

Comparação dos resultados da audiometria tonal convencional e automatizada operada pelo usuário

Comparison of the results of conventional and user-operated automated pure-tone audiometry

Aline Borges¹ , Suevellyn Souza do Nascimento¹ , Ana Carolina Andrade Valadares² , Luciana Macedo de Resende² , Ludimila Labanca² , Sirley Alves da Silva Carvalho² 

RESUMO

Objetivo: comparar os limiares auditivos obtidos no exame de audiometria tonal liminar convencional com os limiares obtidos na audiometria tonal liminar automatizada operada pelo usuário. **Métodos:** participaram do estudo 40 indivíduos, de ambos os gêneros, com idade entre 18 e 30 anos, divididos em dois grupos: 21 indivíduos com conhecimento prévio sobre a execução da audiometria, graduandos em Fonoaudiologia, que já haviam cursado disciplinas de avaliação audiológica - (grupo 1); 19 indivíduos sem conhecimento sobre a execução da audiometria (grupo 2). Os procedimentos envolveram anamnese, inspeção do meato acústico externo, realização da audiometria tonal por via aérea, nas frequências 0,25, 0,5, 1, 2, 3, 4, 6 e 8 KHz, de forma convencional e automatizada, em ambiente acusticamente tratado, com intervalo de 15 minutos entre as audiometrias. Os resultados foram analisados por meio de estatística descritiva (média, desvio padrão, diferença média absoluta, e porcentagem) e análise comparativa por meio do teste de Wilcoxon (valor de $p < 5$). **Resultados:** todos os participantes do estudo apresentaram audiometria com limiares tonais dentro dos padrões de normalidade. Ao considerar toda a população avaliada, observaram-se diferenças estatisticamente significativas entre os limiares auditivos obtidos nas duas audiometrias (convencional e automatizada) nas frequências de 1 KHz ($p = 0,047$), na orelha direita, e 0,25 ($p = 0,001$), 3 ($p = 0,037$) e 8 ($p = 0,019$) KHz na orelha esquerda. A porcentagem dos limiares auditivos automatizados que apresentaram diferença máxima de ± 5 dBNA dos limiares da audiometria convencional foi de 82,4% e 83% na orelha direita e esquerda, respectivamente. Comparando-se as médias das diferenças absolutas dos limiares auditivos das audiometrias, observaram-se valores mínimo e máximo de 2,87 dBNA de 5,75 dBNA, respectivamente. **Conclusão:** os limiares auditivos automatizados por condução aérea foram similares aos da audiometria convencional (padrão-ouro). Novas tecnologias são necessárias, porém, é imprescindível a presença do fonoaudiólogo nos processos diagnóstico e terapêutico.

Palavras-chave: Audiometria de tons puros; Testes auditivos; Fonoaudiologia; Audiometria; Tecnologia em saúde

ABSTRACT

Purpose: to compare the auditory thresholds obtained in the conventional pure tone audiometry exam with the thresholds obtained in the user-operated automated pure tone audiometry. **Methods:** 40 individuals of both genders, aged between 18 and 30 years old, divided into two groups participated in the study: 21 individuals with prior knowledge of how to perform audiometry - audiology undergraduates who have already taken courses in audiological assessment - (Group 1); 19 individuals without knowledge about audiometry (Group 2). The procedures involved anamnesis, inspection of the external acoustic meatus, performance of tonal audiometry airway, in the frequencies 0.25, 0.5, 1, 2, 3, 4, 6 and 8KHz, in conventional or automated form, in an acoustically treated environment, with an interval of 15 minutes between audiometries. Results were analyzed using descriptive statistics (mean, standard deviation, absolute mean difference, and percentage) and comparative analysis using the Wilcoxon test (p value < 5). **Results:** all the participants in the study had tonal thresholds within normal limits in audiometry. When considering the entire evaluated population, statistically significant differences were observed between the hearing thresholds obtained at the two audiometries (conventional and automated) at the frequencies of 1 KHz ($p = 0,047$) in the right ear and 0.25 ($p = 0,001$), 3 ($p = 0,037$) and 8 ($p = 0,019$) KHz in the left ear. The percentage of automated auditory thresholds that presented a maximum difference of ± 5 dB from the conventional audiometry thresholds was 82.4% and 83% in the right and left ear, respectively. Comparing the means of the absolute differences of the auditory thresholds of the audiometry, a minimum and maximum value of 2.87dB of 5.75 dB, respectively were observed. **Conclusion:** it is observed that the auditory thresholds automated by air conduction were similar to those of conventional audiometry (gold standard). New technologies are necessary, but the presence of audiologists in the diagnostic and therapeutic processes is essential.

Keywords: Audiometry, Pure-tone; Hearing tests; Speech, language and hearing sciences; Audiometry; Health technology

Trabalho realizado na Faculdade de Medicina, Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG – Belo Horizonte (MG), Brasil.

¹Graduação em Fonoaudiologia, Faculdade de Medicina, Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG – Belo Horizonte (MG), Brasil.

²Programa de Pós-graduação em Ciências Fonoaudiológicas, Faculdade de Medicina, Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG – Belo Horizonte (MG), Brasil.

Conflitos de interesse: Não.

Contribuição dos autores: AB realizou o trabalho de conclusão de curso com a pesquisa que originou o manuscrito, participou efetivamente das etapas de concepção, coleta, análise dos dados e redação do artigo; SSN realizou o trabalho de conclusão de curso com a pesquisa que originou o manuscrito; participou efetivamente das etapas de concepção, coleta, análise dos dados e redação do artigo; ACAV coorientadora do trabalho, participou da concepção e do desenho do estudo, da análise e interpretação dos dados, redação do manuscrito e revisão crítica de conteúdo intelectual; LMR concebeu e delineou o projeto, participou da análise e interpretação dos resultados e revisão da redação do manuscrito; LL participou da concepção e delineamento do projeto de pesquisa, da revisão do conteúdo da coleta dos dados e revisão da redação do manuscrito; SASC orientadora do trabalho, participou efetivamente da concepção do trabalho e desenho do estudo, da análise e interpretação dos dados, redação do manuscrito e revisão crítica de conteúdo intelectual.

Disponibilidade de dados: Os dados de pesquisa não estão disponíveis.

Financiamento: Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES – Código Financeiro 001.

Autor correspondente: Ana Carolina Andrade Valadares. E-mail: anacarolinaandrade38@gmail.com.br

Recebido: Setembro 02, 2024; **ACEITO:** Março 17, 2025

Editor-Chefe: Renata Mota Mamede Carvalho.

Editor Associado: Liliane Desgualdo Pereira.

INTRODUÇÃO

De acordo com a Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS)⁽¹⁾, estima-se que 217 milhões de pessoas possuem algum grau de perda auditiva na região das Américas, sendo esperado que esse número aumente para 322 milhões até 2050. O primeiro Relatório Mundial Sobre a Audição, publicado pela OMS no ano de 2021, destaca como principais desafios ao cuidado auditivo a escassez e a distribuição desigual de profissionais habilitados, que podem ser superados por meio de ações e uso de tecnologias^(2,3).

Países, como os Estados Unidos da América, já integram programas que buscam levar a telemedicina em serviços audiológicos para áreas remotas e de difícil acesso⁽⁴⁾. Essas medidas reduzem tempo de espera, gastos com deslocamento, além de ampliar o acesso a serviços de saúde.

Os sistemas de saúde necessitam de ações para prevenir, diagnosticar previamente e tratar as perdas auditivas⁽⁴⁾. Dentre as alternativas tecnológicas no processo diagnóstico existe a audiometria automatizada, que propõe a realização de exames audiométricos operados pelo usuário para detecção dos limiares auditivos. A audiometria convencional de tom puro tem um procedimento bem delimitado e definido e, por essa razão, se mostra adequada para ser automatizada⁽⁵⁾. A audiometria automatizada requer menor intervenção de um examinador durante a execução do exame, uma vez que apresenta uma série de estímulos em níveis predeterminados⁽⁵⁾, pesquisando os limiares auditivos por frequência, de forma automática, a partir da resposta do sujeito.

A audiometria automatizada pode ter potencial para aumentar o acesso de pessoas com vulnerabilidade social a exames auditivos, fornecendo maior cobertura à saúde auditiva, aumentando o número de indivíduos testados, sem acréscimo no número de profissionais⁽⁵⁾. Dessa forma, mostra-se como uma alternativa para a desproporção entre o número de profissionais disponíveis no sistema de saúde e o grande número de usuários que necessitam de acesso aos testes auditivos, indo ao encontro da grande tendência da Telemedicina⁽⁵⁾. Todavia, a participação do profissional fonoaudiólogo não é dispensável, mesmo quando da utilização de sistemas de avaliação operados pelo usuário⁽⁵⁾, visto que são responsáveis por realizar o acolhimento, anamnese, inspeção do meato acústico externo, instruções sobre a realização dos exames, interpretação dos testes, encaminhamentos e planos de tratamento necessários.

Atualmente, há evidências sobre o valor clínico da audiometria automatizada e sua possível concordância com a audiometria tonal convencional⁽⁶⁾. A audiometria tonal liminar automatizada deve ser padronizada, a fim de garantir um processo metódico a ser seguido, que garanta a confiabilidade dos resultados comparados à audiometria convencional considerada padrão ouro^(5,6). Devido à escassez de estudos e falta de padronização dos métodos utilizados na audiometria automatizada, o objetivo do presente estudo foi comparar os limiares auditivos obtidos no exame de audiometria tonal liminar convencional com os limiares obtidos na audiometria tonal liminar automatizada operada pelo usuário.

MÉTODOS

Trata-se de um estudo comparativo e transversal realizado no período de agosto a dezembro de 2022, aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais –

CEP-UFMG, sob o parecer nº 2.693.169. Todos os participantes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), contendo os procedimentos a serem realizados, assim como seus riscos e benefícios, e concordaram em participar da pesquisa.

O estudo contou com a participação de 40 indivíduos de ambos os gêneros, com idade entre 18 e 30 anos, divididos em dois grupos: 21 indivíduos, graduandos em Fonoaudiologia, com conhecimento prévio na execução de um exame de audiometria, que já haviam cursado disciplinas de avaliação audiológica - (Grupo 1) e 19 indivíduos graduandos em Fonoaudiologia, sem conhecimento a respeito da audiometria, que ainda não haviam cursado disciplinas de avaliação audiológica, e voluntários provenientes de outras áreas de conhecimento - (Grupo 2). A amostra foi do tipo não probabilística. A coleta de dados foi realizada no Observatório de Saúde Funcional, na Faculdade de Medicina da Universidade Federal de Minas Gerais – OSF/ UFMG, em sala acusticamente tratada. Para seleção dos participantes, foram divulgados convites digitais contendo as informações do estudo à comunidade acadêmica e público geral.

Os critérios de inclusão foram ter idade entre 18 e 30 anos e ausência de alterações na inspeção do meato acústico externo. Foram adotados como critérios de exclusão a desistência do voluntário em participar do estudo e a não realização de todos os exames que compuseram a pesquisa.

Procedimentos que compuseram a pesquisa:

1. Anamnese: utilizou-se roteiro fixo predeterminado contendo questões referentes à história pregressa e a queixas atuais relacionadas à audição.
2. Meatoscopia: inspeção do meato acústico externo, a fim de excluir/detectar qualquer alteração que impedisse a realização dos exames.
3. Audiometria tonal liminar convencional por via aérea (padrão-ouro): realizada em ambiente acusticamente tratado, com o audiômetro AUDIOSMART® Echodia Audiômetro tipo 3 IEC 60645-1 calibrado e uso de fones do tipo DD65. Os participantes receberam pera de resposta e foram orientados a apertar o botão sempre que ouvissem o sinal sonoro, sendo posicionados de costas para o examinador. Para determinação dos limiares auditivos, utilizou-se o método de pesquisa descendente. Desse modo, os estímulos foram apresentados de forma descendente a passos de 10 em 10 dBNA (decibel nível de audição) até ausência de resposta. Após ausência de resposta, foram dados estímulos ascendentes de 5 em 5 dBNA, até a presença de, no mínimo, duas respostas em quatro estímulos apresentados. O limiar inicial do exame foi ajustado de acordo com as queixas e percepção do voluntário quanto a sua audição, sendo 30 dBNA para indivíduos sem queixa auditiva e 50 dBNA para indivíduos que referiram alguma queixa auditiva. O exame foi iniciado na orelha de melhor audição, referida pelos voluntários, ou na orelha direita, na ausência de autopercpção de melhor orelha. Os estímulos foram apresentados em tom puro contínuo e as frequências testadas em via aérea foram, em respectiva ordem de apresentação, 1, 2, 3, 4, 6, 8, 0,5 e 0,25 KHz.
4. Audiometria tonal liminar automatizada por via aérea: realizada no mesmo ambiente acusticamente tratado utilizado na realização da audiometria convencional, com o mesmo audiômetro calibrado e com uso do mesmo tipo de fones utilizados na audiometria convencional. As frequências testadas e a intensidade de estímulo inicial

foram pré-selecionadas pelo examinador antes do exame. Os estímulos foram apresentados em tom puro pulsátil e as frequências testadas em via aérea foram, em respectiva ordem de apresentação, 1, 2, 3, 4, 6, 8, 0,5 e 0,25 KHz, de acordo com o utilizado na audiometria tonal convencional, com intensidade de início do teste fixada em 30 dBNA para indivíduos sem queixa auditiva e 50 dBNA para indivíduos que referiram alguma queixa auditiva. A audiometria foi realizada de forma independente pelo participante após explicação do funcionamento do exame. Os voluntários receberam uma pera de resposta, sendo orientados a apertar o botão sempre que ouvissem o estímulo sonoro. Para pesquisa do limiar, o audiômetro realiza varredura automatizada das frequências pré-configuradas, aumentando ou diminuindo a intensidade dos estímulos, de acordo com as respostas dos participantes. Durante o exame, o examinador apenas supervisionou a realização, sem interferência.

Os indivíduos realizaram os dois exames audiométricos com intervalo de 15 minutos, a fim de evitar fadiga ou desatenção que pudesse interferir nos resultados obtidos. O tempo de realização dos exames foi aferido por meio de um cronômetro.

A ordem de realização das audiometrias foi intercalada e, dessa forma, uma parcela dos participantes iniciou os exames pela audiometria convencional (padrão-ouro) e a outra parcela pela audiometria automatizada. A alternância entre os modos de audiometria de início objetivou excluir vieses de pesquisa, de forma que o cansaço do segundo exame não interferisse nos resultados de forma sistemática. Os indivíduos que realizaram a audiometria automatizada inicialmente foram orientados a salvar o exame, com a seguinte instrução: “*Quando o exame estiver finalizado, você verá um botão chamado “save”; clique para salvar os resultados e finalizar*”. Esse procedimento tinha o propósito de evitar que o examinador visualizasse os resultados, inibindo, assim, quaisquer vieses durante a pesquisa de limiar na audiometria convencional (padrão-ouro).

Após a coleta, os dados foram registrados em planilha do software Excel e, na sequência, foi realizada a análise estatística dos dados com o uso do software SPSS versão 23 (IBM Corporation, Armonk, NY).

As variáveis categóricas que incluíam gênero, conhecimento em audiometria e ordem de realização dos exames foram analisadas por meio de porcentagem e frequência. As variáveis

contínuas (idade, limiares tonais e tempo de duração do exame para cada tipo de audiometria) foram analisadas por meio de medidas de tendência central e variabilidade (média, mediana, mínimo, máximo e desvio padrão). Para os valores de diferença média absoluta, subtraíram-se valores dos limiares auditivos da audiometria automatizada dos limiares auditivos da audiometria convencional. Realizou-se cálculo percentual dos limiares auditivos automatizados que se encontravam com diferença de 5 e 10 dBNA dos limiares auditivos convencionais.

A distribuição de normalidade das variáveis contínuas foi avaliada por meio do teste Shapiro-Wilk, que revelou uma amostra com distribuição assimétrica.

Para as análises de associação das duas audiometrias por frequência (KHz), grupos (1 e 2), ordem de início de exame e tempo de duração dos exames (minutos), foi utilizado o teste de Wilcoxon, considerando nível de significância estatística de 5%.

RESULTADOS

Dois indivíduos recrutados para participar da pesquisa foram excluídos por apresentarem alterações na meatoscopia. Assim, foram incluídos no estudo 40 indivíduos (80 orelhas), sendo 80% mulheres (n=32) e 20% homens (n=8), com média de idade de 23 anos. Nenhum participante apresentou queixas auditivas na anamnese e foram confirmados limiares auditivos dentro dos padrões de normalidade em toda a amostra (100%).

Dos sujeitos, 40% (n=16) integraram o grupo de indivíduos que não possuíam conhecimento acerca dos procedimentos de realização da audiometria e 60% (n=24) integraram o grupo que possuía conhecimento sobre o exame. Em relação à alternância de exames, 52,5% (n=21) dos voluntários iniciaram a avaliação pela audiometria convencional e os outros 47,5% (n=19) pela audiometria automatizada.

A análise descritiva com os valores máximo, mínimo, média, mediana e desvio padrão por frequência dos limiares auditivos obtidos na audiometria convencional e na audiometria automatizada nas frequências de 0,25, 0,5, 1, 2, 3, 4, 6 e 8 KHz, em ambas as orelhas, está detalhada na Tabela 1.

Comparando os valores de mediana dos limiares auditivos encontrados na audiometria convencional e audiometria automatizada (Tabela 1), observaram-se melhores limiares na audiometria convencional nas frequências de 0,25, 4 e

Tabela 1. Valores da análise descritiva dos limiares auditivos por frequência de toda amostra (Grupo1 + Grupo2)

	Audiometria convencional							Audiometria automatizada								
	Orelha direita							Orelha esquerda								
Frequência (KHz)	0,25	0,5	1	2	3	4	6	8	0,25	0,5	1	2	3	4	6	8
Máximo	15,0	15,0	25,0	20,0	20,0	20,0	15,0	20,0	25,0	15,0	25,0	25,0	30,0	20,0	35,0	25,0
Mínimo	-10,0	-10,0	-10,0	-10,0	-5,0	-10,0	-10,0	-10,0	-10,0	-10,0	-10,0	-10,0	-10,0	-10,0	-10,0	-10,0
Média	2,00	2,75	4,50	0,12	6,87	2,75	2,50	6,77	2,75	3,87	3,12	-0,50	6,37	2,50	3,75	8,25
Mediana	2,50	5,00	5,00	0,00	5,00	0,00	0,00	5,00	5,00	5,00	0,00	5,00	2,50	5,00	5,00	5,00
Desvio padrão	5,75	6,29	5,63	6,55	5,62	8,08	6,30	6,65	6,78	6,04	6,85	7,74	7,50	6,50	10,17	8,81
Orelha esquerda																
Máximo	15,0	10,0	20,0	30,0	20,0	15,0	20,0	35,0	35,0	15,0	25,0	25,0	25,0	15,0	20,0	35,0
Mínimo	-5,0	-10,0	-5,0	-10,0	-5,0	-10,0	-10,0	-10,0	-5,0	-10,0	-10,0	-5,00	-10,0	-10,0	-10,0	-10,0
Média	2,75	3,12	3,87	-0,12	6,50	0,62	2,75	8,00	5,87	3,87	4,37	0,50	9,00	-0,62	4,25	10,30
Mediana	2,50	5,00	5,00	0,00	5,00	0,00	5,00	5,00	5,00	5,00	0,00	10,00	0,00	5,00	10,00	10,00
Desvio Padrão	5,30	5,02	5,36	8,12	6,71	7,52	8,46	9,45	7,58	6,45	6,71	8,07	7,86	7,08	9,09	10,64

Legenda: KHz = Kilohertz

6 KHz na orelha direita, e nas frequências de 0,25, 3 e 8 KHz na orelha esquerda. Em relação às médias, notou-se um valor maior na média dos limiares referentes à audiometria automatizada nas frequências de 0,25, 0,5, 6 e 8 KHz na orelha direita e nas frequências de 0,25, 0,5, 1, 2, 3, 6 e 8 KHz na orelha esquerda.

Em relação ao tempo de realização dos exames, observou-se que a audiometria automatizada apresentou menor tempo médio, assim como tempos mínimo e máximo menores, quando comparados à audiometria convencional. Os dados descritivos estão apresentados na Tabela 2.

A diferença média absoluta dos limiares auditivos em dBNA, por frequência (KHz), entre as audiometrias automatizada e convencional, de cada orelha, está apresentada nas Figuras 1 e 2 (gráficos).

Observou-se que a porcentagem dos limiares auditivos obtidos por meio da audiometria automatizada, com diferença de até 5 dBNA dos limiares da audiometria convencional, correspondeu à média de 82,4% na orelha direita e de 83% na orelha esquerda. Considerando-se as diferenças de até 10 dBNA, notou-se um valor de 95,5% e 94,3% nas orelhas direita e esquerda, respectivamente. Comparando-se a diferença média absoluta dos limiares auditivos obtidos nas audiometrias convencional e automatizada, verificou-se um valor mínimo de 2,87 dBNA e máximo de 5,75 dBNA (Tabela 3).

A análise estatística realizada pelo teste Wilcoxon revelou diferenças com significância estatística ($p<0,05$) entre os valores dos limiares auditivos das audiometrias convencional e automatizada em ambos os grupos, nas frequências de 1 KHz na orelha direita e 0,25, 3 e 8 KHz na orelha esquerda. No grupo 1 houve diferença ($p<0,05$) nas frequências de 0,25, 3 e 8 KHz na orelha esquerda. Já no grupo 2, notou-se a presença de diferença com significância estatística na frequência de 4 KHz em ambas as orelhas. Os melhores resultados foram obtidos na audiometria convencional (Tabela 4).

Já em relação ao tempo de duração dos exames (Tabela 4), os resultados indicaram diferença com significância estatística no tempo de execução das audiometrias convencional e automatizada, quando analisados ambos os grupos, e o grupo 1, com menor tempo na realização da audiometria automatizada.

Quanto à ordem de realização dos exames, no grupo que iniciou o exame pela audiometria convencional houve diferença com significância estatística ($p<0,05$) entre os limiares auditivos obtidos na audiometria automatizada comparados à convencional na frequência de 6 KHz na orelha esquerda. Já no grupo que iniciou os exames pelo modo automatizado, houve diferença estatisticamente relevante nas frequências de 0,5 KHz na orelha direita e em 0,25, 3 e 8 KHz na orelha esquerda (Tabela 5).

Quanto ao tempo de duração do exame, os resultados indicaram diferença com significância estatística entre tempo de execução das audiometrias convencional e automatizada no grupo que iniciou os exames pela audiometria automatizada, sendo este com menor tempo.

DISCUSSÃO

A maior parte dos participantes do estudo era do gênero feminino (80%), justificável por ser uma amostra de conveniência e pelo perfil de estudantes do curso de Fonoaudiologia da instituição em que foi realizado o estudo. Do mesmo modo, o grupo 1 contou com maior número de participantes em relação ao grupo 2, situação que se deve à facilidade de recrutamento de indivíduos do curso de Fonoaudiologia em razão do vínculo com a faculdade e facilidade de contato com os alunos.

Quando analisados os limiares aéreos obtidos na audiometria convencional e na audiometria automatizada, foi possível

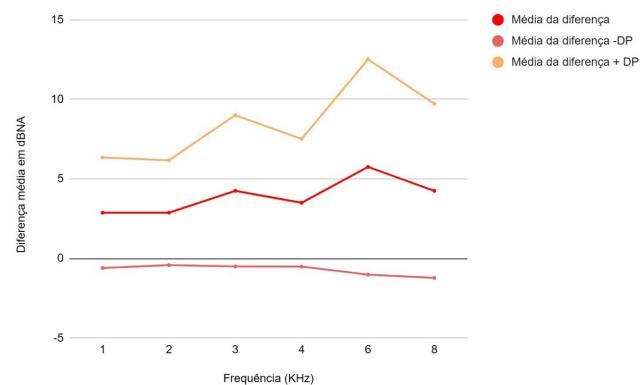


Figura 1. Gráfico da diferença média absoluta entre limiares auditivos em decibéis nível de audição, por frequência (em Kilohertz) entre audiometria automatizada e audiometria convencional da orelha direita (limiares convencionais - limiares automatizados)

Legenda: dBNA = Decibéis nível de audição; KHz = Kilohertz; DP = Desvio padrão

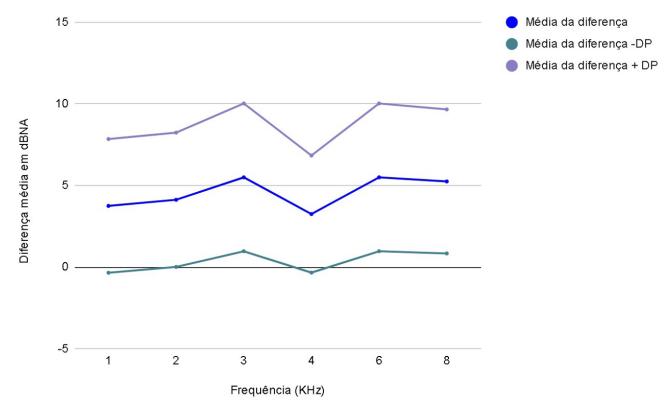


Figura 2. Gráfico da diferença média absoluta entre limiares auditivos em decibéis nível de audição, por frequência (em Kilohertz) entre audiometria automatizada e audiometria convencional da orelha esquerda (limiares convencionais - limiares automatizados)

Legenda: dBNA = Decibéis nível de audição; KHz = Kilohertz; DP = Desvio padrão

Tabela 2. Valores da análise descritiva do tempo de realização do exame (minutos)

Exame	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	Desvio Padrão
Tempo 1 (Convencional)	6,42	13,00	9,61	9,36	1,63
Tempo 2 (Automatizada)	3,45	11,14	8,62	9,18	1,98

Tabela 3. Comparação dos limiares auditivos com diferença menor ou igual a 5 e menor ou igual a 10 decibéis nível de audição nos exames de audiometria convencional e automatizada por frequência (Kilohertz), em ambas orelhas

Orelha	Direita								Esquerda									
	0,25	0,5	1	2	3	4	6	8	Todos	0,25	0,5	1	2	3	4	6	8	Todos
Frequência (KHz)	0,25	0,5	1	2	3	4	6	8	Todos	0,25	0,5	1	2	3	4	6	8	Todos
MAD (dB)	3,5	3,8	2,87	2,87	4,25	3,5	5,75	4,25	-	4,5	3,25	3,75	4,12	5,5	3,25	5,5	5,25	-
MAD - DP	-0,66	-0,32	-0,59	-0,41	-0,5	-0,51	-1,01	-1,22	-	-0,28	0,02	-0,34	0,009	0,97	-0,33	0,97	0,83	-
MAD + DP	7,66	8,07	6,34	6,16	9	7,51	12,51	9,72	-	9,28	6,47	7,84	8,24	10,02	6,83	10,02	9,66	-
DP	4,16	4,20	3,47	3,29	4,75	4,01	6,76	5,47	-	4,78	3,22	4,09	4,11	4,52	3,58	4,52	4,41	-
% ≤5	87,5%	82,0%	87,5%	90%	77,5%	82,5%	79,5%	72,5%	82,4%	85%	90%	85%	85%	75%	90%	77,0%	77,0%	83%
% ≤10	97,5%	95%	100%	100%	95%	97,5%	89,7%	90%	95,5%	95,0%	100%	95%	97,5%	92,5%	97,5%	87,5%	90%	94,3%

Legenda: DP = Desvio padrão; MAD = Diferença média absoluta ; % = Porcentagem; dB = decibéis; KHz = Kilohertz; ≤ = menor ou igual a

Tabela 4. Análise estatística dos limiares auditivos por frequência (Kilohertz), orelha testada e tempo de execução (minutos) por grupo

Frequência (KHz) (Convencional/ automatizada)	Orelha Direita								Orelha Esquerda							
	0,25	0,5	1	2	3	4	6	8	0,25	0,5	1	2	3	4	6	8
Ambos os grupos (valor de p)	0,700	0,272	0,047*	0,392	0,473	0,699	0,584	0,207	0,001*	0,273	0,521	0,599	0,037*	0,066	0,125	0,019*
Grupo 1 (valor de p)	0,971	0,057	0,179	0,464	0,838	0,334	0,837	0,434	0,003*	0,134	0,436	0,432	0,002*	0,796	0,096	0,035*
Grupo 2 (valor de p)	0,558	0,453	0,096	0,705	0,340	0,033*	0,559	0,433	0,101	0,763	1,000	0,943	0,773	0,020*	0,655	0,298

Tempo (Convencional/Automatizada)																
Ambos (Total) (Valor de p)																0,011*
Grupo 1 (Valor de p)																0,024*
Grupo 2 (valor de p)																0,179

Teste Wilcoxon

Legenda: KHz = Kilohertz. *Valores estatisticamente significativos ($p < 0,05$)

Tabela 5. Análise estatística por ordem de realização dos exames (convencional e automatizada), frequência (Kilohertz), tempo (minutos) e exame de início

Frequência (KHz)	Orelha direita								Orelha esquerda							
	0,25	0,05	1	2	3	4	6	8	0,25	0,05	1	2	3	4	6	8
Convencional (Valor de p)	0,589	1,000	0,107	0,109	0,196	0,507	0,590	0,064	0,097	0,741	0,547	0,905	0,470	0,593	0,030*	0,357
Automatizada (valor de p)	0,963	0,046*	0,222	0,773	0,871	0,903	0,763	0,959	0,002*	0,166	0,666	0,305	0,001*	0,064	0,836	0,025*

Exame de início	Tempo (convencional/automatizada)															
	Convencional (valor de p)	0,079														
Automatizada (valor de p)	0,049*															

Teste Wilcoxon. *Valores estatisticamente significantes ($p < 0,05$)

Legenda: KHz = kilohertz

observar diferença nas frequências de 1 KHz na orelha direita e 0,25, 3 e 8 KHz na orelha esquerda. A maior parte dos estudos realizados nas mesmas condições clínicas da presente pesquisa não encontraram diferenças entre os limiares da audiometria convencional e automatizada⁽⁷⁻¹⁰⁾. Além disso, a frequência de 3 KHz não foi considerada em parte dos estudos^(7,9,10) e as frequências de 0,25 e 8 KHz não foram consideradas em uma das pesquisas⁽⁸⁾. Em estudo realizado com uma população com diferentes perfis audiométricos, utilizando audiômetro automatizado KUDUwave®, foram encontradas diferenças (valor de $p < 0,05$) entre a audiometria automatizada e a convencional nas frequências de 0,25, 0,5, 1 e 2 KHz⁽¹¹⁾, achado mais semelhante ao que foi encontrado no presente trabalho. Porém, destaca-se que tal estudo realizou exames em ambiente sem tratamento acústico. As diferenças encontradas nas frequências de 0,25 e 8 KHz podem ter sido influenciadas por fatores como cansaço e desatenção^(12,13), uma vez que são as últimas frequências a serem testadas. Da mesma forma, a frequência de 1 KHz é a primeira a ser testada nos exames audiométricos, podendo sofrer influência do efeito de aprendizagem^(14,15).

As diferenças médias absolutas dos limiares das audiometrias convencional e automatizada (0,25 a 8 KHz) foram de 2,8 a 5,7 dBNA na orelha direita e 3,2 a 5,5 dBNA na orelha esquerda. Tais valores vão ao encontro dos resultados encontrados em uma pesquisa realizada com normo-ouvintes, em ambiente silencioso⁽⁷⁾, que encontrou diferença média geral absoluta (DP) de 4,96 dBNA (6,1 dBNA) bilateralmente, assim como em outra pesquisa⁽⁸⁾, realizada também com grupo de normo-ouvintes, que apresentou uma diferença média absoluta geral (DP) de 5,5 dBNA (5,5 dBNA) bilateralmente. Em contrapartida, outros estudos encontraram diferenças médias absolutas discretamente menores que as do atual estudo. Um trabalho realizado com normo-ouvintes⁽⁹⁾ constatou diferença absoluta média geral de $3,6 \pm 3,9$ dBNA para o grupo de normo-ouvintes e, em outro trabalho⁽¹⁰⁾, realizado com população de normo-ouvintes e pacientes com perda auditiva, as diferenças médias absolutas de condução aérea entre as orelhas direita e esquerda variaram de 3,0 a 4,5 dBNA e, em todas as orelhas e frequências, a diferença média absoluta geral foi de 3,6 dBNA.

Os resultados da presente pesquisa indicaram que a porcentagem dos limiares auditivos na audiometria automatizada com diferença de 5 dBNA dos limiares obtidos na audiometria convencional, foi de 82,4% na orelha direita e 83% na orelha esquerda. Esses valores aumentaram para 95,5% na orelha direita e 94,3% na orelha esquerda, quando considerado o intervalo de 10 dBNA dos limiares obtidos na audiometria convencional. Em um estudo⁽⁹⁾ com normo-ouvintes, os limiares automatizados não diferiram da audiometria convencional, com 87% dos limiares no grupo de normo-ouvintes correspondendo a 5 dBNA, ou menos, entre si, indo ao encontro dos achados obtidos no presente estudo. Outros autores^(7,16), em estudo com população heterogênea (normo-ouvintes e deficientes auditivos), encontraram valores menores quando considerados os limiares da audiometria automatizada, com diferença de, no máximo, 5 dBNA dos limiares de audiometria convencional, mas, por outro lado, com valores de porcentagens próximas ao do atual estudo, quando considerados limiares automatizados com diferença máxima de 10 dBNA dos limiares convencionais.

Esses achados tornam-se importantes, pois as normas reguladoras ocupacionais⁽¹⁷⁾ informam que uma mudança igual ou maior que 10 dBNA em 1, 2, 3 ou 4 KHz, podem ser classificadas como mudança do limiar padrão, se comprovadas em novo exame⁽⁸⁾. Além disso, diferenças de até 5 dBNA tornam-se clinicamente irrelevantes, pois os limiares são determinados nos 5 dBNA mais próximos⁽⁸⁻¹⁴⁾.

O registro do tempo encontrado em ambos os grupos nas duas audiometrias mostrou tempo similar, com discreta duração menor na realização da audiometria automatizada, quando comparada com a convencional, apesar de haver diferenças entre os tempos das duas audiometrias para ambos os grupos e para o grupo com conhecimento. Tais achados concordam com a literatura, que mostra tempo de duração similar entre as duas audiometrias, como observado em estudo⁽⁹⁾ com grupo de audição normal, que encontrou média de 7,2 a 7,7 minutos necessários para testar ambas as orelhas. Outros autores⁽¹⁰⁾ também obtiveram registros de duração de tempo similar entre as duas audiometrias. Embora o tempo do teste não tenha sido registrado para o teste convencional, os autores apresentaram dados que ilustram que o tempo necessário para obter um audiograma pelo teste automatizado é semelhante ao do teste manual. Outro trabalho⁽⁸⁾ encontrou tempo médio maior nos exames de audiometria automatizada (16,1 minutos), entretanto, a pesquisa foi realizada com indivíduos com perda auditiva.

Na presente pesquisa, os participantes com conhecimento em audiometria (grupo 1) eram alunos do curso de Fonoaudiologia, que haviam cursado disciplinas de avaliação audiológica. Tais participantes informaram que, durante a realização do teste, houve momentos de oscilação da atenção, na intenção de identificar qual frequência e qual intensidade estavam sendo investigadas. A atenção é indispensável durante a realização de exames audiométricos, pois fatores biológicos, intrínsecos aos indivíduos, sempre existirão, interferindo nos resultados do teste^(12,13). Tal aspecto pode ter contribuído para aumento da diferença no grupo em questão, observado nas frequências de 0,25, 3 e 8 KHz apenas na orelha esquerda. No grupo sem conhecimento em audiometria (grupo 2), houve diferença na frequência de 4 KHz em ambas as orelhas. Não foram encontrados estudos que realizassem comparação entre grupos habituados, ou não, ao exame. Na literatura, há um estudo que realizou medição de limiares da audiometria automatizada após teste de familiarização⁽¹⁸⁾. Outra pesquisa⁽⁸⁾, apesar de citar a presença de possível efeito de aprendizagem, não levou em conta tal impacto na análise dos resultados.

Quando comparados os limiares das audiometrias automatizada e convencional por teste de início, observaram-se diferenças na frequência de 0,5 KHz na orelha direita e 0,25, 3 e 8 KHz na orelha esquerda, nos indivíduos que iniciaram o teste pela audiometria automatizada, e na frequência de 6 KHz na orelha esquerda nos indivíduos que iniciaram o exame pela audiometria convencional. Tais diferenças podem ser justificadas pelo efeito de aprendizagem dos participantes na realização dos exames, como discutido anteriormente⁽⁸⁾, motivo pelo qual se explica um equilíbrio entre os testes de início devido ao possível impacto da aprendizagem, fadiga, atenção e motivação nos resultados dos testes^(6,8). Mais pesquisas são necessárias para compreender os efeitos da aprendizagem do exame, uma vez que, na rotina clínica, há pacientes que realizam exames auditivos pela primeira vez, sendo necessário medir os impactos não só quanto à falta de habituação em relação à execução do exame, como também para questões atreladas à escolaridade e idade.

Na aplicabilidade da audiometria automatizada e da inspeção do meato acústico externo, o examinador deverá ser um profissional fonoaudiólogo ou médico, de acordo com a Resolução nº 367, de 28/08/2023 do Conselho Regional de Medicina do Estado de São Paulo, que dispõe no Art. 1º: “É da competência exclusiva do médico e/ou fonoaudiólogo, a realização de exames audiológicos.”

É importante ressaltar que, de acordo com as orientações do fabricante, a audiometria automatizada deve ser realizada em ambiente tratado acusticamente e/ou com controle de ruído. Dessa forma, outras pesquisas devem ser feitas para avaliar a validade do exame auditivo automatizado em ambiente sem tratamento acústico. Isso se torna importante, pois a audiometria automatizada carece de padronizações que possam ser utilizadas nas pesquisas de comparação entre grupos com diferentes perfis, quanto à idade e perda auditiva.

CONCLUSÃO

A audiometria automatizada fornece limiares auditivos de condução aérea similares aos obtidos com a audiometria convencional (padrão-ouro). As médias das diferenças entre as duas formas de audiometria apresentam, em sua maioria, diferença de até 5 dBNA, apesar de existir, em algumas frequências, uma diferença com significância estatística. Observou-se, ainda, que a audiometria automatizada possibilita tempo de execução relativamente menor.

Salienta-se que a audiometria convencional de tom puro conta com pesquisa de limiares auditivos aéreos e ósseos e, dessa forma, é importante que sejam realizadas pesquisas posteriores em população com o mesmo perfil, para avaliar a confiabilidade dos testes auditivos automatizados por via óssea. Por fim, mesmo que a audiometria automatizada se apresente como possível solução para aumento da produtividade, é imprescindível a presença do profissional fonoaudiólogo para interpretação do exame e processos diagnósticos.

REFERÊNCIAS

- OPAS: Organização Pan-Americana da Saúde. Saúde Auditiva: documento de posicionamento da Organização Pan-Americana da Saúde/Organização Mundial da Saúde [Internet]. Brasília: OPAS/OMS;

- 2008 [citado em 2023 Mar 03]. Disponível em: <https://www.paho.org/pt/topicos/saude-auditiva#:~:text=Para%20facilitar%20essa%20integra%C3%A7%C3%A3o%2C%20o%20Relat%C3%B3rio%20Mundial%20sobre,a%20audi%C3%A7%C3%A3o%20em%20seus%20planos%20nacionais%20de%20sa%C3%BAde>
2. Kamenov K, Martinez R, Kunjumen T, Chadha S. Ear and hearing care workforce: current status and its implications. *Ear Hear.* 2021;42(2):249-57. <http://doi.org/10.1097/AUD.0000000000001007>. PMid:33480624.
 3. WHO: World Health Organization. World report on hearing: executive summary [Internet]. Geneva: WHO; 2021 [citado em 2023 Mar 03]. Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240021570>
 4. WHO: World Health Organization. World report on hearing WHO [Internet]. Geneva: WHO; 2021 [citado em 2023 Mar 03]. Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240020481>
 5. Margolis RH, Morgan DE. Automated pure-tone audiometry: an analysis of capacity, need, and benefit. *Am J Audiol.* 2008 Dez;17(2):109-13. [http://doi.org/10.1044/1059-0889\(2008/07-0047\)](http://doi.org/10.1044/1059-0889(2008/07-0047)). PMid:18840703.
 6. Shoaeeemend H, Ayatollahi H. Automated audiometry: a review of the implementation and evaluation methods. *Healthc Inform Res.* 2018 Out;24(4):263-75. <http://doi.org/10.4258/hir.2018.24.4.263>. PMid:30443414.
 7. Bean BN, Roberts RA, Picou EM, Angley GP, Edwards AJ. Automated audiometry in quiet and simulated exam room noise for listeners with normal hearing and impaired hearing. *J Am Acad Audiol.* 2022 Jan;33(1):6-13. <http://doi.org/10.1055/s-0041-1728778>. PMid:34034339.
 8. Eikelboom RH, Swanepoel DW, Motakef S, Upson GS. Clinical validation of the AMTAS automated audiometer. *Int J Audiol.* 2013;52(5):342-9. <http://doi.org/10.3109/14992027.2013.769065>. PMid:23548148.
 9. Swanepoel DW, Mngemane S, Molemong S, Mkwanazi H, Tutshini S. Hearing assessment-reliability, accuracy, and efficiency of automated audiometry. *Telemed J E Health.* 2010;16(5):557-63. <http://doi.org/10.1089/tmj.2009.0143>. PMid:20575723.
 10. Margolis RH, Glasberg BR, Creeke S, Moore BC. AMTAS: automated method for testing auditory sensitivity: validation studies. *Int J Audiol.* 2010;49(3):185-94. <http://doi.org/10.3109/14992020903092608>. PMid:20109081.
 11. Brennan-Jones C, Eikelboom R, Swanepoel DW, Friedland P, Atlas M. Clinical validation of automated audiometry with continuous noise-monitoring in a clinically heterogeneous population outside a sound-treated environment. *Int J Audiol.* 2016 Set 1;55(9):507-13. <http://doi.org/10.1080/14992027.2016.1178858>. PMid:27206551.
 12. Sahyeb DR, Costa Filho OA, Alvarenga KD. Audiometria de alta freqüência: estudo com indivíduos auditologicamente normais. *Rev Bras Otorrinolaringol.* 2003;69(1):93-9. <http://doi.org/10.1590/S0034-72992003000100015>.
 13. Barros SMS, Frota S, Atherino CCT, Osterne F. A eficiência das emissões otoacústicas transientes e audiometria tonal na detecção de mudanças temporárias nos limiares auditivos após exposição a níveis elevados de pressão sonora. *Rev Bras Otorrinolaringol.* 2007;73(5):592-8. <http://doi.org/10.1590/S0034-72992007000500003>.
 14. Mello LA, Silva RAM, Gil D. Variabilidade teste-reteste na audiometria tonal: comparação entre dois transdutores. *Audiol Commun Res.* 2015;20(3):239-45. <http://doi.org/10.1590/2317-6431-2015-1582>.
 15. Gobbato LHFG, Costa EA, Sampaio MH, Gobbato FM Jr. Estudo do efeito aprendizagem em exames audiométricos sequenciais de trabalhadores de indústria metalúrgica e suas implicações nos programas de conservação auditiva. *Rev Bras Otorrinolaringol.* 2004;70(4):540-4. <http://doi.org/10.1590/S0034-72992004000400016>.
 16. Margolis RH, Killion MC, Bratt GW, Saly GL. Validation of the Home Hearing Test™. *J Am Acad Audiol.* 2016 Maio;27(5):416-20. <http://doi.org/10.3766/jaaa.15102>. PMid:27179261.
 17. Brasil. Ministério do Trabalho e Previdência. Norma Regulamentadora n. 07 - Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional - PCMSO. Brasília: MTP; 2023.
 18. Skjonsberg Å, Heggen C, Jamil M, Muhr P, Rosenhall U. Sensitivity and specificity of automated audiometry in subjects with normal hearing or hearing impairment. *Noise Health.* 2019;21(98):1-6. <http://doi.org/10.4103/1463-1741.278701>. PMid:32098925.