotireoidismo e diabetes, infecções
73 virais como rubéola, varicela-zoster, influenza, caxumba, citomegalovírus, meningite
74 bacteriana, encefalite e otite média crônica (PEREIRA et al., 2014). A perda auditiva
75 pode, também, ser advinda de exposição excessiva a ruídos (SLIWINSKA-
76 KOWALSKA; DAVIS, 2012) e múltiplos fatores que atuam sobre o ouvido interno ao
77 longo da vida que cumulativamente levam à presbiacusia (OHLEMILLER, 2009).
78 As consequências da perda auditiva variam de acordo com o tipo, grau e idade de
79 acometimento. Nas crianças e adolescentes podem ser observados comprometimentos
80 linguísticos, educacionais e psicossociais (MONTEIRO et al., 2009). Nos adultos e
81 idosos, geralmente se observa isolamento, com restrições de participação na vida social
82 e familiar, muitas vezes para não se tornar motivo de zombaria ou desprezo
83 (FRANCELIN; MOTTI; MORITA, 2010). A perda auditiva ainda pode estar associada
84 ao declínio cognitivo, depressão e redução do estado funcional (CRUZ et al., 2009).
85 O diagnóstico e a reabilitação da deficiência auditiva deveriam ser feitos de forma
86 precoce, tanto nas crianças quanto nos indivíduos em outras fases da vida. Ocorre,
87 porém, que em muitas situações a perda auditiva ocorre de forma gradual, com
88 progressão lenta, e, muitas vezes, não é percebida ou é negada pelos indivíduos
89 (FRANCELIN; MOTTI; MORITA, 2010). Assim, a triagem auditiva deveria ser um
90 procedimento usual em escolas, hospitais, postos de saúde, clínicas e no próprio
91 domicílio, visando a testagem de forma rápida, simples e barata de um número elevado
92 de indivíduos, possibilitando o diagnóstico precoce e os encaminhamentos necessários,
93 evitando as consequências da privação auditiva.

94 Atualmente, a triagem pode ser feita por meio de questionários padronizados
95 (SAMELLI et al., 2011) ou por realização de testes auditivos simplificados, que não
96 visam determinar limiares auditivos, e sim identificar a possibilidade de que o indivíduo
97 apresente perda auditiva. Podem também ser realizadas por instrumentos para triagem,
98 como é o caso do equipamento para triagem auditiva HearCheck Screener, que pode ser
99 usado em indivíduos das mais diferentes faixas etárias. Foi concebido para ser usado em
100 ambientes silenciosos, não implicando em uso de cabina acústica. O funcionamento do
101 aparelho é simples e não traz qualquer desconforto ao paciente. O examinador deve
102 anotar os sons percebidos pelo indivíduo, sendo que a percepção de menos de três sons
103 indica que o paciente deverá ser encaminhado para avaliação audiológica completa
104 (CARDOSO et al., 2014). No entanto, apesar dos benefícios já verificados desse
105 equipamento de triagem, o aparelho tem custos relativamente elevados, apresenta
106 limitação no número de testes que realiza (800 orelhas) e frequências avaliadas (1000 e
107 3000 Hz), além de precisar de profissionais qualificados para a utilização.

108 Rastrear a audição é uma preocupação já consagrada, e várias alternativas vêm sendo
109 apostadas neste intuito. Com a população idosa essa preocupação não é diferente.
110 Sabemos que o acesso a exames auditivos acaba não sendo uma realidade para essa
111 população. O deslocamento, encaminhamentos, profissionais qualificados e locais para
112 realização dos exames são umas das barreiras enfrentadas por essa faixa etária. Por isso,
113 na Cartilha Idosa foi proposto o uso do teste do Sussurro como parte integrante das
114 medições que devem ser realizadas no idoso. Porém, Bauer et al. (2017) avaliaram
115 longevos com esse teste e compararam os resultados com o Hearcheck e não obtiveram
116 resultados satisfatórios, sugerindo que o teste do Sussurro, como indicado para ser
117 realizado, deixa de detectar possíveis perdas auditivas.

118 De tal modo, sabendo da necessidade de um instrumento que atendesse a essa demanda,
119 verificamos na literatura que os aplicativos para dispositivos móveis se mostravam
120 como uma boa alternativa para realizar o rastreio auditivo, já que têm os benefícios de

121 serem mais baratos, apresentarem melhor acesso entre usuários e profissionais da saúde,
122 terem aplicação e registro simplificados, serem portáteis e não necessitem de
123 assistência periódica. Os aplicativos estão disponíveis para download nas plataformas
124 iOS e Android, muitos deles gratuitos. Alguns já foram testados com resultados
125 positivos, e outros, nem tanto (ABU-GHANEM et al., 2016; AMLANI, 2014;
126 FOULAD; BUI; DJALILIAN, 2013).

127 Apesar da já existência de alguns aplicativos, vimos que algumas questões dificultavam
128 sua utilização em maior escala. A principal era o uso de fones de ouvido, uma vez que a
129 necessidade de ter um hardware como este dificulta seu emprego, devido às imposições
130 de se fazer a higienização após o uso, de se ter fones de boa qualidade, de ter um
131 contato mais invasivo com o examinado e maiores gastos. Também não encontramos
132 aplicativos nacionais validados para a população brasileira e gratuitos. Ainda, em sua
133 maioria os aplicativos existentes buscam replicar uma audiometria, fazendo uma
134 varredura em todas as frequências. Como nosso intuito era rastrear, queríamos algo mais
135 conciso e que pudesse ser usado por outros profissionais que não necessariamente
136 tivessem conhecimentos audiológicos e que levasse em consideração o ruído ambiental
137 do local da testagem.

138 Vendo a necessidade de um instrumento de rastreio diferenciado que auxiliasse na
139 pesquisa da acuidade auditiva, pensamos em desenvolver um aplicativo, acreditando ser
140 esta uma forma simples, barata, eficaz, segura e rápida de identificar possíveis perdas.
141 Dessa maneira, o presente trabalho teve como objetivo principal desenvolver e avaliar o
142 desempenho de um aplicativo de rastreio auditivo em diferentes faixas etárias.

143

144 METODOLOGIA

145 Estudo do tipo transversal, observacional, descritivo, comparativo. A amostra deste
146 estudo foi composta por indivíduos com idade a partir de 6 anos. Foram convidados a
147 participar da pesquisa as pessoas que compareceram na Clínica de Audiologia da
148 Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) para realizar avaliação auditiva.
149 Os participantes da comunidade compareceram na clínica para realizar exame auditivo
150 encaminhados por outros profissionais ou por iniciativa própria, alguns oriundos de
151 Unidades Básicas de Saúde, e outros, participantes da Clínica de Fonoaudiologia ou
152 Faculdade de Odontologia da UFRGS. Com o intuito de formar a amostra necessária, o
153 período de coleta foi de um ano (agosto de 2016 a agosto de 2017). A delimitação do
154 início da faixa etária - 6 anos - baseou-se no fato de, a partir dessa idade, a criança já
155 conseguir responder adequadamente os exames que foram realizados. Além disso, em
156 crianças menores o teste de triagem auditiva costuma ser realizado já ao nascimento,
157 sendo, acreditamos, a população das demais idades subavaliadas quanto à audição.

158 Para determinar o número necessário de participantes a fim de contemplar os
159 objetivos propostos, baseou-se na pesquisa realizada por Hajian-Tilaki (2014), que
160 calculou o tamanho amostral necessário para termos um teste com uma sensibilidade de
161 95% e uma especificidade de 85% com 38 pessoas em cada grupo, alcançando uma
162 razão de verossimilhança positiva de 2.5 (HAJIAN-TILAKI, 2014). Com base nesse
163 autor, foram formados cinco grupos por faixas etárias, e estes foram avaliados quanto às
164 questões auditivas (análise dos resultados obtidos dos exames auditivos). Com o intuito
165 de formar a amostra necessária, o período de coleta foi de um ano (agosto de 2016 a
166 agosto de 2017).

167 Dessa forma, foram incluídos neste estudo 184 indivíduos de ambos os sexos,
168 com idade igual ou superior a 6 anos. Os indivíduos foram divididos em grupos de, no
169 mínimo, 38 sujeitos de pesquisa em cada, exceto os longevos, que foram 27 (apesar de o
170 período de coletas se estender por um ano, não compareceram mais pessoas nessa faixa

171 etária). A seguinte divisão foi realizada:
172 Grupo A: indivíduos de 6 a 19 anos (crianças e adolescentes);
173 Grupo B: indivíduos de 20 a 39 anos (adultos jovens);
174 Grupo C: indivíduos de 40 a 59 anos (adultos de meia-idade);
175 Grupo D: indivíduos de 60 a 79 anos (idosos jovens);
176 Grupo E: indivíduos com idade igual ou superior a 80 anos (longevos).

177

178 Foram excluídos os sujeitos que apresentaram cera obstrutiva no meato acústico
179 externo, uni ou bilateralmente.

180

181 DESENVOLVIMENTO DO APLICATIVO

182 O aplicativo foi desenvolvido na plataforma iOS para realizar o rastreamento auditivo. Esse
183 instrumento de avaliação foi desenvolvido em parceria com a TecnoPUC por alunos de
184 graduação da Escola Politécnica, sob a orientação do Professor Afonso Henrique Corrêa
185 de Sales. No aplicativo não ficaram registrados dados pessoais do participante, mas
186 apenas a medição realizada e um código de identificação.

187 O aplicativo foi desenvolvido seguindo os seguintes procedimentos:

188 Analisador de ruído ambiental: ao abrir o dispositivo, o aplicador aguarda a mensuração
189 do ruído ambiental. Somente caso detecte intensidade menor ou igual a 60 dB, o
190 aplicativo permite que o examinador inicie o exame. Dessa forma, o artefato sinaliza de
191 maneira visual se o teste pode ser realizado. A tela em tom verde sinaliza que o
192 ambiente está adequado, pois a intensidade do ambiente estaria inferior a 50dB; a tela
193 amarela indica que o ruído ambiental está entre 50 e 60dB ($50 \leq 60$ dB), condição em
194 que se consegue fazer o teste, mas o ideal é adequar o ambiente; e, caso a tela fique
195 vermelha, indicando intensidade superior a 60dB (> 60 dB), o início do teste não é
196 permitido, pois o dispositivo não libera o teste até a adequação do ambiente.

197 O teste: o aplicativo apresenta tons puros e contínuos nas frequências de 1000 Hertz
198 (Hz), 2000 Hz, 4000 Hz, 8000 Hz e 500 Hz, nesta sequência. A apresentação em cada
199 frequência se dará em intensidade inicial de 40 dBNA (dBNPS convertido em dBNA) e
200 nomeada como “Moderada”, com duração de 4 segundos, e um ícone representando um
201 alto-falante verde quando estiver emitindo som para identificar que ele está sendo
202 emitido (para não gerar dúvida, caso a pessoa não ouça o estímulo devido ao seu
203 prejuízo auditivo). Quando o participante ouvir, clica-se no ícone “Ouviu”. Então, a
204 intensidade cai para “Fraca” (como não foi possível mensurar essa intensidade em
205 laboratório, pode-se apenas inferir que é inferior aos 40dBNA), permanecendo por mais
206 4 segundos com a frequência atual na nova intensidade. Caso o participante não ouça o
207 estímulo de intensidade moderada após 4 segundos, aguarda-se, e a intensidade muda
208 para 60dBNA, denominada “Forte”, com duração de mais 4 segundos com a frequência
209 atual na nova intensidade. Clica-se em “ouviu” novamente, caso escute o estímulo, ou
210 aguarda-se o final do tempo para passar para nova frequência. A sequência de
211 intensidade é a seguinte: Moderada (40 dBNA) inicial, mudando para Fraca (caso o
212 participante escute) ou Forte (60dBNA) (em caso de não ter escutado). Ou seja, cada
213 participante irá ouvir o tom em apenas duas intensidades. Assim, cada frequência terá a
214 duração completa de sua avaliação em 8 segundos. O teste completo pode ser feito em
215 no máximo 40 segundos.

216 Escolha das frequências e intensidades: foram escolhidas baseadas no cálculo do grau
217 de perda auditiva, segundo classificação da Organização Mundial da Saúde (OMS), que
218 consiste no cálculo da média dos limiares obtidos nas frequências de 500 Hz, 1000 Hz,
219 2000 Hz e 4000 Hz. Médias de até 25 dBNA indicam que os limiares auditivos são
220 normais; valores entre 26 dBNA e 40 dBNA configuram perdas auditivas de grau leve;

221 entre 41 dBNA e 60 dBNA, de grau moderado; entre 61 dBNA e 80 dBNA, grau
222 severo; e superiores a 81 dBNA, de grau profundo (WORLD HEALTH
223 ORGANIZATION, 1997). A frequência de 8000 Hz foi escolhida levando em
224 consideração que os idosos têm maior dificuldade nas frequências altas, e esta poderia
225 nos mostrar um indicativo do tipo de perda do participante (HUANG, 2007), além de
226 detectar perdas iniciando em frequências altas e ainda não atingindo as quatro
227 “principais” que levam puramente ao diagnóstico.

228 Resultado: ao final do teste realizado através do aplicativo, foi disponibilizada uma aba
229 de respostas ao teste conforme os resultados individuais aos sons apresentados, e
230 conforme as intensidades ouvidas ou não. Os resultados ficam disponíveis, por código
231 identificador do participante, além de data e hora do exame, e podem ser enviados por
232 e-mail.

233 Optou-se por apresentar os sons em campo livre, e não em fones, para agilizar o
234 rastreo, evitar quaisquer tipos de desconforto resultante do contato dos fones com a
235 orelha do participante, e, finalmente, para facilitar a aplicação do dispositivo,
236 dispensando os fones em si, bem como material de higienização para limpeza destes
237 após o uso. O aplicativo foi nomeado como “OUVIU”.

238

239 PROCEDIMENTO

240 Os indivíduos convidados a participar do estudo, e após assinaram do Termo de
241 Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), primeiramente responderam a uma ficha de
242 dados pessoais de relevância para a pesquisa elaborada pelos pesquisadores
243 (APÊNDICE C), e após foram submetidos às avaliações. Realizou-se exame de
244 meatoscopia, utilizando-se o otoscópio, para verificar a presença de cera obstrutiva. Em
245 caso afirmativo, os sujeitos foram encaminhados para médico otorrinolaringologista
246 para a remoção do cerúmen e agendados para retorno após a desobstrução do ouvido.
247 Os sem obstrução seguiram para as avaliações normalmente.

248 Para a triagem auditiva utilizou-se o equipamento Hearcheck Screener (Siemens) em
249 ambiente silencioso (nível de ruído menor do que 50 dBNA). O nível de ruído
250 ambiental foi medido utilizando-se o medidor de pressão sonora DL-4020. O acoplador
251 do equipamento, semelhante ao fone auricular, foi posicionado sobre a orelha direita e o
252 sujeito foi orientado a sinalizar a cada som que ouvisse. Quando inicializado pelo
253 examinador, o equipamento produzia uma sequência de três sons na frequência de 1000
254 Hz (55 dBNA, 35 dBNA e 20 dBNA), e a seguir outros três sons na frequência de 3000
255 Hz (75 dBNA, 55 dBNA, 35 dBNA). O examinador anotou em quais intensidades e
256 frequências o indivíduo percebeu o som. O mesmo procedimento foi realizado na orelha
257 esquerda. Os resultados foram anotados em formulário específico.

258 Segundo informações contidas no manual do equipamento, a não percepção de três ou
259 mais tons puros implica em falha na triagem, e deve ser feito o encaminhamento para
260 avaliação audiológica completa. A realização do teste dura em média cinco minutos.
261 Neste trabalho, para o HearCheck foram utilizados os critérios de Cardoso et al. (2014),
262 que considerou como teste negativo (sugestivo de ausência de comprometimento
263 auditivo) quando o participante ouvia no mínimo 5 dos 6 estímulos sonoros
264 apresentados.

265 Após a realização da triagem através do HearCheck Screener, o examinado realizou o
266 teste de rastreo auditivo com o aplicativo desenvolvido pelos pesquisadores, conforme
267 explicado acima. A cada examinado, o pesquisador anotou o código gerado pelo
268 aplicativo, bem como as respostas aos estímulos. O código foi útil para identificar o
269 participante na pesquisa e para mantê-lo em anonimato ao salvar o exame. O
270 procedimento de aplicação do teste através do aplicativo se resume em disponibilizar os

271 sons do aplicativo a uma distância de 50 cm do participante (distância aproximada de
272 um braço do examinador, do punho ao ombro), em posição 0°/0° Azimute (na altura dos
273 olhos e do centro do nariz do participante). É importante destacar que o controle de
274 intensidade de apresentação dos sons não pode ser alterado mexendo-se na intensidade
275 do aparelho (ao início do exame, deve-se observar se o equipamento está em sua
276 intensidade e volume máximo de saída).

277 A última etapa dos procedimentos foi a realização da audiometria tonal limiar. Para esse
278 teste, o indivíduo foi conduzido a uma cabina acusticamente tratada, para que fosse feita
279 a pesquisa dos limiares auditivos por via aérea (250 Hz a 8000 Hz) e via óssea (500Hz a
280 4000Hz), sendo os resultados anotados em um formulário específico (APÊNDICE C).
281 Para a classificação do grau de perda auditiva, foi feita a média dos limiares obtidos nas
282 frequências de 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz e 4000 Hz (WORLD HEALTH
283 ORGANIZATION, 1997). Valores de média iguais ou inferiores a 25 dBNA indicam
284 limiares auditivos normais; entre 26 e 40 dBNA, perda auditiva de grau leve; entre 41 e
285 55 dBNA, perda auditiva de grau moderado; entre 56 e 80 dBNA, perda auditiva de
286 grau moderadamente severo; entre 71 e 90 dBNA, perda auditiva de grau severo; e
287 média superior a 91 dBNA, perda auditiva de grau profundo.

288 Também com os dados obtidos na audiometria, a perda auditiva foi classificada
289 quanto ao tipo. Assim, será considerada condutiva quando houver limiares de via óssea
290 preservados (normais) e limiares de via óssea rebaixados, com presença de gap
291 (diferencial) aéreo-ósseo. Nas perdas auditivas neurosensoriais, os limiares de via aérea
292 e via óssea estão rebaixados, mas não há presença de gap aéreo-ósseo. A perda auditiva
293 mista é caracterizada pelo rebaixamento de limiares aéreos e ósseos, mas com presença
294 de gap aéreo-ósseo (FRAZZA et al., 2004). Toda a coleta de dados do presente projeto
295 foi realizada nas dependências da UFRGS, com a utilização dos equipamentos da
296 Clínica de Audiologia dessa instituição. Para fins desta pesquisa, optou-se por utilizar
297 nas análises os graus de perda auditiva, e não o tipo. Ainda, devido ao teste com o
298 aplicativo ser realizado em campo livre (ambas as orelhas avaliadas simultaneamente),
299 optamos por utilizar o resultado da audiometria da melhor orelha.

300

301 ANÁLISE DOS DADOS

302 Após a realização dos testes, os dados foram digitados em um banco de dados criado no
303 Microsoft Excel. Em seguida, foram realizadas as análises, utilizando-se as variáveis
304 idade (para determinar os grupos), o resultado da audiometria da melhor orelha, o
305 resultado do rastreio com o equipamento HearCheck Screener (para melhor orelha) e
306 aplicativo. As análises foram feitas utilizando-se o software EPIINFO, com o objetivo
307 de analisar a associação entre as variáveis pesquisadas.

308 Com o presente trabalho, objetivou-se identificar, através do aplicativo, participantes
309 com possível perda auditiva (PA). Para observar a eficiência dessa identificação, foram
310 utilizados dois parâmetros epidemiológicos: sensibilidade e especificidade. A
311 sensibilidade é o percentual de pessoas com perda auditiva com o teste positivo, e a
312 especificidade, o percentual de pessoas sem perda auditiva com o teste negativo. Para
313 calcular esses parâmetros são necessários dois grupos: um sabidamente com perda
314 auditiva e outro sabidamente sem perda auditiva. A identificação da perda auditiva deve
315 ser feita com um método consagrado na literatura, chamado de teste padrão. No
316 presente trabalho, a audiometria foi utilizada como teste padrão para identificar os
317 participantes com audição normal e aqueles com perda auditiva.

318 Além dos anteriormente descritos, a fim de melhor identificar a acurácia do aplicativos,
319 outros parâmetros foram utilizados: Valor Preditivo Positivo, Valor Preditivo Negativo,
320 Falsos Positivos e Falsos Negativos. Com o Valor Preditivo Positivo, podemos saber a

321 probabilidade das pessoas que falharam nos rastreios (aplicativo ou HearCheck) terem
322 realmente perda auditiva, e com o Valor Preditivo Negativo, a probabilidade das
323 pessoas que passaram nos rastreios não terem, efetivamente, perda auditiva. Os
324 verdadeiros positivos (que apresentavam perda auditiva e foram identificados pelo
325 rastreio), os verdadeiros negativos (não apresentavam perda auditiva e passaram no
326 rastreio), os falsos positivos (que falharam no rastreio, mas não apresentavam perda
327 auditiva) e os falsos negativos (passaram no rastreio, mas tinham perda auditiva)
328 também foram analisados.

329 Para avaliar os resultados do aplicativo, foram considerados testes negativos quando os
330 participantes ouviam as frequências de 1000, 2000 e 4000 Hz em 20 dB e as frequências
331 de 500 e 8000 Hz em 40 dB, ao passo que foram considerados positivos quando os
332 participantes não ouviam em pelo menos uma das frequências e intensidades citadas.
333 Esse critério foi construído a partir dos limiares auditivos dentro do padrão de
334 normalidade obtidos em audiometria.

335 Importante ressaltar que devido ao teste com o aplicativo ser realizado em campo livre,
336 ou seja, sem fones de ouvido, a melhor orelha (aquela com melhor resultado auditivo) é
337 que acaba respondendo. Dessa forma, considerou-se sempre o resultado da melhor
338 audiometria (caso houvesse diferença entre as orelhas) para realizar a comparação com
339 os resultados do aplicativo. No HearCheck foram utilizados os critérios de Cardoso et
340 al. (2014), que considerou como teste negativo quando o participante ouvia no mínimo
341 5 dos 6 estímulos sonoros apresentados.

342 Participantes com audição normal cujos testes do aplicativo ou do HearCheck
343 foram negativos foram considerados Verdadeiros Negativos, e os com perda auditiva
344 que tiveram o teste positivo, como Verdadeiros Positivos. A especificidade foi
345 calculada, assim, pelo percentual de Verdadeiros Negativos dividido pelo número total
346 de participantes com a audição normal, e a sensibilidade, pelo percentual de
347 Verdadeiros Positivos dividido pelo número total de participantes com perda auditiva. A
348 acurácia foi obtida somando os Verdadeiros Positivos e Verdadeiros Negativos, e
349 dividindo essa soma pela amostra.

350

351 ASPECTOS ÉTICOS

352 O projeto foi aprovado pela Comissão Científica do Instituto de Geriatria e
353 Gerontologia da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul - PUCRS e
354 Comitê de Ética e Pesquisa da PUCRS, CAAE 57742016.8.0000.5336. Foram
355 garantidos aos participantes os direitos de sigilo, voluntariado e desistência de
356 participação na pesquisa. Este projeto é de risco mínimo, considerando-se que os
357 participantes não seriam expostos a riscos, dor ou desconforto. Todos receberam cópias
358 dos exames de audiometria realizados, e lhes foram dadas orientações sobre sua
359 audição. Ainda, quando necessário, os participantes foram encaminhados para médico
360 otorrinolaringologista. Após a finalização da pesquisa, os protocolos ficaram arquivados
361 por um período de 05 anos, podendo ser utilizados em outras pesquisas.

362

363 RESULTADOS

364 O desenvolvimento do aplicativo se deu na plataforma de desenvolvimento Xcode, na
365 versão 9.4.1, utilizando a linguagem de programação Swift, na versão 3.3. Foi utilizado
366 o Framework para manipulação de áudio e vídeo nativo da AVFoundation
367 (<https://developer.apple.com/av-foundation/>). O conceito utilizado: amplitude (Valor
368 Float que varia de 0 a 1). Foram feitos testes de frequência e intensidade das ondas
369 geradas pelo alto-falante embutido no dispositivo iPod Touch de quarta geração. Foram
370 feitas duas baterias de testes, uma primeira para entender as limitações físicas do

371 dispositivo em gerar as frequências (500 Hz, 1000Hz, 2000Hz, 4000Hz e 8000Hz) e a
372 segunda para as intensidades desejadas (20dB - 40dB - 60dB).

373 A amplitude foi controlada através de um aplicativo que permitia alterá-la de acordo
374 com a potência medida no decibelímetro. O decibelímetro utilizado foi provido pelo
375 LABELO (Laboratório Especializado em Eletroeletrônica- PUCRS) em um teste em
376 sala com isolamento acústico. Dessa maneira, conseguiu-se ajustar o aplicativo para o
377 funcionamento na plataforma iOS com os seguintes ajustes: na saída máxima de
378 intensidade do equipamento (iPod Touch), as frequências de 1000 Hz, 2000 Hz e 4000
379 Hz, produzindo tons puros nas intensidades inferiores a 20 dB, 40 dB e 60 dB, e as
380 frequências de 500 e 8000 Hz, produzindo tons puros nas intensidades de 40 dB e 60 dB
381 (a intensidade de 20 dB nessas duas frequências não pôde ser produzida por não ser
382 suportada pelo equipamento). Esses valores de intensidade foram aferidos para o
383 momento de chegarem ao examinado, e não para o de saírem do equipamento.

384 Com o intuito de facilitar a compreensão do teste, não confundir os usuários e tampouco
385 erroneamente inferir valores aos achados auditivos encontrados, optamos por nomear as
386 intensidades em “Fraca” (inferior a 40 dB), “Moderada” (40 dB) e “Forte” (60 dB).
387 Ainda sobre os ajustes com o aplicativo, cabe ressaltar que se optou pelo não uso de
388 fones de ouvido e testagem simultânea entre as orelhas, visto que o uso de fones
389 implicaria em custos e necessidade de higienização entre os participantes (o que
390 dificultaria a utilização na atenção primária ou domiciliar). A ausência de fones de
391 ouvido dificultou que a intensidade gerada pela fonte (neste caso, o iPod) fosse a
392 mesma que chegasse ao examinado, ocasionando a necessidade de adequações para que
393 a intensidade gerada fosse suficiente para chegar em, por exemplo, 40 dB nos ouvidos.
394 Esse problema fez com que não pudéssemos afirmar que intensidades inferiores a 40dB
395 seriam mensuradas, visto que o ruído ambiental se confunde com o som produzido. Para
396 tanto, optamos por ajustar a saída com algoritmos que visual e auditivamente fossem
397 inferiores a 40 dB. O HearCheck, por exemplo, emite tom puro de 1000 Hz em 35 dB
398 como valor mínimo.

399 Após algumas versões e mensurações em laboratório específico, e também devido às
400 especificações próprias dos hardwares dos iPods, as frequências e intensidades foram
401 assim distribuídas: as frequências de 1000 Hz, 2000 Hz e 4000 Hz apresentam as
402 intensidades moderada e forte confirmadas em 40 dB e 60 dB, respectivamente, e fraca
403 (inferior a 40 dB, mas sem possibilidade de afirmar a intensidade); a frequência de 8000
404 Hz com todas as intensidades confirmadas; e a de 500 Hz com a moderada averiguada, a
405 fraca sem confirmação, e a forte (60dB) não suportada pelo equipamento (não sendo
406 produzida).

407 Para os resultados do aplicativo, foram considerados testes negativos quando os
408 participantes ouviam as frequências de 1000, 2000 e 4000 Hz em intensidade moderada
409 e fraca, e as frequências de 500 e 8000 Hz em intensidade moderada. E foram
410 considerados positivos quando os participantes não ouviam em pelo menos uma das
411 frequências e intensidade no mínimo moderada. Esse critério foi construído a partir dos
412 limiares auditivos dentro do padrão de normalidade obtidos em audiometria. Os
413 participantes com audição normal foram os banalizadores dos resultados negativos no
414 aplicativo, bem como os com PA, em diferentes graus, foram o resultado positivo para o
415 mesmo dispositivo.

416 O tempo de aplicação do teste do aplicativo – dado relevante, visto que a demanda na
417 atenção primária e domiciliar é grande –, foi aferido em algumas aplicações, sendo o
418 tempo médio de 30 segundos, podendo ser menor caso o paciente responda
419 rapidamente, e chegando até a 45 segundos, caso o paciente não responda a nenhuma
420 intensidade (tempo máximo). Para fins de comparação, o tempo utilizado no HearCheck

421 também foi medido. O teste é realizado em um tempo pré-definido pelo aparelho,
422 ficando 40 segundos em cada orelha.

423 A amostra (Figura 1) constou de 185 participantes distribuídos em: 38 crianças e
424 adolescentes (entre 6 e 19 anos), 41 adultos jovens (entre 20 e 39 anos), 40 adultos de
425 meia-idade (entre 40 e 59 anos), 39 idosos jovens (entre 60 e 79) e 27 longevos (idade
426 igual ou superior a 80 anos). Quanto ao sexo dos participantes, as mulheres foram em
427 maior número, 112 mulheres (60,5%) e 73 homens (39,5%); das crianças e
428 adolescentes, 21 (55%) eram do sexo feminino; dos adultos jovens, 28 (68%); entre os
429 adultos de meia-idade, 24 (60%); entre os idosos, 23 (59%); e entre os longevos, 16
430 (59%).

431

432 Os resultados apresentados dizem respeito à sensibilidade e à especificidade do
433 aplicativo Ouviu e do HearCheck. O valor preditivo positivo e o valor preditivo
434 negativo dizem respeito à Perda Auditiva. Para as análises, utilizou-se como variável
435 fixa o resultado da audiometria (Presença ou Ausência de PA e graus de PA - Leve,
436 Moderado e Severo). Foram considerados: Verdadeiro Negativo quem tivesse resultado
437 negativo para Perda Auditiva (audição normal) tanto no rastreo (por aplicativo ou
438 HearCheck) quanto na audiometria; Verdadeiro Positivo quem tivesse Perda Auditiva
439 detectada tanto no rastreo como na audiometria; Falso Positivo quem tivesse rastreo
440 positivo e audição normal; e Falso Negativo quem tivesse rastreo negativo e, no
441 entanto, tivesse perda auditiva. O grau da perda foi utilizado para análises de respostas
442 aos rastreios (positivo ou negativo) e presença ou ausência de PA para as demais
443 análises.

444 Na tabela 1 estão distribuídos o total dos 185 participantes e a comparação dos achados
445 audiológicos (presença e ausência de PA) com os resultados dos rastreios do HearCheck
446 e aplicativo. Do total de avaliados, foram constatados 117 (63%) resultados
447 audiológicos de audição dentro dos padrões de normalidade, e 68 (37%) de PA (40
448 (59%) de PA de grau leve, 21 (31%) de PA de grau moderado, e 7 (10%) de PA de grau
449 severo).

450 Ambos os rastreios foram sensíveis, em sua grande maioria, para identificar a PA, sendo
451 a sensibilidade do HearCheck de 79%, e do aplicativo, de 97%. Da mesma forma, a
452 especificidade também teve valores altos, 98% e 96% para o HearCheck e aplicativo,
453 respectivamente, sendo ambos os instrumentos capazes de averiguar participantes com
454 audição dentro dos padrões de normalidade.

455 O valor preditivo positivo do HearCheck mostrou que a probabilidade de uma pessoa
456 ser identificada com esse instrumento e realmente ter PA foi de 96%. Já a do aplicativo
457 foi de 94%. Ao contrário, o valor preditivo negativo 89% e 98% evidenciou a
458 probabilidade da pessoa ter tido rastreo negativo realmente não ter PA.

459 Os verdadeiros positivos, rastreios com resultados positivos para PA e com PA, foram
460 54% no HearCheck e 66% no aplicativo. Ao contrário, os verdadeiros negativos,
461 rastreios negativos e ausência de PA foram 98% (115) com o HearCheck, e 97% (113)
462 com o aplicativo. Os falsos positivos, rastreo positivo para PA e ausência de PA foram
463 2 e 4 para HearCheck e aplicativo, respectivamente. Os falsos negativos, que deixam de
464 identificar PA, foram 20,59% (14) no HearCheck, e 3% (2) no aplicativo.

465 Por fim, a acurácia dos rastreios na discriminação entre PA e audição normal em toda a
466 amostra foi de 91% para o HearCheck e 97% para o aplicativo.

467

468 DISCUSSÃO

469 No desenvolvimento do aplicativo, a primeira preocupação que tivemos foi com
470 o ruído ambiental. Com o receio de que este interferisse nos resultados do teste,

471 colocamos na tela inicial um analisador de ruído. O analisador tem a função de liberar o
472 início do rastreo apenas quando detectar limites de ruído ambiental inferiores a 60 dB.
473 A preocupação com o ruído ambiental do local de aplicação do rastreo foi levantada
474 como sendo importante para a qualidade dos exames em outros trabalhos (SALIBA et
475 al., 2017; SANDSTROM et al., 2016). No entanto, não encontramos outro aplicativo
476 que disponibilizasse essa ferramenta como pré-requisito para o rastreo.

477 Os tons puros das frequências de 500 HZ, 1000 Hz, 2000 Hz e 4000 Hz, e as
478 intensidades (fraca, moderada e forte) foram escolhidas levando em consideração o
479 estabelecido pela OMS. A intensidade fraca, apresentada como inferior a 40 dB, faz
480 referência à intensidade mínima necessária dentro dos padrões de normalidade; a
481 moderada (em 40dB), é uma analogia à perda auditiva de grau moderado; e a forte se
482 refere a graus mais profundos de perda (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 1997).
483 As frequências de destaque do nosso aplicativo, 500 Hz e 8000 Hz, foram escolhidas
484 por serem alertas: a de 500 Hz para uma perda condutiva, mais comum na infância
485 (HUANG, 2007), e a de 8000 Hz, para PA por exposição ao ruído e também em PA
486 típicas do envelhecimento (OHLE MILLER, 2009). Optamos por três intensidades de
487 cada frequência, sendo que cada examinado realizava apenas duas, similar ao
488 HearCheck, que emite tom puro de 1000 Hz em 20, 35 e 55 dB, e de 3000 Hz em 35, 55
489 e 75 dB. Os demais aplicativos validados na literatura acabam fazendo uma varredura
490 em mais frequências (geralmente de 250 a 8000 Hz) e intensidades variadas (LOUW et
491 al., 2017; MAHOMED-ASMAIL et al., 2016; ABU-GHANEM et al., 2016).

492 Os padrões de normalidade foram estabelecidos e levaram em consideração os
493 resultados da audiometria. Para ter teste negativo no aplicativo, o examinado deveria
494 ouvir as intensidades moderada e fraca nas frequências de 1000, 2000 e 4000 Hz, e no
495 mínimo a intensidade moderada de 500 e 8000 Hz, sugerindo assim audição normal.
496 Não ouvir as intensidades moderadas foi visto como sendo indicativo de algum grau de
497 comprometimento auditivo. O ponto de corte de nosso estudo foi parecido com o
498 proposto por Abu-Granem et al. (2016), que sugeriu a intensidade de 40 dB nas
499 frequências de 250-6000 Hz.

500 O tempo de aplicação, considerado importante para uma ferramenta de rastreo,
501 foi de 30 segundos, em média, podendo ser menor, caso o paciente respondesse
502 rapidamente, e chegando até 45 segundos, caso o paciente não respondesse a nenhuma
503 intensidade (tempo máximo). Para fins de comparação, o tempo utilizado no HearCheck
504 também foi medido. O teste é realizado em um tempo pré-definido pelo aparelho,
505 ficando em 40 segundos em cada orelha. Os tempos de testagem de ambos são similares
506 aos encontrados em outro estudo de validação que mediu tempo inferior a um minuto
507 (49 segundos) em crianças, e um pouco maior que um minuto (74 segundos) em adultos
508 (LOUW et al., 2017). Mahomed-Asmail et al. (2016) também verificaram que o tempo
509 de teste com aplicativo foi mais rápido que a triagem convencional, utilizada com
510 crianças.

511 Avaliamos 185 pessoas com idade entre 6 e 96 anos no período de um ano. Os
512 achados foram analisados para o total dos participantes e por faixa etária. Apenas o
513 grupo com longevos não alcançou o número desejado de participantes (38), apesar do
514 tempo longo de coleta (12 meses). Como nosso intuito era avaliar os pacientes que
515 chegassem à Clínica de Audiologia, sem interferir na demanda, optamos por não chamar
516 participantes externos.

517 Em todas as faixas etárias, as mulheres foram a maioria das pessoas avaliadas.
518 As mulheres também foram maioria no estudo de validação de outro aplicativo, as quais
519 compunham 71% da amostra (LOUW et al., 2017).

520 Com os resultados obtidos na audiometria, constatamos que a maioria dos

521 resultados auditivos foi dentro dos padrões de normalidade, seguidos de PA leve,
522 moderado e severo. Essa porcentagem de PA observada no estudo foi maior que a
523 estimativa mundial, 5,3% (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2012), e nacional,
524 5,1% (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2010). No
525 entanto, devemos levar em consideração duas questões: 1) as pessoas atendidas na
526 clínica eram oriundas de encaminhamentos de profissionais da saúde ou estavam em
527 atendimento fonoaudiológico, podendo ter por isso um grau maior de comprometimento
528 auditivo; e 2) como é rotina atender pacientes de terapia sem queixa auditiva, esse
529 número de PA poderia ser ainda maior em populações em idade escolar, por exemplo.

530 Na distribuição por idades, o grupo de 6 - 19 anos (crianças e adolescentes) foi a
531 segunda faixa etária com menos perda auditiva, pois a faixa etária com menor perda foi
532 a dos adultos jovens. Nas demais faixas etárias, a frequência de perda auditiva
533 aumentou com a idade, sendo esta, presente em todos os longevos. Novamente, em
534 nossa amostra, entre as crianças, adolescentes, adultos e idosos, tivemos maior
535 frequência de PA do que o referenciado mundial e nacionalmente. Ocorreu, como
536 esperado, um aumento da frequência de PA entre os idosos e longevos, o que corrobora
537 com os dados mundiais e nacionais (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2012;
538 INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2010). Um fator que
539 deve ser considerado, além do perfil dos avaliados em nosso estudo, é que nas pesquisas
540 epidemiológicas as informações são autorreferidas e não medidas clinicamente. A
541 mesma justificativa foi dada em um artigo de revisão de literatura que evidenciou, entre
542 os relatos dos adolescentes, prevalência inferior a 2% de PA, enquanto que, dentre os
543 que comprovaram clinicamente com audiometria, a prevalência foi entre 11,5 e 15,8.
544 Nossa prevalência ficou entre o encontrado por esses autores (MARQUES, MIRANDA-
545 FILHO, MONTEIRO, 2015). Outro estudo que encontrou diferenças entre os dados
546 autorreferidos e os comprovados foi um realizado com idosos, que apresentou
547 prevalência igual à nossa para essa faixa etária (TEIXEIRA et al., 2009).

548 Ao analisar o desempenho do HearCheck e aplicativo nas crianças e
549 adolescentes, constatamos que a sensibilidade para identificar PA foi maior no
550 aplicativo. No entanto, a especificidade foi menor. Ou seja, o aplicativo foi mais eficaz
551 na identificação de PA, enquanto que o HearCheck foi levemente superior, com
552 diferença de 8%, na identificação de audição dentro dos padrões de normalidade. Das
553 perdas auditivas do grupo, 60% não foram identificadas pelo HearCheck. Os valores
554 preditivos dos testes também não foram tão específicos para o HearCheck quando
555 comparados com o aplicativo. A chance de as pessoas serem rastreadas adequadamente
556 quanto à sua condição auditiva foram maiores para o aplicativo. A acurácia dos
557 instrumentos de rastreio para distinguir PA de audição normal foi menor no HearCheck
558 que no aplicativo. Como a PA desse grupo se caracteriza por maior perda nas
559 frequências graves, e o HearCheck avalia apenas 1000 e 3000Hz, acredita-se que este
560 tenha sido um dos fatores para a presença de um maior número de falsos negativos.
561 Como as pessoas desse grupo apresentaram somente grau de PA leve (média dos
562 limiares entre 26-40 dB), a intensidade dos estímulos pode ter mascarado esta PA. A
563 sensibilidade nesse grupo etário foi menor que a metade encontrada em outro estudo,
564 mas com adultos e idosos, único estudo de validação do HearCheck. Entretanto, a
565 especificidade foi menos diferente, apesar de também menor (CARDOSO et al., 2014).

566 Ainda para o mesmo grupo de crianças e adolescentes, o aplicativo foi capaz de
567 identificar todas as PA desse grupo, mesmo sendo de grau leve. O achado quanto à
568 sensibilidade foi maior que o encontrado em outro estudo utilizando um aplicativo em
569 crianças, no qual a sensibilidade foi de 75%, e a especificidade foi menor (98,5%)
570 (MAHOMED-ASMAIL et al., 2016). O nosso aplicativo teve resultado de sensibilidade

571 igual ao encontrado em um estudo com aplicativo em jovens adultos, e especificidade
572 novamente menor (100%), valor preditivo positivo inferior (100%) e valores preditivos
573 negativos iguais em ambos os estudos (100%) (SAMELLI et al., 2011). Acreditamos
574 que os falsos positivos, que interferiram na especificidade e no valor preditivo, não
575 desvalorizam o aplicativo Ouviu, pois é preferível encaminhar uma criança com
576 suspeita de PA para exame e tê-lo negativado a ter uma possível perda auditiva sem
577 diagnóstico em fase inicial.

578 Dessa forma, apesar de ambos os instrumentos serem bons, o aplicativo
579 apresentou melhor desempenho como teste de rastreio para as crianças e jovens do que
580 o HearCheck, e ainda teve resultados similares ou melhores ao encontrado na literatura
581 na identificação de PA.

582 Para os jovens adultos, que tiveram em sua grande maioria audição dentro dos
583 padrões de normalidade e apenas 10% de PA, todas de grau leve, a sensibilidade foi,
584 novamente, maior no aplicativo. Os falsos negativos, encontrados apenas no
585 HearCheck, evidenciam que o instrumento deixaria de rastrear 25% das PA, enquanto o
586 aplicativo encontraria todas. Novamente, o aplicativo teve um falso positivo, enquanto o
587 HearCheck não demonstrou o mesmo padrão da faixa etária mais jovem, sendo mais
588 eficaz na detecção de possíveis positivos em detrimento dos negativos. A acurácia para
589 ambos os testes foi igual nessa faixa etária. Comparando-se os achados do HearCheck
590 com o encontrado no estudo de validação do equipamento (para adultos e idosos),
591 constatamos que a sensibilidade ficou menor do que o esperado, e a especificidade,
592 igual (CARDOSO et al., 2014). Confrontando o desempenho do aplicativos com os
593 achados na literatura, também para jovens adultos, encontramos resultados de
594 sensibilidade igual, especificidade similar, valor preditivo positivo inferior e valor
595 preditivo negativo também igual (SAMELLI et al., 2011). Dessa maneira, os testes de
596 rastreio utilizados, para os adultos jovens, foram eficientes.

597 Para os adultos de meia-idade, com maior incidência de PA que os grupos
598 anteriores e aparecimento de PA de grau moderado, além do leve, o rastreio com
599 HearCheck foi positivo para maioria das PA leves e todas as PA moderadas. Já o
600 aplicativo foi positivo para todas as PA (tanto de grau leve quanto de grau moderado).
601 Ou seja, o HearCheck deixou de identificar 20% dos participantes com PA nessa faixa
602 etária, e o aplicativo identificou todos. Nenhum falso positivo foi encontrado nesse
603 grupo por esses rastreios, sugerindo que os adultos talvez tenham uma melhor resposta a
604 esse tipo de avaliação. O desempenho dos instrumentos mostrou que, quando
605 comparados, o aplicativo é mais eficaz na presença de PA, e que ambos são igualmente
606 bons para inferir audição normal. A diferença na acurácia foi 5% maior no aplicativo do
607 que no HearCheck. O HearCheck comportou-se também de maneira inferior ao
608 encontrado na literatura quanto à sensibilidade, para a faixa etária, e a especificidade foi
609 a mesma em ambas as pesquisas (CARDOSO et al., 2014). O desempenho do aplicativo
610 evidenciou ser eficaz com rastreio para adultos de meia-idade. Os achados de uma
611 pesquisa com outro aplicativo, também com adultos de meia-idade, foram idênticos
612 quanto à sensibilidade e inferior (96%) quanto à especificidade (SALIBA et al., 2017).
613 Mais uma vez, a acurácia reconfirma a presteza desses testes, sendo melhor o nosso
614 aplicativo.

615 Nos idosos, o comprometimento auditivo apareceu na maioria dos avaliados.
616 Nesse grupo, além das PA de grau leve e moderado, também tiveram PA de grau
617 severo. O HearCheck foi positivo para a maioria das PA de grau leve, e o aplicativo foi
618 positivo para quase todas as PA – as de grau leve e todas as demais. Ambos deixaram
619 de identificar apenas alterações leves. O estudo de Cardoso et al. (2014), com o
620 HearCheck em faixa etária que também contemplava idosos, encontrou resultados

621 melhores com a sensibilidade e parecidos na especificidade em relação aos do nosso
622 estudo. Abu-Ghanem et al. (2016), avaliando idosos com um aplicativo, constatou
623 sensibilidade do aplicativo de 100%, e especificidade de 60%. O nosso aplicativo
624 apresentou sensibilidade menor, mas especificidade maior. O desempenho do aplicativo
625 Ouviu foi superior, tanto para identificar PA quanto para inferir audição normal, ao do
626 HearCheck, tendo acurácia também maior nessa faixa etária.

627 O grupo de longevos da nossa pesquisa não apresentou audição dentro dos
628 padrões de normalidade, de modo que a especificidade e demais análises que dependiam
629 dessa medida não puderam ser feitas. Os avaliados apresentaram os 3 graus de PA (leve,
630 moderado e severo). Para as PA, o HearCheck foi, mais uma vez, capaz de identificar
631 todas as PA de graus moderado e severo, deixando de perceber 25% das PA de grau
632 leve. O aplicativo, por sua vez, também foi positivo para todas as PA de grau moderado
633 e severo, e deixou de identificar apenas 8% das PA de grau leve. Nenhum falso positivo
634 foi encontrado nesse grupo. O HearCheck teve sensibilidade inferior ao confrontado na
635 literatura (94,7%) (não sendo a mesma faixa etária estudada) (CARDOSO et al., 2014).
636 O aplicativo teve sensibilidade também inferior ao comparado com outro estudo
637 (diferentes em 4%), apesar de ser este com idosos e não longevos (ABU-GHANEM et
638 al., 2016). Mais uma vez, os instrumentos se mostram úteis no rastreamento de PA. O
639 HearCheck apresentou ter maior dificuldade na discriminação de PA de grau leve que o
640 aplicativo. A acurácia do HearCheck foi menor que a do aplicativo Ouviu para os
641 longevos.

642 De uma maneira geral, o HearCheck e o aplicativo tiveram comportamento
643 semelhante em todas as faixas etárias. O primeiro mostrou-se melhor na identificação de
644 audição normal, e o segundo, na de PA. O HearCheck deixou de identificar PA de grau
645 leve, mas foi eficaz nas PA de maior grau de perda. O aplicativo, por sua vez, foi
646 sensível para todos os graus de PA. Na análise conjunta, com todas as faixas de idade,
647 onde a maioria apresentou audição dentro dos padrões de normalidade, os desempenhos
648 dos testes foram satisfatórios. Ambos os rastreios foram sensíveis, em sua grande
649 maioria, para identificar a PA, sendo a sensibilidade do HearCheck menor que a do
650 aplicativo. Da mesma forma, a especificidade também teve valores altos para ambos os
651 testes, sendo capazes de averiguar participantes com audição dentro dos padrões de
652 normalidade. A sensibilidade geral do HearCheck foi inferior ao teste de validação do
653 instrumento, e a especificidade foi similar (CARDOSO et al., 2014).

654 Quanto ao aplicativo, em uma pesquisa com participantes entre 3 e 97 anos,
655 idades bastante diversas como o nosso, a sensibilidade encontrada foi menor (81,7%)
656 que a do nosso aplicativo, e a especificidade (83,1%) também (LOUW et al., 2017). O
657 valor preditivo positivo do HearCheck mostrou que a probabilidade de uma pessoa ser
658 identificada com esse instrumento e realmente ter PA foi alta, bem como com o
659 aplicativo. Ao contrário, o valor preditivo negativo evidenciou que a probabilidade das
660 pessoas que tiveram rastreamento negativo realmente não terem PA também foi alta. Ambos
661 os valores preditivos foram maiores que o encontrado em um trabalho com outro
662 aplicativo, que foram: valor preditivo positivo de 87,6%, e valor preditivo negativo de
663 75,6 (LOUW et al., 2017). Quanto aos falsos negativos, PA que passariam
664 despercebidas no rastreamento e preocupam quanto a eficiência do teste, o HearCheck
665 apresentou sete vezes mais que o aplicativo Ouviu. A acurácia dos rastreios evidenciou
666 que eles foram enérgicos na discriminação entre PA e audição normal em toda a
667 amostra estudada.

668

669 CONCLUSÕES

670 Desenvolvemos um aplicativo que supriu as nossas necessidades, capaz de

671 rastrear PA de maneira rápida, e com desempenho eficaz, em grupos diversos, que
672 incluem desde crianças até longevos.

673 O desenvolvimento, que foi desde a determinação das frequências e intensidades
674 que seriam apresentadas, passando pela forma de exibição e ajustes quanto ao layout e
675 arquivamento dos resultados, foi pensado em cobrir as “falhas” observadas em outros
676 aplicativos disponíveis. Ao optarmos pelo não uso de fones de ouvido, tivemos
677 problemas com a calibração das intensidades, razão por que não pudemos afirmar em
678 que intensidade estávamos trabalhando com a intensidade “fraca”. Porém, não tivemos
679 que nos preocupar com a higienização de fones, padronização e custos que estes
680 trariam.

681 Com relação ao estabelecimento dos padrões de normalidade, levando-se em
682 consideração os resultados da audiometria, propusemos que: ouvir as intensidades
683 moderada e fraca nas frequências de 1000, 2000 e 4000 Hz, e no mínimo a intensidade
684 moderada de 500 e 8000 Hz é sugestivo de audição normal. Por outro lado, não ouvir as
685 intensidades moderadas já indica algum grau de comprometimento auditivo, e o
686 examinado deve ser encaminhado para exames de audiometria.

687 O desempenho do aplicativo foi satisfatório em todas as faixas etárias avaliadas,
688 tendo, para a amostra geral, sensibilidade de 97,1% na identificação de PA,
689 especificidade de 96,6% na constatação de audição normal, valor preditivo positivo de
690 94,3% e acurácia de 96,8% na precisão da identificação da PA.

691 O HearCheck também teve desempenho suficiente em todas as faixas etárias
692 avaliadas, apresentando, para a amostra geral, sensibilidade de 79,4% na identificação
693 de PA, especificidade de 98,3% na constatação de audição normal, valor preditivo
694 positivo de 96,4% e acurácia de 91,4% na precisão da identificação da PA.

695 Embora os dois instrumentos tenham sido eficazes, o aplicativo teve acurácia
696 melhor que o HearCheck e foi mais preciso para identificar PA de todos os graus
697 (inclusive leve). Além dos benefícios já descritos, o aplicativo também é vantajoso
698 quanto ao custo, rapidez, acesso ao teste e aplicabilidade.

699 O layout final, proposto com a conclusão das coletas, análises e defesa dos
700 resultados, será concluído e disponibilizado na Apple Store.

701 Nossas limitações quanto à plataforma na qual foi desenvolvido são as restrições
702 de acesso de dispositivos móveis diferentes dos I-pods trabalhados. Essas limitações são,
703 também, nossas sugestões futuras de melhoramento do aplicativo para uma mais ampla
704 utilização em outras plataformas.

705

706 REFERÊNCIAS

707

708 ABU-GHANEM, S. et al. Smartphone-based audiometric test for screening hearing loss
709 in the elderly. **European Archives of Oto-Rhino-Laryngology**, v.273, n.2, p.333-9,
710 Fev. 2016.

711

712 AMLANI, A. M. Apps for the Ears. **The ASHA Leader**, v. 19, n.7, p. 34–35, Jul. 2014.

713

714 ASHIQUE, K. T.; KALIYADAN, F.; AURANGABADKAR, S. J. Clinical
715 photography in dermatology using smartphones: An overview. **Indian Dermatology**
716 **online Journal**, v.6, n.3, p.158–63, 2015.

717

718 BAUER, M. A. et al. Validade do teste de sussurro no rastreio auditivo em longevos do
719 Projeto Acompanhamento Multiprofissional ao Longevo de Porto Alegre (AMPAL). In:
720 10th South-Brazilian Congress of Geriatrics and Gerontology and de 19th Winter

- 721 Meeting of the Brazilian Society of Geriatrics and Gerontology – Rio Grande do Sul.
722 2017. Bento Gonçalves. **Anais Abstracts from the 10th South-Brazilian Congress of**
723 **Geriatrics and Gerontology and de 19th Winter Meeting of the Brazilian Society of**
724 **Geriatrics and Gerontology – Rio Grande do Sul.** Revista Pajar, Porto Alegre, v.5,
725 supl.1, p.17, Set. 2017. Disponível em:
726 <<http://revistaseletronicas.pucrs.br/ojs/index.php/pajar/article/view/28747/15991>>.
727 Acesso em 13 de novembro de 2017.
728
- 729 BAUER, M. A. et al. Profile and prevalence of hearing complaints in the elderly. **Braz**
730 **J Otorhinolaryngol**, v.83, n.5, p.523-29, Jul. 2017a.
731
- 732 BRASIL. Ministério da Saúde. Departamento de Atenção Básica. **Envelhecimento e**
733 **Saúde da pessoa idosa.** Caderno de Atenção Básica nº 19. Série A. Normas e Manuais
734 Técnicos. Ministério da Saúde, 192 p., 2006.
735
- 736 BRIGHT, T.; PALLAWELA, D. Validated Smartphone-Based Apps for Ear and
737 Hearing Assessments: A Review. **JMIR Rehabil Assist Technol**, v.3, n.2, p.e13, Dec.
738 2016.
739
- 740 BURHENN, P. S.; SMUDDE, J. Using tools and technology to promote education and
741 adherence to oral agents for cancer. **Clinical Journal of Oncology Nursing**, v.19, n.3,
742 p. 53-9, 2015.
743
- 744 CARDOSO, C. et al. Sensitivity and Specificity of Portable Hearing Screening in
745 Middle-Aged and Older Adults. *International Archives of Otorhinolaryngology*, v.18,
746 n.01, p.21–6, Nov. 2014.
747
- 748 CRUZ, M. S. et al. Prevalência de deficiência auditiva referida e causas atribuídas: um
749 estudo de base populacional. **Cadernos de Saúde Pública**, v.25, n.5, p.1123–31. 2009.
750
- 751 DERIN, S. et al. Initial assessment of hearing loss using a mobile application for
752 audiological evaluation. **The Journal of laryngology and otology**, v.130, n.3, p.248-
753 51, Mar. 2016.
754
- 755 FOULAD, A.; BUI, P.; DJALILIAN, H. Automated audiometry using apple iOS-based
756 application technology. **Otolaryngology--Head and Neck Surgery**, v.149, n.5, p.700–
757 06, Nov. 2013.
758
- 759 FRANCELIN, M. A. S.; MOTTI, T. F. G.; MORITA, I. As implicações sociais da
760 deficiência auditiva adquirida em adultos. **Saúde e Sociedade**, v.19, n.1, p.180–92,
761 Mar. 2010.
762
- 763 FRANKO, O. I. Smartphone apps for orthopaedic surgeons. **Clinical Orthopaedics**
764 **and Related Research**, v.469, n.7, p.2042–48, Jul. 2011.
765
- 766 FRAZZA, M. M. et al. **Audiometria tonal e vocal.** In: MUNHOZ, M. S. et al. (Eds.).
767 *Série otoneurológica: audiologia clínica.* 2. Ed., São Paulo: Atheneu, p.49–72, 2004.
768
- 769 HAJIAN-TILAKI, K. Sample size estimation in diagnostic test studies of biomedical
770 informatics. **Journal of Biomedical Informatics**, v.48, p.193–204, Abr. 2014.

- 771
772 HANNULA, S. et al. Self-Reported Hearing Problems among Older Adults: Prevalence
773 and Comparison to Measured Hearing Impairment. **Journal of the American Academy**
774 **of Audiology**, v.22, n.8, supp.1, p.550–59, Set. 2011.
775
- 776 HARRIS, T.; PEER, S.; FAGAN, J. J. Audiological monitoring for ototoxic
777 tuberculosis, human immunodeficiency virus and cancer therapies in a developing word
778 setting. **Journal of Laryngology and Otology**, v.126, n.6, p.548-51, Jun. 2012.
779
- 780 HUANG, T. Age-Related Hearing Loss. **Minnesota Medicine**, v.90, n.10, p.48–50,
781 2007.
782
- 783 HUMBLE, J. R. et al. Use of and interest in mobile health for diabetes self-care in
784 vulnerable populations. **Journal of Telemedicine and Telecare**, v.22, n.1, supp.1,
785 p.32–8, Jan. 2016.
786
- 787 INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA. IBGE. **Censo**
788 **Demográfico 2010**. Características gerais da população, religião e pessoas com
789 deficiência. Rio de Janeiro, p. 1-215. 2010. Disponível em:
790 <[https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/94/cd_2010_religiao_deficiencia](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/94/cd_2010_religiao_deficiencia.pdf)
791 [.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/94/cd_2010_religiao_deficiencia.pdf)>. Acesso em 09 de novembro de 2018.
792
- 793 LIN, F. R. Hearing Loss and Cognition Among Older Adults in the United States. **The**
794 **Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences**, v.66,
795 n.10, p.1131–36, Out. 2011.
796
- 797 LIU Y. et al. Development and Validation of a Portable Hearing Self-Testing System
798 Based on a Notebook Personal Computer. **Journal of the American Academy of**
799 **Audiology**, v. 26, n.8, p. 716-723(8), Set. 2015.
800
- 801 LOUW C. et al. Smartphone-Based Hearing Screening at Primary Health Care Clinics.
802 **Ear and Hearing**, v.38, n.2, p.93-100, Mar/Abr. 2017.
803
- 804 MARQUES, A. P. C.; MIRANDA-FILHO, A. L.; MONTEIRO, G. T. R.. Prevalence of
805 hearing loss in adolescents and young adults as a result of social noise exposure: meta-
806 analysis. **Revista CEFAC**, São Paulo, v.17, n.6, p.2056-64, Dec. 2015. Disponível em:
807 <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-18462015000802056&lng=en&nrm=iso)
808 [18462015000802056&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-18462015000802056&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em 14 de novembro de 2018.
809
- 810 MARRON, K. et al. Music Listening Behavior, Health, Hearing and Otoacoustic
811 Emission Levels. **International Journal of Environmental Research and Public**
812 **Health**, v.11, n.8, p.7592–7607, Jul. 2014.
813
- 814 MASTERSON, E. A. et al. Prevalence of hearing loss in the United States by industry.
815 **American Journal of Industrial Medicine**, v.56, n.6, p.670–681, Jun. 2013.
816
- 817 MOHAMED-ASMAIL F. et al. Clinical Validity of hearScreen™ Smartphone
818 Hearing Screening for School Children. **Ear Hear**, v.37, n.1, p.11-7, 2016.
819
- 820 MONTEIRO, C. F. de S. et al. Suspeita da perda auditiva por familiares. **Revista**

- 821 CEFAC, São Paulo, v.11, n.3, p.486–93, Set. 2009.
822
- 823 NA, Y. et al. Smartphone-based hearing screening in noisy environments. **Sensors**
824 **(Switzerland)**, v.14, n.6, p.10346–60, 2014.
825
- 826 NADLER, N. B. Position statement. Preventing noise-induced occupational hearing
827 loss. **American Academy of Audiology**, p.135–142, Out. 2003.
828
- 829 NAKAMURA, N. Development of “MobileAudiometer” for screening using mobile
830 phones. In: Conference proceedings: **Annual International Conference of the IEEE**
831 **Engineering in Medicine and Biology Society. IEEE Engineering in Medicine and**
832 **Biology Society. Conference**, v.5, p.3369–72, 2004.
833
- 834 NATIONAL INSTITUTE ON DEAFNESS AND OTHER COMMUNICATION
835 DISORDERS [NIDCD]. Age-related hearing loss. 2013. Disponível em:
836 <<https://www.nidcd.nih.gov/health/age-related-hearing-loss>>. Acesso em 10, novembro
837 de 2018
838
- 839 OHLEMILLER, K. K. Mechanisms and genes in human strial presbycusis from animal
840 models. **Brain Research**, v.1277, p.70–83, Jun. 2009.
841
- 842 OLIVEIRA, I. S. de et al . Hearing in middle aged adults and elderly: association with
843 gender, age and cognitive performance. **Revista CEFAC**, São Paulo, v.16, n.5, p.1463-
844 70, Out. 2014. Disponível em:
845 <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-18462014000501463&lng=en&nrm=iso)
846 [18462014000501463&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-18462014000501463&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em 12 de novembro de 2018.
847
- 848 PEREIRA, T. et al. Investigação etiológica da deficiência auditiva em neonatos
849 identificados em um programa de triagem auditiva neonatal universal. **Revista CEFAC**,
850 v.16, n.2, p.422–29, Mar/Abr. 2014.
851
- 852 PUNCH, J. L.; ELFENBEIN, J. L.; JAMES, R. R. Targeting Hearing Health Messages
853 for Users of Personal Listening Devices. **American Journal of Audiology**, v.20, n.1,
854 p.69, Jun. 2011.
855
- 856 SALIBA, J. et al. Accuracy of Mobile-based Audiometry in the Evaluation of Hearing
857 Loss in Quiet and Noisy Environments. **Otolaryngology- Head and Neck Surgery**,
858 v.156, n.4, p.706-711, 2017.
859
- 860 SAMELLI, A. G. et al. Comparação entre avaliação audiológica e screening: um estudo
861 sobre presbiacusia. **Brazilian Journal of Otorhinolaryngology (Impresso)**, v.77, n.1,
862 p.70–76, Fev. 2011.
863
- 864 SANDSTROM, J. et al. Smartphone threshold audiometry in underserved primary
865 health-care contexts. **International Journal of Audiology**, v.55, n.4, p.232-238, Jan.
866 2016.
867
- 868 SETHI, R.K.V. et al. Mobile Hearing Testing Applications and the Diagnosis of Sudden
869 Sensorineural Hearing Loss: A Cautionary Tale. **Otology & Neurotology**, v.39, n.1,
870 p.e1-4, Jan. 2018.

- 871
872 SLIWINSKA-KOWALSKA, M.; DAVIS, A. Noise-induced hearing loss. **Noise and**
873 **Health**, v.14, n.61, p.274-80, 2012.
874
- 875 TEIXEIRA, A. R.; et al. Relationship Between Hearing Complaint and Hearing Loss
876 Among Older People. **International Archives of Otorhinolaryngology**, São Paulo,
877 v.13, n.1, p.78-82, Jan/Mar. 2009. Disponível em:
878 <http://arquivosdeorl.org.br/conteudo/acervo_port.asp?id=592>. Acesso em 10 de
879 novembro de 2018.
880
- 881 TIENSOLI, L. O.; et al. Triagem auditiva em hospital público de Belo Horizonte, Minas
882 Gerais, Brasil: deficiência auditiva e seus fatores de risco em neonatos e lactentes.
883 **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v.23, n.6, p.1431-41, Jun. 2007.
884 Disponível em: <[https://www.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-](https://www.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-311X2007000600018)
885 [311X2007000600018](https://www.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-311X2007000600018)>. Acesso em 09 de novembro de 2018.
886
- 887 WHITTON, J. P. et al. Validation of a Self-administered Audiometry Application: An
888 Equivalence Study. **Laryngoscope**, v.126, n.10, p.2382-88, Out. 2016.
889
- 890 WORLD HEALTH ORGANIZATION. (WHO). **WHO/PDH/97.3**. Genebra (Suíça):
891 WHO, 1997.
892
- 893 WORLD HEALTH ORGANIZATION. (WHO). **Deafness and hearing loss**. Mar.
894 2012. Disponível em: <http://www.who.int/pbd/deafness/WHO_GE_HL.pdf>. Acesso
895 em 10 de novembro de 2018.
896
- 897 YUEH, B. et al. Screening and Management of Adult Hearing Loss in Primary Care.
898 **Journal of the American Medical Association - JAMA**, v.289, n.15, p.1976-85, Abr.
899 2003.

ANEXO II: APROVAÇÃO COMISSÃO CIENTÍFICA DO IGG

**SIPESQ**

Sistema de Pesquisas da PUCRS

Código SIPESQ: 7347

Porto Alegre, 6 de julho de 2016.

Prezado(a) Pesquisador(a),

A Comissão Científica do INSTITUTO DE GERIATRIA E GERONTOLOGIA da PUCRS apreciou e aprovou o Projeto de Pesquisa "Desenvolvimento e acurácia de um aplicativo de celular para rastreio auditivo" coordenado por ANGELO JOSE GONCALVES BOS. Caso este projeto necessite apreciação do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) e/ou da Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA), toda a documentação anexa deve ser idêntica à documentação enviada ao CEP/CEUA, juntamente com o Documento Unificado gerado pelo SIPESQ.

Atenciosamente,

Comissão Científica do INSTITUTO DE GERIATRIA E GERONTOLOGIA

ANEXO III: APROVAÇÃO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA DA PUCRS

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE
CATÓLICA DO RIO GRANDE
DO SUL - PUC/RS



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: DESENVOLVIMENTO E ACURÁCIA DE UM APLICATIVO DE CELULAR PARA RASTREIO AUDITIVO

Pesquisador: Ângelo José Gonçalves Bós

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 57742016.8.0000.5336

Instituição Proponente: UNIAO BRASILEIRA DE EDUCACAO E ASSISTENCIA

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 1.743.142

Apresentação do Projeto:

O diagnóstico e a reabilitação da deficiência auditiva deveriam ser feitos de forma precoce, tanto nas crianças quanto nos indivíduos em outras fases da vida. Desta forma, a triagem auditiva deveria ser um procedimento usual que possibilitasse o diagnóstico precoce e os encaminhamentos necessários, evitando as consequências da privação auditiva. Atualmente, a triagem é feita por meio de questionários padronizados ou através da realização de testes auditivos simplificados, que não visam determinar limiares auditivos, e sim identificar a possibilidade de que o indivíduo apresente perda auditiva. Com este intuito, aplicativos para celular (APP) se mostraram como uma boa alternativa. No entanto, verificamos a falta de um aplicativo nacional, completo e validado. Desta forma, o presente projeto de pesquisa tem como objetivo principal desenvolver um aplicativo de rastreamento auditivo e validá-lo para nossa população.

Objetivo da Pesquisa:

Desenvolver um aplicativo de rastreamento auditivo; Verificar a sensibilidade, especificidade e valor preditivo da triagem auditiva realizada com aplicativo em indivíduos de diferentes faixas etárias; Verificar a influência de fatores sociodemográficos, tipo e grau de perda auditiva nas respostas observadas; Comparar as respostas auditivas obtidas no aplicativo com aquelas encontradas no

Endereço: Av. Itália, 6681, prédio 50, sala 703
Bairro: Partenon CEP: 90.619-900
UF: RS Município: PORTO ALEGRE
Telefone: (51) 3320-3345 Fax: (51) 3320-3345 E-mail: cep@pucrs.br

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE
CATÓLICA DO RIO GRANDE
DO SUL - PUC/RS



Continuação do Parecer: 1.743.142

equipamento HearCheck e na audiometria tonal liminar; Observar se o aplicativo pode ser usado por diferentes profissionais de saúde.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Os riscos são mínimos e se referem a possíveis desconfortos na apresentação dos sons (que serão apresentados em intensidade inferiores a possíveis causadores de traumas auditivos). Os participantes receberão os resultados da avaliação e orientações sobre como manter a audição saudável.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

A pesquisa inclui diversas faixas etárias. O grupo A, em particular, refere-se a indivíduos entre 6 e 19 anos. Os termos de consentimento e assentimento estão de acordo, mas devem ainda atualizar o endereço do CEP.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Os termos estão de acordo, com a exceção de apresentarem o endereço antigo do CEP. O endereço deve ser atualizado.

Recomendações:

Solicitamos a atualizar o endereço do CEP nos termos para:

Comitê de Ética em Pesquisa da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (CEP-PUCRS)

Prédio 50 - 7º andar, Sala 703

Av. Ipiranga, 6681

CEP: 90619-900 - Bairro Partenon - Porto Alegre - RS.

Fone: (51) 3320-3345

e-mail: cep@pu.rs.br, de segunda a sexta-feira, das 8h às 12h e das 13h30min às 17h.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Atualizar endereço do CEP.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_D_O_P	01/09/2016		Aceito

Endereço: Av. Ipiranga, 6681, prédio 50, sala 703

Bairro: Partenon CEP: 90.619-900

UF: RS Município: PORTO ALEGRE

Telefone: (51)3320-3345 Fax: (51)3320-3345 E-mail: cep@pu.rs.br

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE
CATÓLICA DO RIO GRANDE
DO SUL - PUC/RS



Continuação do Parecer: 1.743.142

Básicas do Projeto	ETO_754475.pdf	17:38:37		Aceito
Declaração de Pesquisadores	carta_resposta_CEP.docx	01/09/2016 17:38:19	Ángelo José Gonçalves Bós	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TERMO_DE_ASSENTIMENTO_DO_MENOR.pdf	01/09/2016 17:38:02	Ángelo José Gonçalves Bós	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_maior.pdf	01/09/2016 17:37:45	Ángelo José Gonçalves Bós	Aceito
Orçamento	Orcamentosigned.pdf	07/07/2016 19:21:40	Ángelo José Gonçalves Bós	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	Carta_chefe.pdf	07/07/2016 19:12:44	Ángelo José Gonçalves Bós	Aceito
Outros	DocumentoUnificadoProjetoPesquisa_1467841419239.pdf	06/07/2016 20:15:31	Ángelo José Gonçalves Bós	Aceito
Outros	Carta_deAprovacao daComissaoCientific a 1467841419239.pdf	06/07/2016 20:15:04	Ángelo José Gonçalves Bós	Aceito
Declaração de Pesquisadores	PESQUISADORES.docx	06/07/2016 10:37:31	Ángelo José Gonçalves Bós	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_app.docx	06/07/2016 10:36:32	Ángelo José Gonçalves Bós	Aceito
Folha de Rosto	folhaDeRosto_assinado.pdf	06/07/2016 10:24:50	Ángelo José Gonçalves Bós	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

POR TO ALEGRE, 24 de Setembro de 2016

Assinado por:
Denise Cantarelli Machado
(Coordenador)

Endereço: Av. Ipiranga, 6681, prédio 50, sala 703
Bairro: Partenon CEP: 90.619-900
UF: RS Município: PORTO ALEGRE
Telefone: (51)3320-3345 Fax: (51)3320-3345 E-mail: cep@pucrs.br



Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul
Pró-Reitoria de Graduação
Av. Ipiranga, 6681 - Prédio 1 - 3º. andar
Porto Alegre - RS - Brasil
Fone: (51) 3320-3500 - Fax: (51) 3339-1564
E-mail: prograd@pucrs.br
Site: www.pucrs.br