

VICTOR EULÁLIO SOUSA CAMPELO

**Teleaudiometria: um método de baixo custo
para triagem auditiva**

Tese apresentada à Faculdade de Medicina
da Universidade de São Paulo para obtenção
do título de Doutor em Ciências

Área de concentração: Otorrinolaringologia

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Ferreira Bento

**SÃO PAULO
2009**

DEDICATÓRIA

A meu querido pai **Eulálio Gomes Campelo**, exemplo de integridade e humildade, que conseguiu nos transmitir a lição de que é possível vencer respeitando os direitos dos outros.

À minha adorável mãe **Maria Carmelita Sousa Campelo**, que sempre soube distribuir fartamente amor entre seus filhos. Graças ao seu carinho, apoio e amor incondicionais, pude concluir esta obra.

À minha querida esposa **Olívia Brandão Melo Campelo**, minha permanente fonte de força e determinação, que com seu jeito meigo e carinhoso esteve ao meu lado nos momentos de vitória e de fraqueza. Graças ao seu apoio incondicional, pude concluir esta obra.

À minha amada filha **Anna Sophia Brandão Melo Campelo**, que com seu nascimento alimentou de energia meu corpo e minha alma para que, nos momentos cruciais deste estudo, encontrasse forças para continuar a escrevê-lo.

A meus queridos irmãos **Eulálio Filho** e **Ismênia**, que mesmo distantes foram sempre presentes no meu coração e pensamentos.

A **Maurício Ribeiro Melo**, **Dayse Maria Brandão Melo** e família, da qual faço parte há 12 anos, que se tornaram pais e irmãos de coração e sempre me apoiaram como uma família verdadeira.

AGRADECIMENTOS

Ao **Prof. Dr. Ricardo Ferreira Bento**, constante incentivador, por estar sempre criando meios para o melhor desenvolvimento das pesquisas na nossa Clínica Otorrinolaringológica. Pela orientação segura e criteriosa deste trabalho e pelo espírito empreendedor sempre aberto a novos horizontes.

Ao **Prof. Dr. Chao Lung Wen**, grande incentivador do desenvolvimento da Telemedicina e motivador dos interessados por esta ciência, pela credulidade e respeito com que sempre trata os seus seguidores, pelo apoio no desenvolvimento de projetos e pelas orientações pessoais e profissionais.

Ao **Prof. Dr. Gyorgy Bohm**, exemplo de grande mestre e modelo a ser seguido pelos acadêmicos, pelos exemplos de conduta ética e humana com que trata todas as pessoas e pelas lições de vida que influenciaram minha formação.

Ao **Prof. Dr. Aroldo Miniti** pelo exemplo de grande mestre e incentivo ao crescimento pessoal e profissional dos componentes da nossa Clínica.

Ao **Prof. Dr. Ossamu Butugan**, exemplo de conduta ética e de dedicação ao ensino médico, por seu papel sempre presente em nossa formação e pelos valiosos conselhos para o aperfeiçoamento deste estudo.

Ao **Dr. José Roberto P. Jurado**, amigo e exemplo de dedicação à nossa profissão, pela simplicidade como compartilha seus conhecimentos e pela forma justa como trata a todos.

Ao **Dr. Edigar Rezende Almeida**, pela orientação profissional e prática e por sua postura sempre acolhedora.

Aos **Prof. Dr. Domingos Hiroshi Tsuji, Prof. Dr. Luis Ubirajara Sennes, Dr. Rui Imamura, Prof. Dr. Richard Louis Voegels, Dr. Olavo de Godoy Mion, Dr. Rubens Vuono de Brito Neto, Dr. João Melo, Dr. Ivan Miziara, Dr. Carlos Caropreso e Dr. Perboyre Sampaio** pelos conselhos e orientação na minha formação.

À equipe de fonoaudiologia do HC-FMUSP pela contribuição crucial ao desenvolvimento deste estudo.

Aos companheiros de residência médica pelo compartilhamento de aprendizado e amizade durante a minha formação.

Aos companheiros de grupo de residência, **Raimar Weber e Charisse Patrício**, pelo compartilhamento de momentos de trabalho, aprendizado e alegrias que tornaram sólidos os laços de amizade.

Aos profissionais de desenvolvimento do software teleaudiômetro **Júlio Chiari e Luive Lopes Osiano** pela sua dedicação incansável para tornar um sonho em realidade.

Às secretárias **Maria Márcia Alves** e **Maria Marilede Alves** pela orientação quanto aos procedimentos burocráticos desta empreitada.

Aos funcionários da administração, do ambulatório, da biblioteca, do centro cirúrgico e da enfermaria da Clínica Otorrinolaringológica, bem como àqueles da Disciplina de Telemedicina da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, por tornarem possível a realização de todas as etapas deste trabalho.

Agradecimentos Especiais

À FAPESP – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo,
que aprovou e financiou a execução deste projeto, pela confiança que
dedica aos pesquisadores e à pesquisa científica.

Bolsa nº 2006/04716-7 - Projeto nº 2006/50301-3

Esta tese está de acordo com as seguintes normas, em vigor no momento desta publicação:

Referências: adaptado de *International Committee of Medical Journals Editors* (Vancouver)

Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina. Serviço de Biblioteca e Documentação. *Guia de apresentação de dissertações, teses e monografias*. Elaborado por Anneliese Carneiro da Cunha, Maria Júlia de A. L. Freddi, Maria F. Crestana, Marinalva de Souza Aragão, Suely Campos Cardoso, Valéria Vilhena. 2ª ed. São Paulo: Serviço de Biblioteca e Documentação; 2005.

Abreviaturas dos títulos dos periódicos de acordo com *List of Journals Indexed in Index Medicus*.

SUMÁRIO

Normas da revista	
Artigo	
Protocolo de submissão	
Lista de abreviaturas e siglas	
Lista de tabelas	
Lista de figuras	
Resumo	
Summary	
1 INTRODUÇÃO	01
2 OBJETIVOS	09
3 REVISÃO DA LITERATURA.....	11
3.1 Definição de Perda Auditiva.....	12
3.2 Testes para Triagem Auditiva	14
3.2.1 Audiometria de triagem ou audiometria de varredura (AV)	14
3.2.2 Timpanometria	16
3.2.3 Emissões otoacústicas (EOA).....	17
3.3 Instrumentos de Baixo Custo Para Triagem Auditiva.....	18
3.4 Frequências Auditivas Testadas em Triagem.....	20
3.5 Níveis de Ruído Ambiente em Triagem Auditiva	23
3.6 Métodos Computacionais e Telemedicina em Otologia.....	24
4 MÉTODOS	27
4.1 Casuística	28
4.2 Método.....	30
4.2.1 Triagem auditiva.....	30
4.2.1.1 Teleaudiometria (TA)	30
4.2.2 Equipamentos utilizados.....	35
4.2.2.1 Teleaudiometria	35
4.2.2.2 Audiometria de triagem	36
4.2.2.3 Audiometria de tons puros em cabine acústica (ATP)	36
4.2.2.4 Medida de ruído e calibração dos equipamentos.....	36
4.2.3 Escolha das salas para realização dos testes.....	38
4.2.4 Manutenção e calibração de equipamentos audiométricos.....	39
4.2.5 Realização dos testes	41
4.2.6 Definição de perda auditiva	43
4.2.7 Análise estatística	43
5 RESULTADOS.....	44
6 DISCUSSÃO	52
7 CONCLUSÕES	70
8 ANEXOS	72
9 REFERÊNCIAS.....	81

NORMAS DA REVISTA



Ear and Hearing

[Online Submission and Review System](#)

Author Resources

[Instructions for Authors \(this page\)](#)

[Copyright Transfer \(PDF\)](#)

[Reprint Ordering](#)

[Permissions Requests](#)

[ePrints](#)

[Reprints](#)

[Section Descriptions](#)

Scope

Ear and Hearing publishes articles of interest to those involved in the assessment, diagnosis, and management of auditory and vestibular disorders. The Journal is of primary interest to audiologists, otologists, educators, and to those involved in the design, manufacture, and distribution of amplification systems. The goals of the Journal are in harmony with the aims of The American Auditory Society: to increase knowledge of human hearing, to promote conservation of hearing, and to foster (re)habilitation of persons with hearing impairments.

Ethical/Legal Considerations

A submitted manuscript must be an original contribution not previously published (except as an abstract or a preliminary report), must not be under consideration for publication elsewhere, and, if accepted, must not be published elsewhere in similar form, in any language, without the consent of Lippincott Williams & Wilkins. Each person listed as an author is expected to have participated in the study to a significant extent. Although the editors and referees make every effort to ensure the validity of published manuscripts, the final responsibility rests with the authors, not with the Journal, its editors, or the publisher.

Patient anonymity and informed consent: It is the author's responsibility to ensure that a patient's anonymity be carefully protected and to verify that any experimental investigation with human subjects reported in the manuscript was performed with informed consent and following all the guidelines for experimental investigation with human subjects required by the institution(s) with which all the authors are affiliated. Authors should mask patients' eyes and remove patients' names from figures unless they obtain written consent from the patients and submit written consent with the manuscript.

Copyright: All authors must sign a copy of the Journal's "Authorship Responsibility, Financial Disclosure, and Copyright Transfer" form and submit it with the manuscript. Print this document and circulate it among all authors on the manuscript for signatures. There are then 2 methods for delivering the document once all signatures are obtained. "On-line web system" delivery requires that you scan and save the signed document onto your own computer, then upload it as an attachment when you are submitting the manuscript. "Offline" delivery is the other method. It requires that you fax the signed document to the *Ear and Hearing* editorial office, at 540-568-8077.

Compliance with NIH and Other Research Funding Agency Accessibility Requirements

A number of research funding agencies now require or request authors to submit the post-print (the article after peer review and acceptance but not the final published article) to a repository that is accessible online by all without

charge. As a service to our authors, LWW will identify to the National Library of Medicine (NLM) articles that require deposit and will transmit the post-print of an article based on research funded in whole or in part by the National Institutes of Health, Wellcome Trust, Howard Hughes Medical Institute, or other funding agencies to PubMed Central. The revised Copyright Transfer Agreement provides the mechanism.

Manuscript Type: The following guide should be consulted when selecting from the "Manuscript Type" drop down menu during the submission process.

Current State of Knowledge: Papers submitted under this category provide not only a comprehensive review of the literature in a particular topic area but also represent some attempt at consensus regarding the state of the science and or clinical practice in the area. These submissions undergo regular peer review, and in the case of multiple submissions in one topic area undergo a second tier review by the Editorial Board in order to ensure that the submissions form a coherent compendium of information for readers.

Research Article: This is the typical type of article published in the journal. In general, it should follow the traditional structure including the following sections: Abstract, Introduction, Methods, Results, and Discussion. Any departure from this structure should be discussed with a member of the Editorial Board. See below (under "Preparation of manuscript") for more details about the Structured Abstract required by *Ear & Hearing*, as well as other details.

Editorial: These are generally written by members of the Editorial Board. Unsolicited editorials are not accepted.

Review: Submissions such as tutorials or reviews may provide a general (traditional) abstract rather than the Structured Abstract required for research articles.

Brief Report: A Brief Report includes any communication encompassing technical notes, calibration studies, clinical reports, pilot research, and case reports. Authors are invited to submit clinical or technical material that is consistent with the purposes of the Journal. Reports will not exceed 1500 words, should have 15 or fewer references, and should have no more than 3 illustrations or tables. The submission should include an abstract of 100 words or less. Exceptions may be granted to Reports of a highly technical nature. Brief Reports are peer reviewed on the same basis as articles of standard length.

Letter to the Editor: Letters discussing aspects of papers published in the Journal are acceptable, but they are subject to review by the Editorial Board and/or external reviewers. In general, they will be published together with a response from the authors of the original article.

Resource Review: These are normally solicited by the Section Editor in charge of the Resource Review section.

Permissions: Authors must submit written permission from the copyright owner (usually the publisher) to use direct quotations, tables, or illustrations that have appeared in copyrighted form elsewhere, along with complete details about the source. Any permissions fees that might be required by the copyright owner are the responsibility of the authors requesting use of the borrowed material, not the responsibility of Lippincott Williams & Wilkins.

Preparation of Manuscript

Manuscripts that do not adhere to the following instructions will be returned to the corresponding author for technical revision before undergoing peer review.

Manuscript submission: Authors are required to submit their manuscripts through the Web-based tracking system at <http://EandH.edmgr.com>. The site contains instructions and advice on how to use the system, guidance on the creation/scanning and saving of electronic art, and supporting documentation. In addition to allowing authors to submit manuscripts on the Web, the site allows authors to follow the progression of their manuscript through the peer review process.

Title page: Title page must be submitted as a separate file on the online system. Include on the title page (a) complete manuscript title; (b) authors' full names, highest academic degrees, and affiliations; (c) name and address for correspondence, including fax number, telephone number, and e-mail address; (d) address for reprints if different from that of corresponding author; and (e) all sources of support, including pharmaceutical and industry support, that require acknowledgment.

The title page must also include disclosure of funding received for this work from any of the following organizations: National Institutes of Health (NIH); Wellcome Trust; Howard Hughes Medical Institute (HHMI); and other(s).

Short Summary: A short summary (précis) must be submitted with the manuscript. This summary appears as an annotation to the Table of Contents in the Journal and does not replace the structured abstract. The purpose of the précis is to provide a brief idea of what the paper is about, with just enough information to pique the readers' interest and highlight the major findings. The précis is limited to 100 words or less.

Structured abstract and key words: Abstract must be submitted as a separate file on the online system. Limit the abstract to 500 words. Do not cite references in the abstract. Limit the use of abbreviations and acronyms. List three to five key words. Use the following subheads: **Objectives.** State the objective or question addressed by the research. Any hypothesis should also be stated. **Design.** Describe the basic experimental design of the study. The number of subjects and how they were selected should be provided. **Results.** State the main results of the study. **Conclusions.** State the conclusions of the study that are directly supported by the data, along with the clinical implications or applicability.

Text: Organize the manuscript into four main headings: Introduction, Materials and Methods, Results, and Discussion. Define abbreviations at first mention in text and in each table and figure. If a brand name is cited, supply the manufacturer's name and address (city and state/country).

Abbreviations: For a list of standard abbreviations, consult the *Council of Biology Editors Style Guide* (available from the Council of Science Editors, 9650 Rockville Pike, Bethesda, MD 20814) or other standard sources. Write out the full term for each abbreviation at its first use unless it is a standard unit of measure.

Phonetic symbols: When using IPA symbols, please click [here](#) to download the recommended font (DoulosSIL). Once you have downloaded the file, add it to your system's available fonts.

WARNINGS:

- Do not download or obtain this font from any source other than the link above.
- Do not convert to Doulos from any other font. If you have already keyed the characters in another font, you must delete the existing characters and re-key them all using the preferred font from *Ear and Hearing*.

The font can be installed using standard font installation procedures for your operating-system (Windows: Go to your system's My Computer page and click on Control Panel. Open your Fonts folder and click on the downloaded DoulosSILR.ttf file to drag and drop it into your Font list. Macintosh: Put the font in /Library/Fonts). You may have to restart the application for the font to become available.

In-Text Citations: Include the author's last name and year of publication within parentheses, as in (Jones 1995) or (Jones and Smith 1995). For papers with three or more authors, give only the first author's name followed by et al., as in (Jones et al. 1995). For multiple citations, arrange in ascending date order and separate with semicolons (Smith 1994; Jones et al. 1995). For multiple citations to a single author, give the name once as in (Jones 1991, 1994). For citations with identical author and date, use lower case letters to distinguish the references (Jones et al. 1995a,b) and use the same letters in the reference list.

Reference List: Key all references (double-spaced) at the end of the manuscript in alphabetical order by first author. For papers with three or more authors, give only the first three authors followed by et al. Refer to the List of Journals Indexed in *Index Medicus* for abbreviations of journal names, or access the list at <http://www.nlm.nih.gov/tsd/serials/lji.html>. Sample references are given below:

Journal article

Moeller, M.P., Hoover, B., Putnam, C., et al. (2007). Vocalizations of infants with hearing loss compared with infants with normal hearing: Part I —Phonetic development. *Ear Hear*, 28, 605-627.

Book chapter

Robbins, A. M. (2000). Language Development. In S. B. Waltzman & N. L. Cohen (Eds). *Cochlear Implants* (pp, 269-283). New York: Thieme Medical Publisher.

Entire book

Kerlinger, F. N. *Foundations of Behavioral Research* (3rd ed.). Fort Worth: Holt, Rinehart and Winston.

Software

Epi Info [computer program]. Version 6. Atlanta, GA: Centers for Disease Control and Prevention; 1994.

Online journals

Friedman, S.A. (1988). Preeclampsia: A review of the role of prostaglandins. *Obstet Gynecol* [serial online]. 71, 22-37. Retrieved December 15, 1990 from BRS Information Technologies, McLean, VA.

Database

CANCERNET-PDQ [database online]. Bethesda, MD: National Cancer Institute; 1996. Updated March 29, 1996.

World Wide Web

Gostin, L.O. (1996). *Drug use and HIV/AIDS* [JAMA HIV/AIDS Web site]. 1996, June 1. Retrieved June 26, 1997 from <http://www.ama-assn.org/special/hiv/ethics>.

Reference Notes: Reference notes refer to citations from non-archival sources, e.g., unpublished presentation at a meeting, a personal communication, etc. Entries should be double-spaced and typed in the APA reference style. The Reference Notes section (heading and entries) should begin below the last reference, on the same page. Citations within the text should refer to the author and reference note number, not author and date, e.g., "according to Keith (Reference Note 1)" or "(Keith, Reference Note 1)."

Figures: Authors should number their figures in the order in which they are discussed

Digital figures for manuscripts: Electronic art should be created/scanned and saved and submitted as either a TIFF (tagged image file format), an EPS (encapsulated PostScript) file, or a PPT (PowerPoint) file. Line art must have a resolution of at least 1200 dpi (dots per inch), and electronic photographs--radiographs, CT scans, etc., and scanned images must have a resolution of at least 300 dpi. If fonts are used in the artwork, they must be converted to paths or outlines or they must be embedded in the files. Color images must be created/scanned and saved and submitted as CMYK files. Please note that artwork generated from office suite programs such as CorelDRAW and

MS Word and artwork downloaded from the Internet (JPEG or GIF files) cannot be used. Please view the [5 Steps to Creating Digital Artwork](#) with any questions.

Figure legends: Include legends for all figures. They should be brief and specific, and they should appear on a separate manuscript page after the references. Use scale markers in the image for electron micrographs, and indicate the type of stain used.

Color figures: The journal accepts color figures that will enhance an article. Charges for color figures may be waived by the Editorial Board when the use of color is deemed essential and the manuscript receives high editorial priority during the review process. Otherwise, color figures will be printed in black and white unless the authors wish to pay.

Tables: Create tables using the table creating and editing feature of your word processing software (eg, Word, WordPerfect). Do not use Excel or comparable spreadsheet programs. Group all tables in a separate file. Cite tables consecutively in the text, and number them in that order. Each table should appear on a separate page and should include the table title, appropriate column heads, and explanatory legends (including definitions of any abbreviations used). Do not embed tables within the body of the manuscript. They should be self-explanatory and should supplement, rather than duplicate, the material in the text.

Style: Pattern manuscript style after the *American Medical Association Manual of Style* (9th ed.). *Stedman's Medical Dictionary* (27th ed.) and *Merriam Webster's Collegiate Dictionary* (10th ed.) should be used as standard references. Refer to drugs and therapeutic agents by their accepted generic or chemical names, and do not abbreviate them. Use code numbers only when a generic name is not yet available. In that case, supply the chemical name and a figure giving the chemical structure of the drug is required. Copyright or trade names of drugs should be capitalized and placed in parentheses after the name of the drug. Names and locations (city and state in USA; city and country outside USA) of manufacturers of drugs, supplies, or equipment cited in a manuscript are required to comply with trademark law and should be provided in parentheses. Units of measure should be expressed in the metric system, and temperatures should be expressed in degrees Celsius. Conventional units should be written as SI units as appropriate.

Editorial process

The submitted manuscript will be reviewed by up to three peers selected by the appropriate section editor. Every attempt will be made to render an initial editorial decision within 12 weeks of receipt of the manuscript.

Revisions: Manuscripts requiring revision should be resubmitted within 6 months. Revised manuscripts returned after 6 months will be considered new submissions.

Review Process: Authors are encouraged to suggest section editors and potential reviewers for their submission. All suggestions, although nonbinding, will be considered important information for arranging an unbiased and constructive peer-review process. The author should also indicate whether a blind review is desired. In this case, reviewers will not know the identity of the authors. These suggestions can be added in the "comments" textbox, available when submitting the manuscript.

Disclosures: Authors must disclose any closely related manuscripts that have been published or that have been submitted for publication. If the manuscript reports studies with humans or animals, authors must declare that they obtained appropriate Institutional Review Board (IRB) approval. For studies without IRB approval, authors must declare that they abided by established international research codes [e.g., 1) International Research Code of Ethics (1990). *Bulletin of the Pan American Health Organization*, 24, 604-621; 2) 48th World Medical Assembly (1997). Declaration of Helsinki: Recommendations guiding physicians in biomedical research involving human subjects. *Journal of the American Medical Association*, 277, 925-926; 3) The Nuremberg Code (1996). *Journal of the American Medical Association*, 276, 1691].

Authors must disclose in the Acknowledgments any association that poses a potential conflict of interest with regard to the submitted manuscript.

If the study received any external support of any type, the author must declare that he/she had editorial control. Any agreement that allows the external sponsor to censor the article or preclude publication will render the manuscript ineligible for publication in Ear and Hearing.

After Acceptance

Page proofs and corrections: Corresponding authors will receive electronic page proofs to check the copyedited and typeset article before publication. Portable document format (PDF) files of the typeset pages and support documents (eg, reprint order form) will be sent to the corresponding author by e-mail. Complete instructions will be provided with the e-mail for downloading and printing the files and for faxing the corrected page proofs to the publisher. It is the author's responsibility to ensure that there are no errors in the proofs. Changes that have been made to conform to journal style will stand if they do not alter the authors' meaning. Only the most critical changes to the accuracy of the content will be made. Changes that are stylistic or are a reworking of previously accepted material will not be allowed. The publisher reserves the right to deny any changes that do not affect the accuracy of the content. Authors may be charged for alterations to the proofs beyond those required to correct errors or to answer queries. Proofs must be checked carefully and corrections e-mailed or faxed within 24 to 48 hours of receipt, as requested in the cover letter accompanying the page proofs.

Publish Ahead of Print: After author corrections are applied to the first proof, LWW will deliver the PDF of the article along with citation information (title, author listing, abstract, DOI, etc...) to <http://www.Ear-Hearing.com> for **electronic publication**. These articles will be listed as [Epub ahead of print] citations in PubMed. Once the article is print published, the information will be updated in PubMed and deleted from the website.

Reprints: Follow the appropriate hyperlink. [ePrints](#) or [Reprints](#).

Publisher's contact: Return corrected page proofs, reprint order form, color quotes, and any other related materials to Journal Production Editor, Ear and Hearing, Lippincott Williams & Wilkins, fax: 443-451-8168 or 410-361-8040.



Copyright 2008, Lippincott Williams & Wilkins. All rights reserved
Published by Lippincott Williams & Wilkins

[Copyright/Disclaimer Notice • Privacy Policy](#)

ARTIGO

Teleaudiometry: a low-cost method of auditory screening in underserved areas

Victor Eulálio Sousa Campelo, MD and Ricardo Ferreira Bento, MD, PhD

Department of Ophthalmology and Otolaryngology, University of Sao Paulo School of Medicine, Sao Paulo, Brazil.

Study conducted in the Clinical Otolaryngology Division of the University of Sao Paulo School of Medicine, Sao Paulo, Brazil.

Correspondence and reprint requests to:

Victor Eulálio Sousa Campelo

Av. José dos Santos e Silva, 1520

64001-300, Teresina-PI, Brazil.

Phone: + 55 86 9924 1993 / Fax: + 55 86 3211 0510

Skype: vcampelo

E-mail: vcampelo@yahoo.com.br

This study was supported by the *Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo* (FAPESP, Foundation for the Support of Research in the State of São Paulo).

SHORT SUMMARY

Although the benefits of auditory screening have been well demonstrated, the availability of auditory screening programs has been restricted to larger facilities, due to the scarcity of equipment and professionals in the majority of areas. In this study, we describe a method of remote auditory screening (teleaudiometry) using a computer with headphones. We determine the accuracy of the method and compare it with that of sweep audiometry. Testing 73 individuals between 17 and 50 years of age, we found teleaudiometry to be a viable option for auditory screening, presenting accuracy similar to that of sweep audiometry.

ABSTRACT

Objectives: To develop a method of remote screening for the identification of individuals with hearing loss, as well as to determine its accuracy in comparison with that of sweep audiometry without a sound-treated booth.

Design: The new screening method, designated teleaudiometry, consists of its own newly developed computer program, installed on a computer with supra-aural headphones attached. The study participants were randomly selected from among patients and their companions at the University of Sao Paulo School of Medicine *Hospital das Clínicas*, in Sao Paulo, Brazil. We selected 73 individuals between 17 and 50 years of age, 42 (57.5%) of whom were female. After completing a symptoms questionnaire and being submitted to otoscopy, the participants underwent teleaudiometry and sweep audiometry with a sweep of 20 dB at the frequencies of 1, 2 and 4 kHz following the American Speech-Language-Hearing Association protocol, as well as the gold-standard test of pure tone audiometry in sound-treated booth, in random order.

Results: The teleaudiometry lasted, on average, 125 ± 11 sec, compared with 65 ± 18 sec for sweep audiometry. Of the 73 participants, 69 (94.5%) found it easy or quite easy to perform the teleaudiometry, compared with 61 (83.6%) for the sweep audiometry. Teleaudiometry and sweep audiometry presented, respectively, the following: sensitivity of 86.7% and 86.7%; specificity of 75.9% and 72.4%; a negative predictive value of 95.7% and 95.5%; and a positive predictive value of 48.1% and 55.2%.

Conclusions: Teleaudiometry proved to be a viable option as a method of auditory screening, presenting accuracy similar to that of sweep audiometry. The use of teleaudiometry could increase the number of identified cases of hearing loss, thereby allowing more timely treatment of such cases in underserved populations.

Key words: Hearing Loss; Hearing Tests; Audiometry; Mass screening; telemedicine.

INTRODUCTION

Hearing deficiency interferes with the perception and recognition of speech. In children, this causes a delay in the development of auditory skills (detection, discrimination, recognition, comprehension and attention). The resulting problems in comprehension, communication and learning are reflected in poor academic performance and social withdrawal (Bamford et al. 2007).

If mild bilateral hearing loss and unilateral hearing loss are considered together, the prevalence of hearing loss worldwide is approximately 7.7%, although the rates are even higher in developing countries (Bamford et al. 2007). In Brazil alone, according to the census conducted in 2000 by the Brazilian Institute of Geography and Statistics, 5.7 million individuals have hearing deficiency, 176,067 presenting total deafness.

The benefits of auditory screening in newborns and schoolchildren have been well demonstrated. However, in developing countries, the availability of auditory screening programs has been restricted to larger facilities, due to the scarcity of equipment and specialized professionals in the majority of areas. The use of telemedicine and medical information sciences has been proposed as a means of attenuating these problems by improving the quality of health care delivered to underserved populations in rural areas, outlying cities, prisons, etc. "Telediagnosis" has proven to be a viable, safe alternative, despite the difficulties caused by the lack of physician-patient interaction and personal contact (Givens and Elangovan 2003).

In telemedicine, there are many different means of evaluating patients remotely. Synchronic approaches, such as computerized remote control of audiometric equipment, make it possible to test individuals at remote locations and have produced promising results (ASHA 2001; Givens and Elangovan 2003;

Elangovan 2005; Krumm 2007). However, there have been no reports in the literature of methods for the remote evaluation of hearing that did not require the use of a peripheral device, such as an audiometer or equipment for determining otoacoustic emissions/auditory brainstem response, at the remote site, as well as a specialized professional to operate the equipment, either in person or remotely. This study had the following objectives: to develop a method of remote screening for the identification of individuals with hearing loss who require further investigation; to determine the sensitivity, specificity and predictive values of the new method; and to compare the characteristics of the new method with those of sweep audiometry.

METHODS

Teleaudiometry

Teleaudiometry simulates, on a computer, the tools and standards of a sweep audiometry test carried out automatically by a computer program. The computer program can be installed on any computer running the Windows XP[®] operating system and evokes pure tones at 1000, 2000 and 4000 Hz in each ear separately. With the aid of a sound level meter, the intensity of the stimulus emitted by the headphones can be adjusted. The algorithm for the execution of the computer program and for the analysis of the data obtained is similar to that recommended by the American Speech-Language-Hearing Association (ASHA) for sweep audiometry (ASHA 1997). In accordance with the ASHA guidelines, the computer program defines as negative screenings those cases in which the individual responds to at least two of three 20-dB sounds at all of the frequencies tested (1000, 2000 and 4000 Hz) in each ear. If these criteria are not met, the program classifies the case as a positive screening.

During the test, the computer program detects any click of the mouse or pressing of the space bar within 4 sec after emission of each tone, defining such an action as indicative of the identification of an audible sound. The sounds are emitted at intervals of random duration, ranging from 3 sec to 8 sec, in order to prevent the individual from anticipating their appearance.

Sample

This study was approved by the Ethics Committee for the Analysis of Research Projects of the University of Sao Paulo School of Medicine (protocol no. 713/05).

Participants were randomly selected from among patients and individuals accompanying patients treated at the Otorhinolaryngology Clinic of the University of Sao Paulo School of Medicine. The following exclusion criteria were applied:

- a) having previously undergone otological surgery
- b) presenting a history or signs of neurological or psychomotor disorders

Between September of 2006 and March of 2007, 78 individuals were selected. Five individuals were excluded for having previously undergone otological surgery. Of the 73 remaining participants, 42 (57.5%) were female and 31 (42.5%) were male. Ages ranged from 17 to 50 years. Data related to age and level of education are presented in Table 1.

There were no statistically significant gender-related differences in terms of age or level of education.

All of the participants were duly informed of the objectives and experimental nature of the study, after which they all gave written informed consent.

Equipment employed in the tests

The teleaudiometry program was installed on an HP Pavilion[®] dv4000 laptop computer with an Intel Centrino[®] 2.0 GHz processor, 1024 MB of RAM, 128 MB of video memory, a 100 GB hard drive and a SoundMAX Integrated Digital Audio[®] sound card, running the Microsoft Windows[®] XP Home Edition operating system. Professional headphones (TDH-39; Telephonics, Farmingdale, NY, USA) were connected to the laptop using a P10 mono-to-P2 stereo adapter. The computer was calibrated after determination of the output volume of the sound card and of the headphones, using a sound level meter (2250; Bruel & Kjaer, Stevenage, UK) with an artificial ear (4152; Bruel & Kjaer), a 1/1-1/3 octave filter set (1625; Bruel & Kjaer) and a 1” pressure-field microphone (4144; Bruel & Kjaer).

Sweep audiometry was carried out using a Beta[®] 6000 audiometer (Beta Medical, São Paulo, Brazil), with TDH-39 headphones. For pure tone audiometry, we used a Midimate[®] 622 audiometer (Madsen Electronics, Copenhagen, Denmark), with TDH-39 headphones, both calibrated two weeks before the beginning of the tests in accordance with ISO 8253-1 standards.

The ambient noise level during the screening tests was monitored with the aid of the sound level meter, observing the ANSI-1999 standards.

Performance of the tests

The individuals selected completed a questionnaire, administered by one of the researchers, designed to collect demographic data and information related to otological complaints. This was followed by otoscopic examination of both ears.

Participants were submitted to sweep audiometry, teleaudiometry and pure

tone audiometry, all performed on the same day in random order. During the teleaudiometry and sweep audiometry, ambient noise was qualified—based on the equivalent continuous sound level (L_{eq}) and the maximum sound level (L_{max})—and the duration of each test was recorded.

Prior to the performance of each test, the individual was instructed in its correct execution. The pure tone audiometry and sweep audiometry were applied by speech therapists licensed by the Federal Speech Therapy Council. In both cases, the audiologist participates directly in the performance of the test, as well as in the calculation and interpretation of the results. In teleaudiometry, the direct participation of an audiologist is not required. It is only necessary that someone instruct the individual in the correct execution of the test, the detection of responses and interpretation of results being performed by the computer program. The researchers administering each test were blinded to the results of the other two tests for the same individual.

The sweep audiometry and teleaudiometry protocols were based on the ASHA standards for auditory screening (ASHA 1997), which call for a test with three 20-dB tones at frequencies of 1000, 2000 and 4000 Hz. The tones were pulsed, with three pulses of 300 msec each. The left ear was tested, after which the right ear was tested. The pure tone audiometry was performed in a sound-treated booth according to the standards outlined in the Speech Therapist Manual of Audiology Guidelines and Recommendations (Conselhos de Fonoaudiologia 2007). To define hearing loss in the standard pure tone audiometry test, we adopted the criteria devised by Davis and Silverman (1970), in which the mean of three frequencies (500, 1000 and 2000Hz) above 20 dB HL is evaluated in either ear.

After having undergone the three tests, the individuals were interviewed regarding the degree of difficulty encountered in performing the teleaudiometry and sweep audiometry. They were asked to give a score from 1 to 5: 1 = "quite easy"; 2 = "easy"; 3 = "neither easy nor difficult"; 4 = "difficult"; and 5 = "quite difficult".

Statistical analysis

The data were stored and analyzed using the Statistical Package for the Social Sciences, version 13.0 for Windows (SPSS Inc., Chicago, IL, USA).

Values of $p < 0.05$ were considered statistically significant.

The differences between the genders in terms of age and level of education were analyzed using t-tests and chi-square tests, respectively. To determine the accuracy of the screening tests for the diagnosis of hearing loss sensitivity, specificity, positive predictive value and negative predictive value were calculated, using pure tone audiometry in a sound-treated booth as the gold standard. Ambient noise during the sweep audiometry and teleaudiometry tests was compared using a paired t-test. The chi-square test was used in the comparison between the two screening tests in terms of the degree of difficulty encountered by the participants.

RESULTS

The results of the otological complaints questionnaire are presented in Table 2. Table 3 shows the otoscopy findings.

The ambient noise levels were found to be below the ANSI-1999 upper limits during the sweep audiometry and teleaudiometry tests (Table 4). During the performance of the two screening methods (sweep audiometry and teleaudiometry), the ambient noise levels were found to be below the allowable upper limits at all

frequencies. However, the Leq at 2000 Hz ($p < 0.05$) was lower during sweep audiometry than during teleaudiometry. The Lmax at 2000 and 4000 Hz was also lower during sweep audiometry than during teleaudiometry ($p < 0.05$).

The time required to perform teleaudiometry ranged from 113 sec to 193 sec (mean, 125 ± 11 sec), compared with 40 sec to 129 sec (mean, 65 ± 18 sec) for sweep audiometry.

The individuals submitted to the screening tests reported having little difficulty in performing the tests, as demonstrated in Table 5.

The data related to the accuracy of the screening tests for the diagnosis of hearing loss, using pure tone audiometry as the gold standard, are presented in Table 6.

DISCUSSION

It is estimated that 7.7% of the population presents some degree of hearing loss, the prevalence of which increases with age and is higher in developing countries (Bamford et al. 2007). Of the individuals evaluated in the present study, 37% reported suffering from hypoacusis, 32.9% reported tinnitus, and 8.9% reported otorrhea. This is likely attributable to the fact that many of the participants were either seeking treatment or were under treatment at the otorhinolaryngology clinic of a referral hospital (Table 2).

The normal otoscopy findings in approximately 85% (87.7% of left ears and 84.9% of right ears; Table 3) are in agreement with the results of other studies showing that otoscopy has low sensitivity for identifying individuals with hearing loss, most of whom present normal otoscopy findings. The sensitivity of otoscopy is also dependent on the technical skill of the professional, which also translates to low

reproducibility (Olusanya 2001; New Zealand Health Technology Assessment 1998).

Auditory screening is performed in an environment without acoustic isolation, and ambient noise can therefore influence the test results. The ambient noise levels observed in the present study, as presented in Table 4, were below the ANSI-recommended level (ANSI 1999) at all frequencies and decreased in parallel with increases in frequency, which is in accordance with reports in the literature (Hallett and Gibbs 1983; FitzZaland and Zink 1984). The difference between the screening tests in terms of the ambient noise levels encountered did not seem to influence the results. Ambient noise decreased in parallel with increases in frequency, becoming less problematic at the higher frequencies. In the lower frequencies, ambient noise constitutes a limitation to the performance of auditory screening even under circumstances in which insert earphones or portable sound-treated booths are employed (Lankford, 1999). Therefore, the frequency 500 kHz was not used in the present study, which restricted the evaluation to the frequencies of 1000, 2000 and 4000 Hz. In 1997, ASHA removed the frequency 500 Hz from the sweep audiometry screening test, due to an increase in the number de false-positive results related to failures caused by ambient noise interference and to the reduction (albeit less than significant) in the sensitivity of the method.

The mean time required to perform teleaudiometry proved to be reasonable (125 ± 11 sec), although it was nearly double that of sweep audiometry (65 ± 18 sec). Therefore, if teleaudiometry were chosen over sweep audiometry, at least one extra hour of testing would be required for each group of 60 children tested.

The individuals evaluated reported a low degree of difficulty in performing the screening tests (Table 5), the degree of difficulty being significantly lower for

teleaudiometry ($p < 0.001$). This might be due to the greater concentration during the teleaudiometry, since the individuals interact directly with the computer and see their responses on the screen.

The finding that the sensitivity of teleaudiometry was identical to that of sweep audiometry (86.7%) is indicative of the similarity of the two tests. This result was expected, since the protocols for the performance and the interpretation of the data obtained are similar for the two methods. The question regarding the efficiency of teleaudiometry lies in the possibility that the computer system might not be sufficiently stable to reproduce the results satisfactorily or to execute the test consistently. This question should be put to rest by the fact that the performance of teleaudiometry was similar to that of audiometry, as well as by the stability encountered during the calibrations of the computer during the study period, no adjustments having been necessary. The results in terms of sensitivity are in agreement with those reported in the literature, in which that of sweep audiometry ranges from 82% to 100% (Orlando and Frank 1987; FitzZaland and Zink 1984; Holtby et al. 1997, Sabo et al. 2000). This variation in the sensitivity of sweep audiometry is attributable, in part, to differences among studies in terms of the thresholds, screening techniques and definitions of hearing loss employed (FitzZaland and Zink 1984). The adoption of different criteria for defining hearing loss lead to differences in the results obtained with the test used as the standard. Therefore, in studies that adopt criteria involving higher thresholds, the screening test evaluated tends to present greater sensitivity (Orlando and Frank 1987). This can be demonstrated by the fact that the sensitivity of teleaudiometry and sweep audiometry increases to 100% if a > 40 dB threshold at the frequencies of 500, 1000 and 2000

Hz (moderate hearing loss) is used as a criterion of hearing loss (Davis 1970).

Despite the fact that we excluded the frequency 500 kHz, we did not observe great discrepancies between our findings and those of studies that included this frequency in their protocols (Orlando and Frank 1987; FitzZaland and Zink 1984; Holtby et al. 1997; Sabo et al. 2000). Therefore, it would be prudent to recommend the exclusion of this frequency since ambient noise tends to be more intense at the lower frequencies (Lankford, 1999). In addition, the majority of the sites at which these methods of auditory screening would be employed in practice do not have noise-reduction equipment available and are known to be noisy environments, a problem which would hardly be offset by measures taken to control ambient noise at the time of the tests.

In the present study, the specificity of teleaudiometry (75.9%) was found to be slightly greater than that of sweep audiometry (72.4%). This difference might be due to the greater facility the individuals encountered in performing the teleaudiometry test. The reported specificity of sweep audiometry ranges from 65.9% to 99.0%, the majority of studies reporting values between 70.0% and 80.0% (Orlando and Frank 1987; FitzZaland and Zink 1984; Holtby et al. 1997; Sabo et al. 2000; Bamford et al. 2007).

In comparison with other screening techniques, teleaudiometry has proven to be a viable option, since it presented results similar to those of sweep audiometry, which, according to a recent systematic review, continues to be one of the methods producing the best results in terms of sensitivity and specificity (Bamford et al. 2007). Sweep audiometry has the disadvantage of requiring specific equipment and specialized professionals, which makes it use impractical at the majority of sites

other than at larger facilities, as well as making it an economically unfavorable method, especially in developing countries such as Brazil. In individuals who present difficulty in understanding the test, the performance of teleaudiometry would likely be affected. In such cases, the presence of a trained professional would facilitate the execution of the test. In addition, an audiologist or otologist would be able to recognize other deficiencies of communication or cognition during the evaluation. Therefore, teleaudiometry presents a viable alternative for sites at which professionals trained in the performance of sweep audiometry are scarce.

In the present study, teleaudiometry presented sensitivity greater than that typically reported for tympanometry (Barlow et al. 1998; Bamford et al. 2007; Roush 1992).

In populations known to present difficulties in terms of collaboration, such as very young children or children with developmental disorders (neurological or psychomotor), the recording of otoacoustic emissions, transient evoked otoacoustic emissions in particular, appears to provide the best results. However, our data, in agreement with other findings in the literature (Sabo et al. 2000; Nozza et al. 1997), suggest that teleaudiometry and sweep audiometry are superior methods for use in the general population, presenting greater sensitivity and lower specificity.

Other authors have sought low-cost alternatives to the methods currently used for auditory screening. The whispered voice test proved to be a method with good sensitivity and specificity, although it presents limitations in the identification of unilateral hearing loss, mild hearing loss or hearing loss at high frequencies (Prescott et al. 1999). In addition, the quality of the whispered voice, as well as the choice of letters, numbers and words used, can influence the results of the test (Pirozzo et al. 2003).

The method of administering questionnaires to the parents has been found to present low reproducibility, with great variation in the sensitivity and specificity, the majority of authors agreeing that the use of such questionnaires is a failed method that should be employed only when more efficacious methods are unavailable (Bamford et al. 2007).

The video method, which was used in nationwide auditory screening campaigns in Brazil in 1999 and 2001, presents an advantage in that the equipments required, such as a television and a video player, are widely available in schools and health care clinics. However, this method also lacks reproducibility, as well as being difficult to standardize and inefficient in identifying unilateral hearing loss (Mangabeira and Bento 2000). Such difficulties were the motivation for the present study.

Other methods involving telemedicine in the performance of tests at sites with limited human resources, such as computerized remote control of audiometric equipment, make it possible to test individuals at remote locations with good results, although they require sophisticated equipment (ASHA 2001; Givens and Elangovan 2003; Elangovan 2005; Krumm 2007).. In practice, such systems are unviable for use in developing countries, due to economic limitations.

A discussion regarding the implementation of auditory screening programs cannot be raised without questioning their viability from an economic point of view, as well as in terms of the availability de human resources and equipment. In countries with economic restrictions, this issue takes on added importance. It is not sufficient to demonstrate a high degree of accuracy, since that does not guarantee the applicability of the method in practice. As stated by Prescott et al. (1999), it is necessary to examine more appropriate methods for use in countries with limited

resources, keeping the investment in equipment and training to a minimum, perhaps utilizing the pool of community health agents. Within this context, teleaudiometry would meet the criteria of good accuracy, simplicity of execution and facility of training for those who would administer the test. In addition, the method uses equipment that is available at most of the potential sites at which it would be employed, such as schools and basic health care clinics, requiring only that computer be adapted to allow the use of the special headphones. The possibility of using the Internet to download the program and to train those who would administer the tests would eliminate the need to transport materials and individuals, thereby facilitating the dissemination of the method in countries of continental dimensions such as Brazil.

Teleaudiometry proved to be a viable option as a method of auditory screening, presenting accuracy similar to that of sweep audiometry. The use of teleaudiometry could increase the number of identified cases of hearing loss, thereby allowing more timely treatment of such cases in underserved populations.

REFERENCES

American National Standards Institute (1969). Maximum permissible ambient noise levels for audiometric test rooms, ANSI 1999. New York: the Institute.

American Speech-Language-Hearing Association (1997). Guidelines for Audiologic Screening [Guidelines]. Retrieved September 12, 2008 from www.asha.org/policy.

American Speech-Language-Hearing Association (2001). Telepractices and ASHA: Report of the Telepractices Team. Retrieved September 12, 2008 from www.asha.org/policy.

Bamford J, Fortnum H, Bristow K, Smith J, Vamvakas G, Davies L, *et al* (2007). Current practice, accuracy, effectiveness and cost-effectiveness of the school entry hearing screen. *Health Technol Assess*, **11**(32).

Barlow J, Stewart-Brown S, Fletcher J (1998). Systematic review of the school entry medical examination. [review]. *Arch Dis Child*, **78**, 301–11.

Bhasin TK, Brocksen S, Avchen RN, Braun KVN (2006). Prevalence of Four Developmental Disabilities Among Children Aged 8 Years --- *Metropolitan Atlanta Developmental Disabilities Surveillance Program, 1996 and 2000*. 55(SS01);1-9. Retrieved October 15, 2008 from <http://www.cdc.gov/mmwr/preview/mmwrhtml/ss5501a1.htm>.

Conselhos de Fonoaudiologia (2007). Manual de orientação ao fonoaudiólogo que atua na área da Audiologia. Retrieved September 03, 2008 from www.fonoaudiologia.org.br.

Davis H, Silverman SR (1970). *Hearing and Deafness.*, Holt: Rinehart and Winston.

Elangovan S (2005). Telehearing and the Internet. *Seminars in Hearing*, **26**(1), 19-25.

FitzZaland RE, Zink GD (1984). A comparative study of hearing screening procedures. *Ear Hear*; **5**, 205–10.

Givens GD, Elangovan S (2003). Internet application to tele-audiology--"nothin' but net". *Am J Audiol*. **12**(2), 59-65.

Hallett CP, Gibbs AC (1983). The effect of ambient noise and other variables on pure tone threshold screening in a population of primary school entrants. *Br J Audiol*. **17**(3), 183-90.

Hammond PD, Gold MS, Wigg NR, Volkmer RE (1997). Preschool hearing screening: evaluation of a parental questionnaire. *J Paediatr Child Health*, **33**, 528–30.

Holtby I, Forster DP, Kumar U (1997). Pure tone audiometry and impedance screening of school entrant children by nurses: evaluation in a practical setting. *J Epidemiol Community Health*, 51, 711–15.

IBGE. Censo Demográfico (2000). "DEFICIÊNCIA". Retrieved September 12, 2008 from <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2000/populacao>.

Krumm M; Ribera J; Klich R (2007). Providing basic hearing tests using remote computing technology. *J Telemed Telecare*, 13(8), 406-10.

Lankford JE, Perrone DC, Thunder TD (1999). Ambient noise levels in mobile audiometric testing facilities: compliance with industry standards. *AAOHN J*, 47, 163–67.

Mangabeira PL, Bento RF (2000). A fonoaudiologia na campanha. *Acta AWHO*, 19(4). 211-12.

New Zealand Health Technology Assessment (1998). Screening programmes for the detection of otitis media with effusion and conductive hearing loss in pre-school and new entrant school children: a critical appraisal of the literature [structured abstract]. *NZ Health Technol Assess*, 3, 61.

Nozza RJ, Sabo DL, Mandel EM (1997). A role for otoacoustic emissions in screening for hearing impairment and middle ear disorders in schoolage children. *Ear Hear*, 18, 227–39.

Olusanya B (2001). Early detection of hearing impairment in a developing country: what options? *Audiology*, 40, 141–7.

Orlando MS, Frank T (1987). Audiometer and AudioScope hearing screening compared with threshold test in young children. *J Pediatr*, 110, 261–3.

Pirozzo S, Papinczak T, Glasziou P (2003). Whispered voice test for screening for hearing impairment in adults and children: systematic review. *BMJ*, 327, 967.

Prescott CA, Omoding SS, Fermor J, Ogilvy D (1999). An evaluation of the ‘voice test’ as a method for assessing hearing in children with particular reference to the situation in developing countries. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol.* 51, 165–70.

Roush J, Drake A, Sexton JE (1992). Identification of middle ear dysfunction in young children: a comparison of tympanometric screening procedures. *Ear Hear*, 13, 63–9.

Sabo MP, Winston R, Macias JD (2000). Comparison of pure tone and transient otoacoustic emissions screening in a grade school population. *Am J Otolaryngol.*, 21, 88–91.

TABLES

Table 01: age and level of education according to gender in 73 individuals.

	<i>Gender</i>		<i>P</i>	<i>Total</i> (<i>n</i> = 73)
	Male (<i>n</i> = 31)	Female (<i>n</i> = 42)		
Age (years)				
Mean ± standard deviation	34,3 ± 8,4	35,2 ± 9,7	0,662 ^a	34,8 ± 9,1
Minimum / maximum	20 / 48	17 / 50		17/50
Level of education¹				
Incomplet elementary school	7 (22,6%)	9 (21,4%)	0,712 ^b	16 (21,9%)
Elementary School	8 (25,8%)	6 (14,3%)		14 (19,2%)
High school	10 (32,2%)	18 (42,8%)		28 (38,3%)
College	5 (16,1%)	6 (14,3%)		11 (15,1%)

¹: presented by n(%). (a) - ^T test; (b) - qui-square.

Table 02: Results of the otological complaints questionnaire.

<i>Symptom</i>	<i>No</i>	<i>Yes</i>
Hearing loss	46 (63,0%)	27 (37,0%)
Tinnitus	49 (67,1%)	24 (32,9%)
Otorrhea	67 (91,8%)	6 (8,2%)

Table 03: otoscopic findings among 73 individuals.

<i>Otoscopy</i>	<i>Left</i>	<i>Rigth</i>
	<i>N (%)</i>	<i>N (%)</i>
Normal	64 (87,7%)	62(84,9%)
Perfuration	0 (0,0%)	1(1,4%)
Otorrhea	2 (2,7%)	3 (4,1%)
Retracted tympano membrane	2 (2,7%)	1(1,4%)
Tympanosclerosis	1(1,4%)	2 (2,7%)
Wax	4 (5,5%)	2 (2,7%)
Others	0 (0,0%)	2 (2,7%)
Total	73 (100,0%)	73 (100,0%)

Table 04: ambient noise levels (dB SPL re: 20 uPa) during hearing screening with teleaudiometry and sweep audiometry.

	<i>Frequency</i> <i>in Hz</i>	<i>Maximum</i> <i>permissible</i> <i>noise levels</i> <i>(ANSI-1999)</i> <i>(dB SPL)</i>	<i>Teleaudiometry</i> <i>(mean ±</i> <i>standard</i> <i>deviation)</i> <i>(dB SPL)</i>	<i>Sweep</i> <i>audiometry</i> <i>(mean ±</i> <i>standard</i> <i>deviation)</i> <i>(dB SPL)</i>	<i>p</i>
	1000 Hz	49,5	28,1 ± 4,5 ^a	27,5 ± 4,3 ^a	0,252
LAeq	2000 Hz	54,5	26,3 ± 4,9 ^a	24,8 ± 5,1 ^b	0,008
	4000 Hz	62,9	24,1 ± 5,7 ^a	21,4 ± 5,3 ^a	0,089
	1000 Hz	49,5	47,8 ± 6,7 ^a	46,7 ± 6,5 ^a	0,053
LAMax	2000 Hz	54,5	46,6 ± 7,3 ^a	43,3 ± 7,6 ^b	0,040
	4000 Hz	62,9	43,4 ± 8,9 ^a	40,0 ± 7,9 ^b	0,008

Pared t-test. Statistic significance presented by different letters (a,b)

Table 05: patient difficult during hearing screening with teleaudiometry and sweep audiometry.

<i>Difficulty</i>	<i>Teleaudiometry</i>	<i>Sweep audiometry</i>
Quite easy	24 (32,9%)	13 (17,8 %)
Easy	46 (63,0%)	49 (67,1%)
Neither easy nor difficult	3 (4,1%)	11 (15,1%)
Difficult	0 (0,0%)	0 (0,0%)
Quite difficult	0 (0,0%)	0 (0,0%)

Statistic significance at $p < 0,001$ (qui-square - χ^2)

Table 06: calculation of sensitivity, specificity, and predictive values for teleaudiometry (TA) and sweep audiometry (SA), evaluated by pure tone audiometry (PTA).

<i>Hearing loss definition</i>		<i>Sensitivity</i>	<i>Specificity</i>	<i>PPV</i>	<i>NPV</i>
Davis e Silverman, 1970	TA	86,7%	75,9%	48,1%	95,7%
	SA	86,7%	72,4%	55,2%	95,5%
Davis e Silverman, 1970 – moderate hearing impairment or worse	TA	100,0%	67,6%	18,5%	100,0%
	SA	100,0%	64,7%	17,2%	100,0%

PPV: positive predictive value; NPV: negative predictive value

Table 07: Teleaudiometry results compared with the pure tone audiometry.

		Pure tone audiometry	
		Normal	Abnormal
Teleaudiometry	Pass	44	2
	Fail	14	13

Table 08: Sweep audiometry results compared with the pure tone audiometry.

		Pure tone audiometry	
		Normal	Abnormal
Sweep audiometry	Pass	42	2
	Fail	16	13

PROTOCOLO DE SUBMISSÃO

Editorial Manager(tm) for Ear and Hearing

Manuscript Draft

Manuscript Number: EANDH-D-09-00021

Title: Teleaudiometry: a low-cost method of auditory screening in underserved areas

Article Type: Research Article

Keywords: Hearing Loss; Hearing Tests; Audiometry Mass screening telemedicin.

Corresponding Author: Dr. Victor Eulálio Sousa Campelo, M.D.

Corresponding Author's Institution: University of Sao Paulo

First Author: Victor E Campelo, M.D

Order of Authors: Victor E Campelo, M.D; Ricardo F Bento, Phd., M.D.

Abstract: Objectives: To develop a method of remote screening for the identification of individuals with hearing loss, as well as to determine its accuracy in comparison with that of sweep audiometry without a sound-treated booth.

Design: The new screening method, designated teleaudiometry, consists of its own newly developed computer program, installed on a computer with supra-aural headphones attached. The study participants were randomly selected from among patients and their companions at the University of Sao Paulo School of Medicine Hospital das Clínicas, in Sao Paulo, Brazil. We selected 73 individuals between 17 and 50 years of age, 42 (57.5%) of whom were female. After completing a symptoms questionnaire and being submitted to otoscopy, the participants underwent teleaudiometry and sweep audiometry with a sweep of 20 dB at the frequencies of 1, 2 and 4 kHz following the American Speech-Language-Hearing Association protocol, as well as the gold-standard test of pure tone audiometry in sound-treated booth, in random order.

Results: The teleaudiometry lasted, on average, 125 ± 11 sec, compared with 65 ± 18 sec for sweep audiometry. Of the 73 participants, 69 (94.5%) found it easy or quite easy to perform the teleaudiometry, compared with 61 (83.6%) for the sweep audiometry. Teleaudiometry and sweep audiometry presented, respectively, the following: sensitivity of 86.7% and 86.7%; specificity of 75.9%

and 72.4%; a negative predictive value of 95.7% and 95.5%; and a positive predictive value of 48.1% and 55.2%.

Conclusions: Teleaudiometry proved to be a viable option as a method of auditory screening, presenting accuracy similar to that of sweep audiometry. The use of teleaudiometry could increase the number of identified cases of hearing loss, thereby allowing more timely treatment of such cases in underserved populations.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANSI	- American National Standards Institute
ASHA	- American Speech-Language and Hearing Association
ATP	- Audiometria de tons puros
AV	- Audiometria de varredura (de triagem)
dB	- Decibel
EOA	- Emissões otoacústicas
EOAET	- Emissões otoacústicas emissões transientes
FORL	- Fundação Otorrinolaringologia
HC-FMUSP	- Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo
Hz	- Hertz
IBGE	- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
JCIH	- Joint Committe on Infant Hearing
LAeq	- Nível sonoro contínuo equivalente, ponderado A
LAmáx	- Nível sonoro máximo
NA	- Níveis de audição
NPS	- Nível de pressão sonora
OMS	- Organização Mundial de saúde
p	- Medida da significância estatística
Pa	- Pascal

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	(A) Tela de seleção e/ou inclusão de local de realização do Teste; (B) Tela de cadastro de pessoas-teste	32
Figura 2 -	(A) tela de teste em execução; (B) Sinal luminoso de identificação do toque “escutei”	33
Figura 3 -	Tela de resultado do teste e detalhamento dos tons identificados - (A) triagem positiva; (B) triagem negativa.....	34
Figura 4 -	Equipamentos utilizados na teleaudiometria	35
Figura 5 -	Analisador de ruído, ouvido artificial e filtro de 1/1 e 1/3 de oitava e microfone de 1”	37
Figura 6 -	Controle do nível de ruído ambiente com analisador de ruído, filtro de terço de oitava e um microfone capacitivo de 1/2”	38
Figura 7 -	Teleaudiometria.....	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Dados referentes à idade, cor da pele e escolaridade, segundo sexo dos indivíduos estudados (HC-FMUSP - 2006 a 2007)	29
Tabela 2 -	Níveis máximos permitidos para o ruído ambiente de oitava de banda Lmax (dB NPS re: 20 uPa) para audiometria por via aérea para pesquisa de limiar a 0 dB NA (ANSI-1999) e para rastreamento a 20 dB NA.....	39
Tabela 3 -	Resultados do questionário de queixas clínicas dos indivíduos estudados (HC-FMUSP - 2006 a 2007).....	45
Tabela 4 -	Achados otoscópicos dos indivíduos estudados (HC-FMUSP - 2006 a 2007).....	46
Tabela 5 -	Níveis de ruído ambiente de oitava de banda (dB NPS re: 20 uPa) durante a realização dos testes da teleaudiometria e audiometria de triagem (HC-FMUSP - 2006 a 2007).....	47
Tabela 6 -	Grau de dificuldade na realização dos testes de teleaudiometria e audiometria de triagem (HC-FMUSP - 2006 a 2007)	48
Tabela 7 -	Cálculo da sensibilidade, especificidade e valores preditivos da teleaudiometria e audiometria de triagem segundo variados critérios de perda auditiva (HC-FMUSP - 2006 a 2007)	49
Tabela 8 -	Cálculo da sensibilidade, especificidade e valores preditivos da queixa de hipoacusia segundo variados critérios de perda auditiva (HC-FMUSP - 2006 a 2007)	50
Tabela 9 -	Resultados da Teleaudiometria quando comparado ao teste padrão de audiometria em cabine acústica (definição de perda auditiva pelos critérios Davis e Silverman, 1970)(HC-FMUSP - 2006 a 2007)	50
Tabela 10 -	Resultados da audiometria de triagem quando comparado ao teste padrão de audiometria em cabine acústica (definição de perda auditiva pelos critérios de Davis e Silverman, 1970) (HC-FMUSP - 2006 a 2007)	51

RESUMO

CAMPELO VES. *Teleaudiometria: um método de baixo custo para triagem auditiva* [tese]. São Paulo: Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo; 2009. 92p.

Introdução: Os benefícios da triagem auditiva neonatal e em escolares têm sido bem demonstrados, porém a disponibilização de programas de triagem auditiva tem sido restrita aos grandes centros, devido à escassez de equipamentos e profissionais especializados na maioria das localidades nos países em desenvolvimento. Para atingir estes objetivos, algumas iniciativas têm utilizado a telemedicina em diferentes soluções. No entanto, não existem relatos na literatura de métodos para avaliação auditiva à distância em que não se utiliza um periférico específico no ponto remoto, nem tampouco sem a necessidade de um profissional especializado de forma presencial ou remotamente. **Objetivos:** a) Desenvolver um método de triagem à distância para identificação de indivíduos com perda auditiva; b) Testar sua acurácia e compará-lo ao teste de audiometria de triagem (AV) sem cabine acústica. **Material e Métodos:** o novo método de triagem, denominado telaudiometria (TA), consiste em um *software* próprio desenvolvido, instalado em um computador com fone TDH 39. Foram selecionadas aleatoriamente entre pacientes e acompanhantes do Hospital das Clínicas, 73 pessoas entre 17 e 50 anos, sendo 42 (57,5%) do sexo feminino. Após serem submetidos a um questionário de sintomas e otoscopia, os indivíduos realizavam os testes de telaudiometria e audiometria de triagem com varredura em 20 dB nas frequências de 1, 2 e 4 kHz seguindo o protocolo da ASHA (1997) e ao teste padrão-ouro de audiometria de tons puros em cabine acústica em ordem aleatória. **Resultados:** a TA durou em média 125 ± 11 s e a AV, 65 ± 18 s. Observou-se que 69 pessoas (94,5%) declararam ter achado fácil ou muito fácil realizar a TA e 61 (83,6%) consideraram fácil ou muito fácil a AV. Os resultados da acurácia da TA e AV foram respectivamente: sensibilidade (86,7% / 86,7%), especificidade (75,9% / 72,4%) e valor preditivo negativo (95,7% / 95,5%), valor preditivo positivo (48,1% / 55,2%). **Conclusão:** A teleaudiometria mostrou-se uma boa opção como método de triagem auditiva, apresentando acurácia próxima da audiometria de triagem. Em comparação a este método, a telaudiometria apresentou sensibilidade semelhante, maiores especificidade, valor preditivo negativo e tempo de duração e menor valor preditivo positivo.

Descritores: Programas de rastreamento. Audiometria. Telemedicina. Surdez. Audição. Transtornos da audição. Diagnóstico. Testes auditivos.

SUMMARY

CAMPELO VES. *Teleaudiometry: a low-cost method of auditory screening* [thesis]. São Paulo: Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo; 2009. 92p.

Introduction: Hearing deficiency interferes with the perception and recognition of speech. The benefits of auditory screening in newborns and schoolchildren have been well demonstrated. However, in developing countries, the availability of auditory screening programs has been restricted to larger facilities, due to the scarcity of equipment and specialized professionals in the majority of areas. **Objectives:** To develop a method of remote screening for the identification of individuals with hearing loss, as well as to determine its accuracy in comparison with that of sweep audiometry without a sound-treated booth. **Design:** The new screening method, designated teleaudiometry, consists of its own newly developed computer program, installed on a computer with supra-aural headphones attached. The study participants were randomly selected from among patients and their companions at the University of Sao Paulo School of Medicine Hospital das Clínicas, in Sao Paulo, Brazil. We selected 73 individuals between 17 and 50 years of age, 42 (57.5%) of whom were female. After completing a symptoms questionnaire and being submitted to otoscopy, the participants underwent teleaudiometry and sweep audiometry with a sweep of 20 dB at the frequencies of 1, 2 and 4 kHz following the American Speech-Language-Hearing Association protocol, as well as the gold-standard test of pure tone audiometry in sound-treated booth, in random order. **Results:** The teleaudiometry lasted, on average, 125 ± 11 sec, compared with 65 ± 18 sec for sweep audiometry. Of the 73 participants, 69 (94.5%) found it easy or quite easy to perform the teleaudiometry, compared with 61 (83.6%) for the sweep audiometry. Teleaudiometry and sweep audiometry presented, respectively, the following: sensitivity of 86.7% and 86.7%; specificity of 75.9% and 72.4%; a negative predictive value of 95.7% and 95.5%; and a positive predictive value of 48.1% and 55.2%. **Conclusions:** Teleaudiometry proved to be a viable option as a method of auditory screening, presenting accuracy similar to that of sweep audiometry. The use of teleaudiometry could increase the number of identified cases of hearing loss, thereby allowing more timely treatment of such cases in underserved populations.

Descriptors: Mass screening. Audiometry. Telemedicine. Deafness. Hearing. Hearing disorders. Diagnosis. Hearing Tests

1 INTRODUÇÃO

Crianças e jovens deficientes têm menos oportunidade de freqüentar escolas comuns e geralmente são marginalizadas socialmente. Conseqüentemente, o adulto deficiente é excluído de posições de liderança, acarretando a falta de resoluções concretas com relação às suas necessidades. A marginalização social de deficientes é ainda mais acentuada quando existe dificuldade na área da comunicação (Helander *et al.*, 1980). Devido à elevada prevalência desta condição e ao atraso geralmente observado no seu diagnóstico, muito se tem discutido sobre formas de detecção precoce e possibilidades de reabilitação auditiva.

Segundo dados do “Center of Disease Control” (Bhasin *et al.*, 2006), a prevalência geral de deficiência auditiva nos Estados Unidos gira em torno de 1,2 por 1000 habitantes, gerando um gasto de mais de 2,1 bilhões de dólares por ano. Levando em consideração as perdas leves bilaterais ou perdas unilaterais, este número pode superar 7,7% das pessoas, atingindo taxas ainda mais altas nos países em desenvolvimento (Bamford *et al.*, 2007). Somente no Brasil, segundo o Censo Demográfico de 2000 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), existem 24,5 milhões de brasileiros que apresentam algum tipo de incapacidade, considerando os critérios da Classificação Internacional de Funcionalidade, Incapacidade e Saúde da Organização Mundial de Saúde (OMS, 2001). Destes indivíduos,

23,3% (5,7 milhões de pessoas) são deficientes auditivos, sendo 176.067 incapazes de ouvir. Béria *et al.* (2007), em um levantamento epidemiológico em 2427 pessoas no Rio Grande do Sul, encontram uma prevalência de algum grau de perda auditiva em 26,1% da população, sendo que 6,8% apresentam deficiência auditiva.

A deficiência da audição interfere na percepção e no reconhecimento da fala pela criança, causando um atraso no desenvolvimento de habilidades auditivas (detecção, discriminação, reconhecimento, compreensão e atenção). Estas habilidades são essenciais para o desenvolvimento de habilidades receptivas e expressivas da linguagem oral e inteligibilidade de fala. Desse modo, ocorrem problemas de compreensão, comunicação e aprendizado, refletidos em baixo desempenho escolar e isolamento social (Helander *et al.*, 1980; Bamford *et al.*, 2007).

Bamford *et al.* (2007) ressaltam que crianças com deficiências auditivas leves, moderadas, ou unilaterais são detectadas mais tardiamente do que aquelas com perdas de graus severo ou profundo. Isto ocorre devido à dificuldade dos pais perceberem a audição parcial de seus filhos.

A importância da identificação precoce da perda auditiva tem sido bem estabelecida (ASHA-JCIH, 2007) e mesmo a presença de uma perda neurossensorial leve ou unilateral pode resultar em atrasos no desenvolvimento da linguagem e fala, no desenvolvimento social e cognitivo e no desempenho acadêmico (ASHA, 1997; Lieu, 2004; ASHA-JCIH, 2007). Recentemente, tem-se dado mais atenção ao desenvolvimento e implantação de protocolos de triagem auditiva neonatal universal. De acordo

com o “Joint Committe on Infant Hearing” (ASHA-JCIH, 2007), protocolos que limitam sua triagem aos neonatos sob risco falham em identificar pelo menos 50% dos recém-nascidos com perda auditiva. Além disso, estes programas não identificam os indivíduos que desenvolvem hipoacusia tardiamente ou que apresentam perdas adquiridas. Desta maneira, idealmente, a triagem auditiva deveria ser realizada de forma universal e em crianças de várias idades. Em 1997, a “American Speech-Language and Hearing Association” (ASHA) publica as diretrizes para triagem audiológica em indivíduos do nascimento à idade adulta, com a descrição dos critérios de referência para otoscopia, timpanometria e triagem audiométrica.

No Brasil, também se tem observado um esforço coletivo em implementar protocolos de triagem auditiva, porém as limitações orçamentárias e de recursos humanos dificultam a disponibilização universal destes programas. Atualmente, existem vários projetos de lei tramitando no Congresso Nacional que dispõem sobre a triagem auditiva neonatal, no entanto, tais projetos abrangem somente recém-nascidos sob risco. Outros tratam do exame preventivo de acuidade auditiva em escolares (Ribas, 2004).

Tendo em vista a possível aprovação dessas leis e, principalmente, a importância do tema, levantam-se outras questões. Uma delas é a de como promover um programa viável do ponto de vista econômico e social para triagem populacional de deficientes auditivos, pois nos moldes atuais são necessários profissionais habilitados (médicos, fonoaudiólogos, entre outros), além de equipamentos caros e sofisticados. Outra questão é a de como disponibilizar estes programas para as populações que vivem fora dos

grandes centros, em locais onde há uma escassez destes profissionais e de aparelhos específicos para avaliação auditiva.

Como tentativa de viabilizar a triagem auditiva escolar no Brasil, foram realizados, em 1999 e 2001, os Programas Nacionais de atenção a crianças com problemas auditivos matriculadas no 1º Ano do ensino fundamental de todas as cidades com mais de 50.000 habitantes no país. Estes programas foram coordenados pela Fundação Otorrinolaringologia e Sociedade Brasileira de Otologia e recebeu a denominação "Quem ouve bem aprende melhor". O programa foi uma iniciativa do Ministério da Educação com a parceria do Ministério da Saúde, inserida no Programa Nacional de Saúde do Escolar. O projeto tinha três objetivos: a) detectar problemas de audição em alunos do ensino fundamental da rede pública de todo o Brasil; b) fazer tratamento médico adequado, ou adaptação de aparelho de audição; c) promover uma informação sobre os problemas de audição, aos pais, professores, alunos e população em geral. Todas as crianças eram submetidas a uma pré-seleção auditiva com a aplicação de um vídeo-teste coletivo realizado pelos próprios professores nas salas de aula com auxílio de televisão e videocassete (Bento, 1999; Mangabeira e Bento, 2000; FORL, 2001).

Nestes programas, as triagens realizadas na escola pelos professores, que não envolveram profissionais de saúde, encaminharam aproximadamente 30% das crianças para exame audiológico e médico. Isto gerou uma enorme economia para o sistema, uma vez que utilizou pessoal já existente nas escolas e diminuiu em 70% o número de avaliações

médicas que teriam um alto custo e inclusive inviabilizaria programas deste tipo em países grandes e populosos como o Brasil (Mangabeira e Bento, 2000; FORL, 2001).

A alta prevalência e a possibilidade de reabilitação viável da maioria dos indivíduos com perda auditiva rastreados são fatores que estimulam a execução de programas deste tipo. Na campanha de 2001, por exemplo, aproximadamente 60% das crianças tiveram seus déficits auditivos resolvidos na primeira consulta e os outros 40% necessitaram seguimento, com 8% dos pacientes necessitando protetização auditiva (FORL, 2001).

Alguns problemas, no entanto, dificultam a realização dessas campanhas de triagem auditiva, como a dificuldade inerente ao transporte e destinação dos “kits” para as escolas muitas vezes situadas em lugares longínquos, a necessidade de deslocamento das equipes de saúde para locais distantes, além da dificuldade para treinamento dos professores que acompanham os testes. Outro fator a ser levado em conta é o custo dos kits de triagem usados pelos professores. No Programa de 2001, o custo somente com a produção dos kits nas escolas girou em torno um milhão e oitocentos mil dólares. Cabe ressaltar que no cálculo deste custo só foi incluída metade das crianças matriculadas na primeira série do ensino fundamental a cada ano no sistema público de ensino (Mangabeira e Bento, 2000; FORL, 2001).

A telemedicina e informática médica têm sido propostas como alternativa para resolver estes problemas. Estas ciências facilitam o uso da informação ou tecnologia de comunicação para transferência de informações

e/ou dados para suporte ao atendimento em saúde. A rápida diminuição dos custos da tecnologia, avanços tecnológicos como a “World Wide Web” (WWW) e o suporte federal e estatal permitiram a difusão dos métodos computacionais em atenção à saúde (Givens e Elangovan, 2003).

O impacto da telemedicina no atendimento à saúde pode ter grandes proporções incluindo a possibilidade de promover qualidade em saúde às populações mal servidas em localidades rurais, cidades do interior, prisões, dentre outras. "Telediagnóstico" tem se mostrado como uma alternativa viável e segura, apesar das dificuldades causadas pela falta de cinética e contato pessoal (Givens e Elangovan, 2003).

Para atingir estes objetivos, a telemedicina pode usar diferentes soluções. Uma das formas que permitem uma abordagem sincrônica para diagnóstico em tempo real envolve o controle remoto computadorizado, que possibilita testar indivíduos em locais distantes. *Softwares* de aplicações para controle remoto permitem o controle de computadores e seus periféricos, como audiômetros e emissões otoacústicas localizados em pontos distantes (Givens e Elangovan, 2003; Krumm *et al.*, 2007). Esse método já foi previamente testado e os resultados parecem animadores (ASHA, 2001; Givens e Elangovan, 2003; Elangovan, 2005; Krumm *et al.*, 2007).

Não existem relatos na literatura de métodos para avaliação auditiva à distância em que não se utiliza um periférico específico no ponto remoto, como um audiômetro, equipamentos de otoemissões ou audiômetro de tronco cerebral, nem tampouco sem a necessidade de um profissional

especializado para operar os equipamentos de forma presencial ou remotamente. Uma ferramenta tecnológica que não necessitasse desses periféricos específicos e complexos poderia resolver o problema da escassez de equipamentos longe dos grandes centros.

2 OBJETIVOS

- a) Desenvolver um método de triagem à distância para identificação de indivíduos com perda auditiva que necessitam de investigação posterior.
- b) Testar sua sensibilidade, especificidade e valores preditivos.
- c) Compará-lo com a audiometria tonal de triagem sem cabine acústica.

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 Definição de Perda Auditiva

Uma das grandes controvérsias na avaliação e triagem auditiva é a própria definição de perda auditiva. A deficiência auditiva relaciona-se à restrição ou perda da habilidade em desenvolver uma atividade, resultante de uma perda auditiva. Perdas ou deficiências auditivas são condições crônicas freqüentes na população, com aumento da prevalência em função da idade principalmente em freqüências a partir de 2000 Hz (Schow, 1991).

Carhart (1971) classifica perda auditiva como o rebaixamento da média dos limiares auditivos para tons puros nas freqüências da fala (500, 1000 e 2000 Hz) igual ou maior que 25 dB NA na melhor orelha. Clark (1981) reitera este conceito definindo o limiar de tons puros para freqüências da fala.

Em avaliações audiométricas convencionais, perda auditiva é classificada como elevação da média dos limiares de tons puros na freqüências de 0.5 a 4 kHz denominadas: mínima (16-25 dB NA), leve (26-40 dB NA), moderada (41-55 dB NA), moderadamente severa (56-70 dB NA), severa (71-90 dB NA) ou profunda (>90 dB NA) na melhor ou pior orelha (Clark, 1981; Gell *et al.*, 1992).

Goldstein (1984) admite como perda auditiva a presença de uma média dos limiares em 1000, 2000 e 4000 Hz maior ou igual a 25 dB NA na melhor orelha, denominando como média dos tons puros de alta freqüência.

Em 1997, a Organização Mundial de Saúde define perda auditiva incapacitante em crianças de até 15 anos como uma elevação permanente do limiar auditivo na melhor orelha acima de 30 dB NA usando tons puros nas frequências de 0.5, 1, 2 e 4 kHz.

Niskar *et al.* (1998) definem perda auditiva como um aumento na média dos limiares auditivos acima de 15 dB NA em cada orelha tanto para frequências graves (500, 1000 e 2000 Hz) ou agudas (3000, 4000 e 6000 Hz). Embora não deixe explícito a justificativa para esta escolha, os autores afirmam que as crianças com audição pior do que este padrão necessitam de intervenção em casa e na escola para prevenir prejuízos no desenvolvimento. Relatam ainda uma maior prevalência de perda auditiva nas frequências agudas (12,7%) do que nas faixa de graves (7,1%) entre os indivíduos entre 6 e 19 anos.

Em 2000, a OMS reformula a definição de perda auditiva na “Global Burden of Hearing Loss in the Year 2000”, na qual passa a ser entendida como elevação permanente da média dos limiares auditivos na frequências de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz acima de 25 dB NA no melhor ouvido (OMS, 2000).

Olusanya (2004) defende que os testes de audição baseados na definição da OMS ou nos critérios convencionais para limiar de perda auditiva são ineficientes em detectar indivíduos com perda em altas frequências, que apresentam dificuldades de discriminação em ambientes ruidosos, e indivíduos com perda entre 16-30 dB NA, que desenvolvem certo grau de dificuldade de comunicação. Além disso, critica a exclusão das perdas condutivas pela classificação da OMS, simplesmente porque são geralmente transitórias.

Segundo os Conselhos de Fonoaudiologia (2007), no Manual de Orientação ao Fonoaudiólogo que Atua na Área de Audiologia, para a classificação das perdas auditivas quanto ao grau, no Brasil ainda existem divergências sobre qual seria a classificação mais adequada. A mais utilizada e a que a maioria dos autores se refere é a de Davis e Silverman (1970). Baseia-se na determinação do grau a partir da média de três frequências (500, 1000 e 2000 Hz). Desta forma encontramos: audição normal até 20 dB NA na melhor ou pior orelha, perda auditiva leve de 21 a 40 dB NA, perda auditiva moderada de 41 a 70 dB NA, perda auditiva severa de 71 a 90 dB NA, perda auditiva profunda acima de 90 dB NA e anacusia quando apresenta ausência de respostas em todas das frequências avaliadas.

3.2 Testes para Triagem Auditiva

3.2.1 Audiometria de triagem ou audiometria de varredura (AV)

Em 1955, Ewing recomenda que todas as crianças sejam submetidas à triagem auditiva, utilizando audiômetros ao ingressarem no primeiro ano escolar. Este teste requer que o indivíduo indique se ele detectou cada tom de um conjunto de tons de diferentes frequências emitidos a cada orelha separadamente a um nível de intensidade indicativo de audição normal. Em pouco tempo, a AV passa a ser o método de triagem auditiva mais difundido.

Lescouffair (1975) levanta uma série de críticas e falhas na utilização AV, como a influência negativa do ambiente de triagem e as condições eletroacústicas dos equipamentos de audiometria. Além disso, reporta a

falha na identificação das afecções da orelha média que podem estar ou não relacionadas com perdas auditivas condutivas.

Em 1984, FitzZaland e Zink comparam a AV com uma combinação de audiometria de tons puros (ATP), timpanometria e reflexo estapédio em 3510 crianças de quatro a seis anos de idade. Utilizando tons de 0,5 e 4 kHz a 25 dB NA e tons de 1 e 2 kHz a 20 dB NA, encontram elevadas sensibilidade (93%) e especificidade (99%). Nesse estudo, a AV mostra-se como o teste com menor número de falso-negativos quando comparado à timpanometria e teste de Rinne modificado, apresentando resultado mais eficiente quando associado ao último.

Orlando e Frank (1987) avaliam 100 crianças entre quatro e seis anos com protocolo de AV a 25 dB NA em 0,5, 1, 2 e 4 kHz, frente à ATP com limiar de 30 dB NA, encontrando uma sensibilidade crescente com a idade de 91 a 100% e especificidade de 97-98%. Os autores observam que o uso do audioscópio como alternativa ao audiômetro prejudica os resultados da triagem (sensibilidade: 82-100%, especificidade: 65-90%).

Holtby *et al.* (1997) analisam o desempenho da AV a 25 dB NA em 0,5, 1, 2 e 4 kHz, frente à combinação de ATP e timpanometria em 674 crianças entre cinco e seis anos, encontrando uma sensibilidade de 86% e especificidade de 70,2%.

Em 2000, Sabo *et al.* estudam o uso da AV em 573 crianças entre cinco e nove anos com limiar de 25 dB NA em 0,5 kHz e 20 dB NA em 1, 2 e 4 kHz e observam uma sensibilidade de 87% e especificidade de 80% diante do teste padrão de ATP.

Bamford *et al.* (2007), em revisão sistemática, observam que a audiometria de triagem apresenta-se entre os testes com melhores resultados em relação ao binômio sensibilidade e especificidade.

3.2.2 Timpanometria

Cooper *et al.* (1975) recomendam o uso da timpanometria para triagem auditiva em crianças devido à alta prevalência das doenças da orelha média. Afirmam que a técnica é fácil e de boa sensibilidade para identificar afecções da orelha média, no entanto, apresenta limitações em identificar pessoas sem doenças, aumentando o número de falso positivos.

McCurdy *et al.* (1976) realizam timpanometria em 93 crianças para identificação de disacusias, a partir de timpanogramas tipo B ou C ou tipo A com reflexo acústico negativo, encontrando 71% de sensibilidade e 65% de especificidade.

FitzZaland e Zink (1984) alertam que a adoção de diferentes protocolos para definição de alteração auditiva nos estudos com timpanometria prejudica a generalização dos resultados dos estudos. Testam variados protocolos e encontram melhor balanço entre sensibilidade (93%) e especificidade (95%) quando adotam o critério de curvas tipo B ou C com pressão menor ou igual a 150 mmH₂O.

Outros autores relatam resultados variados para o binômio sensibilidade/especificidade da timpanometria, como Roush *et al.* (1992) 27%/99%, Nienhuys *et al.* (1994) 40-90%/62-83%, Pang-Ching *et al.* (1995)

73%/85%, Holtby *et al.* (1997) 83,7%/73,6%, Olusanya (2001) 50%/83% e Lyons *et al.* (2004) 85%/91%.

Barlow *et al.* (1998), em revisão sistemática com nove estudos, observam que a acurácia da timpanometria apresenta-se de forma variada (sensibilidade de 40-90% e especificidade de 57-85%) e dependente dos critérios de falha utilizados.

Silva *et al.* (2007), em estudo com 110 neonatos, sugerem a uniformização dos protocolos de realização da timpanometria e observam que a sonda de 1000 Hz apresenta a melhor caracterização da normalidade.

3.2.3 Emissões otoacústicas (EOA)

Segundo Nozza *et al.* (1997), triagem auditiva utilizando audiometria condicional em crianças pequenas não é sempre de fácil realização e não é eficaz em detectar problemas na orelha média. A timpanometria é eficiente na identificação de afecções na orelha média, mas não acessa a audição. Os autores sugerem que as EOA são sensíveis tanto à perda de audição quanto às desordens da orelha média. Após avaliar 66 crianças de cinco a dez anos, relatam uma sensibilidade de 67-100% e especificidade de 80-98%.

Sabo *et al.* (2000) afirmam que a audiometria de triagem apresenta alguns problemas, incluindo os níveis de teste, ruído ambiente e populações de difícil colaboração. Para estas crianças com dificuldade para examinar, um teste mais objetivo como as emissões otoacústicas, particularmente as de emissões transientes, parece apresentar melhores resultados. No geral, declaram que a audiometria de varredura é superior às emissões

otoacústicas emissões transientes (EOAET) como método de triagem auditiva, apresentando maior sensibilidade (87% contra 63%) e menor especificidade (80% contra 91%).

Barlow *et al.* (1998) sugerem que as emissões otoacústicas têm potencialmente uma elevada especificidade e uma sensibilidade de certa forma reduzida, além de resultados bastante dependentes dos critérios de falha adotados.

3.3 Instrumentos de Baixo Custo Para Triagem Auditiva

Testes de triagem, especialmente quando aplicados a grandes massas populacionais, devem ser simples, seguros, bem aceitos e administrados a um custo razoável. Estes testes devem manter também importantes propriedades como elevadas sensibilidade, especificidade e valores preditivos (Schow, 1991; Fletcher *et al.*, 1996).

Prescott *et al.* (1999) alertam para a necessidade de examinar métodos para avaliação auditiva mais apropriados para uso em países com escassez de recursos. O ideal seria um método que requeresse o mínimo de investimento em equipamentos e treinamento e que pudesse ser ensinado a agentes primários de saúde. Os autores relatam o uso de um método de voz sussurrada a um metro de distância, cuja intensidade gira em torno de 30 a 45 dB NA. Afirmam que para entender palavras faladas necessita-se de uma intensidade em torno de 30 dB NA acima do limiar auditivo. Assim, defendem que o indivíduo que passa no teste da voz sussurrada apresenta um limiar de até 20 dB NA. Para comprovar as suas teses os autores avaliam um teste de voz

sussurrada em 205 crianças encontrando uma sensibilidade de 83,3% e especificidade de 96,8%. Chamam a atenção para as limitações na identificação de perdas unilaterais, perdas leves ou de altas frequências.

Pirozzo *et al.* (2003), em revisão sistemática, relatam que as diferenças na acurácia entre os estudos sobre teste da voz sussurrada parecem ser explicadas pelas diferenças na condução dos testes (sonoridade do sussurro e o uso de letras, números ou palavras mais apropriadas). Os autores consideram que o referido teste possui boa acurácia e simplicidade para triagem auditiva; no entanto, os resultados são piores em crianças e, dessa forma, pode falhar na identificação de perdas auditivas em larga proporção como nos programas de triagem escolar.

Olusanya (2001) demonstrou a baixa sensibilidade (56%) e especificidade (62,4%) da otoscopia como método isolado de triagem auditiva. A New Zealand Health Technology Agency (1998), em revisão sobre a efetividade de programas de triagem em escolares e pré-escolares para otite média serosa e perda auditiva condutiva, alerta que os resultados da otoscopia são muito dependentes da capacidade técnica do executor, apresentando baixa reprodutibilidade.

Hammond *et al.* (1997), Olusanya (2001) e Gomes e Lichtig (2005) testam questionários aplicados aos pais encontrando grande variação nos resultados de sensibilidade (71%, 34% e 56%, respectivamente) e especificidade (64%, 95% e 52%, respectivamente). Esses autores concordam que os questionários são métodos falhos, mas podem ser utilizados na ausência de métodos mais eficazes.

Em 1999, Bento defende a realização de triagem auditiva em crianças, utilizando um vídeo-teste coletivo realizado pelos próprios professores nas salas de aula com auxílio de televisão e videocassete. Durante o teste são emitidos sons de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz com reforço visual de animais na tela da televisão e volume calibrado a partir da audição de professores sem queixas auditivas. Enfatiza a ampla disponibilidade dos equipamentos utilizados na triagem nas próprias escolas. Durante uma campanha nacional de triagem auditiva, denominada “Quem houve bem, aprende melhor”, participaram 10.532 escolas com um total de 780.447 estudantes testados, havendo uma redução do universo de crianças a serem encaminhadas para equipe médica e fonoaudiológica da ordem de 66,15%, proporcionando uma significativa economia (FORL, 2001).

3.4 Freqüências Auditivas Testadas em Triagem

Quando um teste para tons puros é utilizado, torna-se necessário decidir quantas e quais freqüências usar e em qual nível a falha ocorre para cada freqüência. Além disso, é necessário definir se o critério de falha é baseado na perda de uma única freqüência ou mais, e se a reprovação pode se dar pela falha unilateral ou não. Infelizmente, não existe unanimidade em relação a estas questões (Lichtenstein *et al.*, 1988; ASHA, 1997).

French e Steinberg (1947) afirmam que apesar do espectrograma das consoantes mostrar que elas possuem altas freqüências, a inteligibilidade dos sons da fala depende de formantes e não do espectro. Demonstram este conceito observando que a discriminação só é significativamente

alterada quando as frequências abaixo de 2450 Hz são filtradas. Defendem que é por este fato que se consegue compreender vozes através do telefone, que reproduz apenas frequências de 300 a 3000 Hz.

FitzZaland e Zink (1984) afirmam que o uso de limiares e técnicas diferentes para triagem e para avaliação auditiva pode ser responsável pelas diferenças encontradas nos resultados dos estudos.

Segundo FitzZaland e Zink (1984), as frequências de 500 a 2000 Hz são as mais importantes para compreensão da fala, mas vários autores demonstram receio em utilizar a frequência de 500 Hz na audiometria tonal para fins de triagem auditiva devido à interferência do ruído ambiente. No entanto, chamam a atenção para o fato de que 15% das crianças com perda auditiva condutiva falham apenas na resposta em 500 Hz.

Em 1985, a ASHA recomenda a realização da audiometria de triagem nas frequências de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz a 20 dB NA em cada orelha, sugerindo que estas são as frequências mais importantes para reconhecimento da fala. Sugere que a frequência de 500 Hz deve ser omitida se o teste for realizado em conjunto com a timpanometria ou se o ruído ambiente for intenso. O “guideline” indica este protocolo entre as idades de três a 40 anos e a repetição dos testes positivos após duas semanas.

Em 1997, a ASHA revê seu posicionamento em relação às frequências da audiometria de triagem, sugerindo a retirada da frequência de 500 Hz, devido ao aumento do número de falso-positivos relacionado às falhas provocadas pela interferência do ruído ambiente. O “guideline”

fundamenta-se também no fato da remoção da frequência de 500 Hz não prejudicar de forma significativa a sensibilidade do método. Com isso, proporciona-se uma triagem sensível com redução dos custos com a referência de um número exagerado de falso-positivos.

Niskar *et al.* (1998) indicam a realização de triagem auditiva em duas faixas de frequência a uma intensidade de 15 dB NA para frequências graves (0,5, 1 e 2 kHz) e agudas (3, 4 e 6 kHz) defendendo que a triagem somente nas faixas graves deixa de detectar uma fatia significativa de indivíduos com disacusia.

A Resolução Nº. 274 do Conselho Federal de Fonoaudiologia (2001) define que a triagem auditiva escolar deve constar de no mínimo, meatoscopia, timpanometria, varredura do reflexo acústico em 100 dB NA nas frequências de 1000 a 4000 Hz e pesquisa dos limiares de Via Aérea de 1000 a 4000 Hz (técnica de varredura em 20 dB NA);

Kemper *et al.* (2004) testam um protocolo com duas etapas. Na primeira etapa testam as frequências de 1000, 2000 Hz a 20 dB NA e 4000 Hz a 25 dB NA. Os indivíduos reprovados são retestados após um mês com maior número de frequências (250 Hz a 30 dB NA, 500 Hz a 25 dB NA, 1000 Hz a 20 dB NA, 2000 Hz a 15 dB NA, 4000 Hz a 25 dB NA, e 8000 Hz a 40 dB NA).

3.5 Níveis de Ruído Ambiente em Triagem Auditiva

A triagem auditiva geralmente é realizada em ambiente sem isolamento acústico, de forma que o ruído ambiente pode exercer influência nos resultados dos testes. Hallett e Gibbs (1983) recomendam a escolha minuciosa do ambiente para realização do teste de triagem a fim de evitarem falhas na triagem. Defendem que um ruído ambiente médio de até 50 dB NA não interfere de forma significativa nos resultados dos exames.

A “American National Standards Institute” (ANSI), em 1969, define os níveis máximos de ruído permitidos para realização de exames audiométricos (ANSI, 1999). Em 1999, a ANSI faz a mais recente revisão destes níveis de ruído.

Stark e Borton (1975) observam que os limiares obtidos por audiometria de tons puros com uso de conchas blindadas são praticamente idênticos aos encontrados com uso dos fones de ouvido isolados. No entanto, defendem o seu uso em ambientes com níveis de ruído acima do ideal, pois têm a capacidade de reduzir o efeito de mascaramento do ruído branco.

O ruído ambiente diminui com o aumento da frequência, de modo que este é menos problemático nas frequências altas. O ruído ambiente de baixa frequência estabelece uma limitação à realização da triagem auditiva mesmo em circunstâncias em que são utilizados fones intra-auriculares ou cabines acústicas portáteis de parede simples (Lankford *et al.*, 1999).

Bromwich *et al.* (2008), descrevem o uso de um sistema de redução ativa de ruídos capaz de gerar ondas sonoras eletrônicas foras de fase que

promovem atenuação do ruído ambiente durante a realização da audiometria. Este sistema mensura o ruído ambiente e o inverte em 180 graus fora da fase, emitindo-o como um anti-ruído que atenua o som ambiente principalmente na faixa abaixo de 1500 Hz.

Bamford *et al.* (2007) em análise a 25 estudos de triagem auditiva não encontram diferenças significativas entre os resultados dos programas que realizaram os testes de triagem em cabines acústicas e dos que realizaram em ambientes silenciosos sem cabine acústica.

3.6 Métodos Computacionais e Telemedicina em Otologia

Segundo Burgess *et al.* (1999), o uso apropriado das tecnologias computacionais e da telemedicina podem prover melhora da qualidade no atendimento em saúde, aumentando a eficiência e reduzindo custos. Devem-se seguir os seguintes passos para implantação de programas com uso dessas tecnologias: definição do problema para examinar qual parte da prática pode ser beneficiada com o uso da telemedicina; estudos para definir os melhores equipamentos para solução do problema; testar a tecnologia para normatização da sua utilização; testar o sistema em pontos remotos e captar os seus depoimentos para avaliação e aperfeiçoamento do sistema.

Eikelboom *et al.* (2005) defendem que a utilização da tele-otoscopia com imagens de boa qualidade associada ao fornecimento de informações adequadas sobre a anamnese dos pacientes permitem aos especialistas condições suficientes para orientação do diagnóstico e tratamento de doenças da orelha média, com uma concordância estatisticamente

significativa em relação às avaliações presenciais. No entanto, alertam para uma taxa discretamente maior de revisões ou referências.

Pepper *et al.* (2006) descrevem a utilização de um sistema de baixo custo para captura e transmissão de imagens de otoscopia utilizando uma “web camera” com conexão USB acoplada por um sistema de lentes a um otoscópio convencional. O sistema permitiria a aquisição de imagens com qualidade suficiente para avaliação diagnóstica, utilizando uma adaptação barata em equipamentos de uso habitual na prática clínica e nas unidades de saúde (computador, “web camera”, otoscópio), reduzindo de forma significativa o custo comparativamente aos sistemas de vídeo-otoscopia disponíveis.

Givens e Elangovan (2003) descrevem um método de realização de audiometria de tons puros usando tecnologia de controle remoto via computador em 45 pessoas de uma comunidade distante. O sistema utiliza equipamentos de audiometria convencional com interface para um PC conectado à internet controlados por um examinador situado à distância. Os resultados encontrados demonstram uma boa equivalência aos encontrados nos testes presenciais. Krumm *et al.* (2007) reforçam a semelhança dos resultados entre testes presenciais de audiometria de tons puros e emissões otoacústicas e os realizados por controle remoto via internet em 30 pessoas de uma comunidade distante.

Towners *et al.* (2005) testam a confiabilidade da audiometria de tronco cerebral obtida a partir de um ponto distante utilizando tecnologia de telesaúde e encontraram uma boa correlação com o teste realizado

localmente. Essas técnicas mostram-se eficazes em avaliar pessoas em locais distantes, porém utilizam soluções caras, além de necessitarem da participação direta de otologistas ou audiologistas.

Choi *et al.* (2007) descrevem uma teleaudiometria baseada em PC para teste remoto interativo usando placa de som e fone de ouvido padronizados e avaliam sua acurácia e estabilidade frente à audiometria convencional em 37 pessoas. O teste é executado por um audiologista situado em local distante utilizando a internet e utiliza o próprio computador para processamento do teste, eliminando a necessidade de um audiômetro. Os autores observam uma margem de erro inferior a 2,3 dB NPS entre o teleaudiômetro e o audiômetro convencional. Relatam que apenas 10,7% dos resultados exibiram um erro maior do que 5 dB NPS durante o teste em um ponto remoto.

4 MÉTODOS

4.1 Casuística

O presente estudo teve seu projeto aprovado pela Comissão de Ética para Análise de Projetos de Pesquisa (CAPPesq) do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (HC-FMUSP) (Protocolo nº 713/05) (Anexo A).

Foram incluídos indivíduos com idade entre 17 e 50 anos selecionados aleatoriamente entre pacientes e acompanhantes que aguardavam atendimento na Clínica Otorrinolaringológica do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (HC-FMUSP). Foram considerados como critérios de exclusão:

- a) Antecedente de cirurgia otológica.
- b) Indivíduos com história ou sinais de distúrbios motores graves em membros e/ou atraso no desenvolvimento neuro-psicomotor.

Assim, no período de setembro de 2006 a março de 2007, foram incluídos 78 indivíduos. Cinco pessoas foram excluídas por apresentarem antecedentes de cirurgia otológica. Dos 73 restantes, 42 (57,5%) eram do sexo feminino e 31 (42,5%) do sexo masculino. Dados referentes à idade, cor da pele e escolaridade estão apresentados na Tabela 1.

Não houve diferença estatisticamente significativa entre os sexos em relação à idade, escolaridade e cor da pele.

Todos os pacientes assinaram um termo de consentimento (Anexo B) após serem informados dos objetivos e da natureza experimental do estudo.

Tabela 1 - Dados referentes à idade, cor da pele e escolaridade, segundo sexo dos indivíduos estudados (HC-FMUSP - 2006 a 2007)

	Sexo		p	Total (n = 73)
	Masculino (n = 31)	Feminino (n = 42)		
Idade (anos)				
Média ± DP	34,3 ± 8,4	35,2 ± 9,7	0,662	34,8 ± 9,1
Mínimo / máximo	20 / 48	17 / 50		17/50
Escolaridade¹				
1º grau incompleto	7 (22,6%)	9 (21,4%)	0,712	16 (21,9%)
1º grau completo	8 (25,8%)	6 (14,3%)		14 (19,2%)
2º grau incompleto	1 (3,2%)	3 (7,1%)		4 (5,5%)
2º grau completo	9 (29,0%)	14 (33,3%)		23 (31,5%)
3º grau incompleto	1 (3,2%)	4 (9,5%)		5 (6,8%)
3º grau completo	5 (16,1%)	6 (14,3%)		11 (15,1%)
Etnia¹				
Branco	9 (29,0%)	14 (33,3%)	0,275	23 (31,5%)
Negro	4 (12,9%)	8 (19,0%)		12 (16,4%)
Pardo	18 (58,1%)	17 (40,5%)		35 (47,9%)
Oriental	0 (0,0%)	3 (7,1%)		3 (4,1%)

¹ Dados apresentados como n (%). teste "t"; qui-quadrado
DP = Desvio-padrão

4.2 Método

4.2.1 Triagem auditiva

4.2.1.1 Teleaudiometria (TA)

Este método foi desenvolvido para simular em um computador, as ferramentas e os padrões de uma audiometria de triagem executada de forma automática pelo *software*. Este *software* foi desenvolvido em plataforma ".Net " de programação, com interfaces de cadastramento de pacientes e instituições (Figura 1), teste de audição propriamente dito (Figura 2) e interface de comunicação remota com banco de dados central via internet.

O *software* desenvolvido poderá ser instalado em qualquer computador com sistema operacional Windows XP[®] e placa de som a partir de um CD ou baixado de um *website* na internet. O *software* promove a emissão de tons puros de 1000, 2000 e 4000 Hz, a uma intensidade de 20 dB a partir de um fone de ouvido blindado (TDH 39). O algoritmo de execução e análise do *software* é semelhante ao recomendado pela ASHA (1997) para uma audiometria de triagem audiológica. Seguindo esta norma, o *software* define como triagem negativa os casos em que o indivíduo responda a pelo menos dois de três sons a 20 dB em todas as frequências testadas (1000, 2000 e 4000 Hz) em cada orelha. Se estes critérios não forem preenchidos, o programa classifica o caso como triagem positiva.

Durante a realização do exame, após cada emissão de um tom, o *software* detecta qualquer clique do mouse ou da tecla espaço, realizado em um período determinado de três segundos após o tom, como presença de som de intensidade audível. Os sons são emitidos em intervalos de duração

aleatória, entre três e oito segundos, para evitar que o indivíduo preveja o aparecimento dos mesmos (Figura 2).

Ao final de cada teste, o *software* classifica o indivíduo testado segundo o limiar auditivo obtido pelas respostas nas diversas frequências. O programa, então, fornece duas possibilidades como resultado final (Figura 3):

- a) Triagem negativa - audição socialmente normal
- b) Triagem positiva - indivíduo com perda auditiva. Necessita avaliação individualizada.

A

Teleaudiômetro para PC - Protótipo 2

Arquivo Ajuda


**teleaudiômetro))
para PC**

1º Passo - Definir a Instituição.

Selecione a instituição onde o teste será aplicado

:: Confirmar Instituição ::

[Clique aqui](#) para cadastrar uma nova instituição.

 Disciplina de Otorrinolaringologia - HCFMUSP **USP**

B

Teleaudiômetro para PC - Protótipo 2

Arquivo Ajuda

**teleaudiômetro))
para PC**

2º Passo - Dados do Paciente.

Dados Paciente - HCFMUSP

Nome: Nascido em:

Sexo: Masculino Feminino Endereço:

Bairro: Cidade: UF:

CEP: Telefone:

Série escolar: Matrícula escolar:

Paciente acha que Escuta Bem? Sim Não

:: Cadastrar e prosseguir ::

[Voltar](#)


 Disciplina de Otorrinolaringologia - HCFMUSP **USP**

Figura 1 - (A) Tela de seleção e/ou inclusão de local de realização do Teste; (B) Tela de cadastro de pessoas-teste

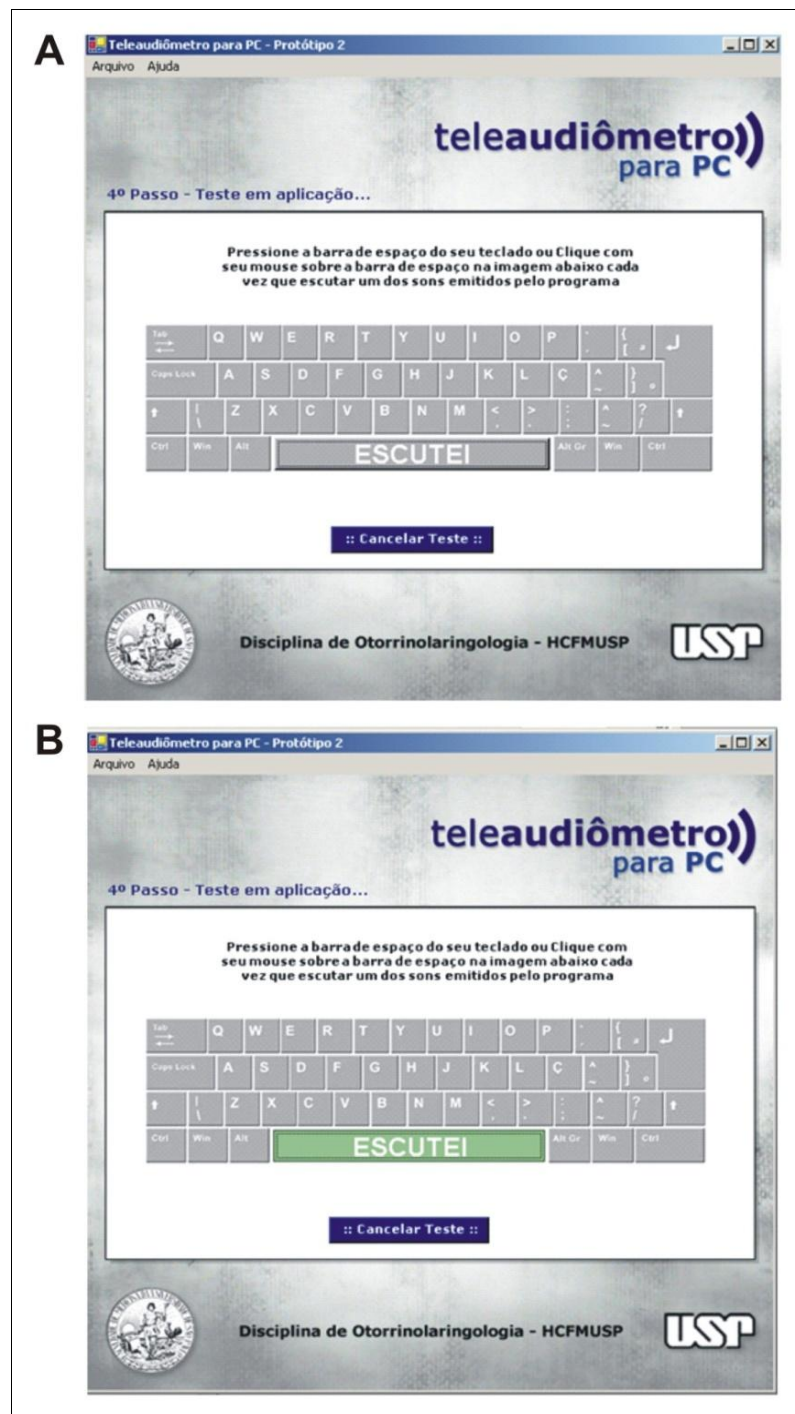


Figura 2 - (A) tela de teste em execução; (B) Sinal luminoso de identificação do toque “escutei”

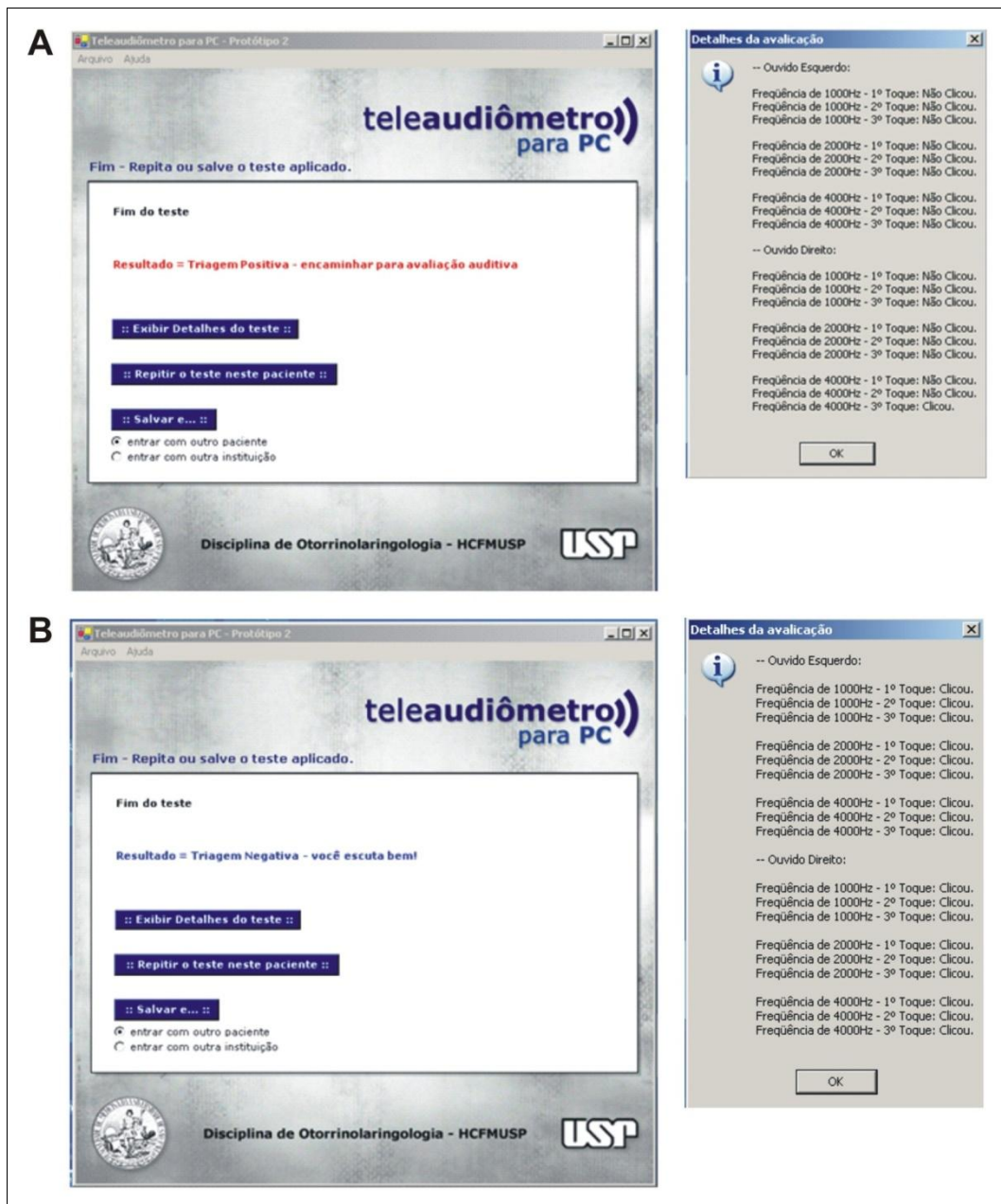


Figura 3 - Tela de resultado do teste e detalhamento dos tons identificados - (A) triagem positiva; (B) triagem negativa

4.2.2 Equipamentos utilizados

4.2.2.1 Teleaudiometria

O programa de teleaudiometria foi instalado em um laptop¹, com processador 2.0 GHz², 1024MB de memória, 128 MB memória de vídeo, HD 100 GB, gravador de DVD, monitor 15,4", placa de som³, (Figura 4).

Fone de ouvido profissional⁴ com adaptador de conector P10 mono para P2 estéreo (Figura 4).



Figura 4 - Equipamentos utilizados na teleaudiometria

- ¹ HP Pavilion® dv4000 com sistema operacional Microsoft® Windows® XP Home Edition
- ² Intel® Centrino
- ³ SoundMAX Integrated Digital Audio®
- ⁴ TDH 39

4.2.2.2 Audiometria de triagem

Audiômetro⁵ e Fone TDH 39, calibrados duas semanas antes do início dos testes por uma empresa credenciada pela Rede Brasileira de Calibrações de acordo com as normas da ISO 8253-1.

4.2.2.3 Audiometria de tons puros em cabine acústica (ATP)

Audiômetro⁶ e Fone TDH 39, calibrados duas semanas antes do início dos testes por uma empresa credenciada pela Rede Brasileira de Calibrações de acordo com as normas da ISO 8253-1. O ruído ambiente na cabine acústica estava abaixo dos limites indicados pelas normas da ISO 8253-1.

4.2.2.4 Medida de ruído e calibração dos equipamentos

O computador foi calibrado após determinação dos volumes da placa de som e dos dispositivos de áudio, utilizando-se um analisador de ruído⁷ com ouvido artificial⁸ e filtro de 1/1 e 1/3 de oitava⁹ e microfone de 1”¹⁰ (Figura 5).

⁵ Beta Medical®, modelo Beta 6000

⁶ Madsen Eletronics®, modelo Midimate 622

⁷ Bruel & Kjaer, modelo 2250

⁸ Bruel & Kjaer, modelo 4152

⁹ Bruel & Kjaer, modelo 1625

¹⁰ Bruel & Kjaer, modelo 4144



Figura 5 - Analisador de ruído, ouvido artificial e filtro de 1/1 e 1/3 de oitava e microfone de 1”

O nível de ruído ambiente foi controlado com auxílio do mesmo analisador de ruído, filtro de terço de oitava e um microfone capacitivo de 1/2”¹¹ observando-se as normas da ANSI -1999 (Figura 6).

¹¹ Bruel & Kjaer modelo 4189



Figura 6 - Controle do nível de ruído ambiente com analisador de ruído, filtro de terço de oitava e um microfone capacitivo de 1/2”

4.2.3 Escolha das salas para realização dos testes

Analisou-se o ruído ambiente em várias salas da Clínica Otorrinolaringológica do HC-FMUSP selecionando-se a sala sem isolamento acústico mais silenciosa e que respeitava as normas da ANSI-1999 (Tabela 2).

Tabela 2 - Níveis máximos permitidos para o ruído ambiente de oitava de banda Lmax (dB NPS re: 20 uPa) para audiometria por via aérea para pesquisa de limiar a 0 dB NA (ANSI-1999) e para rastreamento a 20 dB NA

	Frequência testada (Hz)			
	500	1000	2000	4000
Nível de banda de oitava: Para teste com fone de ouvido	21,5	29,5	34,5	42,0
ASHA nível de rastreamento: ANSI - 1999	20	20	20	20
Nível de ruído máximo para triagem pela ASHA	41,5	49,5	54,5	62,0

4.2.4 Manutenção e calibração de equipamentos audiométricos

Os equipamentos audiométricos e o Teleaudiômetro para PC foram submetidos a uma bateria de testes para garantir a calibração adequada, conforme a norma ISO 8253-1, seguindo o seguinte plano:

- a) fase A - verificação de rotina e testes subjetivos
- b) fase B - calibrações
- c) fase C - ajustes e manutenções

Fase A - verificações de rotina e testes subjetivos: O propósito da verificação de rotina era assegurar, até onde possível, que o equipamento estivesse funcionando apropriadamente, que sua calibração não tenha sido alterada significativamente e que seus acoplamentos, cabos e acessórios estivessem livres de qualquer defeito que pudesse afetar o resultado do teste. Os procedimentos consistiam de testes simples, realizados diariamente antes do início dos exames, por um operador com nível de audição estável e dentro dos limites da normalidade (de -10 dB NA a 25 dB NA).

Procedimentos de testes e verificações: As verificações cobriam as interconexões entre o audiômetro e os equipamentos, os cabos de conexão adicionais e qualquer tomada e conexões da caixa de conexão.

- O audiômetro e todos os acessórios eram limpos e examinados quanto a danos por uso ou desgaste.
- O equipamento era ligado e aguardava-se o tempo de pré-aquecimento recomendado.
- Era verificado se a saída do audiômetro correspondia ao valor esperado tanto para a via aérea VA quanto para a via óssea VO, utilizando-se um nível de audição de 15 dB em todas as frequências.
- Em níveis elevados (60 dB para VA e 40 dB para VO) em todas as frequências eram verificados o funcionamento apropriado, a ausência de distorção, a inexistência de cliques do interruptor, etc.
- Em níveis baixos, era verificada a ausência de qualquer sinal de ruído ou zumbido e sons não desejados.

Calibrações (Fase B) e Ajustes (Fase C): seguindo as recomendações da Resolução do Conselho Federal de Fonoaudiologia CFFa nº 295/03 e ISO 8253-1, as calibrações e ajustes dos equipamentos foram realizados duas semanas antes do início dos testes. Foram avaliadas as frequências de sinais de teste e os níveis de pressão sonora produzidos pelos fones em um ouvido artificial. Como o período de teste não ultrapassou os seis meses, não houve necessidade de nova calibração dos equipamentos audiométricos. Foram realizadas calibrações mensais do equipamento de telaudiometria, mas não foram observadas necessidades de ajuste.

4.2.5 Realização dos testes

Os indivíduos selecionados respondiam a um questionário executado pelo pesquisador (Anexo C) com dados de identificação cadastral e queixas otológicas. Em seguida, realizava-se uma otoscopia bilateral.

Após responder ao questionário, as pessoas eram submetidas aos exames de audiometria de varredura, teleaudiometria e audiometria de tons puros em ordem aleatória e realizados no mesmo dia. Durante os testes de TA e AV eram aferidos os ruídos ambientes, através do nível sonoro contínuo equivalente ponderado A (LAeq) e nível sonoro máximo (LAM_{ax}), e o tempo.

Previamente à realização de cada exame, o indivíduo recebia orientações sobre a execução do mesmo. Os executores dos exames de ATP e AV eram fonoaudiólogas credenciadas pelo Conselho Federal de Fonoaudiologia. No caso da ATP e AV, existia participação direta do audiologista na realização, cálculo e interpretação dos exames. Já na TA, o orientador era o autor do estudo e limitava-se a orientar o indivíduo na realização do teste, ficando a detecção das respostas e a interpretação dos resultados sob responsabilidade do *software*. Os executores de cada teste desconheciam os resultados dos outros.

Os protocolos de realização da AV e TA eram baseados na norma da ASHA (1997) para triagem auditiva, ou seja, teste com três tons em frequências de 1000, 2000 e 4000 Hz a 20 dB. Os tons eram emitidos na forma pulsada, com três pulsos de 300 ms. Primeiro, testava-se o lado esquerdo e depois o lado direito. A falha em responder a dois ou mais tons

em qualquer frequência caracterizava uma triagem positiva (Figura 7). A audiometria de tons puros em cabine acústica era realizada seguindo normas do Manual de Orientação dos Conselhos de Fonoaudiologia (2007).



Figura 7 - Teleaudiometria

Após a realização dos três métodos, o indivíduo testado era questionado em relação à dificuldade encontrada na realização da TA e AV, emitindo uma nota de um a cinco (1. muito fácil; 2. fácil; 3. regular; 4. difícil; 5. muito difícil).

4.2.6 Definição de perda auditiva

Foram adotados como critérios de definição de perda auditiva no teste padrão de audiometria de tons puros, os critérios de Davis e Silverman (1970), ou seja, média dos limiares em 500, 1000 e 2000 Hz acima de 20 dB NA na melhor ou pior orelha. Para efeito de comparação com outros estudos, os resultados também foram avaliados considerando os critérios de Clark (1981), Goldstein (1984) e OMS (2000).

4.2.7 Análise estatística

Os dados foram armazenadas e analisados utilizando-se o programa SPSS for Windows (SPSS INC - Chicago, IL) versão 13.0.

Foram consideradas diferenças estatisticamente significantes quando os valores de p foram menores que 0,05 (nível de significância de 5%).

Diferenças entre os parâmetros de escolaridade e etnia foram comparadas entre os gêneros utilizando-se o teste do Qui-quadrado e o teste “t” para idade. Para avaliação da acurácia dos testes de triagem para diagnóstico de perda auditiva foram realizados os cálculos de sensibilidade, especificidade, valor preditivo positivo e valor preditivo negativo, utilizando-se como teste padrão-ouro a audiometria de tons puros em cabine acústica. Para comparação dos ruídos ambientes durante os testes de AV e TA foi realizado teste “t” pareado. A comparação entre os graus de dificuldade encontrados durante os teste de triagem foi realizada utilizando teste do qui-quadrado.

5 RESULTADOS

Os 73 indivíduos incluídos no estudo foram submetidos a um questionário de queixas auriculares e apresentaram queixas de hipoacusia, otorréia e zumbido em 37,0%, 32,9% e 8,2% respectivamente (Tabela 3).

Tabela 3 - Resultados do questionário de queixas clínicas dos indivíduos estudados (HC-FMUSP - 2006 a 2007)

Queixa	Normal	Esquerda	Direita	Bilateral	Total
Hipoacusia	46 (63,0%)	8 (11,0%)	11 (15,1%)	8 (11,0%)	73 (100,0%)
Zumbido	49 (67,1%)	8 (11,0%)	5 (6,8%)	11 (15,1%)	73 (100,0%)
Otorréia	67 (91,8%)	1 (1,4%)	4 (5,5%)	1 (1,4%)	73 (100,0%)

À otoscopia, nove indivíduos (12,3%) apresentaram exame anormal na orelha esquerda e 11 (15,1%), no lado direito (Tabela 4).

Tabela 4 - Achados otoscópicos dos indivíduos estudados (HC-FMUSP - 2006 a 2007)

Otoscopia	Esquerda N (%)	Direita N (%)
Normal	64 (87,7%)	62 (84,9%)
Perfuração seca	0 (0,0%)	1 (1,4%)
Perfuração úmida	2 (2,7%)	3 (4,1%)
Membrana timpânica retraída	2 (2,7%)	1 (1,4%)
Timpanosclerose	1 (1,4%)	2 (2,7%)
Cerume impactado	4 (5,5%)	2 (2,7%)
Outras	0 (0,0%)	2 (2,7%)
Total	73 (100,0%)	73 (100,0%)

N = número de indivíduos

Os níveis de ruído ambiente durante a realização dos testes de AV e TA, demonstrados na Tabela 5, mostraram-se abaixo dos limites máximos estabelecidos pela ANSI-1999 para triagem auditiva a 20 dB NA em todas as freqüências (1, 2 e 4 kHz), considerando o nível sonoro equivalente ponderado e/ou o nível sonoro máximo durante os testes de audiometria de triagem e teleaudiometria. Durante a realização dos dois métodos de triagem (AV e TA), os níveis de ruído mostraram-se abaixo dos limites máximos permitidos em todas as freqüências, mas observou-se um menor nível de LAeq em 2000 Hz ($p < 0,05$) durante a AV e níveis menores de LAMáx em 2000 e 4000 Hz ($p < 0,05$) também durante a AV.

Tabela 5 - Níveis de ruído ambiente de oitava de banda (dB NPS re: 20 uPa) durante a realização dos testes da teleaudiometria e audiometria de triagem (HC-FMUSP - 2006 a 2007)

	Freqüência	Níveis máximos de referência (ANSI-1999) (dB NPS)	TA (média ± DP) (dB NPS)	AV (média ± DP) (dB NPS)	p
	1000 Hz	49,5	28,1 ± 4,5 ^a	27,5 ± 4,3 ^a	0,252
LAeq	2000 Hz	54,5	26,3 ± 4,9 ^a	24,8 ± 5,1 ^b	0,008
	4000 Hz	62,9	24,1 ± 5,7 ^a	21,4 ± 5,3 ^a	0,089
	1000 Hz	49,5	47,8 ± 6,7 ^a	46,7 ± 6,5 ^a	0,053
LAMáx	2000 Hz	54,5	46,6 ± 7,3 ^a	43,3 ± 7,6 ^b	0,040
	4000 Hz	62,9	43,4 ± 8,9 ^a	40,0 ± 7,9 ^b	0,008

Teste de significância: Teste t (pareado). Diferenças estatisticamente significantes demonstradas por letras diferentes (a, b). NPS: nível de pressão sonora.

TA = Teleaudiometria; AV = Audiometria de triagem; DP = Desvio-padrão; LAeq = Nível sonoro contínuo equivalente, ponderado A e LAMáx = Nível sonoro máximo

O tempo de realização da Teleaudiometria variou de 113 s a 193 s com média de 125 ± 11 s e o da AV variou de 40 s a 129 s com média de 65 ± 18 s.

Os indivíduos que foram submetidos aos testes de triagem declararam baixo grau de dificuldade ao realizar os testes de triagem, conforme demonstrado na Tabela 6. Sessenta e nove pessoas (94,5%) declararam ter achado fácil ou muito fácil realizar a TA e 61 (83,6%) consideraram fácil ou muito fácil a AV. Esta diferença mostrou-se estatisticamente significativa demonstrando uma maior facilidade em realizar a TA ($p < 0,001$) e 13 pessoas que acharam muito fácil realizar a TA consideraram a AV fácil (10) ou regular (3).

Tabela 6 - Grau de dificuldade na realização dos testes de telaudiometria e audiometria de triagem (HC-FMUSP - 2006 a 2007)

Grau de Dificuldade	TA	AV
Muito Fácil	24 (32,9%)	13 (17,8 %)
Fácil	46 (63,0%)	49 (67,1%)
Regular	3 (4,1%)	11 (15,1%)
Difícil	0 (0,0%)	0 (0,0%)
Muito Difícil	0 (0,0%)	0 (0,0%)

Diferença estatisticamente significativa com $p < 0,001$ (qui-quadrado - χ^2)
 TA = Teleaudiometria e AV = Audiometria de triagem

Os dados referentes à acurácia dos testes de triagem para diagnóstico de perda auditiva, utilizando-se como padrão-ouro a audiometria de tons puros sob variados critérios de definição de perda auditiva, estão apresentados na Tabela 7, demonstrados sob a forma de sensibilidade, especificidade, valor preditivo positivo (VPP) e valor preditivo negativo (VPN). Observou-se uma semelhança entre os resultados da AV e TA em relação aos parâmetros de desempenho calculados. Os parâmetros de desempenho variaram dependendo do critério de definição de perda auditiva utilizado. Em relação à TA, a sensibilidade variou de 80,8% a 100,0% , a especificidade de 67,6% a 87,2%, o VPP de 18,5% a 77,8% e o VPN de 89,1% a 100,0%. Considerando-se a AV, a sensibilidade variou de 80,8% a 100,0% , a especificidade de 64,7% a 83,0%, o VPP de 17,2% a 72,4% e o VPN de 88,6% a 100,0%.

Tabela 7 - Cálculo da sensibilidade, especificidade e valores preditivos da teleaudiometria e audiometria de triagem segundo variados critérios de perda auditiva (HC-FMUSP - 2006 a 2007)

Definição de perda auditiva		Sensibilidade	Especificidade	VPP	VPN
Davis e Silverman, 1970	TA	86,7%	75,9%	48,1%	95,7%
	AV	86,7%	72,4%	55,2%	95,5%
Clark, 1981 (> 25 dB NA)	TA	100,0%	75,4%	44,4%	100,0%
	AV	91,7%	70,5%	37,9%	97,7%
Clark, 1981 (> 15 dB NA)	TA	80,8%	87,2%	77,8%	89,1%
	AV	80,8%	83,0%	72,4%	88,6%
Goldstein, 1984	TA	100,0%	69,7%	25,9%	100,0%
	AV	100,0%	66,7%	24,1%	100,0%
OMS, 2000	TA	100,0%	67,6%	18,5%	100,0%
	AV	100,0%	64,7%	17,2%	100,0%

TA = Teleaudiometria; AV = Audiometria de triagem; VPP = Valor preditivo positivo e VPN = Valor preditivo negativo

Em análise à eficiência da queixa de hipoacusia em identificar os indivíduos com perda auditiva, encontrou-se uma sensibilidade que variou de 65,4% a 100,0 %, a especificidade de 66,7% a 78,8%, o VPP de 18,5% a 63,3% e o VPN de 80,4% a 100,0% (Tabela 8).

Tabela 8 - Cálculo da sensibilidade, especificidade e valores preditivos da queixa de hipoacusia segundo variados critérios de perda auditiva (HC-FMUSP - 2006 a 2007)

Definição de perda auditiva	Sensibilidade	Especificidade	VPP	VPN
Davis e Silverman, 1970	80,0%	74,1%	44,4%	93,5%
Clark, 1981 (> 25 dB NA)	75,0%	70,5%	33,3%	93,5%
Clark, 1981 (> 15 dB NA)	65,4%	78,7%	63,3%	80,4%
Goldstein, 1984	100,0%	66,7%	18,5%	95,7%
OMS, 2000	100,0%	67,6%	18,5%	100,0%

VPP = Valor preditivo positivo e VPN = Valor preditivo negativo

As Tabelas 2x2 utilizadas para cálculo do desempenho dos exames de TA e AV frente ao teste padrão de ATP estão apresentadas nas Tabelas 9 e 10. As tabelas 2x2 referentes aos cálculos para os critérios de Clark (1981), Goldstein (1984) e OMS (2000) estão demonstradas no Anexo D.

Tabela 9 - Resultados da Teleaudiometria quando comparado ao teste padrão de audiometria em cabine acústica (definição de perda auditiva pelos critérios Davis e Silverman, 1970)(HC-FMUSP - 2006 a 2007)

		Audiometria de tons puros (critérios de Davis e Silverman, 1970)	
		Normal	Perda auditiva
Teleaudiometria	Passa	44	2
	Falha	14	13

Tabela 10 - Resultados da audiometria de triagem quando comparado ao teste padrão de audiometria em cabine acústica (definição de perda auditiva pelos critérios de Davis e Silverman, 1970) (HC-FMUSP - 2006 a 2007)

		Audiometria de tons puros (critérios de Davis e Silverman, 1970)	
		Normal	Perda auditiva
Audiometria de triagem	Passa	42	2
	Falha	16	13

6 DISCUSSÃO

O desenvolvimento de métodos para triagem auditiva, principalmente para utilização em países em desenvolvimento, deve levar em consideração a viabilidade econômica, a disponibilidade de recursos humanos e de equipamentos (Prescott *et al.*, 1999). Além disso, deve ser um método de boa acurácia, simples execução e bom nível de segurança (Schow, 1991; Fletcher *et al.*, 1996). Nesse contexto, durante a idealização e desenvolvimento da teleaudiometria questionaram-se todos estes pontos. O primeiro, foi a escolha do computador como equipamento a ser utilizado. A disponibilidade dos computadores nos possíveis locais de implantação do sistema, como escolas e unidades de saúde, já é uma realidade na maioria das localidades. O grande problema é que as regiões em que ainda não existe disponibilidade de computadores são justamente os locais que seriam mais favorecidos por sistemas de triagem como a teleaudiometria. Existe, no entanto, uma meta governamental de difundir a informática e a internet em todas as unidades escolares e de saúde.

A possibilidade de baixar o programa e de realizar o treinamento dos executores pela internet, reduz os gastos com transporte de materiais e pessoas. O *software* fornece o resultado de forma automática após a execução de cada teste, mas a interface de comunicação com um *website* central facilita o controle dos resultados e formação de um banco de dados

central, diferentemente do controle manual e transporte físico utilizado em campanhas de triagem como a “Quem ouve bem aprende melhor” (Mangabeira e Bento, 2000). O sistema não precisa ser utilizado conectado à internet e os resultados podem ser enviados posteriormente, após a realização de uma série de testes.

A TA utiliza a placa de som do computador para emissão de tons puros a uma intensidade pré-definida com auxílio de um fone de ouvido. Durante a execução do teste, o *software* controla o volume da placa de som, de forma que a modificação deste volume por um usuário do computador não atrapalha a realização do teste. Choi *et al.* (2007) já observaram que a margem de erro entre uma emissão de um tom puro a partir de um audiômetro ou de um computador é inferior a 2,3 dB NPS, o que fortalece o uso do computador para este fim. Para garantir uma emissão do som a uma intensidade fixa como recomendado no protocolo de triagem adotado (ASHA, 1997), o sistema deve ser calibrado com auxílio de um decibelímetro ou analisador de ruído. Como este tipo de equipamento não está disponível em unidades de saúde e/ou escolas, os computadores necessitariam ser calibrados em um local que disponha do mesmo, como empresas que fazem calibração de audiômetros. A partir dessa calibração e ajuste do volume da placa de som necessário para emitir os tons em uma intensidade definida em cada frequência tem-se segurança na fidedignidade do método.

Durante seis meses de estudo, não se observou a necessidade de reajuste do volume da placa de som nos testes mensais, sinalizando para uma estabilidade aceitável do sistema, permitindo a realização de testes por

um longo período sem a necessidade de novas calibrações. No entanto, a necessidade de calibração do sistema pode dificultar a sua utilização em algumas regiões menos desenvolvidas e distantes de centros de maior porte, onde o deslocamento do computador para realizar a calibração pode ser um obstáculo intransponível. Como alternativa para estes casos, a TA possui a alternativa de calibração biológica, em que o ajuste do volume da placa de som pode ser feito pelo volume mínimo escutado por um indivíduo com audição sabidamente normal. Este método de calibração não foi testado neste estudo, pois embutiria um viés na análise dos resultados, sendo necessários novos estudos comparando a acurácia do método com calibração biológica e calibração instrumental. Choi *et al.* (2007) desenvolveram uma solução com possibilidade de auto-calibragem, no qual o programa aumenta a intensidade do som emitido, captado a partir de um sistema de *feed-back*, até que ele atinja um volume de referência. É uma solução interessante, no entanto os autores não descrevem de forma detalhada o sistema e não discutem a respeito do custo deste módulo de calibração automática.

A escolha do fone de ouvido a ser utilizado também é um ponto importante. Foi utilizado neste estudo o fone TDH 39, que é um fone profissional blindado utilizado em sistemas de audiometria (Givens e Elangovan, 2003; Olusanya, 2004). Para isso foi realizada uma adaptação dos conectores de mono p10 para stereo p2 que é a entrada convencional dos computadores. Para realização de calibração instrumental, é necessário o uso de fones blindados desse tipo, pois eles permitem o acoplamento a um

sistema de mensuração de intensidade sonora, constituído por um ouvido artificial conectado a um decibelímetro. Apesar de ser bem mais barato do que um audiômetro completo e/ou outros métodos, como as emissões otoacústicas e a timpanometria, o custo dos fones de ouvido deve ser considerado ao implantar o método em escala populacional. A utilização de fones não blindados prejudica a mensuração da intensidade sonora emitida pela TA, mas pode ser uma alternativa a ser testada nos locais mais pobres e afastados dos grandes centros. Deduz-se que o uso de fones não blindados seja viável principalmente nos casos em que for utilizada a calibração biológica, pois não há a necessidade de acoplamento a um instrumento de mensuração. Esta resposta não pode ser dada com os dados deste estudo, necessitando aprofundamento em novas pesquisas.

Levaram-se em consideração vários fatores na escolha das freqüências de 1000, 2000 e 4000 Hz para triagem auditiva neste estudo. Primeiro, as perdas em freqüências agudas acima de 4000 Hz são mais comuns em indivíduos idosos e geralmente estão acompanhadas de perdas em 2000 e 4000 Hz (Schow, 1991; Lichtenstein *et al.*, 1988). A inteligibilidade dos sons da fala depende principalmente das freqüências abaixo de 2450 Hz (French e Steinberg, 1947). A audibilidade das freqüências de 250 e 500 Hz é comumente prejudicada pelo ruído ambiente nos testes fora de cabine acústica (ASHA, 1985 e 1997). Os indivíduos selecionados pela triagem serão submetidos ao teste completo em cabine acústica avaliando todas as freqüências (Kemper *et al.* 2004). Fundamentando-se nestes conceitos e referenciado nas orientações para

audiometria de varredura definidas pela ASHA (1997) e resolução Nº. 274 do Conselho Federal de Fonoaudiologia, definiu-se a varredura em 1000, 2000 e 4000 Hz a 20 dB NA para realização da TA e AV.

A propriedade de o software interpretar o resultado do teste diminui a chance de erro na interpretação do exame e facilita o treinamento do orientador, que necessitará apenas de conhecimentos simples. A TA não substitui a função do otorrinolaringologista ou fonoaudiólogo, mas permite que se possa dispor de um método de triagem auditiva em locais onde estes profissionais não estejam disponíveis. Mesmo os métodos de baixo custo, como a teleaudiometria descrita por Choi *et al.* (2007), necessitam de um profissional especializado para executar o teste de forma presencial ou remota. Estas são soluções ideais, porém não se pode esquecer que existe uma escassez destes profissionais em países como o Brasil

Pensando-se na possibilidade do método ser questionado pelas entidades de classe, como uma tentativa de fornecer o exercício ilegal da fonoaudiologia a um software ou a outros profissionais, como professores e agentes de saúde, deve-se levar em conta que o método será geralmente utilizado em regiões em que não se tem acesso a nenhuma forma de triagem auditiva. Este fato já foi observado por Mangabeira e Bento (2000) durante a implantação do método de vídeo-teste pelo interior do Brasil. Nesse contexto, a falta de identificação de pessoas com perdas auditivas traz profundos prejuízos ao desenvolvimento cognitivo, expressivo e receptivo (Bamford *et al.*, 2007). Além disso, a identificação de mais pessoas com deficiência auditiva vai, na verdade, demonstrar a demanda reprimida

de pessoas com necessidade de algum tipo de reabilitação ou tratamento auditivo, proporcionando uma demanda ainda maior por otorrinolaringologistas e fonoaudiólogos.

Qualquer estudo sobre perda auditiva tem que passar antes pela definição do que é audição normal. A falta de consenso em relação à definição de perda auditiva é uma das responsáveis pela variabilidade de resultados nos estudos de triagem e diagnóstico auditivos. A escolha dos critérios de Davis e Silverman (1970) para definição de perda auditiva neste estudo deveu-se a alguns fatores. Primeiro, estes são os critérios mais utilizados no Brasil, segundo os Conselhos de Fonoaudiologia (2007). Segundo, estes critérios consideram perdas unilaterais como perda significativa em conformidade com outros autores (Clark, 1981; Gell *et al.*, 1992), diferentemente de critérios como os de Carhart (1971), Goldstein (1984) e OMS (1997, 2000) que consideram apenas perdas bilaterais. Terceiro, a presença da frequência de 500 Hz na definição de perda auditiva do teste padrão-ouro permitiria a avaliação do impacto na acurácia devido à retirada desta frequência dos testes de triagem.

As perdas leves ou unilaterais são geralmente detectadas mais tardiamente do que aquelas de grau severo ou profundo (Bamford *et al.*, 2007), mas a importância de sua detecção precoce tem sido bem estabelecida, pois podem resultar em atrasos no desenvolvimento da linguagem e fala, desenvolvimento social, emocional, cognitivo e desempenho acadêmico (ASHA, 1997; Lieu, 2004; ASHA-JCIH, 2007). Além disso, as perdas unilaterais e leves representam a maior fatia dos casos de

disacusias (Niskar *et al.*, 1998). Desse modo, definições de perda auditiva que desconsideram estes conceitos tendem a selecionar somente os indivíduos com perdas bilaterais. Os estudos que utilizam estes critérios geralmente apresentam sensibilidade maior, pois utilizam um critério mais rígido no teste padrão-ouro.

Foram selecionados para o estudo pessoas entre 17 e 50 anos. Excluíram-se os indivíduos acima de 50 anos devido ao aumento da prevalência das perdas auditivas em altas frequências em função da idade principalmente a partir de 2000 Hz (Schow, 1991). Apesar da população alvo da TA e AV ser de crianças a partir da idade escolar (Ewing, 1955) e adultos, optou-se por não incluir crianças, pois este estudo visava avaliar a acurácia do método e a capacidade de um sistema via computador emitir tons puros de forma estável e eficiente. Nesse contexto, o teste em crianças incluiria outras variáveis como a influência da compreensão do exame e da atenção durante a realização do teste (Orlando e Frank, 1987). A aplicabilidade do teste em crianças com comparação da acurácia nessa faixa etária deve ser avaliada em estudos posteriores.

Estima-se que 7,7% da população apresentam algum grau de perda auditiva, observando-se um aumento da prevalência com o aumento da idade e maior frequência nos países em desenvolvimento (Bamford *et al.*, 2007). A amostra com 37% das pessoas com queixa de hipoacusia, 32,9% com zumbido e 8,9% com otorrêia deve-se ao fato da seleção ter sido realizada na clínica otorrinolaringológica de um hospital de referência (Tabela 3).

A otoscopia normal em aproximadamente 85% dos indivíduos (87,7% ouvido esquerdo e 84,9% ouvido direito - Tabela 4) condiz com o encontrado em outros estudos que mostram uma baixa sensibilidade da otoscopia em detectar pessoas com perda auditiva, pois em boa parte deles a otoscopia é normal, além deste método ser dependente da capacidade técnica do executor, apresentando baixa reprodutibilidade (New Zealand Health Technology Assessment, 1998; Olusanya, 2001).

A triagem auditiva geralmente é realizada em ambiente sem isolamento acústico, de forma que o ruído ambiente pode exercer influência nos resultados dos testes. Os níveis de ruído ambiente encontrados no estudo, apresentados na Tabela 5, permaneceram abaixo do recomendado pela ANSI (1999) em todas as frequências e diminuíram com o aumento da frequência avaliada, estando de acordo com o encontrado na literatura (Hallett e Gibbs, 1983; FitzZaland e Zink, 1984; Bromwich *et al.*, 2008). A diferença de ruído ambiente encontrada entre os testes de triagem neste estudo não parece ter influenciado os resultados. O ruído ambiente diminui com o aumento da frequência, de modo que este é menos problemático nas frequências altas. Nas baixas frequências, o ruído ambiente estabelece uma limitação à realização da triagem auditiva mesmo em circunstâncias em que são utilizados fones de intra-auriculares, conchas blindadas ou cabines acústicas portáteis de parede simples (Lescouflair, 1975; Stark e Borton, 1975; Lankford *et al.*, 1999). Por estes motivos, não foi utilizada a frequência de 500 kHz neste estudo, limitando a avaliação às frequências de 1000, 2000 e 4000 Hz. A ASHA, em 1997, corroborando com este conceito, retirou

a frequência de 500 Hz da triagem por AV, devido ao aumento do número de falso-positivos relacionado às falhas provocadas pela interferência do ruído ambiente e ao prejuízo não significativo da sua retirada na sensibilidade do método.

O tempo de realização da TA mostrou-se razoável, girando em torno de 125 s, mas demorou aproximadamente o dobro do tempo da AV (65 ± 18 s). De acordo com os resultados obtidos, para cada 60 crianças testadas seria necessário pelo menos mais uma hora de testes caso a TA fosse escolhida em detrimento da AV.

Os indivíduos submetidos aos testes de triagem relataram baixo grau de dificuldade ao realizá-los, conforme demonstrado na Tabela 6, com um nível significativamente menor ao realizar a TA ($p < 0,001$). Este fato pode ser devido à maior concentração durante a TA, visto que o paciente interage diretamente com o computador e observa as suas respostas na tela. Este resultado sugere que não haverá maiores dificuldades na realização dos testes de TA em crianças, visto que estas muitas vezes têm uma familiaridade com computadores até melhor do que os adultos.

A sensibilidade de 86,7% encontrada para os testes de AV e TA reflete a semelhança dos resultados dos dois métodos (Tabela 7). Este resultado já era esperado visto que os protocolos de realização e de interpretação dos dois métodos são semelhantes. A dúvida na eficiência da TA estaria na possibilidade do computador não possuir uma estabilidade suficiente para reproduzir os resultados de forma satisfatória ou de haver dificuldade na execução do teste. Esta dúvida ficou sanada pelo

desempenho semelhante ao do teste com audiômetro e pela estabilidade encontrada durante as calibrações do computador no período de teste. Os resultados em relação à sensibilidade condizem com os encontrados por outros autores, com variação entre 82 e 100% (FitzZaland e Zink 1984; Orlando e Frank, 1987; Holtby *et al.*, 1997; Sabo *et al.*, 2000). Esta variação em relação à sensibilidade do método de AV deve-se, entre outros fatores, ao uso de limiares e técnicas diferentes para triagem e para definição de perda auditiva (FitzZaland e Zink, 1984; Niskar *et al.*, 1998). A adoção de diferentes critérios de definição de perda auditiva leva a resultados diferentes no teste utilizado como padrão. Dessa forma, os estudos que adotam critérios com limiares mais altos tendem a apresentar sensibilidade mais alta para o teste de triagem (Orlando e Frank, 1987). Pode-se demonstrar isso, observando o aumento da sensibilidade da TA e AV para 100% ao considerar a definição de perda auditiva pelos critérios de Goldstein (1984) e da OMS (2000), que consideram somente perdas bilaterais (Tabela 7). Comparando-se aos resultados com os critérios de Clark (1981), observa-se um aumento na sensibilidade de 80,8% para 100% quando se desconsidera as perdas auditivas mínimas, com limiar entre 16 e 25dB NA (Tabela 7).

Mesmo não utilizando a frequência de 500 kHz, não se observou um distanciamento em relação aos resultados dos estudos que incluíam esta frequência no protocolo, 93% (FitzZaland e Zink, 1984), 82-100% (Orlando e Frank, 1987), 86% (Holtby *et al.*, 1997), 87% (Sabo *et al.*, 2000). Dessa maneira, é prudente recomendar a não utilização desta frequência visto que

os ruídos ambientes tendem a ser mais intensos nas frequências baixas (Lankford *et al.*, 1999). Além disso, a maioria dos locais onde estes métodos de triagem auditiva serão utilizados na prática não disponibilizará de equipamentos para medida de ruídos e são ambientes reconhecidamente ruidosos, mesmo adotando medidas de controle do ruído ambiente no momento dos testes.

A especificidade da TA (75,9%) mostrou-se levemente superior ao da AV (72,4%) (Tabela 7). Esta diferença pode ser devida ao acaso ou a maior facilidade encontrada pelos indivíduos na realização da teleaudiometria. Em estudos variados, a especificidade da AV variou na faixa entre 65,9 e 99,0%, com maior parte dos estudos entre 70,0 e 80,0% (FitzZaland e Zink, 1984; Orlando e Frank, 1987; Holtby *et al.*, 1997; Sabo *et al.*, 2000; Bamford *et al.*, 2007).

Quando se avaliou a especificidade segundo outras definições de perda auditiva, houve tendência de diminuição da acurácia à medida que se utilizavam critérios mais rígidos. Para os critérios de Goldstein (1984) e da OMS (2000), a TA apresentou especificidade de 69,7% e 67,6% respectivamente. Isto se deve ao fato destes critérios aceitarem apenas perdas bilaterais e o teste de TA identificar indivíduos com perdas unilaterais. O mesmo efeito é observado quando se utiliza os critérios de Clark (1981), pois ao desconsiderar as perdas mínimas entre 16 e 25 dB NA, a especificidade diminui de 87,2% para 75,4% (Tabela 7).

Em relação a outras técnicas de triagem, a TA mostra-se como uma boa opção, pois apresentou resultados semelhantes à AV, que segundo

recente revisão sistemática continua sendo um dos métodos com os melhores resultados em relação ao binômio sensibilidade e especificidade (Bamford *et al.*, 2007). A AV tem o inconveniente de precisar de equipamentos e de profissionais especializados, o que inviabiliza sua utilização na maioria dos locais fora dos grandes centros, e torna este método economicamente desfavorável, principalmente em países em desenvolvimento, como o Brasil. Em pacientes com dificuldade de compreensão, provavelmente a realização da teleaudiometria será prejudicada e, nestes casos, a presença de um profissional habilitado facilitará a execução do teste. Além disso, um audiólogista ou otologista poderá reconhecer outras deficiências de comunicação e/ou cognitivas durante a avaliação. Desse modo, a TA aparece como uma alternativa mais viável para os locais com escassez de profissionais capacitados na realização da AV.

O valor preditivo positivo da AV (55,2%) foi superior ao da TA (48,1%) para a população estudada e o valores preditivos negativos da TA (95,7%) e da AV (95,5%) tiveram valores aproximados (Tabela 7). Os valores preditivos são dependentes da prevalência da afecção na população, diferentemente da sensibilidade e especificidade que são características inerentes ao método (Fletcher *et al.*, 1996). Imaginando-se uma prevalência de perdas auditivas 23,3%, equivalente à da população de 20 a 50 anos encontrada por Béria *et al.* (2007) em estudo populacional em Canoas-RS, projeta-se um VPP de 52,2% e um VPN de 94,9% para a TA. Ou seja, para cada mil pessoas com triagem positiva, 520 realmente teriam perda auditiva.

Já em uma população com prevalência de 7,7%, semelhante à relatada por Bamford *et al.* (2007), esperar-se-ia um VPP de 23,0% e um VPN de 98,5%.

A percepção dos próprios indivíduos em relação à perda auditiva foi avaliada a partir da comparação entre a queixa de hipoacusia e o teste padrão-ouro (Tabela 8). A sensibilidade (80%) e especificidade (74,1%) mostraram valores elevados, o que pode ser explicado pela amostra do estudo ser composta por indivíduos adultos. Esta sensibilidade deve ser menor em crianças, pois estas têm uma menor percepção dos seus sentidos (Bamford *et al.*, 2007). Este é um dos motivos para haver a recomendação de triagem auditiva em crianças em idades variadas e não haver em adultos (ASHA, 1997). Outro fato interessante observado foi a sensibilidade de 100% para identificação da perda auditiva pelo próprio indivíduo, quando considerados os critérios mais rígidos como o da OMS (2000) e Goldstein (1984), sugerindo que programas de rastreamento utilizando estes critérios falham na detecção de indivíduos com perdas leves e/ou unilaterais.

A teleaudiometria apresentou uma sensibilidade maior do que a encontrada na maioria dos estudos que utilizaram a timpanometria, que giraram em torno de 27% a 90% (Roush *et al.*, 1992; Barlow *et al.*, 1998; Bamford *et al.*, 2007). A grande variação na acurácia da timpanometria revela a diversidade de protocolos de definição de alteração auditiva para este método (Roush *et al.*, 1992; Nienhuys *et al.*, 1994; Pang-Ching *et al.*, 1995; Holtby *et al.*, 1997; Olusanya, 2001; Lyons *et al.*, 2004; Silva *et al.*, 2007). Além disso, a timpanometria tem limitações em detectar indivíduos com perda auditiva sem problemas no ouvido médio (Cooper *et al.*, 1975;

McCurdy *et al.*, 1976). A especificidade da timpanometria apresenta-se com menor variabilidade (62% a 99%) e também dependente dos protocolos utilizados.

Em populações de difícil colaboração, como crianças de baixa idade ou com algum grau de retardo neuro-psicomotor, as emissões otoacústicas, particularmente as de emissões transientes, parecem apresentar melhores resultados. No entanto, os dados deste estudo sugerem, em concordância com os achados da literatura, que na população geral, a TA e a AV mostram-se como métodos superiores, apresentando maior sensibilidade e menor especificidade (Nozza *et al.*, 1997; Sabo *et al.*, 2000).

Outros estudos procuraram métodos de baixo custo como alternativa aos métodos vigentes de triagem auditiva, visto que o fator econômico é uma das principais limitações na implantação e sustentabilidade de programas de triagem auditiva nos países em desenvolvimento. O teste da voz sussurrada, mostrou-se como método de boa sensibilidade e especificidade, porém apresenta limitações na identificação de perdas unilaterais, perdas leves ou de altas frequências (Prescott *et al.*, 1999). Além disso, a sonoridade do sussurro e o uso de letras, números ou palavras mais apropriadas podem influenciar nos resultados do exame (Pirozzo *et al.*, 2003).

Os questionários aplicados aos pais têm-se mostrado como métodos de baixa reprodutibilidade, com grande variação nos resultados de sensibilidade e especificidade, de modo que a maioria dos autores concorda que os questionários são métodos falhos que só devem ser utilizados na

ausência de métodos mais eficazes (Hammond *et al.*, 1997; Olusanya, 2001; Gomes e Lichtig, 2005; Bamford *et al.*, 2007). Este método é falho principalmente em perdas leves e moderadas ou unilaterais, pois são percebidas mais tardiamente pelos pais (Bamford *et al.*, 2007). Além disso, o objetivo principal de um programa de triagem é a identificação de pessoas com alguma afecção não detectada, de modo que se os pais já perceberam a perda auditiva, haveria necessidade de melhorar o acesso dessas pessoas aos serviços de saúde e não um programa para identificá-las.

A experiência com o método de vídeo-teste, que foi utilizado em campanhas nacionais de triagem auditiva no Brasil em 1999 e 2001, foi um dos fatores que incentivaram o desenvolvimento da teleaudiometria (Bento, 1999; Mangabeira e Bento, 2000). Não há dúvidas de que o método de vídeo-teste foi uma grande iniciativa no sentido de possibilitar a triagem auditiva em locais que não dispunham de profissionais e equipamentos especializados. Teve como grande mérito a utilização de equipamentos com grande disponibilidade nas escolas e unidades de saúde, como a televisão e um reproduzidor de vídeo. A simplicidade de execução também facilitava o treinamento dos professores. No entanto, algumas adversidades do método e do programa de triagem foram estímulos para o desenvolvimento de soluções na TA. Para resolver o problema de padronização do método, desenvolveu-se a ferramenta de calibração e ajuste do sistema. A difícil detecção das perdas unilaterais a partir de um teste em campo aberto foi resolvida pela utilização de fones de ouvido. Para diminuir a chance de falha na interpretação do teste pelo orientador, desenvolveu-se uma ferramenta

de análise no próprio *software*. Visando diminuir os gastos com transporte de material educativo e fitas de vídeo, disponibilizou-se a possibilidade de aquisição desses materiais pela internet. A criação de um banco de dados no software e sua intercomunicação com um banco de dados central pela internet proporciona uma melhoria na qualidade e rapidez dos registros, além de maiores possibilidades de geração de relatórios para acompanhamento de campanhas.

Outros métodos que utilizam a telemedicina para realização de testes em locais com escassez de recursos humanos, como o controle remoto computadorizado de equipamentos audiométricos, possibilitam testar indivíduos em locais distantes com bons resultados, porém necessitam de equipamentos sofisticados (ASHA, 2001; Givens e Elangovan, 2003; Elangovan, 2005; Towners *et al.*, 2005; Krumm *et al.*, 2007). O sistema desenvolvido por Choi *et al.* (2007) utiliza o próprio computador para realizar os testes, porém ainda necessita de um profissional especializado situado remotamente. Estes sistemas são inviáveis na prática em países em desenvolvimento, devido a limitações econômicas.

O sistema de tele-otoscopia, segundo Eikelboom *et al.* (2005) e Pepper *et al.* (2006), tem qualidade suficiente para avaliação diagnóstica, mas como método de triagem apresenta problemas de acurácia semelhantes à otoscopia convencional. Este sistema respeita os preceitos definidos por Burgess *et al.* (1999) para uso apropriado da telemedicina, pois utiliza um sistema de baixo custo, mantendo qualidade de avaliação. Dessa forma permite um aumento da eficiência e redução dos custos. Pode ser um

importante método complementar na avaliação de pessoas com suspeita de problemas auditivos e com problemas nas orelhas externa e média.

Não se pode levantar uma discussão sobre implantação de programas de triagem auditiva, sem questionar a sua viabilidade do ponto de vista econômico e disponibilidade de recursos humanos e equipamentos. Em países com restrição econômica isto se torna ainda mais importante. Não adianta apenas demonstrar a elevada acurácia de um método, pois isso não garante a aplicabilidade na prática. Como levantaram Prescott *et al.* (1999), é necessário examinar métodos mais apropriados para uso em países com escassez de recursos, usando um mínimo de investimento em equipamentos e treinamento e que pudesse ser ensinado a agentes primários de saúde. Nesse contexto, a teleaudiometria respeitaria os parâmetros de boa acurácia, simplicidade de execução e facilidade de treinamento dos aplicadores do teste. Além disso, o método utiliza equipamentos que em parte já estão disponíveis nos possíveis locais de utilização como escolas e unidades básicas de saúde, necessitando apenas de uma adaptação do computador pela aquisição de um fone de ouvido específico. A possibilidade de usar a internet para baixar o programa e realizar o treinamento dos executores dos testes torna desnecessário o transporte de materiais e pessoas, facilitando a difusão do método em países de dimensões continentais como o Brasil.

7 CONCLUSÕES

a) O novo método desenvolvido mostrou-se uma opção de fácil aplicação e boa acurácia como método de triagem auditiva.

b) A teleaudiometria apresentou uma elevada acurácia para triagem auditiva, com sensibilidade de 86,7%, especificidade de 75,9%, valor preditivo negativo de 95,7% e valor preditivo positivo de 48,1% para a amostra estudada.

c) Em comparação à audiometria de triagem, a teleaudiometria mostrou sensibilidade semelhante, maiores especificidade e valor preditivo negativo e menor valor preditivo positivo.

8 ANEXOS

Anexo A - Aprovação da Comissão de Ética para Análise de Projetos de Pesquisa



APROVAÇÃO


A Comissão de Ética para Análise de Projetos de Pesquisa - CAPPesq da Diretoria Clínica do Hospital das Clínicas e da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, em sessão de 09.11.05, **APROVOU** o Protocolo de Pesquisa nº **713/05**, intitulado: "Tele-audiometria automática à distância: um novo método para triagem auditiva" apresentado pelo Departamento de **OFTALMOLOGIA E OTORRINOLARINGOLOGIA**, inclusive o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

Cabe ao pesquisador elaborar e apresentar à CAPPesq, os relatórios parciais e final sobre a pesquisa (Resolução do Conselho Nacional de Saúde nº 196, de 10.10.1996, inciso IX, 2, letra "c")

Pesquisador(a) Responsável: **Prof. Dr. Ricardo Ferreira Bento**

Pesquisador (a) Executante: **Dr. Victor Eulálio Sousa Campelo**

CAPPesq, 09 de Novembro de 2005.


PROF. DR. EUCLIDES AYRES DE CASTILHO
Presidente da Comissão de Ética para Análise
de Projetos de Pesquisa

Anexo B - Termo de Consentimento pós-informado**HOSPITAL DAS CLÍNICAS DA****FACULDADE DE MEDICINA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO****TERMO DE CONSENTIMENTO PÓS-INFORMAÇÃO****I - DADOS DE IDENTIFICAÇÃO DO SUJEITO DA PESQUISA OU****RESPONSÁVEL LEGAL**

1. NOME DO PACIENTE:.....
DOCUMENTO DE IDENTIDADE N°:SEXO: M F
DATA NASCIMENTO:
ENDEREÇO N° APTO:.....
BAIRRO CIDADE.....
CEP: TELEFONE: DDD (.....)
2. RESPONSÁVEL LEGAL
NATUREZA (grau de parentesco, tutor, curador etc.)
DOCUMENTO DE IDENTIDADE: SEXO: M F
DATA NASCIMENTO:
ENDEREÇO:.....N° APTO:.....
BAIRRO:CIDADE:
CEP:.....TELEFONE: DDD (.....)

II - DADOS SOBRE A PESQUISA CIENTÍFICA

1. TÍTULO DO PROTOCOLO DE PESQUISA: **Teleaudiometria automática à distância: um novo método para triagem auditiva**

2. PESQUISADOR: **Prof. Dr. Ricardo Ferreira Bento**

CARGO/FUNÇÃO: Professor associado da Disciplina de Otorrinolaringologia da F.M.U.S.P.

INSCRIÇÃO CONSELHO REGIONAL N° 33144

Dr. Victor Eulálio Sousa Campelo (Executor)

CARGO/FUNÇÃO: Médico residente do Departamento de Otorrinolaringologia da F.M.U.S.P.

INSCRIÇÃO CONSELHO REGIONAL N° 110682

UNIDADE DO HC-FMUSP: DIVISÃO DE CLÍNICA OTORRINOLARINGOLÓGICA

3. AVALIAÇÃO DO RISCO DA PESQUISA:

SEM RISCO RISCO MÍNIMO RISCO MÉDIO
RISCO BAIXO RISCO MAIOR

(probabilidade de que o indivíduo sofra algum dano como consequência imediata ou tardia do estudo)

4. DURAÇÃO DA PESQUISA: três anos

III - REGISTRO DAS EXPLICAÇÕES DO PESQUISADOR AO PACIENTE OU SEU REPRESENTANTE LEGAL SOBRE A PESQUISA, CONSIGNANDO:

1. justificativa e os objetivos da pesquisa - Há muito se sabe que a deficiência auditiva traz grande impacto negativo na qualidade de vida dos indivíduos portadores. A importância da identificação precoce da perda auditiva tem sido bem estabelecida e mesmo a presença de uma perda leve bilateral ou unilateral pode resultar em atrasos no desenvolvimento da linguagem e fala, desenvolvimento social, emocional, cognitivo e performance acadêmica. Este estudo tem como objetivo desenvolver um instrumento de triagem à distância para identificação de indivíduos com perda auditiva que necessitam de investigação posterior individualizada e possível reabilitação auditiva. Este modelo corresponderá a uma audiometria computadorizada automática disponível via internet;

2. procedimentos que serão utilizados e propósitos - serão utilizados para esta finalidade um teste com o novo instrumento (audiometria tonal computadorizada automática), e audiometria tonal convencional com e sem cabine acústica; **3. desconfortos e riscos esperados** - não há riscos esperados na aplicação dos testes de audiometria; **4. benefícios que poderão ser obtidos** – validação de um novo método que poderá permitir a triagem de indivíduos com perda auditiva em locais distantes dos grandes centros; **5. procedimentos alternativos que possam ser vantajosos para o indivíduo.**

IV - ESCLARECIMENTOS DADOS PELO PESQUISADOR SOBRE GARANTIAS DO SUJEITO DA**PESQUISA:**

1. acesso, a qualquer tempo, às informações sobre procedimentos, riscos e benefícios relacionados à pesquisa, inclusive para esclarecer eventuais dúvidas.
2. liberdade de retirar seu consentimento a qualquer momento e de deixar de participar do estudo, sem que isto traga prejuízo à continuidade da assistência.
3. salvaguarda da confidencialidade, sigilo e privacidade.

V. INFORMAÇÕES DE NOMES, ENDEREÇOS E TELEFONES DOS RESPONSÁVEIS PELO ACOMPANHAMENTO DA PESQUISA, PARA CONTATO EM CASO DE INTERCORRÊNCIAS CLÍNICAS E REAÇÕES ADVERSAS.

Prof. Dr. Ricardo Ferreira Bento (Pesquisador)
Dr. Victor Eulálio Sousa Campelo (Pesquisador Executor)
Tel: 3069-6288 (secretaria), 3069-6000 (ramal 6581) (pronto-socorro) e 3069-6385 (ambulatório)

VI - OBSERVAÇÕES COMPLEMENTARES

O paciente autoriza o pesquisador a divulgar os dados do estudo, incluindo os exames radiológicos e fotos/vídeos de exames, preservando a identidade do paciente.

VII - CONSENTIMENTO PÓS-ESCLARECIDO

Declaro que, após convenientemente esclarecido pelo pesquisador e ter entendido o que me foi explicado, consinto em participar do presente Protocolo de Pesquisa.

São Paulo,.....de.....de

assinatura do sujeito da pesquisa
ou responsável legal
(carimbo ou nome legível)
Dr. Victor Eulálio S Campelo
CRM 110682

assinatura do pesquisador
(carimbo ou nome legível)
Prof. Dr. Ricardo Ferreira Bento
CRM 33144

Anexo C - Ficha utilizada como protocolo de coleta de dados durante a realização dos testes

Teleaudiometria Automática à distância (Teleaudiômetro para PC)

Data: ____ / ____ /20 ____ N°: _____

Nome: _____

Endereço: _____ N° _____ CEP: _____

Bairro: _____ Cidade: _____ UF: _____

Telefones: _____

Data de nascimento: ____ / ____ / ____ sexo: () 1. masculino () 2. feminino

Cor (etnia): () 1. branco () 2. negro () 3. pardo () 4. oriental () 5. índio

Escolaridade: _____

- () 0. Nenhuma () 1. 1º grau incompleto () 2. 1º grau completo
 () 3. 2º grau incompleto () 4. 2º grau completo () 5. 3º grau incompleto
 () 6. 3º grau completo () 7. pós-graduação

HIPOACUSIA: () 0. Não () 1. Esquerda () 2. Direita () 3. Bilateral

ZUMBIDO: () 0. Não () 1. Esquerda () 2. Direita () 3. Bilateral

OTORRÉIA: () 0. Não () 1. Esquerda () 2. Direita () 3. Bilateral

Outras queixas auditivas: () 0. Não () 1. Sim Quais: _____

Otoscopia:

Orelha esquerda: (_____) Orelha direita: (_____)

1. normal 2. perfuração seca 3. perfuração úmida 4. MT retraída 5.

Timpanosclerose 6.OMS 7. outras: _____

Dificuldade encontrada na realização da:

Teleaudiometria _____

Audiometria de triagem _____

1. muito fácil 2. fácil 3. regular 4. difícil 5. muito difícil

Anexo D - Tabelas 2x2 utilizadas para cálculo do desempenho dos exames de TA e AV frente ao teste padrão de ATP com critérios variados de perda auditiva

Resultados da teleaudiometria quando comparado ao teste padrão de audiometria em cabine acústica (Definição de perda auditiva - OMS, 2000)

		Audiometria de tons puros (critérios de OMS, 2000)	
		Normal	Perda auditiva
Teleaudiometria	Passa	46	0
	Falha	22	5

Resultados da teleaudiometria quando comparado ao teste padrão de audiometria em cabine acústica (definição de perda auditiva pelos critérios de Clark, 1981)

		Audiometria de tons puros (critérios de Clark, 1981)	
		Normal	Perda auditiva
Teleaudiometria	Passa	46	0
	Falha	15	12

Resultados da teleaudiometria quando comparado ao teste padrão de audiometria em cabine acústica (definição de perda auditiva pelos critérios de Clark, 1981, Limiar > 15 dB NA)

		Audiometria de tons puros (critérios de Clark, 1981)	
		Normal	Perda auditiva
Teleaudiometria	Passa	41	5
	Falha	6	21

Resultados da teleaudiometria quando comparado ao teste padrão de audiometria em cabine acústica (definição de perda auditiva pelos critérios de Goldstein, 1984)

		Audiometria de tons puros (critérios de Goldstein, 1984)	
		Normal	Perda auditiva
Teleaudiometria	Passa	46	0
	Falha	20	7

Resultados da audiometria de triagem quando comparado ao teste padrão de audiometria em cabine acústica (definição de perda auditiva - OMS, 2000)

		Audiometria de tons puros (critérios de OMS, 2000)	
		Normal	Perda auditiva
Audiometria de triagem	Passa	44	0
	Falha	24	5

Resultados da audiometria de triagem quando comparado ao teste padrão de audiometria em cabine acústica (definição de perda auditiva pelos critérios de Clark, 1981)

		Audiometria de tons puros (critérios de Clark, 1981)	
		Normal	Perda auditiva
Audiometria de triagem	Passa	43	1
	Falha	18	11

Resultados da audiometria de triagem quando comparado ao teste padrão de audiometria em cabine acústica (definição de perda auditiva pelos critérios de Clark, 1981 - Limiar > 15 DB NA)

		Audiometria de tons puros (critérios de Clark, 1981)	
		Normal	Perda auditiva
Audiometria de triagem	Passa	39	5
	Falha	8	21

Resultados da audiometria de triagem quando comparado ao teste padrão de audiometria em cabine acústica (definição de perda auditiva pelos critérios de Goldstein, 1984)

		Audiometria de tons puros (critérios de Goldstein, 1984)	
		Normal	Perda auditiva
Audiometria de triagem	Passa	44	0
	Falha	22	7

9 REFERÊNCIAS

ANSI - American National Standards Institute. *Maximum permissible ambient noise levels for audiometric test rooms*. New York: The Institute, 1999.

ASHA, 1997 - American Speech-Language-Hearing Association. *The guidelines for audiologic screening*. Disponível em <<http://asha.org>>. Acesso em 10 set. 2008.

ASHA, 2001 - American Speech-Language-Hearing Association. *Telepractices and ASHA: Report of the Telepractices Team* -. Disponível em <<http://asha.org>>. Acesso em 10 set. 2008.

ASHA. 1985 - American Speech-Language-Hearing Association. Guidelines for identification audiometry. 1985; 27(5): 49-52.

ASHA-JCIH, 2007 - American Speech-Language-Hearing Association. Executive summary for JCIH Year 2007 position statement: principles and guidelines for early hearing detection and intervention programs. Disponível em <www.asha.org>. Acessado em 10 set. 2008.

Bamford J, Fortnum H, Bristow K, Smith J, Vamvakas G, Davies L, Taylor R, Watkin P, Fonseca S, Davis A, Hind S. Current practice, accuracy, effectiveness and cost-effectiveness of the school entry hearing screen. *Health Technol Assess.* 2007; 11(32):1-168.

Barlow J, Stewart-Brown S, Fletcher J. Systematic review of the school entry medical examination. *Arch Dis Child.* 1998; 78(4):301-11.

Bento RF. II Campanha Nacional de Prevenção à Surdez. *Arquivos Internacionais de Otorrinolaringologia.* 1999; 3(4): 103.

Béria JU, Raymann BCW, Gigante LP, Figueiredo ACL, Jotz G, Roithman R, Selaimen da Costa s, Garcez v, Scheres C, Smith A. Hearing impairment and socioeconomic factors: a population-based survey of an urban locality in southern Brazil. *Rev Panam Salud Publica.* 2007; 21(6):381-7.

Bhasin TK, Brocksen S, Avchen RN, Braun KVN. *Prevalence of Four Developmental Disabilities Among Children Aged 8 Years - Metropolitan Atlanta Developmental Disabilities Surveillance Program, 1996 and 2000.* January 27, 2006 / 55(SS01);1-9. Disponível em <<http://www.cdc.gov/mmwr/preview/mmwrhtml/ss5501a1.htm>>. Acessado em 15 out. 2008.

Bromwich MA, Parsa V, Lanthier N, Yoo J, Parnes LS. Active Noise Reduction Audiometry: A Prospective Analysis of a New Approach to Noise Management in Audiometric Testing. *Laryngoscope*. 2008; 118(1):104-9.

Burgess LPA, Holtel MR, Syms MJ, Birkmire-Peters DP; Peters LJ, Mashima PAMS. *Overview of telemedicine applications for otolaryngology*. Vol.109(9), Set. 1999; p. 1433-37.

Carhart R. Observations on relations between thresholds for pure tones and for speech. *J Speech Hear Disord*. 1971; 36(4): 476-83.

Choi JM, Lee HB, Park CS, Oh SH, Park KS. PC-based tele-audiometry. *Telemed J E Health*. 2007; 13(5): 501-8.

Clark JG. Uses and abuses of hearing loss classification. *ASHA*. 1981; 23: 493-500.

Conselho Federal de Fonoaudiologia. *Resolução Nº 274, de 20 de Abril de 2001*. Dispõe sobre a atuação do Fonoaudiólogo frente a triagem auditiva escolar. Brasília-DF. Disponível em <www.fonoaudiologia.org.br>. Acesso em 15 ago. 2008.

Conselho Federal de Fonoaudiologia. *Resolução Nº 295, de 22 de Fev 2001*. Dispõe sobre a calibração de equipamentos eletroacústicos utilizados nas avaliações audiológicas e dá outras providências. Brasília-DF. Disponível em <www.fonoaudiologia.org.br>. Acesso em 15 ago. 2008.

Conselhos de Fonoaudiologia. *Manual de orientação ao fonoaudiólogo que atua na área da Audiologia*. Abr 2007. Disponível em <www.fonoaudiologia.org.br>. Acesso em 3 set. 2008.

Cooper JC, Gates G, Owen J, Dickson H. An abbreviated impedance bridge technique for school screening. *J Speech Hear Disord*. 1975; 40(2): 260-9.

Davis H, Silverman SR. Auditory test hearing aids. In: Davis H, Silverman SR. *Hearing and deafness*. Rinehart and Winston: Holt, 1970.

Eikelboom RH, Mbaio MN, Coates HL, Atlas MD, Gallop MA.. Validation of tele-otology to diagnose ear disease in children. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*. 2005; 69:739-44.

Elangovan S. Telehearing and the internet. *Semin Hear*. 2005; 26(1): 19-25.

Ewing A. The sweep frequency method of making screening tests of the hearing of school children. *BMJ*. 1955; 4904:41-2.

FitzZaland RE, Zink GD. A comparative study of hearing screening procedures. *Ear Hear.* 1984; 5:205-10.

Fletcher RH, Suzane WF, Wagner EH. Prevention. In: *Clinical epidemiology: the Essentials*. 3ª ed. Philadelphia. Williams & Wilkins, 1996. pp. 174-194.

French NR, Steinberg JC. Factors governing the intelligibility of speech sounds. *J Acoust Soc Amer.* 1947; 19: 592-99.

Fundação Otorrinolaringologia (FORL). Relatório Final da Campanha Nacional "Quem ouve bem aprende melhor" 1999 e 2001. Disponível em <http://www.forl.org.br/campanhasfd.cfin?id_campanha=2>. Acesso em 10 set. 2008.

Gell FM, White MC, Newell K, Mackenzie I, Smith A, Thompson S, Hatcher J. Practical screening priorities for hearing impairment among children in developing countries. *Bull World Health Organ.* 1992; 70(5): 645-55.

Givens GD, Elangovan S. Internet application to tele-audiology-"nothin' but net". *Am J Audiol.* 2003; 12(2): 59-65.

Goldstein, DP. Hearing impairment, hearing aids and audiology. *ASHA.* 1984; 26(9):24-35, 38.

Gomes M, Lichtig I. Evaluation of the use of a questionnaire by non-specialists to detect hearing loss in preschool Brazilian children. *Int J Rehabil Res.* 2005; 28:171-4.

Hallett CP, Gibbs AC. The effect of ambient noise and other variables on pure tone threshold screening in a population of primary school entrants. *Br J Audiol.* 1983; 17(3): 183-90.

Hammond PD, Gold MS, Wigg NR, Volkmer RE. Preschool hearing screening: evaluation of a parental questionnaire. *J Paediatr Child Health.* 1997; 33: 528-30.

Helander E, Mendis P, Nelson G. *Training the Disabled in the Community, version 2.* Geneva: WHO, 1980.

Holtby I, Forster DP, Kumar U. Pure tone audiometry and impedance screening of school entrant children by nurses: evaluation in a practical setting. *J Epidemiol Community Health.* 1997; 51:711-5.

IBGE. Censo Demográfico 2000. "Deficiência". Disponível em <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2000/populacao/d/eficiencia_Censo2000.pdf>. Acesso em 12 set. 2008.

ISO 8253-1 - *Acoustics - Audiometric test methods - Part 1: basic pure tone air and bone conduction threshold audiometry*, 1989.

Kemper AR, Fant KE, Bruckman D, Clark SJ. Hearing and vision screening program for school-aged children. *Am J Prev Med.* 2004; 26(2), 141-6.

Krumm M; Ribera J; Klich R. Providing basic hearing tests using remote computing technology. *J Telemed Telecare.* 2007; 13(8):406-10.

Lankford JE, Perrone DC, Thunder TD. Ambient noise levels in mobile audiometric testing facilities: compliance with industry standards. *AAOHN J.* 1999; 47(4):163-67.

Lescouflair. G. Critical view on audiometric screening in school. *Arch Otolaryngol.* 1975; 101(8):469-73.

Lichtenstein MJ, Bess FH, Logan SA. Diagnostic performance of the hearing handicap inventory for the elderly (screening version) against differing definitions of hearing loss. *Ear Hear.* 1988; 9(4): 208-11.

Lieu JE. Speech-language and educational consequences of unilateral hearing loss in children. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg.* 2004; 130(5):524-30.

Lyons A, Kei J, Driscoll C. Distortion product otoacoustic emissions in children at school entry: a comparison with pure-tone screening and tympanometry results. *J Am Acad Audiol.* 2004; 15:702-15.

Mangabeira PL, Bento RF. A fonoaudiologia na campanha. *Acta AWHO*. 2000; 19(4): 211-12.

McCurdy JA, Goldstein JL, Gorski D. Auditory screening of preschool-children with impedance audiometry - Comparison with pure-tone audiometry - detecting otologic disease prior to onset of hearing-loss. *Clin Pediatr*. 1976; 15:436-41.

New Zealand Health Technology Assessment. Screening programmes for the detection of otitis media with effusion and conductive hearing loss in pre-school and new entrant school children: a critical appraisal of the literature [structured abstract]. *NZ Health Technol Assess*. 1998; 3(61).

Nienhuys TG, Boswell JB, McConnel FB. Middle ear measures as predictors of hearing loss in Australian aboriginal schoolchildren. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*. 1994; 30:15-27.

Niskar AS, Kieszak SM, Holmes A, Esteban E, Rubin C, Brody DJ. Prevalence of hearing loss among children 6 to 19 years of age: the third National Health and Nutrition Examination Survey. *JAMA*. 1998; 279(14):1071-5.

Nozza RJ, Sabo DL, Mandel EM. A role for otoacoustic emissions in screening for hearing impairment and middle ear disorders in schoolage children. *Ear Hear*. 1997; 18:227-39.

Olusanya BO. Classification of childhood hearing impairment: implications for rehabilitation in developing countries. *Disabil Rehabil.* 2004; 26:20, 1221-8.

Olusanya BO. Early detection of hearing impairment in a developing country: what options? *Audiology.* 2001; 40:141-7.

Organização Mundial de Saúde. Global burden of hearing loss in the year 2000. Global burden of Disease 2000 - World Health Organization. 2000. Disponível em <<http://www.who.int>>. Acesso em 12 set. 2008.

Organização Mundial de Saúde. International Classification of Functioning, Disability and Health (ICF). Geneva. 2001. Disponível em <<http://www.who.int>>. Acesso em 12 set. 2008.

Organização Mundial de Saúde. Report of the First Informal Consultation on Future Programme Developments for the Prevention of Deafness and Hearing Impairment. Geneva, 23 - 24 Jan 1997, WHO/PDH/97.3 Disponível em <<http://www.who.int>>. Acesso em 12 set. 2008.

Orlando MS, Frank T. Audiometer and AudioScope hearing screening compared with threshold test in young children. *J Pediatr.* 1987;110:261-3.

Pang-Ching G, Robb M, Heath R, Takumi M. Middle ear disorders and hearing loss in native Hawaiian preschoolers. *Language.* 1995; 26:33-8.

Pepper JP, Jackson RP, Crumley RL, Wong BJ. Design of a low-cost, USB-compatible, otoscope image-capture system. *Laryngoscope*. 2006; 116(12): 2224-6.

Pirozzo S, Papinczak T, Glasziou P. Whispered voice test for screening for hearing impairment in adults and children: systematic review. *BMJ*. 2003; 327: 967.

Prescott CA, Omoding SS, Fermor J, Ogilvy D. An evaluation of the 'voice test' as a method for assessing hearing in children with particular reference to the situation in developing countries. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*. 1999; 51:165-70.

Ribas A, Costa T. *Conselhos de Fonoaudiologia: Manual de orientação ao fonoaudiólogo que atua na área da Audiologia*. Bauru, 2004. Disponível em <http://www.fonoaudiologia.org.br/doc/manual_fono.pdf>. Acesso em 12 set. 2008.

Roush J, Drake A, Sexton JE. Identification of middle ear dysfunction in young children: a comparison of tympanometric screening procedures. *Ear Hear*. 1992; 13:63-9.

Sabo MP, Winston R, Macias JD. Comparison of pure tone and transient otoacoustic emissions screening in a grade school population. *Am J Otolaryngol*. 2000; 21:88-91.

Schow, RL. Considerations in selecting and validating an adult/elderly hearing screening protocol. *Ear Hear.* 1991; 12:337-48.

Silva, KAL; Novaes, BACC; Lewis, DR; Carvalho, RMM. Achados timpanométricos em neonatos com emissões otoacústicas presentes: medidas e interpretações. *Rev Bras Otorrinolaringol.* 2007; 73(5): 633-9.

Stark EW, Borton TE. Noise-excluding enclosure for audiometry. *Audiology.* 1975; 14(3):232-7.

Towners AD, Pisa J, Froelich 1M. Krumm M. The reliability of lick-evoked and frequency-specific auditory brainstem response testing using telehealth technology. *Semin Hear.* 2005; 26(1):26-34.