ADRIELLY GARCIA ORTIZ

**Identificação humana e estimativa do sexo a partir de pontos anatômicos em
radiografias panorâmicas**

São Paulo

2018

ADRIELLY GARCIA ORTIZ

**Identificação humana e estimativa do sexo a partir de pontos anatômicos em
radiografias panorâmicas**

Versão Original

Dissertação apresentada à Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo, pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências Odontológicas para obter o título de Mestre em Ciências.

Área de concentração: Odontologia Social

Orientador: Prof. Dr. Edgard Michel Crosato

São Paulo

2018

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Catálogo-na-Publicação
Serviço de Documentação Odontológica
Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo

Ortiz, Adrielly Garcia.

Identificação humana e estimativa do sexo a partir de pontos anatômicos em radiografias panorâmicas / Adrielly Garcia Ortiz ; orientador Edgard Michel Crosato -- São Paulo, 2018.

65 p. : fig., tab. ; 30 cm.

Dissertação (Mestrado) -- Programa de Pós-Graduação em Ciências Odontológicas. Área de Concentração: Odontologia Social. -- Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo.

Versão original

1. Antropologia forense. 2. Radiografia panorâmica. 3. Caracteres sexuais. 4. Odontologia forense. I. Crosato, Edgard Michel. II. Título.

AG Ortiz. Identificação humana e estimativa do sexo a partir de pontos anatômicos em radiografias panorâmicas. Dissertação apresentada à Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ciências.

Aprovado em: / /2018

Banca Examinadora

Prof(a). Dr(a). _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

Prof(a). Dr(a). _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

Prof(a). Dr(a). _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

A Deus,

Que conduziu e iluminou meu caminho nessa jornada.

À minha família,

Meus pais Luiz Henrique e Elizabeth pelo maior amor do mundo, por toda dedicação. Vocês são meus exemplos e

inspiração. Todo meu amor!

Minhas irmãs Danielly e Beatriz, pela amizade e parceria mais sincera. Amo vocês!

AGRADECIMENTOS

À Universidade de São Paulo pelo excelente ambiente que me possibilitou um ótimo aprendizado.

Ao meu orientador Edgard Michel-Crosato, que me acolheu com tanto carinho na FOUSP, pela orientação no trabalho e por todos os ensinamentos de vida que me passou com tanta paciência. Não tenho palavras suficientes para agradecer a parceria e para expressar toda minha admiração como professor e pessoa. Quando crescer eu quero ser igual ao senhor!

Ao professor Ricardo, que me apresentou à Odontologia Legal e com seu entusiasmo me recrutou para essa área que se tornou minha grande paixão.

Aos professores do departamento de Odontologia Social pela convivência e apoio.

Às queridas Sônia e Andreia, sempre com paciência e prontamente dispostas a me ajudar em todas as etapas.

Ao Serviço de Biblioteca da Faculdade de Odontologia de São Paulo, principalmente à Glauci Elaine Damasio Fidelis, sempre muito querida, pelas formatações finais.

Aos queridos Haissan e Jucele, pela gentil acolhida, por me mostrarem a melhor parte de São Paulo e por serem a minha família e referência aqui.

À Aleteia, pela convivência, pela paciência e por me mostrar uma nova maneira de ver a vida, com mais tolerância e bondade. Aos dindos João Pedro e Enilda pelo incentivo e amor.

Aos amigos que essa jornada me deu: Amanda, Gabriela, Gustavo, Nayara, Paola, Denise e Ezequiel, a convivência com vocês tornou mais leve e prazerosa a vida de mestranda. Amigos para toda a vida.

Aos amigos e colegas de departamento: Rosane, Roberta, Nicole, Jaqueline, Geraldo, Raissa, Leandro, Andressa, Thiago e Thais, pelo incentivo, parceria e tantos momentos agradáveis que compartilhamos. Janaína, pelo grande estímulo.

Às amigas da vida: Bruna, Carol, Bel e Fran, que mesmo estando longe sempre deram todo apoio e amizade. Minha vida é melhor com vocês.

Às minhas irmãs Dani e Bia, as minhas melhores amigas. Eu sou uma pessoa melhor por causa de vocês. Aprender a dividir a vida e respeitar as diferenças com tanto amor é o atalho para evolução.

Aos meus pais, que sempre acreditaram na minha capacidade, incentivaram todas as minhas decisões e deram toda a estrutura para que eu pudesse seguir meu sonho. Essa conquista é de vocês. Meu maior amor do mundo e toda minha gratidão.

“A persistência é o menor caminho do êxito”. (Charles Chaplin)

RESUMO

Ortiz AG. Identificação humana e estimativa do sexo a partir de pontos anatômicos em radiografias panorâmicas utilizando técnicas de *Machine Learning*. [dissertação]. São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Odontologia; 2018. Versão Original.

Introdução: As radiografias panorâmicas podem auxiliar na prática pericial e são exames normalmente utilizados nas documentações odontológicas. O presente estudo apresenta um novo método de estimativa do sexo através de pontos anatômicos visíveis em radiografias panorâmicas e também propõe métodos de identificação pessoal. **Objetivo:** verificar a acurácia da estimativa do sexo a partir de pontos anatômicos em radiografias panorâmicas e verificar a sua acurácia como método auxiliar para a identificação humana. **Método:** Foi realizado um estudo transversal, em três etapas, nas quais foram examinadas 100 radiografias panorâmicas de serviço radiológico privado, sendo 50 do sexo feminino e 50 do sexo masculino, em dois momentos distintos. Foram analisadas 13 medidas lineares e angulares na mandíbula, que serviram de base para as análises que foram mensuradas em pixel. Para verificar a confiabilidade do método foram calculados o coeficiente intra-classe (ICC), o coeficiente de variação (CV) e a técnica estatística de Bland-Altman. A adesão dos dados à curva de normalidade foi testada utilizando o teste estatístico de Shapiro-Francia. Para verificar a diferença das medidas para o sexo masculino e feminino foi realizado o teste de Mann-Whitney. Também foi calculada a análise discriminante para predizer o sexo dos participantes. Em uma segunda etapa foram realizados teste de predição utilizando técnicas de aprendizado de máquinas. Na última etapa, foram utilizadas análises das imagens dos dois momentos das radiografias. **Resultados:** O ICC foi acima de 0.90 para todas as medidas e o coeficiente de variação abaixo de 5%. Na análise de Bland-Altman, as medidas estavam dentro dos intervalos de confiança fixados. Em relação à predição do sexo, as variáveis que apresentaram diferenças estatísticas foram as medidas 1, 5, 7, 8, 12 e 13 e o índice 2. A acurácia do teste da análise discriminante foi acima de 70%. Aplicando técnicas de aprendizado de máquinas a acurácia subiu para 95%. Utilizando as imagens das radiografias panorâmicas foi possível

identificar seus pares. **Conclusões:** A estimativa de sexo pode ser realizada por pontos anatômicos visíveis em radiografias panorâmicas e pode ser um bom método auxiliar de identificação em desastres em massa.

Palavras-chave: Identificação. Dimorfismo sexual. Odontologia. Odontologia Forense.

ABSTRACT

Ortiz AG. Human identification and sex estimation from anatomical points on panoramic radiographs. [dissertation]. São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Odontologia; 2018. Versão Original.

Introduction: Panoramic radiographs may aid in forensic practice and are tests commonly used in dental documentation. The present study presents a new method of estimating sex through anatomical points visible on panoramic radiographs and also proposes methods of personal identification. **Objective:** to verify the accuracy of the estimation of sex from anatomical points in panoramic radiographs and to verify its accuracy as an auxiliary method for human identification. **Method:** The study was performed in several steps. A cross-sectional study was carried out. A total of 100 panoramic radiographs of a private radiological service were examined, 50 female and 50 male, at two different times. 13 linear and angular measures were measured in the mandible, which served as the basis for the analysis. Measurements were taken in pixels. In order to verify the reliability of the method, the intra-class coefficient (ICC), the coefficient of variation (CV) and the statistical technique of Bland-Altman were calculated. The adhesion of the data to the normal curve was tested using the Shapiro-France statistical test. The Mann-Whitney test was used to verify the difference between the measurements for the male and the female. Discriminant analysis was also calculated to predict participants' sex. In a second stage, a prediction test was performed using machine learning techniques. In the last step, we used image analysis of the two moments of the radiographs. **Results:** The ICC was above 0.90 for all measurements and the coefficient of variation was below 5%. In the Bland-Altman analysis, the measurements were within the set confidence intervals. Regarding the sex prediction, the variables that presented statistical differences were the measurement 1, 5, 7, 8, 12 and 13 and index 2. The accuracy of the discriminant analysis test was above 70%. Utilizing machine learning techniques the accuracy has risen to 95%. Using the images of the panoramic radiographs, it was possible to identify their pairs. **Conclusions:** the sex estimation can be performed by anatomical points visible in panoramic radiographs and can be a good auxiliary method of identification in mass accidents.

Keywords: Identification. Sexual dimorphism. Dentistry. Forensic Dentistry.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 2.1- Medidas lineares e angulares marcadas nas radiografias panorâmicas.	31
Quadro 2.1- Descrição das medidas utilizadas.....	31
Figura 2.2- Fluxograma da análise de <i>Machine Learning</i>	33
Figura 3.1- Medidas Lineares marcadas nas radiografias panorâmicas.....	45
Quadro 3.1- Descrição das medidas utilizadas.....	45
Figura 3.2- Fluxograma da análise de <i>Machine Learning</i>	47
Figura 3.3- Apresentação dos agrupamentos realizados automaticamente pela técnica de <i>Machine Learning</i>	49
Figura 3.4- Medidas Lineares marcadas nas radiografias panorâmicas.....	49
Figura 3.5 Exemplo de agrupamento das radiografias AM e PM.....	50
Figura 3.6 Exemplo de agrupamento adequado das radiografias AM e PM.....	50
Figura 3.7 Exemplo de agrupamento que apresentam mais de duas radiografias....	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1- Distribuição das radiografias da fase treino, segundo sexo.....34

Tabela 2.2- Função discriminante linear para o sexo masculino e feminino.....35

Tabela 2.3- Importância das variáveis e componentes principais no modelo de
predição..... 35

Tabela 2.4. Acurácia dos modelos de *Machine Learning* na FTr e FTe.....36

Tabela 3.1- Distribuição das radiografias, segundo momento AM, PM...48
.....

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AM	<i>Ante Mortem</i>
AMD	Ângulo mandibular
BMD	Base da Mandíbula
C	Côndilo
Co	Processo Coronóide
CV	Coeficiente de Variação
FM	Forame Mental
FTe	Fase Teste
FTr	Fase Treino
Go	Gônio
ICC	Coeficiente Intra-classe
IDOL	Identification of Odontology by Landmarks on images
Me	Mento
PM	<i>Post Mortem</i>
PSM	Plano Sagital Mediano
X	Ponto de Intersecção Mento e plano sagital mediano

APRESENTAÇÃO

A presente dissertação está estruturada em capítulos independentes, mas relacionados entre si. O objetivo principal do trabalho foi discutir a identificação pessoal e estimativa de sexo utilizando pontos anatômicos em radiografias panorâmicas.

No primeiro capítulo é apresentada uma breve introdução sobre o tema identificação humana e estimativa de sexo em radiografias panorâmicas.

No segundo capítulo é apresentada a temática: Estimativa de sexo por meio de pontos anatômicos utilizando radiografias panorâmicas utilizando técnicas de *Machine Learning*.

No terceiro capítulo é apresentada a temática: Identificação pessoal a partir de pontos anatômicos em radiografias panorâmicas utilizando técnicas de *Machine Learning*.

No quarto capítulo são apresentadas as conclusões finais do presente trabalho.

SUMÁRIO

1	CAPÍTULO I – Introdução	25
1.1	Introdução	25
1.2	Referências.....	27
2	CAPÍTULO II – Estimativa do sexo a partir de pontos anatômicos em radiografias panorâmicas utilizando técnicas de <i>Machine Learning</i> 29	
2.1	Introdução	29
2.2	Método	30
2.3	Resultados.....	32
2.4	Discussão	36
2.5	Conclusões.....	37
2.6	Colaboradores do estudo.....	37
3	CAPÍTULO III – Identificação pessoal a partir de pontos anatômicos em radiografias panorâmicas utilizando a técnica de <i>Machine Learning</i>.....	43
3.1	Introdução	43
3.2	Método	44
3.3	Resultados.....	47
3.4	Discussão	51
3.5	Conclusões.....	53
3.6	Colaboradores do estudo.....	53
3.7	Referências.....	55
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	Erro! Indicador não definido.
	ANEXOS.....	61

1 CAPÍTULO I – Introdução

1.1 Introdução

A Odontologia Legal é o ramo da ciência odontológica capaz de auxiliar nas lides judiciais.¹ Os dentes são muito frequentemente utilizados na busca da identidade por serem estruturas duráveis e resistentes às transformações *post mortem*² e por isso a Odontologia é um dos métodos primários de identificação humana. É um método comparativo capaz de trazer resultados inequívocos de confirmação de identidade de remanescentes humanos em qualquer estágio de decomposição, até mesmo quando o corpo sofreu carbonização.³

Os procedimentos de identificação pela Odontologia Legal são diversos e utilizam exames complementares de radiografias por meio dos quais podem ser comparados exames *ante mortem* e *post mortem*. Nestes exames são observados tratamentos odontológicos realizados, presença e ausências dentais, formatos de raízes, forma e densidade de seios da face, variações de normalidade, estágio de erupção dental e estruturas anatômicas que aparecem nos exames intra-orais.^{4,5}

Para que a Odontologia possa contribuir com a identificação forense é indispensável que os dentistas clínicos façam exames e prontuários completos e armazenem de forma adequada, para quando necessário possam fornecer um material de boa qualidade para ser confrontado em caso de identificação.⁶

Fujimoto (2016) propôs um novo método de identificação pessoal, que recebeu o nome de IDOL method (Identification of Odontology by Landmarks on images), que utiliza pontos de referência em estruturas anatômicas em radiografias panorâmicas *ante mortem* comparando com tomografias computadorizadas *post mortem* e obteve resultados satisfatórios sem utilizar tratamentos dentários como referência.⁷

A radiologia vem contribuindo para a área forense desde 1896, quando fora utilizada primeiramente pelo Prof. Arthur Schuster para demonstrar a presença de projétil em um crânio.⁸ Posteriormente, em 1921, Schuller comparou seios frontais

para fins de identificação de remanescentes humanos.⁹ Desde então o uso de radiografias tem aumentado por ter sido amplamente utilizado em identificações bem sucedidas na área forense, até mesmo em casos de grande demanda como é caso de múltiplas vítimas, os chamados desastres em massa.¹⁰

A utilização de imagens radiográficas constitui um método eficaz, de baixo custo e eficiente de identificação humana, capaz de agilizar os trâmites judiciais desde que haja registro prévio para comparação e, assim, proporcionar conforto às famílias que aguardam a identidade para os devidos ritos de encerramento.¹¹

A maioria dos métodos odontológicos de identificação humana se vale de tratamentos e características dos dentes em relação à anatomia ou tratamentos realizados.¹² Alguns métodos que utilizam medidas dentais para individualizar uma pessoa são falíveis em casos de tratamentos ortodônticos extensos, por exemplo.⁷

Com os avanços das técnicas profiláticas e de materiais restauradores menos densos, como as resinas, houve uma diminuição significativa na incidência de cárie, o que torna mais difícil a identificação por esse método de comparação utilizando tratamentos dentários.¹¹

Dessa forma, o objetivo geral desse trabalho é criar um novo método de identificação humana utilizando medidas em pontos anatômicos do crânio, principalmente da mandíbula, que são imutáveis mesmo após tratamentos odontológicos extensos. Os estudos serão apresentados nos seguintes capítulos:

- Capítulos II – Estimativa do sexo a partir de pontos anatômicos em radiografias panorâmicas utilizando técnicas de *Machine Learning*.
- Capítulos III – Identificação pessoal a partir de pontos anatômicos em radiografias panorâmicas utilizando a técnica de *Machine Learning*.

Para os dois estudos desenvolvidos nessa dissertação, foram utilizadas radiografias panorâmicas cedidas de acervo particular uma amostra composta por 100 (cem) pares de radiografias panorâmicas digitais, de 100 (cem) indivíduos diferentes.

O projeto foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa da FOU SP e foi aprovado. (Parecer: 79354517.0.0000.0075).

Referências¹

1. Shamim T, Ipe Varughese V, Shameena P, Sudha S. Forensic odontology-a new perspective. *Medico-Legal Update-An International Journal*. 2006;6(1):1-4.
2. De Luca S, Alemán I, Bertoldi F, Ferrante L, Mastrangelo P, Cingolani M, et al. Age estimation by tooth/pulp ratio in canines by peri-apical X-rays: reliability in age determination of Spanish and Italian medieval skeletal remains. *J Archaeol Sci*. 2010;37(12):3048-58.
3. Shahin K, Chatra L, Shenai P. Dental and craniofacial imaging in forensics. *J Forensic Radiol Imaging*. 2013;1(2):56-62.
4. de Oliveira RN, Cavalcante LC, TUMANG AJ, da FOP-UNICAMP D. Contribuição da odontologia legal à identificação post-mortem. 1998.
5. Frari P, Iwashita AR, Caldas JCF, Scanavin MA, Júnior ED. A importância do odontologista no processo de identificação humana de vítima de desastre em massa. Sugestão de protocolo de exame técnico-pericial. *Odonto*. 2008;16(31):38-44.
6. de Novaes Benedicto E, Lages LHR, de Oliveira OF, da Silva RHA, Paranhos LR. A importância da correta elaboração do prontuário odontológico. *Odonto*. 2010;18(36):41-50.
7. Fujimoto H, Hayashi T, Iino M. A novel method for landmark-based personal identification on panoramic dental radiographic and computed tomographic images. *J Forensic Radiol Imaging*. 2016;7:21-7.
8. Eckert WG, Garland N. The history of the forensic applications in radiology. *Am J Forensic Med Pathol*. 1984;5(1):53-6.
9. Carvalho SPM, Silva RHAd, Lopes-Júnior C, Peres AS. Use of images for human identification in forensic dentistry. *Radiologia Brasileira*. 2009;42(2):125-30.

¹ De acordo com o Estilo Vancouver.

10. Obafunwa JO, Ogunbanjo VO, Ogunbanjo OB, Soyemi SS, Faduyile FA. Forensic odontological observations in the victims of DANA air crash. Pan Afr Med J. 2015;20:96.
11. Gruber J, Kameyama MM. O papel da Radiologia em Odontologia Legal The role of radiology in forensic dentistry. Pesqui Odontol Bras. 2001;15(3):263-8.
12. da Silva RF, Daruge Júnior E, Pereira SDdR, de Almeida SM, de Oliveira RN. Identificação de cadáver carbonizado utilizando documentação odontológica. Rev. odonto ciênc. 2008;23(1).

2 CAPÍTULO II – Estimativa do sexo a partir de pontos anatômicos em radiografias panorâmicas utilizando técnicas de *Machine Learning*

2.1 Introdução

A antropologia física e forense apresenta a preocupação em tentar estabelecer através da análise de fragmentos ósseos, a estimativa da idade, do sexo, da ancestralidade, da estatura e outros fatores associados. Atualmente a antropologia forense moderna é utilizada para a realização da identificação primária e secundária, principalmente em desastre de massa.^{1,2}

Quando não é possível a identificação primária, a identificação secundária é de extrema valia pericial e a estimativa do sexo é de extrema importância na prática pericial³.

Existem várias técnicas em odontologia e antropologia forense para tentar estimar o sexo dos indivíduos⁴⁻⁵. Os métodos odontológicos para estudar o dimorfismo sexual podem ser baseados na morfologia e nas medidas dos dentes,⁶⁻⁹ em outras estruturas, como o lábio^{10,11}, o palato¹²⁻¹³, a mandíbula e seios da fase entre outros métodos¹⁴. Os métodos antropológicos disponíveis para a diferenciação do sexo, verificam características morfológicas e métricas dos ossos como o crânio, o quadril, o sacro, a escápula, clavícula, esterno, úmero e fêmur.^{15,16}

A utilização de técnicas de ciências de dados podem ser utilizadas para a predição do sexo. Conceitos como de *Big Data*, *Machine Learning*, *Data Mining*, estão sendo usados nas práticas forenses.^{17,18} Alguns trabalhos apresentam os melhores algoritmos para a predição do sexo.¹⁹

O objetivo do estudo foi verificar a estimativa do sexo a partir de pontos anatômicos em radiografias panorâmicas na mandíbula. Foi verificada a diferença das médias das medidas e índices entre ambos os sexos. Para a aplicação prática pericial em odontologia forense foi realizada análise discriminante para prever o sexo dos participantes. Para melhorar a acurácia das análises, foram realizadas técnicas de *Machine Learning*.

2.2 Método

Tipo do estudo:

Estudo transversal utilizando radiografias panorâmicas, foi desenvolvido em duas fases principais; a primeira teve como objetivo avaliar um banco de dados para criar os algoritmos para realizar a estimativa do sexo, essa fase foi denominada de Fase Treino (FTr). Na segunda fase, o objetivo foi verificar a validade dos algoritmos em outra população para verificar se esses algoritmos não estão realizando uma sobre análise dos dados. Essa fase foi designada de Fase Teste (FTe).

População do estudo:

Na FTr, para a criação dos algoritmos para realizar a predição do sexo, foram utilizadas 100 radiografias panorâmicas de serviço radiológico, sendo 50 do sexo feminino e 50 do sexo masculino. Para verificar a validade externa foram utilizadas mais 100 radiografias seguindo a mesma distribuição por sexo da FTr.

Delineamento do plano amostral:

Para a definição dos participantes nas duas fases do estudo, foram utilizados os seguintes padrões: significância = 0,05%, poder do teste = 80%, diferenças de média = 3, desvio padrão = 5, razão entre os grupos = 1. Totalizando 50 participantes por sexo por fase.

Processo de calibração dos examinadores:

Dois examinadores passaram por um treinamento e processo de calibração, para a mensuração das medidas e dos índices. Foram calculados o coeficiente intra-classe (ICC); o Coeficiente de Variação e a estatística Bland-Altman.

Variáveis de estudo:

Foram realizadas em radiografias panorâmicas, 13 medidas lineares e angulares na mandíbula dos pacientes Figura 2.1 e Tabela 2.1, que serviram de base para as análises. As medidas foram mensuradas em pixel. Para a realização das medidas foram utilizados pontos de referência: côndilos direito e esquerdo; base

de mandíbula; processos coronóides; forames mentuais; gônio; ângulo de mandíbula; mento e foi traçada a linha mediana.

Figura 2.1 - Medidas lineares e angulares marcadas nas radiografias panorâmicas

Quadro 2.1 - Descrição das medidas utilizadas

1- AMD (D)	8- C – Go (E)
2- AMD (E)	9- FM – FM: FM – PSM (D)
3- C – Co (D)	10- FM – PSM (E)
4- C – Co (E)	11- FM – FM x PSM
5- C – C	12- FM – BMD (D)
6- Go – Go	13- FM – BMD (E)
7- C – Go (D)	14- X Me

D – Direito; E – Esquerdo; AMD- ângulo mandibular direito; C – Côndilo; Co – Processo coronóide; Go – Gônio; FM – Forame Mental; PSM – Plano Sagital Mediano; Me – Mento; BMD – Base da Mandíbula; X – Ponto de intersecção Me-Me – PSM-Me

Análise estatística

Para verificar a confiabilidade do método intra examinador e inter examinador, foram calculados o coeficiente intra-classe (ICC), o coeficiente de variação (CV) e a técnica estatística de Bland-Altman.

Para iniciar as análises de dados foi testada a adesão dos dados à curva de normalidade utilizando o teste estatístico de Shapiro-Francia. Para a primeira parte das análises todas as variáveis foram consideradas não normais. Para verificar a

diferença das medidas para o sexo masculino e feminino foi realizado o teste de Mann-Whitney. Foi empregada a análise discriminante linear para realizar a estimativa do sexo. Foi usado o pacote estatístico STATA 15.1, o nível de significância foi de 5%.

Modelos de predição para o sexo

Para melhorar a predição do sexo, foram utilizadas técnicas de Machine Learning (aprendizado de máquinas). A figura 2.2, apresenta o fluxograma da análise dessa técnica. Os dados foram trabalhados na linguagem R e Python. Os passos foram: realizar a equalização; retirar os valores discrepantes, transformação em componentes principais, realização dos algoritmos no banco de dados Treino, realização dos algoritmos no banco de dados Teste; verificar a acurácia dos algoritmos.

Considerações éticas:

O projeto foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa da FOUSP e foi aprovado (Parecer 79354517000000075). (ANEXO A)

2.3 Resultados

Foram selecionadas aleatoriamente 50 radiografias panorâmicas do sexo feminino e 50 do sexo masculino, nas quais foram mensuradas 13 medidas e 8 índices. O resultado do processo de calibração foi adequado. O ICC intra-examinadores e inter examinadores foram acima de 0.90 para todas as medidas e o coeficiente de variação abaixo de 5%. Na análise de Bland-Altman, as medidas estavam dentro dos intervalos de confiança fixados.

Antes de realizar as mensurações, foi verificada a adesão das variáveis a curva normal. De todas as variáveis testadas as que aderiram à curva foram as variáveis 1 e 2; para os índices, foram os índices 1, 2 e 3 (Tabela 2.1). Todas as variáveis foram consideradas tratadas estatisticamente na primeira fase das análises como não paramétricas.

Figura 2 2 - fluxograma da análise de *Machine Learning*

Para verificar a diferença das medidas para o sexo masculino e feminino foi realizado o teste de Mann-Whitney. As variáveis que apresentaram diferenças estatísticas foram as medidas 1, 5, 7, 8, 12 e 13 e o índice 2.

Tabela 2.1 - distribuição das radiografias da fase treino, segundo sexo

Variável	N	Média	DP	N	Média	DP	Normal	p
m1	50	122.34	6.92	50.00	124.82	6.08	0.442	0.045*
m2	50	124.13	6.97	50.00	126.66	5.40	0.794	0.078
m3	50	342.48	76.55	50.00	342.09	84.61	0.000	0.274
m4	50	324.15	72.56	50.00	339.91	79.93	0.000	0.707
m5	50	2097.78	464.19	50.00	2094.69	437.63	0.000	0.036*
m6	50	1998.19	424.21	50.00	2014.34	417.05	0.000	0.068**
m7	50	742.44	140.52	50.00	694.46	138.51	0.000	0.001*
m8	50	723.30	138.82	50.00	680.60	129.38	0.000	0.001*
m9	50	673.91	145.98	50.00	690.20	153.02	0.000	0.938
m10	50	337.05	76.54	50.00	346.30	94.20	0.000	0.471
m11	50	340.16	78.66	50.00	345.30	85.05	0.000	0.793
m12	50	164.64	35.00	50.00	146.22	39.93	0.001	0.001*
m13	50	159.12	35.53	50.00	142.83	35.58	0.000	0.002*
r1	50	0.99	0.03	50.00	0.99	0.03	0.176	0.776
r2	50	1.06	0.09	50.00	1.01	0.09	0.100	0.008*
r3	50	1.05	0.05	50.00	1.04	0.05	0.852	0.156
r4	50	3.13	0.28	50.00	3.07	0.46	0.000	0.059**
r5	50	2.98	0.26	50.00	2.95	0.41	0.000	0.175
r6	50	1.03	0.05	50.00	1.02	0.06	0.022	0.533
r7	50	1.01	0.18	50.00	1.03	0.21	0.000	0.136
r8	50	1.04	0.11	50.00	1.03	0.12	0.002	0.362

Foi realizada função discriminante para a distinção do sexo. A acurácia para o sexo feminino foi de 68,00%, e para o masculino de 74,00%. As fórmulas para predizer o sexo foram:

$$\text{Feminino} = -227,21 + (m1 * 3,5416) + (m5 * -0,0966) + (m6 * 0,0712) + (m7 * 0,0988) + (m8 * 0,0276) + (m12 * -0,1505) + (m13 * 0,0902)$$

$$\text{Masculino} = -234,5066 + (m1 * 3,6167) + (m5 * -,0982) + (m6 * 0,0817) + (m7 * 0,0924) + (m8 * 0,0144) + (m12 * -0,1920) + (m13 * 0,0901)$$

Tabela 2.2 - Função discriminante linear para o sexo masculino e feminino

Variáveis	sexo	
	Feminino	Masculino
m1	3.5416	3.6167
m5	-0.0966	-0.0982
m6	0.0712	0.0817
m7	0.0988	0.0924
m8	0.0276	0.0144
m12	-0.1505	-0.1920
m13	0.0902	0.0901
_cons	-227.91	-234.5066
Acurácia	68,00%	74,00%

Todas as medidas lineares foram consideradas para a realização dos algoritmos de *Machine Learning*, as razões não foram utilizadas, pois apresentaram baixo valor preditivo, não colaborando com o modelo. No modelo de predição utilizando técnicas de *Machine Learning* as variáveis que tiveram mais peso no modelo foram m5, m7, m8, m6. (Tabela 2.3). Quando foram realizadas a estandardização das variáveis e criação de componentes principais, os que tiveram mais peso foram os Componentes principais PC1, PC4 e PC2.

Tabela 2.3 - Importância das variáveis e componentes principais no modelo de predição

Variáveis	Gain ratio	Gini
M5	0,153	0,183
M7	0,119	0,143
M8	0,092	0,116
M6	0,083	0,101
CP1	0,096	0,123
CP4	0,043	0,057
CP2	0,036	0,048

Na análise preditiva utilizando *Machine Learning*, as melhores acurácias para a FTr foram verificadas no modelo KNN com 0,937 e na *Neural Network* 0,992. Já para a FTe, foi o modelo *Neural Network* com 0,891 (Tabela 2.4).

Tabela 2.4 - Acurácia dos modelos de *Machine Learning* na FTr e FTe

	FTr	FTr	FTe	FTe
Variáveis	Auc	Precision	Auc	Precision
KNN	0,937	0,860	0,887	0,800
SGD	0,765	0,760	0,760	0,767
Neural Network	0,992	0,941	0,891	0,790
Naive Bayes	0,847	0,763	0,819	0,720
Logistic Regress	0,829	0,701	0,805	0,732

2.4 Discussão

A mais de 70 anos as ciências forenses vêm tentando a melhor forma de realizar a correta predição do sexo. Muitas dessas estimativas estão baseadas na análise de características de elementos dentais^{20,21} e poucos trabalhos utilizam outras estruturas para realizar a predição do sexo^{5,22}.

Os dados das medidas coletadas nas radiografias apresentaram elementos satisfatórios de concordância intra e inter examinadores. Na análise de Bland-Altman, as medidas estavam dentro dos intervalos de confiança fixados conforme método sugerido pelos autores²³.

Algumas medidas lineares apresentaram médias diferentes tanto para o sexo feminino, como para o masculino. As variáveis que apresentaram diferenças estatísticas foram as medidas 1, 5, 7, 8, 12 e 13 e o índice 2. Alguns estudos que verificaram as diferenças de medidas da mandíbula apontam a mesma tendência^{14,24}.

Segundo alguns autores, poderia ser considerada uma técnica confiável, a que se apresenta uma precisão e/ou acurácia de mais de 80%, que pudesse permitir uma boa discriminação, mesmo assim deveria ser utilizada outra técnica para a confirmação dos resultados⁵. Nos resultados apresentados a acurácia para o sexo feminino foi de 68,00%, e para o masculino de 74,00%. Resultados de vários estudos utilizando estruturas das mandíbulas apresentam acurácias entre 60,00 e 85,00%, ficando similar ao nosso estudo²⁴⁻²⁸.

Para melhorar a acurácia da predição de sexo e ser mais útil para a prática pericial, no presente estudo, foram utilizadas técnicas de *Machine Learning*. A apresentação desta etapa segue um guia de como relatar pesquisas que utilizam *Machine Learning* na área biológica²⁹.

Na análise preditiva utilizando *Machine Learning*, as melhores acurácias para a FTr foram verificadas no modelo KNN com 0,937 e na *Neural Network* 0,992. Já para a FTe, foi o modelo *Neural Network* com 0,891. Em outros trabalhos realizados para a predição do sexo, o modelo KNN já tinha apresentado bons resultados¹⁹. Os resultados obtidos denotam uma boa adaptação dos algoritmos. As duas fases da pesquisa obtiveram resultados parecidos.

2.5 Conclusões:

A estimativa de sexo pode ser realizada por pontos anatômicos visíveis em radiografias panorâmicas, principalmente quando se utiliza técnica de *Machine Learning* para auxiliar nos métodos estatísticos de predição do sexo.

2.6 Colaboradores do estudo

Ortiz AG, Silva RHA. Biazevic MGH. Costa, C. Michel-Crosato E.

Referências²

1. Cattaneo C., Forensic anthropology: developments of a classical discipline in the new millennium, *Forensic Science International*, 2007;65(2–3):185-93.
2. Steadman DW. Haglund WD, The scope of Anthropological Contributions to Human Rights Investigations. *J Forensic Sci.* 2005;50(1):23–30.
3. Interpol. DVI Guide: INTERPOL, 2014.124p.
4. Joseph AP, Harish RK, Rajeesh Mohammed PK, Vinod Kumar RB. How reliable is sex differentiation from teeth measurements. *Oral Maxillofac Pathol J.* 2013;4(1):289-92.
5. Capitaneanu C, Willems G, Thevissen P. A systematic review of odontological sex estimation methods. *J Forensic Odontostomatol.* 2017 Dec 1;2(35):1-19.
6. Radlanski RJ, Renz H, Hopfenmüller W. Sexual dimorphism in teeth? Clinical relevance. *Clin Oral Investig.* 2012;16(2):395-9.
7. Eboh DEO. A dimorphic study of maxillary first molar crown dimensions of urhobos in Abraka, South-Southern Nigeria. *J Morphol Sci.* 2012;2:96-100.
8. Parekh DH, Patel SV, Zalawadia AZ, Patel SM. Odontometric Study Of Maxillary Canine Teeth To Establish Sexual Dimorphism In Gujarat Population. *Int J Biol Med Res.* 2012;3(3):1935-7.
9. Khangura RK, Sircar K, Singh S, Rastogi V. Sex determination using mesiodistal dimension of permanent maxillary incisors and canines. *J Forensic Dent Sci.* 2011;3(2):81-5.
10. Nagalaxmi V, Sridevi U, Naga Jyothi M, Lalitha C, Kotya Naik M, Srikanth K. Cheiloscopy, Palatoscopy and Odontometric s in Sex Prediction and Discrimination - a Comparative Study. *Open Dent J.* 2014;8:269-79.

² De acordo com Estilo Vancouver.

11. Kaul R, Padmashree SM, Shilpa PS, Sultana N, Bhat S. Cheiloscopy patterns in Indian population and their efficacy in sex determination: A randomized cross-sectional study. *J Forensic Dent Sci.* 2015;7(2):101-6.
12. Burris BG, Harris EF. Identification of race and sex from palate dimensions. *J Forensic Sci.* 1998;43(5):959-63.
13. Saraf A, Bedia S, Indurkar A, Degwekar S, Bhowate R. Rugae patterns as an adjunct to sex differentiation in forensic identification. *J Forensic Odontostomatol.* 2011;29(1):14-9.
14. Badran DH, Othman DA, Thnaibat HW, Amin WM. Predictive accuracy of mandibular ramus flexure as a morphologic indicator of sex dimorphism in Jordanians. *Int J Morphol.* 2015;33(4):1248-54.
15. Paknahad M, Shahidi S, Zarei Z. Sexual Dimorphism of Maxillary Sinus Dimensions Using Cone-Beam Computed Tomography. *J Forensic Sci.* 2017;62(2):395-398.
- 16 Carvalho SP, Brito LM, Paiva LA, Bicudo LA, Crosato EM, Oliveira RN. Validation of a physical anthropology methodology using mandibles for gender estimation in a Brazilian population. *J Appl Oral Sci.* 2013;21(4):358-62.
- 17 Lefèvre T. Big data in forensic science and medicine. *J Forensic Leg Med.* 2018 Jul;57:1-6. doi: 10.1016/j.jflm.2017.08.001.
- 18 DeLisi M. The big data potential of epidemiological studies for criminology and Forensics. *J Forensic Leg Med.* 2018 Jul;57:24-7 doi: 10.1016/j.jflm.2016.09.004.
- 19 Martins Filho IE, Lopez-Capp TT, Biazevic MGH, Michel-Crosato E. Sexual dimorphism using odontometric indexes: Analysis of three statistical techniques. *J Forensic Leg Med.* 2016 Nov;44:37-42. doi: 10.1016/j.jflm.2016.08.010. Epub 2016 Aug 24 1:
20. Pettenati-Soubayroux MS. Olivier D. Sexual dimorphism in teeth: discriminatory effectiveness of permanent lower canine size observed in a XVIIIth century osteological series. *Forensic Sci Int* 2002;126 :227–232.

21. Omar A, Azab S. Applicability of Determination of Gender from Odontometric Measurements of Canine Teeth in a Sample of Adult Egyptian Population, Cairo. Dent J. 2009;25(2):167-180 .
22. Hunt EEJ, Gleiser I. The estimation of age and sex of preadolescent children from bones and teeth. Am J Phys Anthropol. 1955;13(3):479-87.
23. Martelli Filho JÁ, Maltagliati LA, Trevisan F, Gil CT. Novo método estatístico para análise da reprodutibilidade. Rev Dent Press Ortodon Ortop Facial. 2005 set/out; 10(5):122-9.
24. Oettlé, AC, Pretorius E. Steyn M. Geometric morphometric analysis of mandibular ramus flexure. Am. J. Phys. Anthropol. , 2005; 128(3):623-9.
25. PokhrelR, Bhatnagar R. Sexing of mandible using ramus and condyle in Indian population: A discriminant function analysis. Eur J Anat 2013;17:39-42.
26. Saini V. Metric study of fragmentary mandibles in a North Indian population. Bull Int Assoc Paleodont 2013;7:157-62.
27. Zangouei-Booshehri M, Aghili HA, Abasi M, Ezoddini-Ardakani F. Agreement between panoramic and lateral cephalometric radiographs for measuring the gonial angle. Iran J Radiol 2012;9:178-82.
28. Ajit Damera, Jonnala Mohanalakshmi, Pavan Kumar Yellarthi, Begum Mohammed Rezwana. Radiographic evaluation of mandibular ramus for gender estimation: Retrospective study. J Forensic Dent Sci. 2016 May-Aug; 8(2): 74–8. doi: 10.4103/0975-1475.186369
- 29 Luo W, Phung D, Tran T, Gupta S, Rana S, Karmakar C,et al. Guidelines for Developing and Reporting Machine Learning Predictive Models in Biomedical Research: A Multidisciplinary View. J Med Internet Res 2016;18(12):e323. Doi:10.2196/jmir.5870

3 CAPÍTULO III – Identificação pessoal a partir de pontos anatômicos em radiografias panorâmicas utilizando a técnica de *Machine Learning*.

3.1 Introdução

A identificação de vítimas resultantes de um desastre de massa é uma tarefa multidisciplinar e a Odontologia pode e deve contribuir nesse processo.¹ Os registros odontológicos podem ajudar na identificação em desastres de larga escala.² A identificação individual depende da comparação de dados *ante mortem* (AM) e *post mortem* (PM), e normalmente é possível encontrar registros odontológicos nesses dois momentos, para realizar uma comparação odontolegal³.

Registros odontológicos AM podem ser de diversos tipos como odontogramas, exames auxiliares de imagens e outros.⁴ A radiografia odontológica é um exame muito útil e é altamente objetivo no confronto do AM e PM em comparação a outros registros odontológicos.⁵

A diversidade de possibilidades dos registros odontológicos tem sido bastante estudada para a identificação pessoal e representa uma técnica com alta eficácia, apresentando um valor acima de 98,00% de acurácia.⁶ Uma variação da técnica da diversidade, é realizar a estimativa, não nos exames e odontogramas, mas sim, em radiografias e/ou tomografias odontológicas AM e PM que também apresentam bons valores de acurácia.^{7,8}

A automação do processo de identificação pode viabilizar sua aplicação em desastres em massa na comparação de dados anatômicos dos exames AM e PM.⁹⁻¹¹ Várias técnicas são encontradas na literatura com a finalidade de identificação forense, dentre as mais utilizadas, estão: a análise das condições dentais (como a verificação de dentes cariados, perdidos ou obturados), o número de dentes presentes ou pontos de referência em estruturas anatômicas.¹²

A utilização de técnicas de *Big Data*, *Machine Learning*, *Data Mining*, estão sendo usadas para estudos preditivos e automação em ciências forenses, representando um novo campo de estudo.^{13,14}

Para tentar contribuir com o processo de identificação humana em grandes desastres com múltiplas vítimas, o objetivo do estudo é a partir de pontos anatômicos em radiografias panorâmicas utilizando a técnica de *Machine Learning* e automação, aproximar os pares de radiografias em dois momentos simulando o AM e PM.

3.2 Método

Tipo do estudo:

Foi conduzido um estudo observacional, em dois momentos, com simulação das condições AM e PM, utilizando radiografias panorâmicas, desenvolvido em duas fases principais de análise; a primeira verificou a identificação com indicadores métricos mensurados nas radiografias, a segunda levou em consideração medidas geradas automaticamente das radiografias digitalizadas com técnicas de *Machine Learning*.

População do estudo:

Foram utilizados 100 pacientes que apresentaram 200 radiografias panorâmicas, de serviço radiológico particular, em dois momentos distintos (simulação AM e PM), sendo 100 radiografias do sexo feminino e 100 do sexo masculino.

Delineamento do plano amostral:

Para a definição dos participantes, foram utilizados os seguintes padrões: significância = 0,05%, poder do teste = 80%, diferenças de média = 3, desvio padrão = 5, razão entre os grupos = 1. Totalizando 200 radiografias panorâmicas, sendo 100 para a simulação AM e 100 para a simulação PM.

Processo de calibração dos examinadores:

Dois examinadores passaram por um treinamento e processo de calibração, para a mensuração das medidas e dos índices. Foram calculados o coeficiente intra-classe (ICC); o Coeficiente de Variação e a estatística Bland-Altman.

Variáveis de estudo:

Foram realizadas em radiografias panorâmicas, 13 medidas lineares e angulares na mandíbula dos pacientes figura 3.1 e quadro 3.1, que serviram de base para as análises. As medidas foram mensuradas em pixel. Para a realização das medidas foram utilizados como pontos de referência: côndilos direito e esquerdo; base de mandíbula; processos coronóides; forames mentuais; gônio; ângulo de mandíbula; mento e foi traçada a linha mediana.

Figura 3.1 - Medidas lineares e angulares marcadas nas radiografias panorâmicas

Quadro 3.1 Descrição das medidas utilizadas

8- AMD (D)	8- C – Go (E)
9- AMD (E)	9- FM – FM: FM – PSM (D)
10-C – Co (D)	10- FM – PSM (E)
11-C – Co (E)	11- FM – FM x PSM
12-C – C	12- FM – BMD (D)
13-Go – Go	13- FM – BMD (E)
14-C – Go (D)	14- X Me

D – Direito; E – Esquerdo; AMD- ângulo mandibular direito; C – Côndilo; Co – Processo coronóide; Go – Gônio; FM – Forame Mental; PSM – Plano Sagital Mediano; Me – Mento; BMD – Base da Mandíbula; X – Ponto de intersecção Me-Me – PSM-Me

Análise estatística

Para verificar a confiabilidade do método intra examinador e inter examinador, foram calculados o coeficiente intra-classe (ICC) e o coeficiente de variação (CV) e a técnica estatística de Bland-Altman.

Para iniciar as análises de dados foi testada a adesão dos dados à curva de normalidade utilizando o teste estatístico de Shapiro-Francia. Para primeira parte das análises todas as variáveis foram consideradas não normais. Para verificar a diferença das medidas para as simulações AM e PM foi realizado o teste de Mann-Whitney. Foi utilizado o pacote estatístico STATA 15.1, o nível de significância foi de 5%.

Para tentar criar pares das radiografias AM e PM, foram tiradas as diferenças dos índices R1, R2, R3, R4, R5, R6, R7 e R8. Foram consideradas medidas diferentes, os resultados acima de 0,010 de diferença. Para considerar um par, precisava ter 5 medidas consideradas iguais.

Modelos de *Machine Learning*

Foram utilizadas técnicas de *Machine Learning* (aprendizado de máquinas) para gerar medições automáticas através de redes neurais profundas utilizando “*Google’s Inception v3 model trained on ImageNet*”. A figura 3.2, apresenta o fluxograma da análise de *Machine Learning*. Os dados foram trabalhados na linguagem R e Python. Os passos foram: realizar a equalização; importar, visualizar, análise, medidas de distância, agrupamentos e por fim apresentação dos pares.

Considerações éticas:

O projeto foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa da FOUSP e foi aprovado (Parecer 79354517000000075). (ANEXO A)

Figura 3.2 - Fluxograma da análise de *Machine Learning*

3.3 Resultados

Foram selecionadas aleatoriamente 100 radiografias panorâmicas para a simulação AM e PM. Foram mensuradas 13 medidas e 8 índices. O resultado do processo de calibração foi adequado, sendo o ICC intra-examinadores e inter examinadores foram acima de 0.90 para todas as medidas e o coeficiente de variação abaixo de 5%. Na análise de Bland-Altman, as medidas estavam dentro dos intervalos de confiança fixados.

Antes de realizar as mensurações, foi verificada a adesão das variáveis à curva normal. De todas as variáveis testadas as que aderiram à curva foram as variáveis 1 e 2; para os índices, foram os índices 1, 2 e 3 (Tabela 3.1). Todas as variáveis foram consideradas tratadas estatisticamente na primeira fase das análises como não paramétricas.

Para verificar a diferença das simulações foi realizado o teste de Mann-Whitney. Não foram verificadas diferenças estatísticas entre o AM e PM (Tabela 3.1).

Tabela 3.1 - Distribuição das radiografias, segundo momento AM, PM

AM – Anten Morte				PM –Post Morte				
Variável	Obs	Média	SD	Variável	Obs	Média	Diff	p
m1	100	123.58	6.60	100	123.67	6.28	-0.09	ns
m2	100	125.40	6.34	100	125.32	6.16	0.08	ns
m3	100	342.29	80.27	100	329.19	50.36	13.09	ns
m4	100	332.03	76.36	100	318.05	53.30	13.98	ns
m5	100	2096.24	448.83	100	2010.59	266.21	85.64	ns
m6	100	2006.27	418.59	100	1918.56	241.37	87.70	ns
m7	100	718.45	140.89	100	691.88	102.44	26.57	ns
m8	100	701.95	135.22	100	675.84	93.42	26.11	ns
m9	100	682.06	149.01	100	650.33	107.11	31.73	ns
m10	100	341.68	85.52	100	328.93	51.54	12.74	ns
m11	100	342.73	81.54	100	326.66	60.82	16.07	ns
m12	100	155.43	38.49	100	152.12	36.65	3.31	ns
m13	100	150.98	36.31	100	145.96	33.42	5.02	ns
r1	100	0.99	0.03	100	0.99	0.03	0.00	ns
r2	100	1.03	0.10	100	1.04	0.09	-0.01	ns
r1	100	0.99	0.03	100	0.99	0.03	0.00	ns
r2	100	1.03	0.10	100	1.04	0.09	-0.01	ns
r3	100	1.05	0.05	100	1.05	0.05	0.00	ns
r4	100	3.10	0.38	100	3.14	0.52	-0.05	ns
r5	100	2.96	0.34	100	3.00	0.50	-0.04	ns
r6	100	1.02	0.05	100	1.02	0.06	0.00	ns
r7	100	1.02	0.19	100	1.03	0.17	-0.01	ns
r8	100	1.03	0.12	100	1.05	0.16	-0.02	ns

Para verificar diferenças matemáticas entre cada radiografia AM e PM, pelo método proposto, 85,00% das radiografias AM tiveram suas medidas compatíveis com as radiografias PM.

A mesma diferença foi encontrada com técnicas automáticas para extração de medidas e comparações, mas com a agilidade da automação das medidas e fácil visualização das imagens.

Figura 3.3 - Apresentação dos agrupamentos realizados automaticamente pela técnica de *Machine Learning*

Figura 3.4 - Medidas Lineares marcadas nas radiografias panorâmicas

As figuras 3.3 e 3.4 apresentam as mensurações das medidas geradas automaticamente e a criação de pares e imagens parecidas. A figura 3.3 apresenta os agrupamentos realizados automaticamente pela técnica de *Machine Learning*. Na figura 3.4 é mostrado o posicionamento multidimensional, a projeção de pontos da dimensão e tentativas de ajustar as distâncias entre os pontos da melhor forma possível.

Figura 3.5 - Exemplo de agrupamento das radiografias AM e PM

Figura 3.6 - Exemplo de agrupamento adequado das radiografias AM e PM

As figuras 3.6, 3.6 e 3.7 apresentam exemplos de agrupamentos realizados automaticamente. A figura 3.6 apresenta o agrupamento adequado para a realização da perícia para a determinação de pontos qualitativos de semelhança entre as duas radiografias. A figura 3.7, apresenta mais de uma imagem AM para a realização do confronto para identificação, mas pela imagem fica sugestivo qual seria o par correto com facilidade.

Figura 3.7 - Exemplo de agrupamento que apresentam mais de duas radiografias

3.4 Discussão

O estudo tem a intenção de fazer uma triagem das imagens em acidentes em larga escala, com múltiplas vítimas, para facilitar a identificação de um indivíduo. Não se pretende realizar a identificação pessoal, que deve ser realizada segundo as recomendações da “INTERNATIONAL ORGANIZATION for FORENSIC ODONTO-STOMATOLOGY (IOFUS)”^{15,16}.

Embora exista uma tentativa da identificação pessoal, muitos trabalhos discutem a questão de que a unicidade na identificação forense seria uma característica muito difícil de ser conseguida¹⁷.

Nas análises de Bland-Altman, as medidas estavam dentro dos intervalos de confiança fixados conforme método sugerido pelos autores, sugerindo boas características de reprodutibilidade intra e inter examinadores¹⁸.

Não foram verificadas diferenças estatísticas entre o AM e PM pelas medidas mensuradas nas imagens das radiografias panorâmicas utilizadas, embora 85,00% das radiografias AM tiveram suas medidas compatíveis com as radiografias PM. Os resultados foram satisfatórios, mas ainda assim, é uma técnica que demanda tempo e trabalho.

Para facilitar o processo, o próximo passo foi realizar a tiragem inicial utilizando algoritmos e técnicas de *Machine Learning*. A ideia surgiu de estudos que estavam analisando a acurácia de reconhecimento facial automatizado e foi referida uma boa acurácia¹⁹⁻²².

Como relatado, o método possui boas características para agrupar possíveis pares de identificação e pode ser empregado como um método de triagem em acidentes em massa. Para concluir a identificação, de fato, são necessários outros métodos periciais para determinar a identificação positiva^{23,24}.

A diversidade de possibilidades dos registros odontológicos tem sido bastante estudada para a identificação pessoal, e podem ser utilizadas para a identificação positiva.⁶ Fujimoto²⁵ propôs um novo método de identificação pessoal, que recebeu o nome de IDOL method (Identification of Odontology by Landmarks on images), que utiliza pontos de referência em estruturas anatômicas em radiografias panorâmicas *ante mortem* comparando com tomografias computadorizadas *post mortem* e obteve resultados satisfatórios sem utilizar tratamentos dentários como referência.²⁵

A utilização de *Machine Learning* na área forense é nova e abre um campo de pesquisa novo para ajudar na prática pericial do perito odonto-legista. A principal limitação desse estudo é que as condições AM e PM foram simuladas com exames em dois momentos distintos.

3.5 Conclusões

A estimativa de sexo pode ser realizada por pontos anatômicos visíveis em radiografias panorâmicas utilizando técnicas automatizadas de Machi Learning, que facilita a técnica pericial realizando uma triagem inicial agrupando pares das imagens AM e PM.

3.6 Colaboradores do estudo

Ortiz AG. Silva RHA. Biazevic MGH. Costa C. Michel-Crosato E.

Referências³

1. Wood JD, Forensic dental identification in mass disasters: the current status. *J Calif Dent Assoc.* 2014; 42:379-83.
2. Miki Y, Muramatsu C, Hayashi T, Zhou X, Hara T, Katsumata A, Fujita H. Classification of teeth in cone-beam CT using deep convolutional neural network. *Comput Biol Med.* 2017 Jan 1;80:24-29. doi: 10.1016/j.compbimed.2016.11.003.
3. Ruder TD, Thali YA, Rashid SNA, Mund MT, Thali MJ, Hatch GM. A.M. Christensen AM, Somaini S, Ampanozi G. Validation of post mortem dental CT for disaster victim identification. *J Forensic Radiol Imaging.* 2016; 5:25-30.
4. Adams BJ. The diversity of adult dental patterns in the United States and the implications for personal identification. *J Forensic Sci.* 2003; 48:497-503.
5. Bhateja S, Arora G, Katote. Evaluation of adult dental patterns on orthopantomograms and its implication for personal identification: A retrospective observational study. *J Forensic Dent Sci.* 2015 Jan-Apr;7(1):14-7. doi: 10.4103/0975-1475.150297.
6. Biazevic MG, de Almeida NH, Crosato E, Michel-Crosato E. Diversity of dental patterns: Application on different ages using the Brazilian National Oral Health Survey. *Forensic Sci Int.* 2011;207:240.
7. Lee SS, Choi JH, Yoon CL, Kim CY, Shin KJ. The diversity of dental patterns in the orthopantomography and its significance in human identification. *J Forensic Sci* 2004;49:784-6.
8. Kumar A, Ghosh S, Logani A. Occurrence of diversity in dental pattern and their role in identification in Indian population: An orthopantomogram based pilot study. *J Forensic Dent Sci.* 2014 Jan;6(1):42-5. doi: 10.4103/0975-1475.127770.
9. Jain AK, Chen H. Matching of dental X-ray images for human identification, *Pattern Recognit.* 2015;37:1295-305.
10. J. Zhou, M. Abdel-Mottaleb, A content-based system for human identification based on bitewing dental X-ray images, *Pattern Recognit.* 2005; 38:2132-42.

³ De acordo com Estilo Vancouver.

11. Tohnak S, Mehnert A, Mahoney M, Crozier S. Dental identification system based on unwrapped CT images, in: Proceedings of the International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, 2009, p. 3549–52.
12. P.L. Lin, Y.H. Lai, P.W. Huang, An effective classification and numbering system for dental bitewing radiographs using teeth region and contour information, *Pattern Recognit.* 43 (2010) 1380–1392
13. Lefèvre T. Big data in forensic science and medicine. *J Forensic Leg Med.* 2018 Jul;57:1-6. doi: 10.1016/j.jflm.2017.08.001.
14. DeLisi M. The big data potential of epidemiological studies for criminology and Forensics. *J Forensic Leg Med.* 2018 Jul;57:24-7 doi:.10.1016/j.jflm.2016.09.004.
15. IOFOS. Recommendations for Quality Assurance: Body Identification. Mass Disaster, 2017 2p.
16. IOFOS. Recommendations for Quality Assurance: Body Identification. Single Case, 2018 5p.
17. Page M, Taylor J, Blenkin M. Uniqueness in the forensic identification sciences--fact or fiction? *Forensic Sci Int.* 2011 Mar 20;206(1-3):12-8. doi:10.1016
18. Carvalho SP, Brito LM, Paiva LA, Bicudo LA, Crosato EM, Oliveira RN. Validation of a physical anthropology methodology using mandibles for gender estimation in a Brazilian population. *J Appl Oral Sci.* 2013;21(4):358-62.
19. Phillips PJ, Yates AN, Hu Y, Hahn CA, Noyes E, Jackson K. et al. Face recognition accuracy of forensic examiners, superrecognizers, and face recognition algorithms. *Proceedings of the National Academy of Sciences* May 2018, 201721355; DOI:10.1073/pnas.
20. Dowsett AJ, Burton AM. Unfamiliar face matching: Pairs out-perform individuals and provide a route to training. *Br J Psychol.* (2015) 106:433–445.
21. O'Toole A, Abdi H, Jiang F, Phillips PJ. Fusing face recognition algorithms and humans. *IEEE Trans Syst Man Cybern.* (2007) B 37:1149–1155.

22. Phillips PJ, O'Toole AJ. Comparison of human and computer performance across face recognition experiments. *Image Vis Comput.* (2014)32:74–85.
23. Taroni F, Mangin P, Perrior M. Identification concept and the use of probabilities in forensic odontology – an approach by philosophical discussion. *J Forensic Odontostomatol* 2000 Jun; 18(1): 15-8.
24. Rothwell BR. Principles of dental identification. *Dent Clin North Am* 2001 Apr; 45(2): 253-70.
25. Fujimoto H, Hayashi T, Iino M. A novel method for landmark-based personal identification on panoramic dental radiographic and computed tomographic images. *J of Forensic Radiol Imaging.* 2016;7:21-7.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Odontologia Legal e/ou Forense deve e pode auxiliar nas lides judiciais. Exames odontológicos podem contribuir nesse processo e a utilização de imagens radiográficas constitui um método eficaz, de baixo custo e eficiente de identificação humana primária e secundária.

Os resultados dos trabalhos apresentados apontam que a estimativa de sexo pode ser realizada por pontos anatômicos visíveis em radiografias panorâmicas. O uso de técnicas de *Machine Learning* pode ser facilmente aplicado para melhorar a acurácia das técnicas de precisão, mas acrescentam a necessidade do perito conhecer essas tecnologias ou se associar com institutos de pesquisas.

Também foi verificado que pode ser um bom método auxiliar de identificação em acidentes em massa, aproximando as radiografias semelhantes, para uma posterior identificação de pontos análogos o que facilita e muito a logística em grandes acidentes envolvendo múltiplas vítimas.

Técnicas de *Machine Learning* são novidades em todas as áreas das ciências, principalmente nas ciências forenses. Tecnologias inovadoras vão surgir nos próximos anos, ficando o desafio de sua aplicação na Odontologia Legal em âmbito Forense e os estudos realizados nessa coletânea tentam contribuir com esse desafio.

ANEXO A – Aprovação do Comitê de Ética (Brasil) e autorização

USP - FACULDADE DE ODONTOLOGIA DA UNIVERSIDADE DE SÃO
PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP														
DADOS DO PROJETO DE PESQUISA														
Título da Pesquisa: Identificação humana e estimativa de sexo a partir de pontos anatômicos em radiografias panorâmicas.														
Pesquisador: Adrielly Garcia Ortiz														
Área Temática:														
Versão: 4														
CAAE: 79354517.0.0000.0075														
Instituição Proponente: Universidade de São Paulo - Faculdade de Odontologia														
Patrocinador Principal: Financiamento Próprio														
DADOS DO PARECER														
Número do Parecer: 2.635.592														
Apresentação do Projeto:														
<p>No presente projeto os pesquisadores buscam contribuir com a Odontologia Legal, no intuito de criar e validar um método de identificação humana utilizando medidas em pontos anatômicos da face visíveis em radiografias panorâmicas, que são imutáveis mesmo após tratamentos odontológicos extensos. Neste estudo serão utilizadas 220 radiografias panorâmicas de 110 pacientes da clínica radiológica Dental X, nas quais serão realizadas medidas utilizando pontos anatômicos da mandíbula que serão comparadas em exames do mesmo paciente em momentos diferentes.</p>														
Objetivo da Pesquisa:														
<p>O objetivo desse trabalho é criar e validar um método de identificação humana utilizando medidas em pontos anatômicos da face visíveis em radiografias panorâmicas, que são imutáveis mesmo após tratamentos odontológicos extensos.</p>														
Avaliação dos Riscos e Benefícios:														
<p>Os riscos são mínimos, pois não haverá contato com os participantes da pesquisa. Com relação aos benefícios, esta pesquisa poderá contribuir com o processo de identificação humana em âmbito forense, desenvolvendo um método que possa ser praticado nos Institutos Médicos Legais brasileiros.</p>														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="3">Endereço: Av Prof Lineu Prestes 2227</td> </tr> <tr> <td>Bairro: Cidade Universitária</td> <td colspan="2">CEP: 05.508-900</td> </tr> <tr> <td>UF: SP</td> <td colspan="2">Município: SAO PAULO</td> </tr> <tr> <td>Telefone: (11)3091-7960</td> <td>Fax: (11)3091-7814</td> <td>E-mail: cepfo@usp.br</td> </tr> </table>			Endereço: Av Prof Lineu Prestes 2227			Bairro: Cidade Universitária	CEP: 05.508-900		UF: SP	Município: SAO PAULO		Telefone: (11)3091-7960	Fax: (11)3091-7814	E-mail: cepfo@usp.br
Endereço: Av Prof Lineu Prestes 2227														
Bairro: Cidade Universitária	CEP: 05.508-900													
UF: SP	Município: SAO PAULO													
Telefone: (11)3091-7960	Fax: (11)3091-7814	E-mail: cepfo@usp.br

USP - FACULDADE DE
ODONTOLOGIA DA
UNIVERSIDADE DE SÃO

Continuação do Parecer: 2.635.502

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

O projeto apresenta-se com objetivo claro e pertinente.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Foram apresentados os documentos: informações básicas do projeto, folha de rosto, autorização de utilização do acervo de radiografias panorâmicas e projeto completo.

Recomendações:

Tendo em vista a legislação vigente, devem ser encaminhados ao CEP-FOUSP relatórios parciais anuais referentes ao andamento da pesquisa e relatório final, utilizando-se da opção "Enviar Notificação" (descrita no Manual "Submeter Notificação", disponível na Central de Suporte - canto superior direito do site www.saude.gov.br/plataformabrasil).

Qualquer alteração no projeto original deve ser apresentada "emenda" a este CEP, de forma objetiva e com justificativas para nova apreciação.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Todas as considerações foram atendidas. Não há pendências.

Considerações Finais a critério do CEP:

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_P ROJETO_1009533.pdf	10/04/2018 11:21:39		Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	PROJETO_Mestrado1.pdf	10/04/2018 11:20:49	Adrielly Garcia Ortiz	Aceito
Folha de Rosto	Folha_rosto.pdf	01/03/2018 20:21:14	Adrielly Garcia Ortiz	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	DentalX2.pdf	20/11/2017 19:00:50	Adrielly Garcia Ortiz	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Endereço: Av Prof Lineu Prestes 2227
Bairro: Cidade Universitária CEP: 05.508-900
UF: SP Município: SÃO PAULO
Telefone: (11)3091-7960 Fax: (11)3091-7814 E-mail: cepfo@usp.br

USP - FACULDADE DE
ODONTOLOGIA DA
UNIVERSIDADE DE SÃO

Continuação do Parecer: 2.635.592

SÃO PAULO, 04 de Maio de 2018

Assinado por:
Maria Gabriela Haye Blazevic
(Coordenador)

Endereço: Av Prof Lineu Prestes 2227
Bairro: Cidade Universitária CEP: 05.508-900
UF: SP Município: SÃO PAULO
Telefone: (11)3091-7960 Fax: (11)3091-7814 E-mail: cepfo@usp.br

ANEXO B – Autorização acervo radiográfico

São Paulo, 20 de Novembro de 2017

AUTORIZAÇÃO

Eu, Darwin Martins Braga Diretor clínico e responsável técnico pela empresa Oral X Odontologia Ltda, nome fantasia Oral X 3D localizada na Rua Teodoro Sampaio, 744 cj 76 pinheiros São Paulo SP CEP 05406000, telefone 11 3064-4668, autorizo a utilização de 220 radiografias panorâmicas de pacientes maiores de 18 anos, do acervo da referida clínica para a pesquisa *"Identificação humana e estimativa de sexo a partir de pontos anatômicos em radiografias panorâmicas"* que será conduzida por Adrielly Garcia Ortiz e pelo Professor Dr. Edgard Michel Crosato, ambos pesquisadores pertencentes ao programa de Pós Graduação em Ciências Odontológicas, área de atuação em Odontologia Legal da Universidade de São Paulo.

O objetivo desse estudo é validar um novo método de identificação humana utilizando pontos anatômicos visíveis em radiografias panorâmicas. Para alcançar esse objetivo, dois examinadores serão calibrados para realizar as medidas utilizando o software ImageJ. Realizadas as medidas pertinentes ao estudo, os dados serão analisados e fórmulas matemáticas serão desenvolvidas para reproduzir o método.

Os pesquisadores se comprometem em manter a identidade do acervo composto por 220 radiografias panorâmicas da Oral X 3D em sigilo. A pesquisa será realizada após aprovação no Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo.

Dr. Darwin Martins Braga
CROSP 44386
Diretor Clínico

Metrô Clínicas Rua Teodoro Sampaio 744Cj 76 Pinheiros 3064 4668 0800 16 2610
Nove de Julho Av. Nove de Julho 5483Cj 13 Jardim Paulista 3079 8837 3079 4592
www.orals.com.br sac 0800 16 2610