



COMPARAÇÃO DAS MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS DO MEATO ACÚSTICO EXTERNO, POR TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA.

Juan Carlos Soares Vidal¹; Janaina Benício Marques²; Rafael Grotta Gempel³; Laura Fernanda Rückel⁴; Mário César Furtado da Costa⁵; Maroan Soraia Santos Navas Ribeiro⁶; Maria Carolina Bandeira Macena⁷

¹ Vidal, J.C.S.- [juanvidal.jsv@gmail.com] Técnico em Radiologia

² Marques, J.B. - [janabeniciocg@gmail.com] Fonoaudióloga, Mestre em Ciências e Tecnologia aplicada à saúde (NUTES/UEPB)

³ Gempel, R.G. - [rafaelgrotta@hotmail.com] Cirurgião-Dentista, Mestre e Doutor pela FOP-UNICAMP

⁴ Rückel, L.F. - [lauraruckel@yahoo.com.br] Tecnóloga em Radiologia pelo CEFET, especialista em MBA em Tomografia Computadorizada e Ressonância Magnética pela

⁵ Costa, M.C.F. - [marioddi@hotmail.com] Cirurgião Dentista pela UFPB,

⁶ Ribeiro, M.S.S.N. - [navasribeiro.maroan@gmail.com] Tecnóloga em Radiologia, Pós- Graduada em Radioproteção, Mestre em Tecnologia em Saúde- Ênfase em Engenharia Biomédica.

⁷ Macena, M.C.B. - [lcbandeira79@hotmail.com] Cirurgiã Dentista, Doutora em Odontologia (Odontopediatria) pela UPE, Docente do Curso de Odontologia.

Resumo OBJETIVO: Comparar as medidas antropométricas do Meato Acústico Externo obtidos por tomografia computadorizada (TC) e por método convencional de pré-moldagem. **METODOLOGIA:** Foram analisadas as medidas antropométricas em 30 orelhas de 15 voluntários, os quais foram submetidos aos dois processos de obtenção de medidas, exame de tomografia computadorizada, compondo o grupo caso, e pré-moldagem constituindo o grupo controle. Após a obtenção do molde e do biomodelo a aferição foi realizada pelo método do estudo cego. **RESULTADOS:** As medidas lineares antropométricas por orelha, em cada uma das formas de avaliação (pré-molde convencional e biomodelo), demonstraram diferenças significativas ($p < 0,05$) entre as formas de avaliação nas variáveis "Incisura Intertrágica – Bordo superior da Concha", "Comprimento do encaixe", "Profundidade de Meato Acústico Externo" e "Espessura do MAE". **CONCLUSÃO:** Diante do exposto, verifica-se que é possível obter moldes auriculares a partir de imagens tomográficas com resultados mais favoráveis do que com moldes convencionais.

Palavras Chave: Biomodelo; Tomografia Computadorizada; Impressão 3D.

Abstract OBJECTIVE: To compare the anthropometric measurements of the external acoustic meatus obtained by computed tomography and by the conventional pre-molding method. **METHODOLOGY:** The anthropometric measures were analyzed in 30 ears of 15 volunteers, who were submitted to the two processes of obtaining measurements, computed tomography examination composing the case group and pre-molding constituting the control group. After obtaining the template and the biomodel, the measurement was performed by the blind study method. **RESULTS:** The linear anthropometric measures per ear in each of the evaluation forms: conventional preform and Biomodelo, significant differences ($p < 0.05$) were verified between the evaluation forms in the variables "Intertragic Incision - Concha upper lip", "Length of the socket" "Depth of external acoustic meatus", "WEM thickness" on each ear. **CONCLUSION:** In view of the above, it is possible to obtain auricular molds from tomographic images with more favorable results than with conventional molds.

Keywords: Biomodelo; Computed Tomography; 3D Printing

INTRODUÇÃO

A perda auditiva possui grande impacto para a comunicação, bem-estar psicossocial, qualidade de vida e independência econômica dos acometidos.

A atenção à saúde auditiva tem merecido destaque como desafio à saúde pública (BARAKY et al., 2012; BEVILACQUA et al., 2013; FERNANDES et al., 2014; OLUSANYA et al., 2014).

Dentre os recursos disponíveis para o tratamento da perda auditiva do tipo sensorioneural, a prótese auditiva é o método mais popular usado para reabilitação. Em meio a suas finalidades está o auxílio na comunicação e a minimização de sintomas causados pelo déficit auditivo.

No entanto, apesar dos avanços tecnológicos, o protocolo de seleção e adaptação exige um processo criterioso que envolve desde a escolha das características e modelo da prótese, decisão sobre a adaptação mono ou binaural, até a confecção artesanal dos moldes auriculares, sendo que este último pode sofrer interferências de fatores como experiência profissional e condições de armazenamento dos materiais utilizados (IWAHASHI et., 2011).

Considerando a possibilidade de excluir os fatores subjetivos de interferência da confecção do molde auditivo, e levando em conta a gama de aplicabilidade da Tomografia computadorizada (TC) associada a impressora 3D, que abrangem os moldes ou modelos de tecidos vivos; além de ater-se à necessidade de avanços no campo da tecnologia em saúde, particularmente direcionada ao Sistema Único de Saúde do Brasil; o presente estudo teve como objetivo comparar as medidas antropométricas do Meato Acústico Externo (MAE), obtidas por tomografia computadorizada e pelo método convencional de pré-moldagem.

METODOLOGIA

O presente estudo caracterizou-se pela natureza quali-quantitativa, na qual utilizou-se o método de pesquisa descritivo para a execução de um estudo experimental. O universo da pesquisa constituiu-se de 1110 pacientes com queixas ou sintomas auditivos e/ou otológicos; atendidos em uma clínica privada de audiologia da cidade de Campina Grande, Paraíba, Brasil.

Tendo em vista de que se trata de um estudo pioneiro e a dependência do Sistema Único de Saúde para a realização dos exames, foi utilizado um pequeno número amostral, de 15 voluntários, composta por 30 orelhas (direita e esquerda). Os sintomas auditivos e/ou otológicos apresentados por esta amostra foram: zumbido, plenitude auditiva, tontura e hipoacusia; cujas presenças justificavam a realização de exames por imagem.

A amostra foi selecionada levando em consideração a idade do paciente e a condição neurofisiológica. Foi utilizado como critérios de exclusão pacientes com idade inferior a 18 anos e pacientes que apresentam comprometimento neurológico e cognitivo. Foi utilizado como critérios de inclusão os voluntários que aceitarem participar desta pesquisa, maiores de idade e com indicação de realização de exames por imagem em decorrência de sintomas auditivos e/ou otológicos.

Seguindo os preceitos da Resolução do Conselho Nacional de Saúde do Ministério da Saúde (CNS/MS) 466/12, a qual regulamenta a ética da pesquisa que envolve seres humanos no Brasil, o estudo foi desenvolvido na cidade de Campina Grande – PB, sendo aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Estadual da Paraíba, protocolo nº 53877116.2.0000.5187, datado de 16 de março de 2016. Os participantes foram informados previamente sobre a natureza da pesquisa, riscos e benefícios da mesma.

Para avaliação estrutural dos modelos (pré-molde e biomodelo) e moldes obtidos, foi realizada uma inspeção clínica visual, bem como uma análise das dimensões estruturais destes, com o uso de paquímetro digital (Stainless Hardened®), a fim de coletar e registrar as informações obtidas.

A presente pesquisa constituiu-se das seguintes etapas:

- Confecção do pré-molde de silicone com massa de modelagem e catalizador Otoform A/K®, realizada em clínica privada durante o processo de atendimento do participante.
- Realização das Tomografias Computadorizadas do osso temporal, em um tomógrafo Brilliance Mutislice de 64 canais - Philips®, do Hospital de Emergência e Trauma Dom Luiz Gonzaga Fernandes (Figuras 1, 2 e 3).

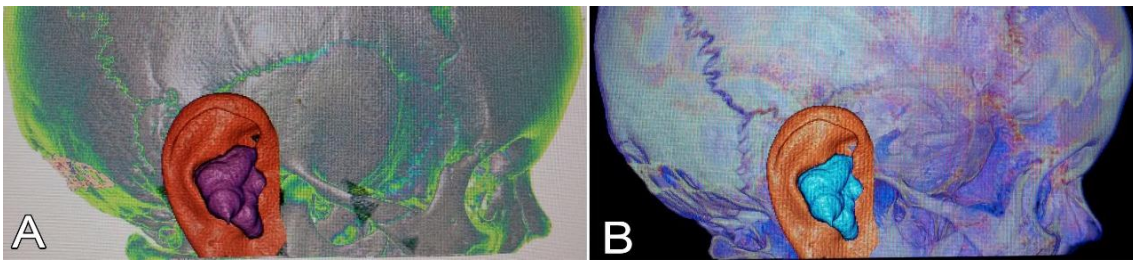


FIGURA 1. Reconstrução do exame de Tomografia Computadorizada da Mastoide em 3D, evidenciando o pré molde convencional de silicone, observados nas imagens (A, B).

Fonte: Hospital de Emergência e Trauma de Campina Grande Don Luiz Gonzaga Fernandes (Abril, 2016).

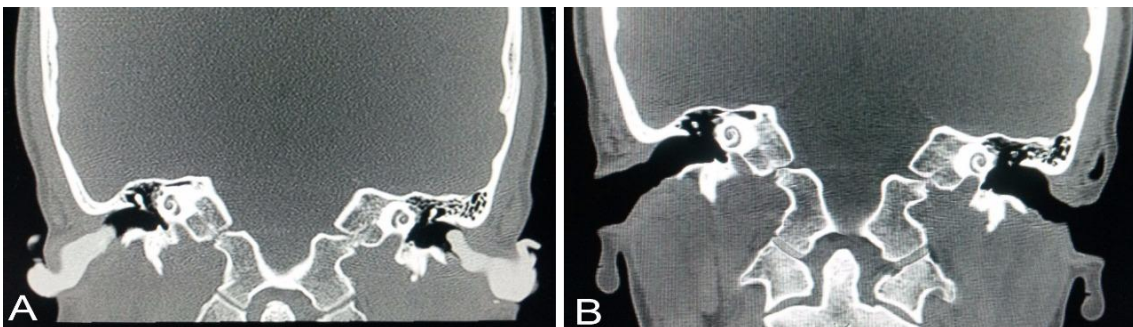


FIGURA 2. Imagens de Tomografia Computadorizada das Mastoides no plano coronal, evidenciando o pré molde convencional de silicone no meato acústico externo, observado na imagem (A). Imagem (B), evidenciando meato acústico externo sem o pré molde convencional de silicone.

Fonte: Hospital de Emergência e Trauma de Campina Grande Don Luiz Gonzaga Fernandes (Abril, 2016).

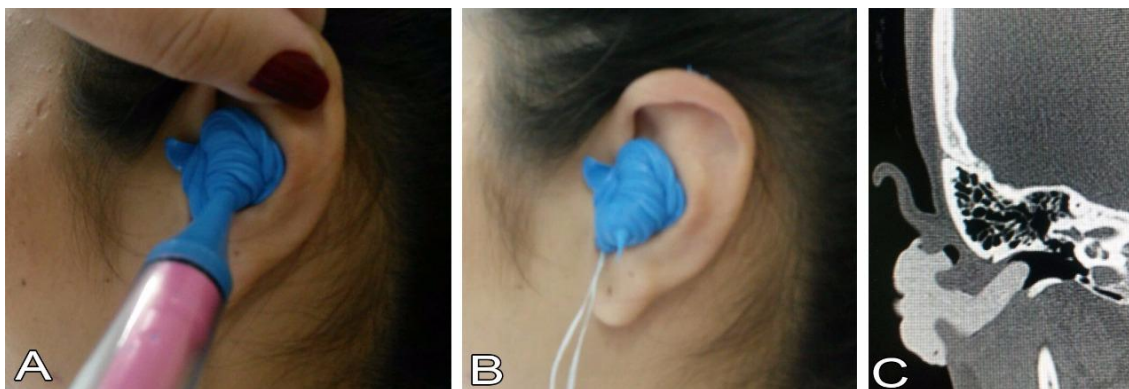


FIGURA 3. (A) Imagem evidenciando a colocação do pre molde convencional de silicone. (B) Imagem evidenciando o pre molde pronto para retirada já seco. (C) Imagem de Tomografia Computadorizada da Mastoide evidenciando o pre molde já modelado no meato acústico externo.

Fonte: Hospital de Emergência e Trauma de Campina Grande Don Luiz Gonzaga Fernandes (Abril, 2016).

- Aquisição do protótipo personalizado, por meio da metodologia de digitalização de dados tomográficos em arquivos STL adotada por Roca (2013), na qual a tomografia de mastoide foi analisada por um médico radiologista, através de reconstruções: axial, coronal, sagital e 3D, considerando como limite anatômico para os cortes tomográficos a hélice e lóbulo do pavilhão auricular.

- Produção do molde auricular em silicone, realizada a partir do pré-molde, confeccionado pelo método convencional e também do biomodelo obtido por impressão em 3D, conforme Procedimento Operacional Padrão (POP) no laboratório Audisonic® na cidade de Recife (PE).

- Aferição das peças, com o uso de um Paquímetro Digital (Digital Coliper – Lotus®), conforme a Figura 4.

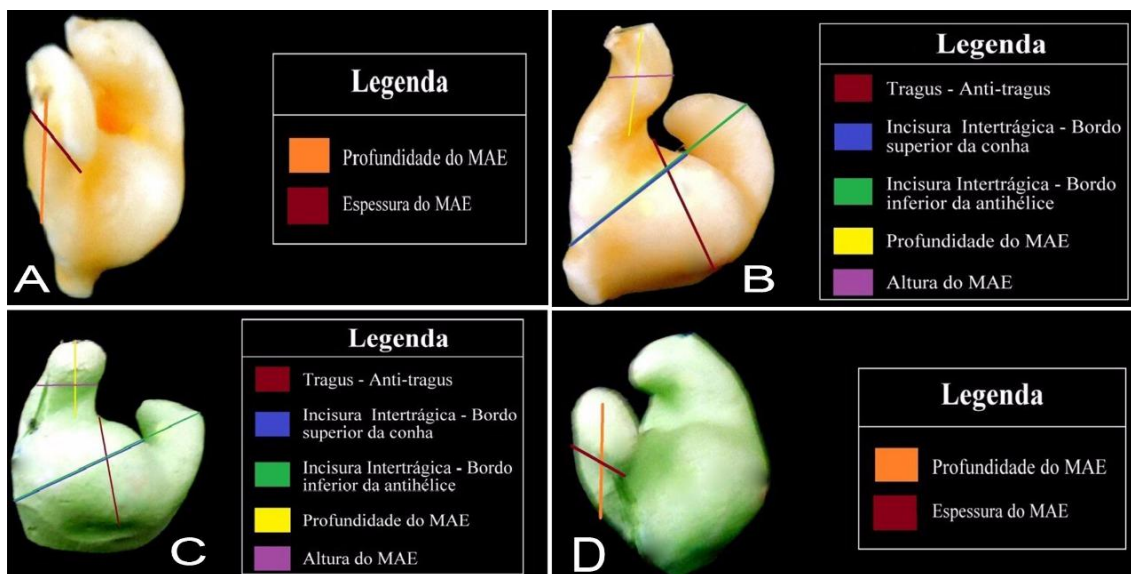


FIGURA 4. Análises antropométricas no biomodelo obtidas na impressora 3D, imagem (A, B). Análises antropométricas obtidas no pré-molde convencional, observado nas imagens (C, D).

Em seguida realizou-se o processo de digitalização de imagens tomográficas em arquivos SLT corresponde a base para o design e fabricação de próteses propiciando a produção do biombo em impressora 3D pelo método proposto (TC), cujo processo seguiu as seguintes fases:

- Geração do arquivo STL pelo software de livre acesso, InVesalius 3.0.
- Edição do arquivo STL: utilizando o Magic 13.0 (software para desenho), removendo detalhes indesejados, identificando contornos e dividindo o arquivo para posterior engenharia reversa.
- Obtenção do modelo tridimensional (3D), que consistiu na realização do projeto nos softwares Geomagic Studio 2012, Mimics®, Blender, Meshlab, os quais definiram tanto a geometria, quanto as propriedades finais.
- Estratégia de produção, em que foram considerados fatores, como qualidade de material, tempo de produção e qualidade superficial desejada, buscando obter o menor custo possível.
- Registro em fichas individuais das medidas antropométricas lineares (obtidas com o Paquímetro) das estruturas que compõe o meato acústico externo, as quais entram em contato e delimitam as dimensões do molde auditivo (Tragus e Antitragos; Incisura Intertrágica e Bordo superior da concha; Incisura Intertrágica e Bordo Inferior da Antihélice; Comprimento do encaixe; Profundidade, Altura e Espessura do Meato Acústico Externo - MAE).
- Obtenção dos biomodelos em escala de 1:1, por meio da impressora uPrint (Stratasys®) (Figura 5), a qual utiliza o Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS), um copolímero composto da combinação de acrilonitrila (24%), butadieno (6%) e estireno (70%).



FIGURA 5. : Análises antropométricas realizadas com paquímetro digital, observada na imagem (A). Impressora uPrint 3D(Stratasys®) observada na imagem (B).

Fonte: <<http://centrootorriodf.com.br/anatomia/ouvido.php>>. Acesso em jun. 2016

- Apresentação dos biomodelos a uma junta de profissionais, para apreciação da fidelidade da bioimpressão por meio da inspeção visual, comparando dimensões, forma e acabamento.

RESULTADOS

No que concerne a avaliação dos moldes, antes das mensurações com o paquímetro digital, inspecionou-se visualmente o material enviado ao laboratório, constatando que o produto obtido apresentou discrepâncias entre os moldes de silicone confeccionados tanto pelo método convencional quanto pelo método proposto por tomografia computadorizada (TC).

A tabela 1 contém resultados das medidas lineares antropométricas por orelha de cada uma das formas de avaliação: Pré- molde convencional, silicone convencional, Bio modelo de molde proposto. Desta tabela com exceção das variáveis “Tragus” e “Incisura Intertragica” : bordo inferior da “anti-hélice” se verifica diferenças significativas ($p < 0,05$) entre as formas de avaliação de cada uma das orelhas.

Tabela 1: Estatísticas das medidas lineares antropométricas por orelha e forma de avaliação. .

Forma de Avaliação					
Variável	Pré- molde Média ± DP	Molde Convencional Média ± DP	Biomodelo Média ± DP	Molde Proposto Tomografia Média ± DP	V
Tragus					
Orelha direita	15,75 ± 1,74	15,71 ± 1,51	15,91 ± 2,12	15,46 ± 1,86	$P^{(1)}=0,184$
Orelha esquerda	15,35 ± 1,88	15,19 ± 1,68	15,51 ± 2,35	15,31 ± 2,17	$P^{(1)}=0,637$
Valor de p	$P^{(3)} = 0,198$	$P^{(3)} = 0,068$	$P^{(3)} = 0,246$	$P^{(3)} = 0,619$	
Incisura intertrágica: Bordo superior concha					
Orelha direita	20,16 ± 4,93 ^(A)	19,96 ± 4,969 ^(AB)	20,18 ± 4,75 ^(A)	19,55 ± 4,53 ^(B)	$P^{(2)}=0,021^*$
Orelha esquerda	20,43 ± 5,26 ^(A)	19,97 ± 5,21 ^(AB)	20,06 ± 5,25 ^(AB)	19,43 ± 4,63 ^(B)	$P^{(1)}=0,015^*$
Valor de p	$P^{(3)} = 0,276$	$P^{(3)} = 0,984$	$P^{(3)} = 0,691$	$P^{(3)} = 0,599$	
Incisura intertrágica: Bordo inf. da anti-hélice					
Orelha direita	22,18 ± 3,98	22,09 ± 4,08	22,76 ± 4,64	22,29 ± 4,39	$P^{(1)}=0,118$
Orelha esquerda	22,51 ± 3,86	22,29 ± 3,97	22,62 ± 3,99	22,10 ± 4,13	$P^{(1)}=0,271$
Valor de p	$P^{(3)} = 0,317$	$P^{(3)} = 0,416$	$P^{(3)} = 0,688$	$P^{(3)} = 0,358$	

Comprimento do encaixe					
Orelha direita	15,75±5,30 ^(AB)	14,59±4,50 ^(AB)	16,23±5,98 ^(A)	14,04±4,76 ^(B)	P ⁽¹⁾ =0,002*
Orelha esquerda	15,67±5,22 ^(A)	14,61±4,46 ^(BC)	15,74±6,14 ^(AB)	13,98±4,87 ^(C)	P ⁽¹⁾ =0,001*
Valor de p	P⁽³⁾ = 0,775	P⁽³⁾ = 0,957	P⁽³⁾ = 0,237	P⁽³⁾ = 0,906	
Profundidade do MAE					
Orelha direita	12,95±6,34 ^(A)	12,31±5,95 ^(B)	12,53±6,19 ^(AB)	10,67±5,07 ^(C)	p(1) = 0,007*
Orelha esquerda	13,78±7,40 ^(A)	12,41±6,34 ^(B)	13,29±6,21 ^(A)	11,39±5,53 ^(C)	p(1) = 0,002*
Valor de p	P⁽³⁾ = 0,126	P⁽³⁾ = 0,482	P⁽³⁾ = 0,033*	P⁽³⁾ = 0,129	
Espessura do MAE(altura)					
Orelha direita	8,51±1,06 ^(A)	8,28±1,05 ^(AB)	8,26±1,08 ^(A)	7,74±1,15 ^(B)	p(1) = 0,001*
Orelha esquerda	8,68±1,20 ^(A)	8,63±1,32 ^(A)	7,99±1,34 ^(B)	7,63±1,32 ^(C)	p(1) < 0,001*
Valor de p	P⁽³⁾ = 0,491	P⁽³⁾ = 0,257	P⁽³⁾ = 0,257	P⁽³⁾ = 0,605	
Espessura do MAE(largura)					
Orelha direita	5,80±1,29 ^(A)	5,87±1,24 ^(A)	4,69±1,19 ^(B)	4,51±1,11 ^(B)	p(1) < 0,001*
Orelha esquerda	5,63±1,39 ^(AB)	5,63±1,34 ^(AB)	5,21±1,50 ^(A)	4,87±1,34 ^(B)	p(1) = 0,036*
Valor de p	P⁽³⁾ = 0,409	P⁽³⁾ = 0,220	P⁽³⁾ = 0,121	P⁽³⁾ = 0,253	

(*) Diferença significativa ao nível de 5,0%.

(1) Através do teste F(ANOVA) para medidas repetidas pelas comparações pareadas de Bonferroni.

(2) Através do teste F(ANOVA) para medidas repetidas pelas comparações pareadas de LSD.

(3) Através do teste t-Student pareado.

Obs.: Se todas as letras entre parênteses são distintas, comprova-se diferença significativa entre as formas de avaliação correspondente.

Para as variáveis com diferenças significativas, destaca-se que as médias foram correspondentemente menores no molde proposto (TC) do que na forma convencional.

Na “Incisura Intertrágica”: bordo superior da concha” foram registradas diferenças significativas: na orelha direita entre molde proposto (TC) (19,55); com o pré-molde (20,16); e o biomodelo (20,18). Na orelha esquerda entre o molde proposto (TC) (19,43); e o pré-molde (20,43).

Na “profundidade do MAE” houve diferenças significativas: na orelha direita do molde proposto (10,67); do pré-molde, molde convencional (TC) e biomodelo (12,95, 12,31 e 12,53 respectivamente). Na orelha esquerda do molde proposto (TC) e do molde convencional (11,39 e 12,41); do biomodelo e pré-molde (13,29 e 13,78).

Para a “Espessura do MAE (altura)” na orelha direita, entre o molde

proposto (TC) (7,74); com as formas de biomodelo (8,26) e pré-molde (8,51). Na orelha esquerda exceto entre o pré-molde e molde convencional (8,68 e 8,63); e as médias do molde proposto (TC) e biomodelo foram 7,63 e 7,99 respectivamente.

Para a “Espessura do MAE (largura)” na orelha direita, os modelos propostos (TC) e biomodelo (4,51 e 4,69) foram diferentes de pré-molde e molde convencional (5,80 e 5,87); e na orelha esquerda entre molde proposto (TC) e biomodelo (4,87 x 5,21); no volume na orelha direita das avaliações molde proposto (TC) e molde convencional (3,15 e 3,34); dos pré-molde e biomodelo (4,63 e 4,33); e na orelha esquerda entre o modelo proposto (2,99) de todas as avaliações; e pré-molde de todas as avaliações (4,80); sendo que as médias do molde convencional e biomodelo foram 3,59 e 3,97 respectivamente.

DISCUSSÃO

Foram encontradas discrepâncias entre os pré-moldes, os biomodelos, e os moldes de silicone confeccionados. Métodos alternativos como o scanner a laser 3D avaliado por Unal et al., (2008), ou a substituição do trabalho artesanal pelo uso dos softwares CAD/CAM proposta por Sickel et al., (2007), podem alcançar uma configuração adequada, capaz de conceber modelos tão bons ou superiores quanto a eficiência funcional, o conforto ao paciente, a repetitividade do processo, bem como o rendimento dos profissionais audiológicos.

Os resultados obtidos nas aferições confrontam o estudo de Paulsen et al., (2002), no qual foi descrito um modelo de customização do canal auditivo a partir da varredura de superfície por laser; obtidos por testes relacionados ao tamanho e forma do canal auditivo, em um conjunto com 29 impressões de ouvido. Neste estudo constatou-se que seria possível obter um modelo do CAE humano estatisticamente significativo, respeitando a complexidade anatômica deste.

No que se refere as diferenças dimensionais relativas ao pré-molde e o biomodelo, os achados concordam com a investigação de Nouri et al., (2016), que ao avaliar as peças obtidas, a partir do processo de manufatura aditiva, verificou-se que o fato do material não ser fundido de forma contínua pode ocasionar diferenças milimétricas, porém com nível de porosidade aceitável com valor abaixo de 6%. É importante lembrar que a inspeção clínica dos moldes de silicone em comparação aos modelos (pré-molde e biomodelo) mostrou haver divergência entre estes, o que pode indicar uma deficiência no processo de fabricação dos moldes de silicone.

Gao; Jarng (2009) compararam a técnica de manufatura aditiva para auxiliares de audição e a técnica convencional, e verificaram que as cápsulas para aparelhos intra-canaís, obtidas a partir da manufatura aditiva, apresentaram um impacto positivo, tanto na qualidade da produção e montagem dos aparelhos, quanto na adaptação dos pacientes, apontando também para uma possibilidade de redução de tempo e custos de fabricação.

Com relação a diferença anatômica da amostra, esta deve-se ao fato da amostra ser aleatória, tendo em vista que não houve uma padronização dos participantes desta pesquisa. Além disso, as medidas e formas da orelha são altamente variáveis e específicas para cada indivíduo, podendo inclusive ser utilizada para fins de identificação biométrica (ZEMLIN, 2000).

Sobre o processo de impressão, a impressora uPrint (Stratasys®) utiliza o Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS), um copolímero composto da combinação de acrilonitrila (24%), butadieno (6%) e estireno (70%). Ele possui uma resistência tênsil de 43.8 Mpa, alongamento a pausa de 114%, e resistência inicial de 18,000 N/m (Yao et al., 2016). Este material é conhecido por possuir uma grande tenacidade, estabilidade dimensional e ser de baixo custo (SALINAS et al., 2016).

Em relação a indicação do método proposto (TC), a curto prazo incluem-se pacientes com complicações otológicas que contraindicam a realização da pré-moldagem convencional, como por exemplo pacientes com histórico de perfuração timpânica, bolsa de retração, tubos de ventilação e/ou canal em parede da cavidade mastóide, bem como pacientes portadores de necessidades especiais.

Os valores médios das estatísticas, das medidas tomadas, dos moldes convencionais e do método proposto (TC), foram comparados e observou-se algumas diferenças significativas de um para o outro, mas dentro das margens aceitáveis.

O desempenho resultado dos moldes feitos pelo método proposto (TC) foram mais favoráveis, pelo fato de que a Tomografia Computadorizada apresenta reprodução mais fidedigna à anatomia de interesse, e logicamente de suas medidas. Além disso as imagens obtidas podem ser armazenadas por longa data.

O molde convencional apresenta vários fatores que podem interferir em suas medições, como o armazenamento dos materiais em condições não favoráveis, ambientes quentes ou frios que podem danificar o material. A experiência de quem está preparando o molde é outro fator de relevância que pode interferir na qualidade da sua obtenção; pois o quanto misturar das proporções do catalizador, da massa modeladora, quanto também o tempo que vai deixar este molde na orelha do paciente, e ainda como vai armazenar este molde depois de pronto (tendo em vista sua durabilidade de dois meses), pode variar de profissional para profissional.

COMCLUSÃO

Enquanto o molde convencional tem todas estas peculiaridades que podem interferir no processo e alterar a tomada de medidas do ouvido, a Tomografia Computadorizada mostra-se como um exame completamente objetivo, que fornecerá as medidas exatas, sem nenhuma interferência humana que possa provocar alguma alteração.

REFERÊNCIAS

1. BARAKY, L. R.; et al. Disabling hearing loss prevalence in Juiz de Fora, **Brazil. Braz J Otorhinolaryngol**, v. 78, n. 4, p. 52-8, 2012.
2. BERMAN, B. 3-D printing: The new industrial revolution. **Business Horizons**, v. 55, n. 2, p. 155-62, 2012.
3. BEVILACQUA, M. C.; et al. Survey of hearing disorders in an urban population in Rondonia. **Rev Saúde Públ**, v. 47, n. 2, p. 309-15, 2013.
4. Secretaria de Atenção em Saúde. Portaria Nº 587/SAS/MS de 07 de outubro de



2004. **Determina a organização e implantação de Redes Estaduais de Atenção à Saúde Auditiva.** Brasília: Ministério da Saúde, 2004.
5. Secretaria de Atenção em Saúde. Portaria Nº 589/SAS/MS de 08 de outubro de 2004. **Trata dos mecanismos de atenção à saúde auditiva no Sistema Único de Saúde – SIA/SUS.** Brasília: Ministério da Saúde, 2004.
 6. FERNANDES, D. G. D.; SOUSA, P. C.; COSTA-GUARISCO, L. P. Estudo do reconhecimento de fala nas perdas auditivas neurossensoriais descendentes. **Rev CEFAC**, v. 16, n. 3, p. 792-797, 2014.
 7. GAO, T.; JARNG, S. S. Design and realization of hearing aids based 3D rapid shell mold ing CAD/CAM. In: **Industrial Electronics**, 2009. ISIE 2009. IEEE International Symposium on. IEEE, 2009. p. 1488-1492.
 8. IWAHASHI, J. H. et al. Protocolo de seleção e adaptação de prótese auditiva para indivíduos adultos e idosos. **Int Arch Otorrinolaringol**, v. 15, n. 2, p. 214-22, 2011.
 9. NOURI, H.; et al. Structural imperfections in additive manufacturing perceived from the X-ray micro-tomography perspective. **Journal of Materials Processing Technology**, v. 234, p. 113–24, 2016.
 10. OLUSANYA, B. O; NEUMANN K. J.; SAUNDERS, J. E. The global burden of disabling hearing impairment: a call to action. **Bull World Health Organ**, v. 92, n. 5, p. 367-73, 2014.
 11. PAULSEN, R.; et al. Building and testing a statistical shape model of the human ear canal. In: **MICCAI 2002— medical image computing and computer-assisted intervention—part II**. 2002. p. 373–80.
 12. RAYNA, T.; STRIUKOVA, L. From rapid prototyping to home fabrication: How 3D printing is changing business model innovation. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 102, p.214-224, 2016
 13. ROCA, G. B. **Comparação da volumetria orbital obtida através de tomografia e prototipagem rápida.** 2013. 83f. Dissertação (Mestrado em Clínica Cirúrgica) – Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2013.
 14. SALINAS, G. Acrylonitrile-Butadiene-Styrene (ABS) is one of the most widely used and, **versatile, thermoplastics.** Disponível <http://www.steinwall.com/wpcontent/uploads/2016/05/Acrylonitrile-Butadiene-Styrene-ABS.pdf>> Acesso em: 12 jan. 2016.
 15. SICKEL, K., et al. Shortest path search with constraints on surface models of in-ear hearing aids. In: 52. **IWK, Internationales wissenschaftliches colloquium** 2007. p.221-6
 16. UNAL, G. Customized design of hearing aids using statistical shape learning. **Med Image Comput Assist Interv**, v. 11, n. 1, p.518-26, 2008.
 17. ZEMLIN, W. R. **Princípios de anatomia e fisiologia em fonoaudiologia.** 4ª ed. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 2000. 626p.
 18. YAO, Z et al. **Study on the surface properties of colored talc filler (CTF) and mechanical performance of CTF/acrylonitrile-butadiene-styrene composite.** *Journal of Alloys and Compounds*. v.676.p.513-20, 2016.