

IDENTIFICAÇÃO HUMANA: USO DA FOTOGRAMETRIA DE MANDÍBULAS PARA A DIAGNOSE SEXUAL

HUMAN IDENTIFICATION: USE OF MANDIBLE PHOTOGRAMMETRY FOR SEX DIAGNOSIS

Recebido em: 22/07/2023

Aceito em: 17/10/2023

Rennan Silva Félix¹ 
Universidade de Pernambuco

Maria Izabel Cardoso Bento² 
Universidade de Pernambuco

Marcus Vitor Diniz de Carvalho³ 
Universidade de Pernambuco

Evelyne Pessoa Soriano⁴ 
Universidade de Pernambuco

Resumo: O presente estudo realizou a fotogrametria de mandíbulas pertencentes à coleção osteológica do Centro de Estudos em Antropologia Forense da Faculdade de Odontologia da Universidade de Pernambuco (CEAF/FOP/UPE), com o intuito de verificar sua aplicabilidade para a diagnose sexual. Foram examinadas 100 mandíbulas de esqueletos com idades acima dos 20 anos, de ambos os sexos, com as regiões de ramo e côndilo mandibulares íntegras. Foram obtidas imagens fotográficas, seguidas do processamento geração de malhas 3D, através do software e medição virtual de cada peça, assim também como as mensurações do ramo e do côndilo das mandíbulas de forma física, para comparação com o método digital. Os dados foram analisados por meio de estatística descritiva e exploratória e comparados com as medidas manuais das peças ósseas, obtendo-se uma semelhança significativa entre as variáveis: MnRB-D, MnRB-E, MxRB-D, MxRB-E, CC-D, CC-E, LC-D, LC-E, com desvio-padrão entre 1,2 e 4,0mm e média geral com variância entre 0,1 e 0,9mm. A técnica de fotogrametria de mandíbulas, e sua consequente medição, podem complementar a perícia de identificação humana, na investigação da diagnose sexual, obtendo uma acurácia de 68.9% para o modelo manual e 72,4% para o virtual, através de script de regressão logística.

Palavras-chave: Antropologia Forense; Identificação humana; Dimorfismo sexual; Mandíbula; Fotogrametria.

Abstract: The present study performed photogrammetry of mandibles belonging to the osteological collection of the Center for Studies in Forensic Anthropology of the Faculty of Dentistry of the University of Pernambuco (CEAF/FOP/UPE) to verify its applicability for sexual diagnosis. A total of 100 mandibles from skeletons aged over 20 years, of both sexes, with intact mandibular ramus and condyle regions, were examined. Photographic images were obtained, followed by 3D mesh generation processing, through software and virtual measurement of each piece, as well as measures of the ramus and condyle of the mandibles in a physical way, for comparison with the digital method. The data were analyzed using descriptive and exploratory statistics and compared with the manual measurements of the bone pieces, obtaining a significant similarity between the variables: MnRB-D,

¹ Aluno do Programa de Mestrado em Perícias Forenses da Universidade de Pernambuco (UPE). E-mail: rennansf@outlook.com

² Mestre em Perícias Forenses pela Universidade de Pernambuco (UPE). E-mail: cardosobel@outlook.com

³ Professor Associado do Programa de Mestrado em Perícias Forenses da Universidade de Pernambuco (UPE). E-mail: marcus.carvalho@upe.br

⁴ Professora Associada do Programa de Mestrado em Perícias Forenses da Universidade de Pernambuco (UPE). E-mail: evelyne.soriano@upe.br

MnRB-E, MxRB-D, MxRB-E, CC-D, CC-E, LC-D, LC-E, with a standard deviation between 1.2 and 4.0 mm and a general mean with a variance between 0.1 and 0.9 mm. The jaw photogrammetry technique, and its consequent measurement, can complement the human identification expertise in the investigation of sexual diagnosis, obtaining an accuracy of 68.9% for the manual model and 72.4% for the virtual one through logistic regression script.

Keywords: Forensic anthropology; Human identification; Sexual dimorphism; Mandible; Photogrammetry.

INTRODUÇÃO

O ser humano, em sua fisiologia, traz consigo inúmeras características que o diferem entre si e de outras espécies. Informações genéticas o tornarão, ao ser gerado, um indivíduo único, dotado de traços que podem distingui-lo em sexo, estatura, idade, dentre outros. A ciência que estuda essas características é chamada de Antropologia e serve de base para diversas outras áreas do conhecimento e que, em suma, entregam suporte em âmbito clínico, científico e legal (VANRREL, 2015).

A região craniana apresenta diversas particularidades anatômicas, sendo possível, a partir dela, distinguir um indivíduo de outro (BRUZEK, MURAIL, 2006). Dentre as estruturas identificáveis por meio do crânio, a mandíbula destaca-se por apresentar características para análise de diagnóstico sexual, com base no seu dimorfismo em relação ao sexo biológico. Essa região, ao ser analisada por meio de mensurações, por exemplo, garantem uma precisão na diagnose sexual (CUNHA, 2006). Morfologicamente, a mandíbula apresenta-se mais robusta no sexo masculino, com cristas de inserções musculares mais acentuadas, enquanto no sexo feminino ela se apresenta menos robusta, com cristas de inserções musculares menos pronunciadas (KENN, 1950).

Como qualquer outro osso do corpo humano, a mandíbula pode ser analisada por meio de metodologias morfoscópicas e/ou morfométricas. Na seara da antropometria, tem-se como intuito a obtenção de medidas do indivíduo - sejam elas lineares, angulares ou projeções. As mensurações podem ser realizadas tanto de forma manual, utilizando-se um paquímetro (analógico ou digital) ou por meio de técnicas digitais (escaneamento 3D). Nesta última, destaca-se a técnica de fotogrametria como uma análise prática e promissora, para obtenção de achados (ALVES, 2012).

De origem grega, o termo fotogrametria deriva de três palavras: luz, descrição e medidas. Pode ser definida como a ciência que estuda a fotografia e obtém, a partir delas, as métricas, a forma, as dimensões e a posição dos objetos nela contidos. A técnica consiste na obtenção de tomadas fotográficas, em várias posições e angulações, em dispositivos de fotografia (câmeras digitais profissionais, semiprofissionais, smartphones) e, por meio de um

software, em um espaço tridimensional, gera-se uma nuvem esparsa de pontos que são processados em um programa de obtenção tridimensional virtual (MORAIS; MIAMOTO, 2015).

Assim, evidencia-se a importância do estudo tanto para o meio acadêmico quanto para futuras pesquisas científicas, além de verificar a efetividade em processos de identificação humana, contribuindo com diversas outras áreas da Odontologia. A obtenção das fotografias e processamento em 3D das mandíbulas podem evitar contatos repetidos com estruturas frágeis e/ou em deterioração, garantindo a perenidade através das imagens. Além disso, trata-se de uma coleta de fácil obtenção e de baixo custo, podendo ser realizada a partir de equipamentos simples, como um aparelho celular e um computador básico e ser avaliada e estudada em diversos dispositivos, encurtando distâncias ao ter acesso ao material em qualquer lugar do mundo.

Dessa forma, o presente estudo teve como finalidade realizar a fotogrametria de mandíbulas pertencentes à coleção osteológica do Centro de Estudos em Antropologia Forense da Faculdade de Odontologia da Universidade de Pernambuco (CEAF/FOP/UPE), com o intuito de se verificar sua aplicabilidade para a diagnose sexual e discutir a sua contribuição e importância para as perícias de identificação humana no país.

MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo seguiu a Resolução nº 466, de 12 de dezembro de 2012, do Conselho Nacional de Saúde, que regulamenta a pesquisa envolvendo seres humanos. O projeto foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade de Pernambuco, obtendo aprovação por meio do parecer de número 5.557.253.

A pesquisa foi realizada no Centro de Estudos em Antropologia Forense da Faculdade de Odontologia da Universidade de Pernambuco (CEAF/FOP/UPE), que conta, atualmente, com um acervo de 427 esqueletos identificados catalogados.

Foram inclusas na amostragem todas as mandíbulas identificadas, com fichas de registro referentes à idade e ao sexo, com características compatíveis com idade acima dos 20 anos, de ambos os sexos e que possuíam integridade física na região de ramo e côndilo mandibular. Foram excluídas as mandíbulas que possuíam fraturas ou perdas decorrentes de processos tafonômicos nas regiões de interesse do estudo, deformidade ou anomalias anatômicas, que, de alguma forma, pudessem inviabilizar a realização da pesquisa. A amostra final do estudo

englobou 100 mandíbulas, escolhidas randomicamente por meio de sorteio eletrônico, com números contidos entre 001 e 427.

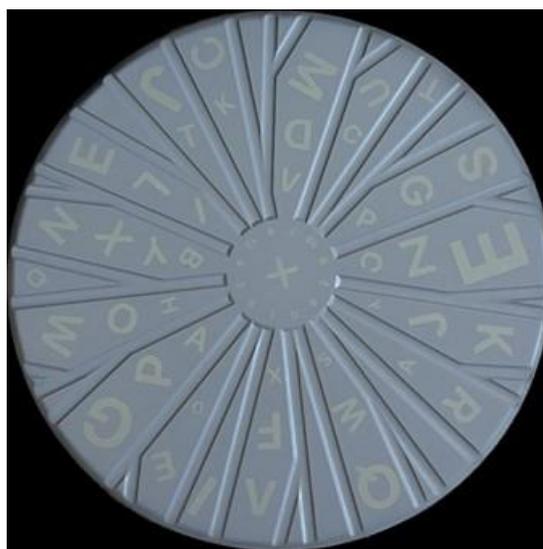
Para a obtenção das imagens, foram realizadas as seguintes etapas:

a) Disposição das peças osteológicas e obtenção das imagens fotográficas

As peças foram dispostas em display giratório automático, com estabilização do aparelho fotográfico em tripé, para se ter padrão de imagem, mantendo uma distância de 30cm entre o aparelho e as peças para se obter o enquadramento adequado.

Foi realizado um escaneamento prévio do display giratório, que contém marcações alfanuméricas, dispensando o uso da régua ABFO N°2. O display foi digitalizado através de 60 tomadas fotográficas, que foram transferidas ao programa CRStudio, para que se usasse como arquivo de calibração do programa (Imagem 1).

IMAGEM 1 - TAMPA DO DISPLAY GIRATÓRIO CONTENDO INSCRIÇÕES ALFANUMÉRICAS



Fonte: acervo próprio.

Foram realizadas 60 tomadas fotográficas de cada peça portando smartphone Apple® Iphone 13 pro max com qualidade 12 MP em lente teleobjetiva e abertura de $f/2.8$, em local com boa iluminação natural ou que se providenciasse luz artificial. As fotografias foram capturadas em angulação de 45° perpendiculares à base, a fim de que se captasse a peça em duas óticas - mandíbula com orientação superior e inferior - (Imagem 2), com espaçamento de 18° em torno de seu eixo, obtendo-se 10 fotos, no mínimo, em cada quadrante. Todo o acervo

foi armazenado em nuvem, a fim de que se evitasse comprometimento de espaço em disco físico ou memória externa.

As fotografias de cada peça osteológica foram agrupadas em dois grupos distintos (orientação superior e inferior), conforme descritos anteriormente, e dispostas em formato “png”, que posteriormente foram convertidas para “jpg”.

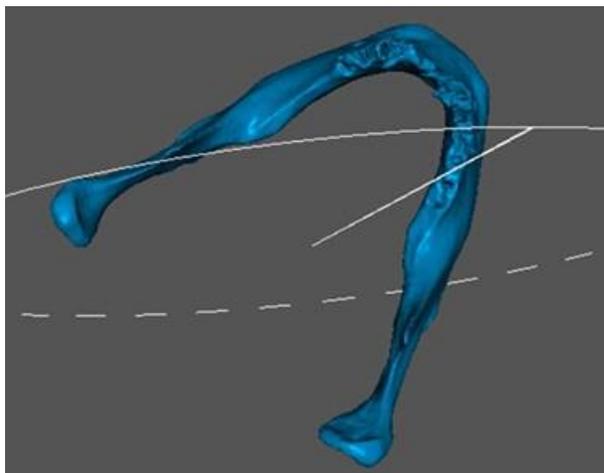
IMAGEM 2 - DISPOSIÇÃO DAS MANDÍBULAS PARA OBTENÇÃO DAS TOMADAS FOTOGRÁFICAS: (A): VISÃO SUPERIOR; (B): VISÃO INFERIOR.



Fonte: acervo próprio.

b) Processamento das imagens e geração de malhas 3D, através do software de código aberto CRStudio, disponível para download no website da marca Creality. Foram utilizadas as seguintes funções: alinhamento > processamento > fusão > remoção de ruídos > reparação > exportação (Imagem 3)

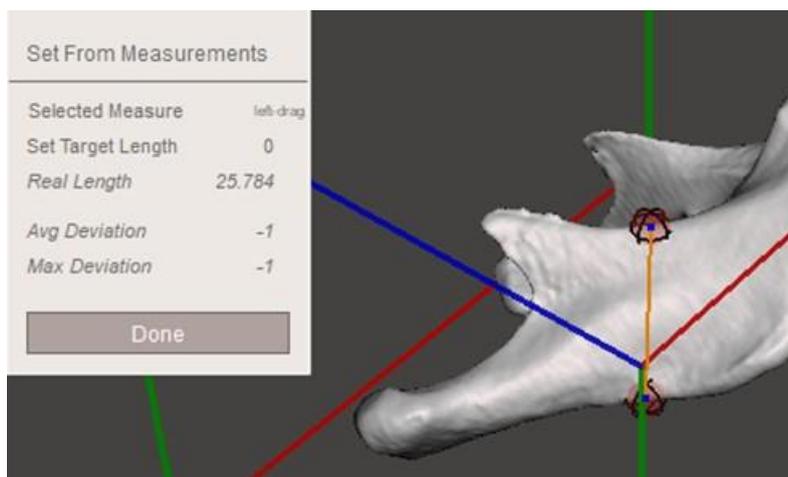
IMAGEM 3 - OBTENÇÃO DE IMAGEM TRIDIMENSIONAL A PARTIR DAS TOMADAS FOTOGRÁFICAS.



Fonte: acervo próprio.

- c) Transferência da nuvem de pontos gerada em formato “.obj” para o programa de visualização 3D Meshmixer que conta com código aberto e que está disponível para download em seu website de mesmo nome;
- d) Medição virtual de cada peça utilizando a ferramenta “analysis” do próprio programa, com a seguinte sequência: unit/dimensions > linha de arraste entre pontos a serem analisados > obtenção de medida na área “real lenght” na aba “measurements” (Imagem 4)

IMAGEM 4 - OBTENÇÃO DAS MENSURAÇÕES VIRTUAIS (TRAÇADO AMARELO) POR MEIO DA DISTÂNCIA ENTRE DOIS PONTOS (SETA AMARELA)



Fonte: acervo próprio.

e) Realização das mensurações do ramo e côndilo das mandíbulas fisicamente, para comparação com o método digital, sendo descritas na respectiva ficha de coleta de dados (APÊNDICE A). As medidas-base utilizadas no presente estudo foram as descritas por Rendeiro *et al.* (2020):

- Largura mínima do ramo direito (MnRB-D);
- Largura mínima do ramo esquerdo (MnRB-E);
- Largura máxima do ramo direito (MxRB - D);
- Largura máxima do ramo esquerdo (MxRB-E);
- Comprimento condilar máximo direito (CC- D);
- Comprimento condilar máximo esquerdo (CC- E);
- Largura condilar máxima direito (LC-D);
- Largura condilar máxima esquerdo (LC-E);
- Distância intercondilar (DI).

O pesquisador realizou treinamento previamente à coleta, com quatro peças osteológicas mandibulares para teste, sendo duas do sexo masculino e duas do sexo feminino, para calibração do programa utilizado. As medidas manuais, coletadas e catalogadas previamente, foram utilizadas para comparação após a medição virtual, de forma a se evitar vieses e para que se verificasse a concordância do examinador em relação às variáveis quantitativas.

Os dados foram analisados por meio de estatística descritiva e exploratória e comparados com as medidas manuais das peças ósseas. Para realizar a comparação entre as variáveis, foram utilizados os testes U de Mann-Whitney, o qual é usado para testar se duas amostras independentes foram retiradas de populações com médias iguais. Esse teste é, portanto, uma alternativa para o teste “t” para amostras independentes quando a amostra for pequena e/ou as pressuposições, exigidas pelo teste “t”, estiverem seriamente comprometidas. A única exigência do teste de Mann-Whitney é a de que as observações sejam medidas em escala ordinal ou numérica.

Os dados foram tratados nos seguintes procedimentos:

- a) Organização dos dados em dois grupos em ordem crescente. Para as observações empatadas foram atribuídas as médias dos postos correspondentes;
- b) Para o cálculo foram utilizadas as seguintes informações:
n1 = número de casos do grupo 1;
n2 = número de casos do grupo 2;
- c) Foram calculados:

R1 = soma dos postos do grupo 1;

R2 = soma dos postos do grupo 2;

d) Foram calculadas as estatísticas de Mann-Whitney (U);

$$U = \sum R_1 - \left[\frac{n_1(n_1 + 1)}{2} \right] \quad U = \sum R_2 - \left[\frac{n_2(n_2 + 1)}{2} \right]$$

e) Escolhido o menor valor de U para ser utilizado no cálculo de z.

$$z = \frac{U - \mu_R}{\sigma_R} \quad \mu_R = \frac{n_1 \cdot n_2}{2} \quad \sigma_R = \sqrt{\frac{n_1 \cdot n_2 (n_1 + n_2 + 1)}{12}}$$

Para avaliar quais variáveis são fatores determinantes para o sexo, tanto nas medições manuais quanto nas medições virtuais, foi utilizado um caso particular dos Modelos Lineares Generalizados (MLG) usualmente chamada de regressão logística.

Para obter os resultados apresentados nas próximas seções, os dados foram processados através do software livre e gratuito “R” by Core Team, disponível em <<https://www.R-project.org>>, de onde se obteve também um script, que pode ser utilizado para inserção de novas peças com suas medidas e automaticamente haja a sugestão do diagnóstico sexual.

RESULTADOS

ANÁLISE DESCRITIVA DESAGREGADAS EM LADO ESQUERDO E DIRETO E POR SEXO

A tabela de estatística descritiva foi dividida em 4 partes: medidas manuais do sexo masculino e feminino e medidas virtuais do sexo masculino e feminino. A partir dessas medidas, pode-se observar que o sexo feminino apresenta maior quantidade de representantes (52), quando avaliada a frequência de sexo. Já em relação às métricas, observa-se que as medidas virtuais são ligeiramente maiores que as medidas manuais, embora grande parte sejam bem similares. É interessante destacar que a medida de Distância Intercondilar (DI) no sexo feminino apresenta um valor de desvio-padrão bem acima das demais. Todas essas informações podem ser encontradas na tabela 1, a seguir:

Tabela 1: Estatística descritiva das medições por sexo e tipo de medição.

Tipo	Sexo	Variável	N	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	DP
Manual	Masculino	MnRB-D	48	22,2	36,2	30,2	30,5	3,1
		MnRB-E	48	21,3	35,2	30,3	30,8	3,3
		MxRB-D	48	35,8	50,4	42,9	42,9	3,2
		MxRB-E	48	35,6	50,7	43,3	42,9	3,2
		CC-D	48	7,3	25,3	19,9	20,3	3,1
		CC-E	48	5,2	24,4	19,7	20,0	3,2
		LC-D	48	5,4	12,2	9,4	9,7	1,4
		LC-E	48	4,3	12,0	9,3	9,5	1,6
	DI	48	104,1	136,0	121,3	121,4	7,6	
	Feminino	MnRB-D	52	22,5	39,9	28,9	28,6	3,3
		MnRB-E	52	22,3	41,4	29,2	29,0	3,5
		MxRB-D	52	31,9	48,4	40,7	40,7	3,3
		MxRB-E	52	31,9	50,4	41,6	41,3	4,0
		CC-D	52	14,4	23,3	18,9	19,0	2,1
		CC-E	52	14,1	23,7	18,8	18,6	1,8
		LC-D	52	5,5	12,9	9,3	9,1	1,7
LC-E		52	5,8	13,9	9,3	9,4	1,5	
DI	52	102,5	136,1	115,1	115,6	6,4		
Virtual	Masculino	MnRB-D	48	22,9	35,3	29,8	29,4	3,0
		MnRB-E	48	21,8	34,9	30,2	29,7	3,2
		MxRB-D	48	35,5	49,9	42,1	42,4	3,2
		MxRB-E	48	34,4	49,1	42,2	42,3	3,0
		CC-D	48	7,5	29,3	19,0	19,0	3,3
		CC-E	48	5,5	23,8	19,1	18,9	3,1
		LC-D	48	5,4	12,3	9,5	9,4	1,3
		LC-E	48	4,4	11,5	9,4	9,3	1,5
		DI	48	101,8	134,8	119,0	118,5	7,5

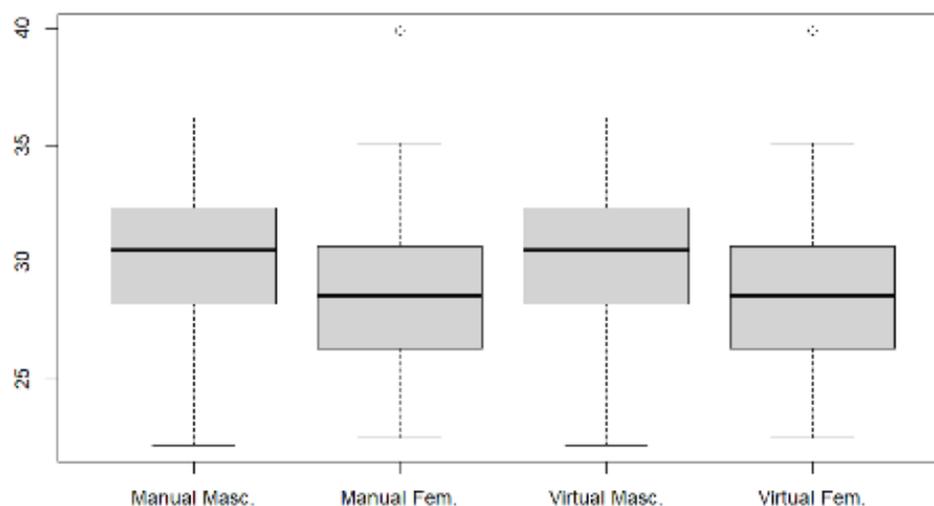
Feminino	MnRB-D	52	22,0	39,1	28,3	28,3	3,4
	MnRB-E	52	15,2	46,7	28,2	28,7	4,7
	MxRB-D	52	31,1	46,1	40,1	40,0	3,3
	MxRB-E	52	31,5	48,8	40,5	40,8	3,7
	CC-D	52	10,0	22,7	18,0	18,0	2,3
	CC-E	52	12,1	23,1	17,9	18,0	1,9
	LC-D	52	5,7	12,3	9,1	9,3	1,6
	LC-E	52	5,9	13,4	9,0	9,2	1,3
	DI	52	100,2	132,0	112,2	112,7	6,2

Fonte: Próprio autor.

COMPARAÇÃO ENTRE OS LADOS ESQUERDO E DIREITO E POR SEXO

Assim como na tabela de análise descritiva, a análise dos gráficos de box-plot foi dividida por sexo e tipo de medição, mas considerando a mesma medida em cada gráfico. Começando pela medida MnRB-D, pode-se observar que as variabilidades entre os quatro grupos são similares e que a mediana é maior para os dois grupos masculinos, conforme mostrado no gráfico 1.

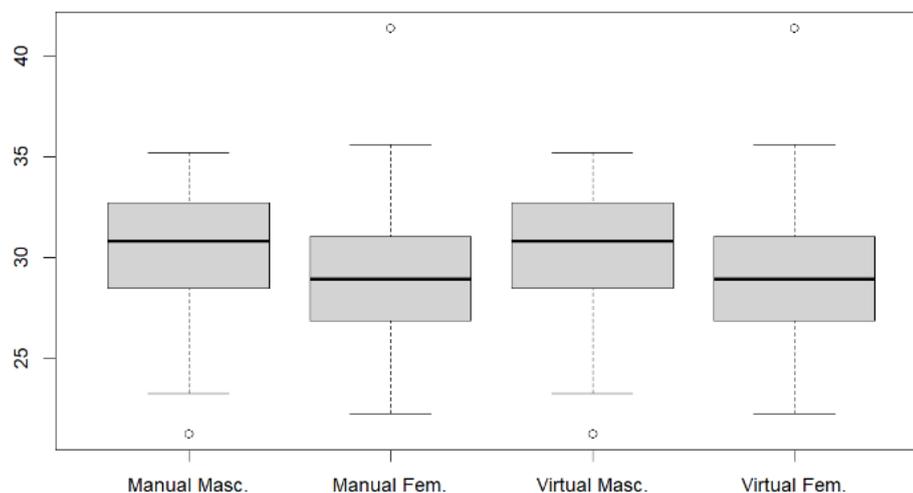
Gráfico 1: Box-plot para a variável MnRB-D.



Fonte: Próprio autor.

Com relação à medida MnRB-E, observa-se que as variabilidades entre os quatro grupos são similares e que a mediana é maior para os dois grupos masculinos, conforme o gráfico 2.

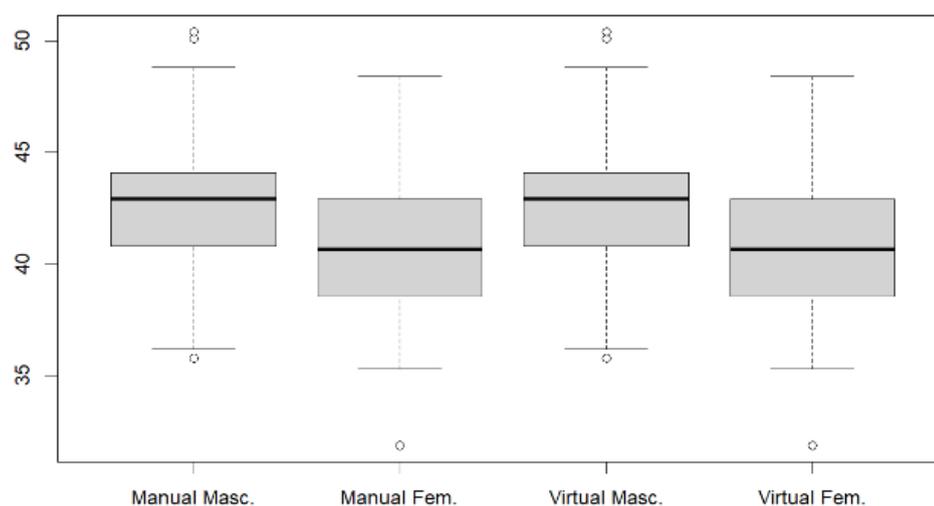
Gráfico 2: Box-plot para a variável MnRB-E.



Fonte: Próprio autor.

Com relação à medida MxRB-D, pode-se observar que as variabilidades para os dois grupos masculinos são menores que as do grupo feminino, conforme disposto no gráfico 3.

Gráfico 3: Box-plot para a variável MxRB-D.

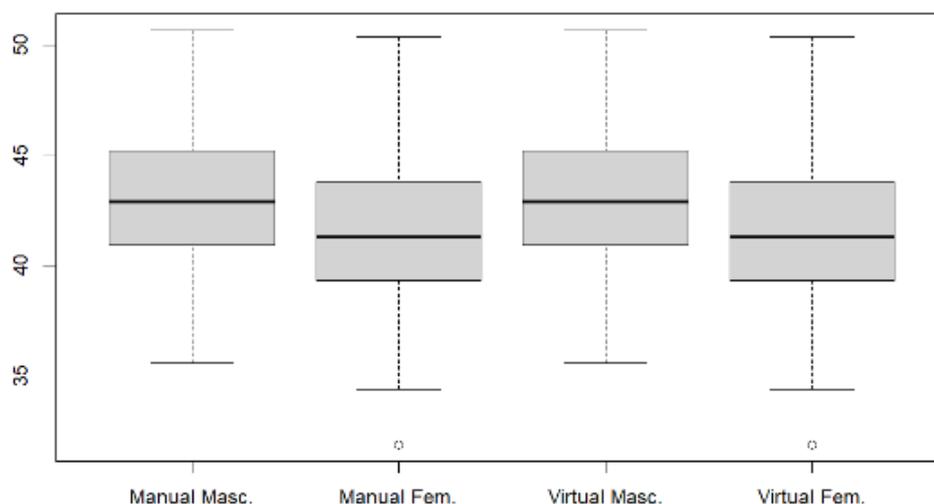


Fonte: Próprio autor.

Com relação à medida MxRB-E, observa-se que as variabilidades para os quatro grupos são similares, com destaque para os valores maiores para a mediana dos grupos do sexo

masculino, conforme mostrado no gráfico 4.

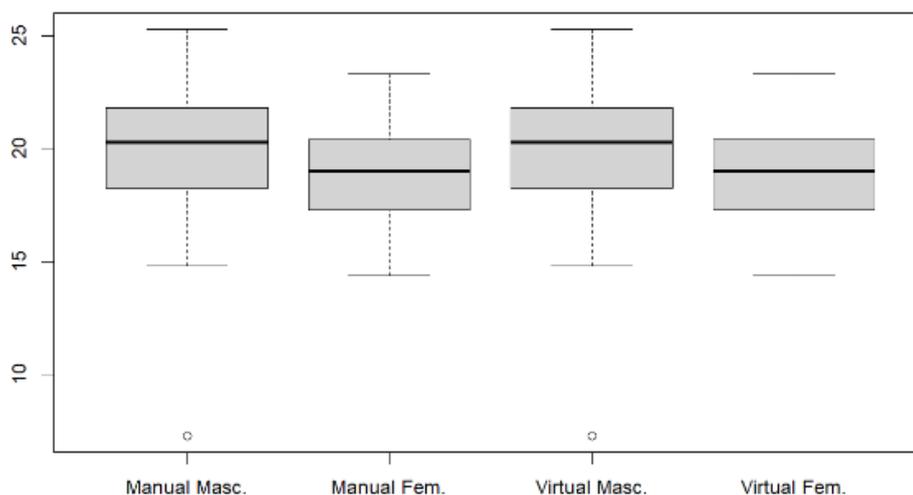
Gráfico 4: Box-plot para a variável MxRB-E.



Fonte: Próprio autor.

Com relação à medida CC-D, pode-se observar que as variabilidades para os quatro grupos são similares, com destaque para os valores maiores para a mediana dos grupos do sexo masculino, e que há duas observações extremas (outliers) para esses grupos, conforme demonstrado no gráfico 5.

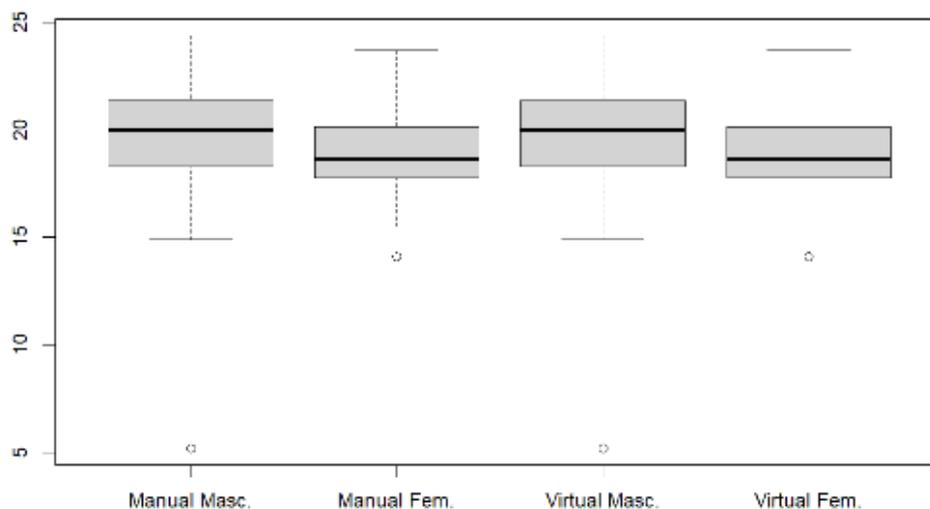
Gráfico 5: Box-plot para a variável CC-D.



Fonte: Próprio autor.

Com relação à medida CC-E, as variabilidades para grupos do sexo feminino são menores e que há duas observações extremas (outliers) para esses grupos, conforme é observado no gráfico 6.

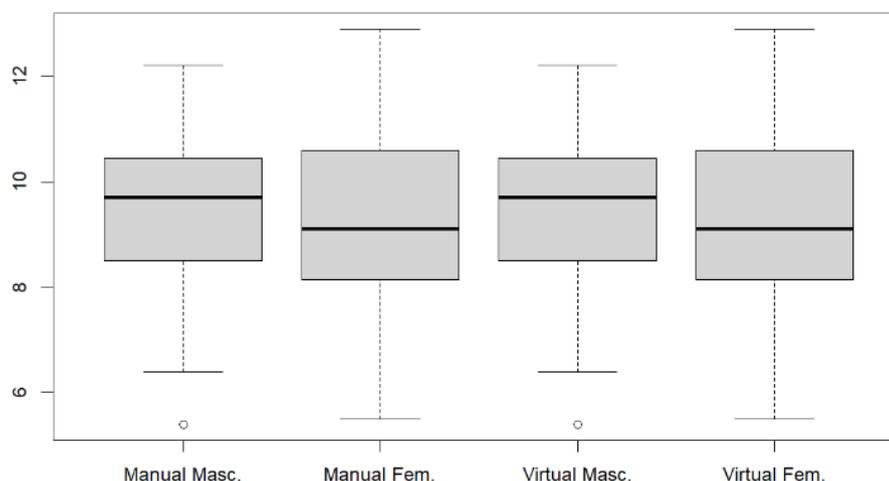
Gráfico 6: Box-plot para a variável CC-E.



Fonte: Próprio autor.

Com relação à medida LC-D, as variabilidades para grupos do sexo feminino são maiores e que há duas observações extremas (*outliers*) para os grupos do sexo masculino, conforme mostrado no gráfico 7.

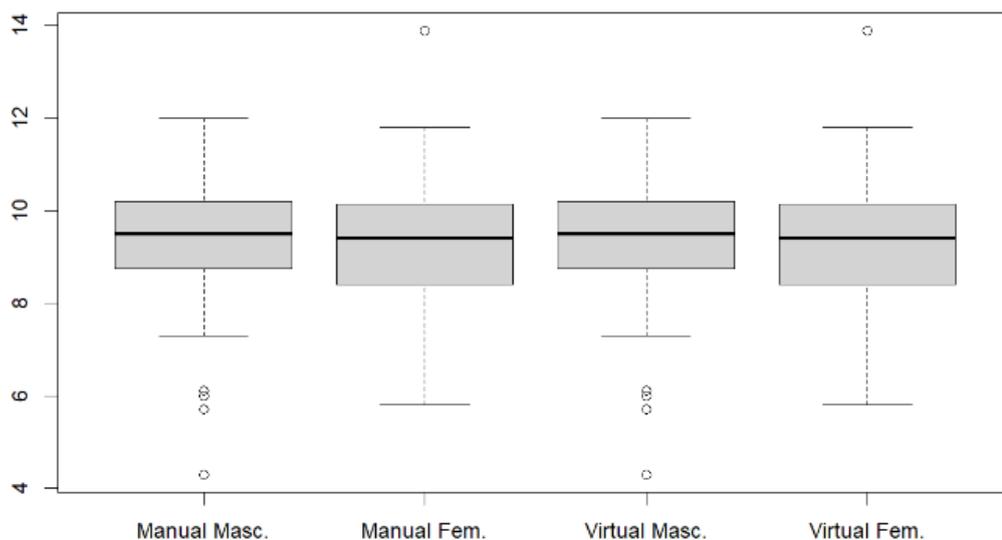
Gráfico 7: Box-plot para a variável LC-D.



Fonte: Próprio autor.

Com relação à medida LC-E, as variabilidades para os quatro grupos são similares e que há várias observações extremas (*outliers*) para esses grupos, em especial para os do sexo masculino do tipo de medição manual, conforme mostrado no gráfico 8.

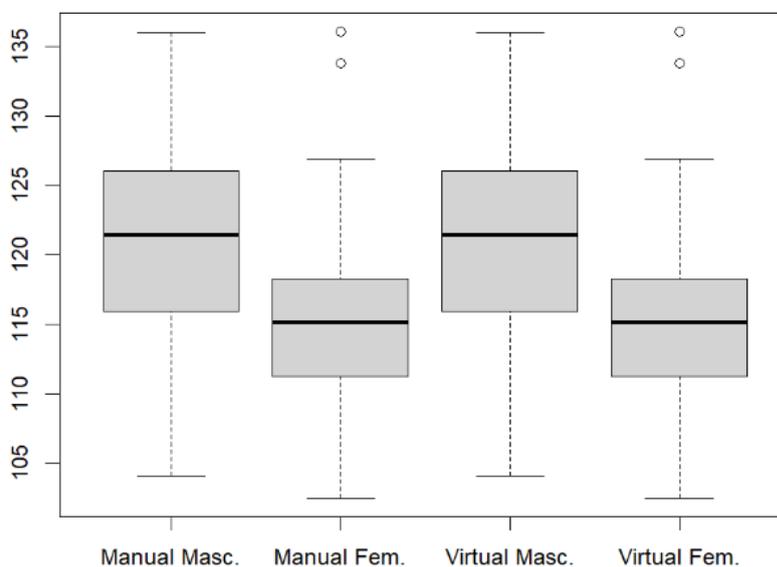
Gráfico 8: Box-plot para a variável LC-E.



Fonte: Próprio autor.

Na medida DI, pode-se observar que as variabilidades para os grupos masculinos são maiores e que há duas observações extremas (outliers) para os grupos femininos, conforme mostrado no gráfico 9.

Gráfico 9: Box-plot para a variável DI.



Fonte: Próprio autor.

GERAÇÃO DE INTERVALOS DE CONFIANÇA E TESTE DE HIPÓTESES PARA AS MÉDIAS DE TODAS AS VARIÁVEIS (VIRTUAL VERSUS MANUAL)

Para avaliar se há diferença entre as medições manuais e virtuais com relação às médias desses grupos, foi utilizado o Teste de Mann-Whitney. Utilizando um nível de significância de

5%, quando o valor-p é menor que 0.05, observa-se que as variáveis CC-D, CC-E e DI são estatisticamente diferentes para os grupos manual e virtual. Para as demais variáveis, não ocorre discrepância significativa.

Tabela 2: Média, desvio padrão e valor-p para as comparações entre medições virtuais e manuais

Variável	Tipo	Média + DP	Valor-p
MnRB-D	Virtual	29,4 ± 3,2	0,1758
	Manual	28,8 ± 3,2	
MnRB-E	Virtual	29,7 ± 3,4	0,2012
	Manual	29,1 ± 4,0	
MxRB-D	Virtual	41,7 ± 3,3	0,1738
	Manual	41,1 ± 3,4	
MxRB-E	Virtual	42,4 ± 3,7	0,0703
	Manual	41,5 ± 3,4	
CC-D	Virtual	19,3 ± 2,6	0,0089
	Manual	18,4 ± 2,8	
CC-E	Virtual	19,2 ± 2,6	0,0078
	Manual	18,4 ± 2,5	
LC-D	Virtual	9,3 ± 1,5	0,7266
	Manual	9,3 ± 1,4	
LC-E	Virtual	9,3 ± 1,5	0,6119
	Manual	9,2 ± 1,3	
DI	Manual	118,3 ± 7,5	0,0076
	Virtual	115,4 ± 7,4	

Fonte: Próprio autor.

MATRIZ DE CORRELAÇÃO DESAGREGADAS POR LADO E SEXO E APLICAÇÃO DE TESTE DE HIPÓTESES (PEARSON)

Para avaliar a correlação entre as variáveis em estudo, foi realizada a divisão entre os

grupos manual e virtual. Vale ressaltar que a correlação é uma medida que varia de -1 a 1, em que valores próximos a 1 e -1 indicam que as variáveis são mais correlacionadas e valores próximos a 0 indicam que as variáveis têm pouca correlação.

Tomando-se como exemplo a Tabela 3, que apresenta as correlações para as variáveis do grupo manual, pode-se observar que as variáveis MnRB-E e MnRB-D e as variáveis MxRB-E e MnRB-E, juntamente com as variáveis LC-E e LC-D, são altamente correlacionadas (conforme destaque em negrito).

Tabela 3: Correlação para o grupo manual.

	MnRB-D	MnRB-E	MxRB-D	MxRB-E	CC-D	CC-E	LC-D	LC-E	DI
MnRB-D	1,00	0,92	0,68	0,66	0,27	0,31	0,34	0,39	0,28
MnRB-E	0,92	1,00	0,70	0,74	0,24	0,27	0,36	0,41	0,23
MxRB-D	0,68	0,70	1,00	0,87	0,23	0,21	0,28	0,30	0,29
MxRB-E	0,66	0,74	0,87	1,00	0,22	0,24	0,34	0,31	0,31
CC-D	0,27	0,24	0,23	0,22	1,00	0,86	0,40	0,36	0,55
CC-E	0,31	0,27	0,21	0,24	0,86	1,00	0,38	0,35	0,55
LC-D	0,34	0,36	0,28	0,34	0,40	0,38	1,00	0,83	0,11
LC-E	0,39	0,41	0,30	0,31	0,36	0,35	0,83	1,00	0,01
DI	0,28	0,23	0,29	0,31	0,55	0,55	0,11	0,01	1,00

Fonte: Próprio autor.

Observando-se a Tabela 4, que apresenta as correlações para as variáveis do grupo virtual, verifica-se que as variáveis MnRB-E e MnRB-D e as variáveis MxRB-E e MnRB-E, juntamente com as variáveis LC-E e LC-D, são altamente correlacionadas (conforme destaque em negrito).

Tabela 4: Correlação para o grupo virtual.

	MnRB-D	MnRB-E	MxRB-D	MxRB-E	CC-D	CC-E	LC-D	LC-E	DI
MnRB-D	1,00	0,81	0,65	0,69	0,23	0,31	0,31	0,34	0,25

MnRB-E	0,81	1,00	0,47	0,72	0,16	0,24	0,28	0,29	0,27
MxRB-D	0,65	0,47	1,00	0,78	0,21	0,20	0,26	0,24	0,24
MxRB-E	0,69	0,72	0,78	1,00	0,20	0,22	0,30	0,23	0,32
CC-D	0,23	0,16	0,21	0,20	1,00	0,80	0,24	0,25	0,47
CC-E	0,31	0,24	0,20	0,22	0,80	1,00	0,26	0,28	0,52
LC-D	0,31	0,28	0,26	0,30	0,24	0,26	1,00	0,79	0,05
LC-E	0,34	0,29	0,24	0,23	0,25	0,28	0,79	1,00	0,01
DI	0,25	0,27	0,24	0,32	0,47	0,52	0,05	0,01	1,00

Fonte: Próprio autor.

REGRESSÃO LOGÍSTICA COMO MODELO PARA ESTIMAR O SEXO DO INDIVÍDUO

Para tentar prever o sexo do indivíduo com base nas variáveis que foram apresentadas neste estudo, foi utilizado o modelo de regressão logística. A divisão foi composta de dois grupos (grupo manual e grupo virtual), com o objetivo de avaliar qual modelo de cada grupo apresenta melhor performance de predição.

Para o modelo logístico usando as variáveis do grupo manual, somente o atributo DI, juntamente com o intercepto, foram significativos ao nível de 5%, e foram usados para predição de sexo, conforme mostra a tabela 5 a seguir.

Tabela 5: Resultados do modelo de regressão logístico para o grupo manual.

Coefficientes	Estimativa	Erro padrão	Estatística	Valor-p
Intercepto	-22,9228	6,7783	-3,3820	0,0007
DI	0,1166	0,0544	2,1430	0,0320

Fonte: Próprio autor.

Para o modelo logístico usando as variáveis do grupo virtual, há mais de um atributo significativo ao nível de 5%, sendo MxRB-D, DI e intercepto, conforme a tabela 6, a seguir.

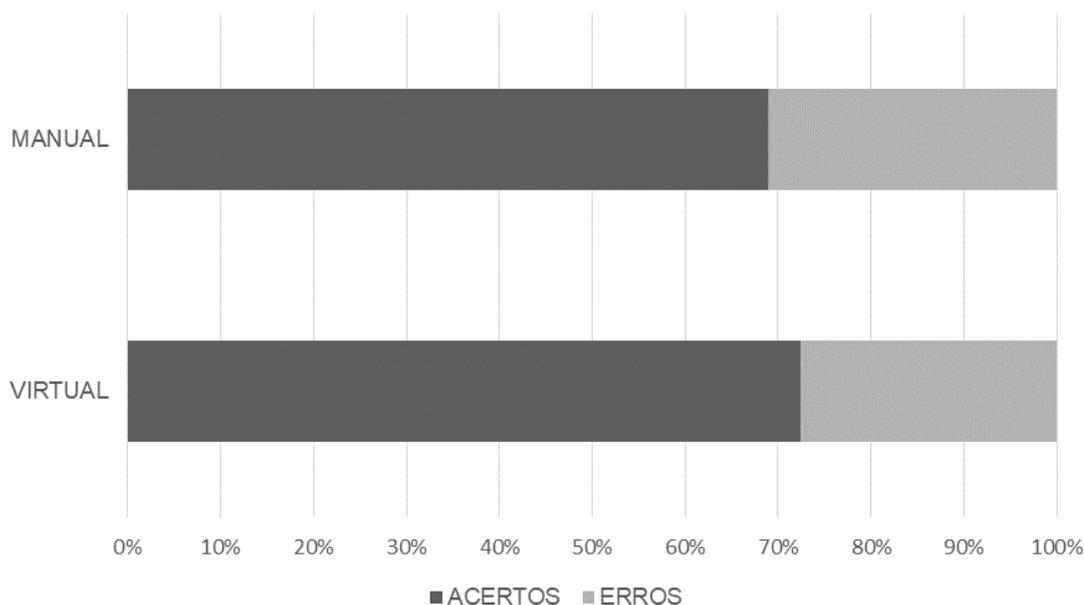
Tabela 6: Resultados do modelo de regressão logístico para o grupo virtual.

Coefficientes	Estimativa	Erro padrão	Estatística	Valor-p
Intercepto	-30,6384	8,1735	-3,7480	0,0001
MxRB-D	0,4252	0,1751	2,4280	0,0151
DI	0,1754	0,0586	2,9890	0,0227

Fonte: Próprio autor.

Para comparar os dois modelos, foi utilizada a métrica referente à acurácia, que indica uma performance geral de ambos, ou seja, dentre todas as classificações, quantas foram classificadas corretamente. Conforme mostra o gráfico 9, o modelo 1 (manual) teve acurácia de 68.9% e o modelo 2 (virtual) teve taxa de 72,4%. Esse resultado evidencia que o modelo 2 apresenta melhor taxa de sucesso do que o modelo 1 e que aquele pode ser usado como um modelo ideal para prever o sexo do indivíduo.

Gráfico 10: Taxa de acurácia para o modelo de regressão logística:



Fonte: acervo próprio.

DISCUSSÃO

Ao se avaliar a imensidão do território brasileiro, que por sua vez apresenta dimensões continentais, dividido em regiões, observa-se que cada uma apresenta grande diversidade ambiental e populacional. Para compreender melhor o contexto local, é importante ter em mente que a população era, inicialmente, composta pelos povos originários, com características antropológicas distintas. Isso está implicitamente ligado a dois fatores que foram imprescindíveis para a introdução do conceito de população mestiça: a colonização europeia, com influências principalmente portuguesas, holandesas e francesas, e as guerras mundiais do século XX, com a expressiva imigração advinda do Japão, Leste Europeu, Oriente Médio, Itália e Alemanha (PARRA *ET AL*, 2003). Essa distribuição, por não ser homogênea entre as regiões, trouxe para cada parte do Brasil suas próprias características físicas que representam os grupos populacionais dominantes, com suas particularidades distintas (JURDA *ET AL*, 2016).

No tocante à estimativa de sexo, é importante salientar que diversas são as estruturas anatômicas que podem auxiliar no diagnóstico sexual. Dentre elas, pode-se destacar a mandíbula como uma região rica em informações, seja em tamanho ou forma. Além disso, na mesma peça é possível extrair informações de sexo a partir de diferentes estruturas, como: a largura máxima do ramo mandibular ou através da distância condilar, como apresentadas no presente estudo. É digno de nota que foram desenvolvidos vários métodos morfométricos com o objetivo de minimizar a subjetividade envolvida na observação de características morfológicas de mandíbulas, como por exemplo, os mostrados por Esfehani *et al* (2023), em que foram realizadas medições da altura condilar, altura coronóide, largura bigonial, largura bicondilar e altura do forame mental, como ferramentas importantes na obtenção do diagnóstico.

Ao se avaliar a confiabilidade para predição de sexo, conforme exposto nos resultados desta pesquisa, possui-se um taxa que varia entre 69 e 72% em acurácia (manual e virtual, respectivamente), sendo, portanto, um método que varia entre regular e bom, no quesito aplicabilidade. Já Rendeiro (2020) obteve uma margem de 72% de acertos avaliando as métricas de mandíbula, enquanto Esfehani (2023) encontrou uma maior acertabilidade com uma percentagem que variou entre 81 e 88%. Vale salientar que, neste último caso, houve a adição de um maior número de variáveis na composição do diagnóstico, podendo este ser um fator importante na alta pontuação.

Dispondo de dois grupos (masculino e feminino) observa-se que, na análise univariada,

a largura máxima do ramo mandibular e a distância intercondilar foram indicadores confiáveis para a estimativa do sexo, porém essa relação não se manteve tão alta na análise multivariada. No entanto, ao se avaliar o intercepto dos modelos é possível perceber diferenças significativas entre homens e mulheres. Embora esses parâmetros possam ser utilizados para estimar o sexo, sua sensibilidade não é tão alta, sendo necessário complementar com outras medidas ou meios disponíveis. Esses achados estão em concordância com resultados semelhantes descritos na literatura (CHALKOO, 2019; DABAGHI, 2020; RAD, 2020).

Com relação ao tipo de medição (manual e virtual), constatou-se que não há diferença significativa entre as seguintes variáveis: MnRB-D, MnRB-E, MxRB-D, MxRB-E, CC-D, CC-E, LC-D, LC-E, com milimetragem que varia entre 1,2 e 4,0mm em desvio padrão, enquanto de modo geral, através das médias, ocorre uma variância entre 0,1 e 0,9mm. Porém, ao se observar a variável DI, ocorreu um salto maior entre os dois grupos, em que o desvio padrão foi de aproximadamente 7,5mm, enquanto a diferença entre as médias gerais ficou em torno de 2,9mm. Vale salientar que em todas as variáveis a milimetragem da medição virtual foi sempre maior que a manual, corroborando com o estudo de Morgan (2019), que obteve variância de até 1,5mm entre os modelos. Isso faz com que se consiga um grau maior de confiabilidade na fotogrametria em relação às observações feitas em peças osteológicas originais.

Um dos grandes pontos-chave que podem ser o fator por trás da variação métrica é a qualidade do escaneamento. Percebe-se que quanto maior a quantidade de tomadas fotográficas e menores forem as peças, melhores serão as imagens 2D. Conseqüentemente isso refletirá na obtenção tridimensional que terá como bônus uma imagem de altíssima qualidade e como ônus uma maior demanda no processamento, tanto em tempo como no suporte dos aparelhos utilizados (celular e computador). Além disso, enfatiza-se a importância de se obter pontos comuns para apoio do paquímetro (medição manual) e da função “distância entre dois pontos” (medição virtual), onde na maioria das vezes ocorre uma variabilidade Intra-técnica reduzida, questões essas que também foram levantadas por Urbanová (2015).

No que se refere às superfícies trabalhadas, todas apresentam uma certa subjetividade em relação a ambas as medições, exceto na região condilar, onde ocorre a interferência do desgaste, seja ele patológico ou fisiológico. Vandeput (2019) relatou um maior desgaste em indivíduos do sexo feminino e Campos (2017) ainda acrescentou que esse processo pode iniciar ainda no período entre 16 e 27 anos de idade, sendo agravado pelos fatores emocionais, fisiológicos e patológicos. Embora haja essa dificuldade na obtenção dos pontos de contato, foi

utilizada uma técnica comum para milimetragem das peças, obtendo-se uma média comum de aproximadamente 0,9mm de diferença entre o comprimento condilar esquerdo e direito e 0,1mm para largura condilar.

É possível observar que mesmo com um grau de discrepância, ainda que mínimo, não ocorre distorção de superfície nas peças escaneadas, apenas distorção de métrica geral (expansão). Porém, isso não é um impedimento para que seja aplicável nos estudos forenses, principalmente em coleções extensas ou que apresentem problemas na manipulação (fraturas, fragilidade). O produto 3D final possibilita o acesso à peça em qualquer lugar do mundo e a qualquer tempo, desde que se disponha dos equipamentos básicos necessários.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do exposto conclui-se que:

- A fotogrametria é aplicável nos estudos de antropometria forense em mandíbulas, embora fatores como iluminação, ausência de elementos post-mortem possam implicar redução de qualidade do produto tridimensional final, ainda que estes fatores não interfiram nas regiões estudadas;
- O fator idade e/ou DTM's podem ser fatores de alteração das medidas, por reabsorção ossea e por desgaste ósseo, respectivamente. Mas ambas as condições afetam principalmente a região de cabeça do côndilo mandibular;
- O modelo de medição manual, quando comparado com o virtual apresentou pouca discrepância métrica, com variação milimétrica média entre ambas as estruturas bilaterais unitárias. A medição intercondílica foi a que apresentou maior diferença entre os dois modelos, sendo o virtual sempre maior que o modelo de medição manual. Esse fator, por outro lado, possibilitou que a medida DI virtual conseguisse realizar um melhor diagnóstico sexual na regressão logística, ainda que ambos possam ser utilizados;
- As regiões que apresentaram melhor diferenciação para diagnose sexual nos modelos foram a distância intercondilar, para a mensuração manual, e a largura máxima do ramo mandibular e a distância intercondilar para a mensuração virtual;
- A fotogrametria de mandíbulas e sua consequente medição podem complementar a investigação antropológica na análise sexual.

REFERÊNCIAS

ALVES, Carina Filipa Pinto. **Estimativa do Sexo através de Características Métricas da Mandíbula**. Dissertação de Mestrado; Faculdade de Medicina, Universidade de Coimbra; 2012. 51 p.

BRUZEK, Jaroslav; MURAIL, Pascal. Methodology and Reliability of Sex Determination from the Skeleton. In: SCHMITT, Aurore; CUNHA, Eugénia; PINHEIRO, João. (eds) **Forensic Anthropology and Medicine**. Humana Press Inc, Totowa, NJ p 225-242. 2006.

CAMPOS, G; LAUREANO FILHO, J; FARIAS JUNIOR, O. Risk factors involved in reabsorption condylar in patients undergoing orthognathic surgery: systematic review. **Int. J. Oral Maxillofac. Surg.**, v. 46, p. 320–1. 2017.

CHALKOO, Altaf Hussain; MAQBOOL, Shazia; WANI, Bashir Ahmad. Radiographic evaluation of sexual dimorphism in mandibular ramus: A digital orthopantomography study. **Int. J. Appl. Dent. Sci.** v. 5, p. 163–6. 2019.

CUNHA, Eugénia; PINHEIRO, João. (eds) **Forensic Anthropology and Medicine**. Humana Press Inc, Totowa, NJ, p. 225-242. 2006.

DABAGHI, Arash; BAGHERI, Abbas. Mandibular Ramus Sexual Dimorphism Using Panoramic Radiography. **Avicenna J. Dent. Res.** v. 12, p. 97–102. 2020.

ESFEHANI, Mahsa; GHASEMI, Melika; KATIRAEI, Amirhassan; TOFANGCHIHA, Maryam; ALIZADEH, Ahad; TAGHAVI-DAMGHANI, Farnaz et al. Forensic Gender Determination by Using Mandibular Morphometric Indices an Iranian Population: A Panoramic Radiographic Cross-Sectional Study. **J. Imaging.** v. 9, n. 2, p. 40. 2023.

ESTRELA, Carlos. **Metodologia Científica: Ciência, Ensino, Pesquisa**. 3. ed. São Paulo: Artes Médicas, 2018.

GALLO, Alessandro; MUZZUPAPPA, Maurizio; BRUNO, Fabio. 3D reconstruction of small sized objects from a sequence of multi-focused images. **J. Cult. Herit.** v. 15, p. 173–82. 2014.

GONZALES, Paola Sampaio; MACHADO, Carlos Eduardo Palhares; MICHEL-CROSATO, Edgard. Photoanthropometry of the Face in the Young White Brazilian Population. **Braz. Dent. J.** v. 29, p. 619–23. 2018.

JURDA, Mikoláš; URBANOVA, Petra. Sex and ancestry assessment of Brazilian crania using semi-automatic mesh processing tools. **Legal Med.** v. 23, p. 34–43. 2016.

KENN, J.A. A study of the differences between male and female skulls. **Am. J. Phys. Anthropol.** v. 8, p. 65–79. 1950.

LAGUNAS, Zaíd. La determinación sexual en mandíbulas por medio de las funciones discriminantes. **Anales del INAH.** p. 171-8. 1974.

MANN, Henry Berthold; WHITNEY, Donald Ransom. On a test of whether one of two random variables is stochastically larger than the other. **Ann. Math. Statist.** v. 18, n. 1, p. 50-60. 1947.

MORAES, Cícero; MIAMOTO, Paulo. **Manual de Reconstrução Facial 3D Digital: Aplicações com Código Aberto e Software Livre**. 1. ed. Sinop-MT: Expressão Gráfica, 2015.

MORITSUGUI, Deisy Satie; FUGIWARA, Flavia Vanessa Greb; VASSALLO, Flávia Nicolle Stefani; MAZZILLI, Luiz Eugênio Nigro; BEAINI, Thiago Leite; MELANI, Rodolfo Francisco Haltenhoff. Facial soft tissue thickness in forensic facial reconstruction: Impact of regional differences in Brazil. **PLoS ONE**. v. 17, n. 7, p. e0270980. 2022

MORGAN, Brianne; FORD, Andrew L.J; SMITH, Martin J. Standard methods for creating digital skeletal models using structure-from-motion photogrammetry. **Am. J. Phys. Anthropol.** v. 169, p. 152–60. 2019.

NELDER, John Ashworth; WEDDERBURN, Robert William Maclagan. Generalized linear models. **J. Royal Statist. Soc.** v. 135, n. 3, p. 370-84. 1972.

PARRA, Flávia C.; AMADO, Roberto C.; LAMBERTUCCI, José R.; ROCHA, Jorge; ANTUNES, Carlos M.; PENA, Sérgio D.J. Color and genomic ancestry in Brazilians. **Proc. Natl. Acad. Sci.** v. 100, n. 1, p. 177–82. 2003.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2020. Disponível em: <https://www.r-project.org>. Acesso em: 05 Mai 2022.

RAD, Farzaneh Ostovar; JAVANSHIR, Bahareh; NEMATI, Somayeh; KHAKSARI, Farnoosh; MANSOORI, Raheleh; RANJZAD, Hadi et al. Evaluation of sexual dimorphism with mandibular parameters by digital panoramic radiography. **Open Dent. J.** v. 14, p. 172–7. 2020.

RENDEIRO, Sarah Liz Medeiros; QUEIROZ, Rodrigo Araújo de; CARVALHO, Marcus Vitor Diniz de; SORIANO, Evelyne Pessoa. Dimorfismo sexual: análises métricas dos ramos e côndilos mandibulares. **Braz. J. Forensic Anthropol. Legal Med.** v. 2, p. 53-70. 2020.

URBANOVÁ, Petra; HEJNA, Petr; JURDA, Mikoláš. Testing photogrammetry-based techniques for three-dimensional surface documentation in forensic pathology. **Forensic Sci. Int.** v. 250. p. 77–86. 2015.

VANDEPUT, A.S.; VERHELST, P.J.; JACOBS, R.; SHAHEEN, E.; SWENNEN, G.; POLITIS, C. Condylar changes after orthognathic surgery for class III dentofacial deformity: a systematic review. **Int. J. Oral Maxillofac. Surg.** v. 48, p. 193–202. 2019.

VANRELL, Jorge Paulette. **Odontologia Legal e Antropologia Forense**. 2 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2015.