

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA

**DISCRIMINAÇÃO DAS IDADES LEGAIS DE 14 E 18
ANOS POR MEIO DA MORFOMETRIA
GEOMÉTRICA FACIAL**

MATHIAS ANTONIO COSTA DE SOUSA

SAPIENTIA AEDIFICAT

MATHIAS ANTONIO COSTA DE SOUSA

**DISCRIMINAÇÃO DAS IDADES LEGAIS DE 14 E 18 ANOS POR
MEIO DA MORFOMETRIA GEOMÉTRICA FACIAL**

**DISCRIMINATION OF THE LEGAL AGES OF 14 AND 18 YEARS
THROUGH FACIAL GEOMETRIC MORPHOMETRICS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia, da Universidade Federal da Paraíba, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Odontologia – Área de Concentração: Saúde Bucal Coletiva.

Orientadora: Profa. Dra. Bianca Marques Santiago

João Pessoa
2025

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL

BIBLIOTECÁRIA: ANNA REGINA DA SILVA RIBEIRO - CRB-15/24

S725d Sousa, Mathias Antonio Costa de.

Discriminação das idades legais de 14 e 18 anos por meio da morfometria geométrica facial / Mathias Antonio Costa de Sousa. - João Pessoa, 2025.
46 f. : il.

Orientação: Bianca Marques Santiago.

Dissertação (Mestrado) - UFPB/CCS.

1. Ciências forenses. 2. Antropologia forense. 3. Fotografia - Face. 4. Determinação da idade - Esqueleto. I. Santiago, Bianca Marques. II. Título.

UFPB/BC

CDU 343.98(043)

Informações Complementares:

Título em outro idioma: Discrimination Of The Legal Ages Of 14 And 18 Years Through Facial Geometric Morphometrics.

Palavras-chave em outro idioma: Age Determination by Skeleton, Forensic Sciences, Photograph; Face; Forensic Anthropology.

Área de concentração: Saúde Bucal Coletiva

Linha de Pesquisa: Odontologia Legal

Banca examinadora: Prof. Dr. Edgard Michel Crosato (USP), Profa. Dra. Laise Nascimento Correia Lima (UFPB), Profa. Dra. Bianca Marques Santiago (Orientadora, UFPB).

Data de defesa: 24-02-2025

Informações acadêmicas e profissionais do(a) aluno(a):

- ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3558-9877>

- Link do Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/4837849463398767>



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA



**ATA DA DEFESA PÚBLICA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO
2025**

Aos vinte e quatro dias do mês de fevereiro do ano de 2025, às 09:00 horas, com uso de recursos à distancia (<https://us06web.zoom.us/j/87348636975>), reuniram-se os membros da banca examinadora composta pelos professores doutores: BIANCA MARQUES SANTIAGO (Orientador(a) e Presidente), LAISE NASCIMENTO CORREIA LIMA (membro interno ao Programa de Pós-graduação em Odontologia – UFPB) e EDGARD MICHEL CROSATO (membro externo ao Programa de Pós-graduação em Odontologia – UFPB) a fim de argüirem o mestrando MATHIAS ANTONIO COSTA DE SOUSA, com relação ao seu trabalho final de curso de mestrado (dissertação), sob o título “DIAGNÓSTICO DE IDADES CRÍTICAS PELA MORFOMETRIA GEOMÉTRICA FACIAL”. Aberta a sessão pelo presidente da mesma, coube ao candidato, na forma regimental, expor o tema de sua dissertação, dentro do tempo regulamentar. Em seguida, foi questionado pelos membros da banca examinadora, sendo as explicações necessárias fornecidas e as modificações solicitadas registradas. Logo após, os membros da banca examinadora reuniram-se em sessão secreta, tendo chegado ao seguinte julgamento, que, de público, foi anunciado: 1º Examinador (membro externo): Conceito “Aprovado”; 2º Examinador (membro interno): Conceito “Aprovado, 3º Examinador (Orientador e presidente): Conceito “Aprovado”. O que resultou em conceito final igual: “APROVADO”, permitindo o candidato fazer jus ao título de Mestre em Odontologia. Os documentos utilizados para avaliação do candidato durante o processo aqui descrito apresentam-se como prova documental do mesmo e, como tal, serão anexadas a esta ata para arquivamento. Nada mais havendo a tratar, foi lavrada a presente ata, que será assinada pelo presidente, pelos demais membros da banca e pelo candidato.

EDGARD MICHEL
CROSATO:17311628806

Assinado de forma digital por
EDGARD MICHEL
CROSATO:17311628806
Dados: 2025.02.24 13:09:33 -03'00'



Documento assinado digitalmente
LAISE NASCIMENTO CORREIA LIMA
Data: 24/02/2025 11:34:45-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

1º Examinador – Membro Externo

2º Examinador – Membro interno



Documento assinado digitalmente
BIANCA MARQUES SANTIAGO
Data: 24/02/2025 11:29:48-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

3º Examinador – Presidente



Documento assinado digitalmente
MATHIAS ANTONIO COSTA DE SOUSA
Data: 24/02/2025 14:12:08-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Candidato (a)

AGRADECIMENTOS

À Deus, fonte de força, sabedoria e propósito em minha vida. Em cada desafio enfrentado, encontrei n'Ele amparo e coragem para seguir em frente.

Ao meu pai, Marcos, meu maior exemplo de força e determinação. Sua trajetória sempre me inspirou a seguir em frente com coragem e dedicação. Obrigado por acreditar em mim mesmo nos momentos em que duvidei de mim mesma(o). Seu apoio inabalável e suas palavras de encorajamento foram fundamentais para que eu chegasse até aqui.

À minha mãe, Ana, cujo amor e cuidado me guiaram em cada passo da minha jornada. Sua paciência, generosidade e fé no meu potencial me deram a segurança necessária para enfrentar os desafios. Obrigado por estar sempre ao meu lado, com um abraço acolhedor e palavras que confortam e motivam. Essa conquista também é sua.

Aos meus irmãos, Matheus, Moema e Micael, por oferecerem suporte, incentivo e momentos de descontração que me ajudaram a manter o equilíbrio durante os desafios acadêmicos.

Ao meu sobrinho Theo, que, com sua presença iluminada e sua alegria contagiante, trouxe leveza e motivação para essa fase da minha vida.

À minha noiva, Lara Danúbia, você foi o pilar essencial que sustentou meu percurso acadêmico. Obrigado por estar ao meu lado em todos os momentos, não há parceira melhor do que você neste mundo.

Às minhas tias Leila, Ligia e Lilian, que me acompanham desde muito jovem. Obrigado pelo afeto, pelos conselhos sábios e pelo apoio constante, que foram essenciais para que eu pudesse trilhar este caminho.

Ao meu grande amigo Cláudio Kuievinny, obrigado pelo companheirismo inabalável, pelas palavras de apoio e por estar sempre presente nos momentos importantes.

À minha orientadora, Bianca Santiago, pelo acompanhamento cuidadoso, e dedicação em me guiar durante esse processo. Sua expertise acadêmica e empenho em compartilhar conhecimento foram essenciais para o desenvolvimento deste trabalho.

Aos meus colegas da Odontologia Legal, Johnys, Isabella, Herisson, Carolina e Tainá, pelo compartilhamento de conhecimentos, pelas discussões enriquecedoras e pelo apoio mútuo ao longo dessa caminhada. A troca de experiências e a parceria tornaram essa jornada mais leve e motivadora.

À banca de avaliação, profa. Laíse e prof. Michel, por dedicarem tempo e conhecimento na análise deste trabalho, contribuindo com observações e sugestões valiosas para o aprimoramento desta pesquisa.

À Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado da Paraíba, pelo apoio financeiro e técnico, e à Universidade Federal da Paraíba, pelo apoio físico e institucional.

RESUMO

A investigação pericial da idade desempenha um papel crucial, sendo desafiadora quando as únicas evidências disponíveis são fotografias. Além disso, os marcos etários referentes aos 14 e 18 anos apresentam especial relevância para o contexto legal. Objetivou-se no presente estudo verificar a aplicabilidade da Morfometria Geométrica, na discriminação de idades legais em uma amostra brasileira. Tratou-se de estudo transversal de acurácia, abordando 2 idades de interesse legal (14 e 18 anos). O universo consistiu de fotografias frontais em indivíduos brasileiros entre 06 a 22 anos de idade, existentes no Sistema Nacional de Passaportes da Polícia Federal, sendo a amostra composta por 17.000 imagens balanceadas por idade e sexo ($n=500$ para cada sexo, em cada idade). As fotografias foram submetidas à análise facial automatizada, por meio de uma abordagem que integra conceitos de visão computacional e métodos de processamento de imagem em procedimentos de aprendizado de máquina supervisionado com a demarcação de 28 pontos fotoantropométricos. Fazendo uso desse conjunto de informações relativas as coordenadas dos pontos fotoantropométricos, seguiu-se com a aplicação da morfometria geométrica da face por meio do paradigma Procrustes. A partir disso, testes estatísticos permitiram identificar e quantificar as diferenças geométricas na amostra. A partir dos resultados da análise generalizada de Procrustes foi possível elaborar gráficos de deslocamento em relação às idades de interesse legal, esta abordagem possibilita analisar discrepâncias de forma entre um grupo de referência e um como alvo. A partir das coordenadas geradas pela Análise Generalizada de Procrustes realizou-se uma Análise de Componentes Principais, tendo como objetivo explicar a estrutura de variância e covariância entre o conjunto de variáveis. A primeira componente principal foi capaz de explicar 48,86% da variabilidade total das coordenadas procrustes, enquanto a segunda componente explicou 20,43%, logo, a quantidade total da variabilidade explicada pelas duas primeiras componentes foi igual a 69,29%, valor este considerado satisfatório para o estudo. A análise de regressão logística foi utilizada para investigar a capacidade discriminante da morfometria geométrica em relação aos 14 e 18 anos a partir dos escores da análise de componentes principais das coordenadas procrustes e o centroide, abordando todos as componentes principais geradas. Desenvolveu-se três modelos, um para o sexo masculino, outro para o sexo feminino e um para amostra total, adotando-se um nível de significância de 5%. Para a idade de 14

anos, a acurácia do método foi de 87,7%, sendo superior no sexo masculino (91,7%) em relação ao feminino (86,9%), com sensibilidade de 89,6% (masculino: 92,6%; feminino: 89,7%) e especificidade de 85,8% (masculino: 90,7%; feminino: 83,7%). Já para os 18 anos, obteve-se acurácia de 76,4%, novamente com resultados superiores no sexo masculino (83,7%) em comparação ao feminino (80,0%), tendo sensibilidade de 87,3% (masculino: 73,6%; feminino: 60,4%) e especificidade de 65,7% (masculino: 87,9%; feminino: 88,2%). Pode-se sugerir que a morfometria geométrica facial é um método hábil para o discriminação de idades de interesse legal, com desempenho mais eficaz na determinação dos 14 anos, especialmente para indivíduos do sexo masculino. Os resultados sugerem que a Morfometria Geométrica, integrada à análise da face automatizada, tem potencial em se tornar uma ferramenta auxiliar para a prática pericial.

Palavras-chave: Determinação da Idade pelo Esqueleto; Ciências Forenses; Fotografia; Face; Antropologia Forense

ABSTRACT

Forensic age investigation plays a crucial role, presenting challenges when the only available evidence consists of photographs. Moreover, the age milestones of 14 and 18 years hold particular relevance in the legal context. This study aimed to assess the applicability of Geometric Morphometrics in discriminating critical ages in a Brazilian sample. This was a cross-sectional accuracy study considering two critical ages of legal interest (14 and 18 years). The dataset consisted of frontal photographs of Brazilian individuals aged between 6 and 22 years, obtained from the National Passport System of the Federal Police, with a sample of 17,000 images balanced by age and sex ($n = 500$ for each sex at each age). The photographs underwent automated facial analysis through an approach integrating concepts of computer vision and image processing methods within supervised machine learning procedures, utilizing the demarcation of 28 photoanthropometric landmarks. Based on the set of information related to the coordinates of these landmarks, geometric morphometric analysis of the face was applied using the Procrustes paradigm, followed by statistical tests to identify and quantify geometric differences within the sample. The results of the Generalized Procrustes Analysis allowed for the development of displacement graphs in relation to the critical ages of legal interest, enabling the assessment of shape discrepancies between a reference group and a target group. The coordinates generated by the Generalized Procrustes Analysis were subjected to Principal Component Analysis to explain the variance and covariance structure among the set of variables. The first principal component accounted for 48.86% of the total variability of the Procrustes coordinates, while the second component explained 20.43%, leading to a total variability explanation of 69.29%, a value considered satisfactory for this study. Logistic regression analysis was used to investigate the discriminative ability of geometric morphometrics concerning the ages of 14 and 18, based on the principal component scores of the Procrustes coordinates and the centroid, encompassing all generated principal components. Three models were developed: one for males, one for females, and one for the total sample, adopting a 5% significance level. For the age of 14 years, the method's accuracy was 87.7%, with higher performance in males (91.7%) compared to females (86.9%). Sensitivity was 89.6% (males: 92.6%; females: 89.7%), and specificity was 85.8% (males: 90.7%; females: 83.7%). For the age of 18 years, accuracy was 76.4%, again with superior results for males (83.7%)

compared to females (80.0%). Sensitivity was 87.3% (males: 73.6%; females: 60.4%), and specificity was 65.7% (males: 87.9%; females: 88.2%). These findings suggest that facial geometric morphometrics is a skilled method for discriminate legal ages, with more effective performance in determine the age of 14, especially for male individuals. The results suggest that Geometric Morphometrics, integrated with automated face analysis, has the potential to become an auxiliary tool for forensic practice.

Keywords: Age Determination by Skeleton, Forensic Sciences, Photograph; Face; Forensic Anthropology.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1 Os 14 e 18 anos para o Direito brasileiro	3
2.2 Antropologia Forense e a discriminação das idades de interesse legal	4
2.3 Imagens da face e a morfometria geométrica no contexto forense	6
3. OBJETIVOS	9
4. ARTIGO	10
Introduction	11
Materials and Methods	12
Design and Sample	13
Data Source and Image Standardization	13
Image Analysis	14
Statistical Analysis	15
Results	16
Discussion	20
Conclusions	22
References	23
5. CONCLUSÃO	26
6. REFERÊNCIAS.....	27
7. ANEXOS	33
Anexo A	33

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, assim como outros países como Hungria e a Itália, ao completar 18 anos uma série de significados legais se materializa. Esse marco etário não apenas influencia a avaliação da imputabilidade penal do indivíduo, mas também assinala o término da incapacidade civil, outorgando plena capacidade para participar em todas as esferas da vida civil (Brasil, 1940; Brasil, 2002). Além disso, existe também o marco dos 14 anos, que é relevante na análise dos critérios de vulnerabilidade que delimitam a tipificação de delitos diversos, bem como para aferir a capacidade de consentimento para a prática de atos sexuais (Brasil, 1940; Brasil, 1990).

A investigação pericial da idade desempenha um papel crucial ao estabelecer se um indivíduo se enquadra em uma categoria específica dentro do âmbito legal, de acordo com as disposições legais vigentes no contexto jurisdicional correspondente (Deng *et al.*, 2022). Esse exame é uma solicitação extremamente comum na prática pericial, com algumas faixas de idades apresentando uma especial relevância (Balla *et al.*, 2022).

As transformações que o rosto humano sofre ao longo da vida têm sua significância evidenciada pelo fato de serem diretamente relacionadas à idade. Portanto, desde o nascimento até a maturidade, características fortemente associadas ao desenvolvimento facial podem ser usadas para estimar a idade de uma pessoa. (Jandová *et al.*, 2020).

Nas Ciências Forenses, o questionamento da idade acontece em diferentes situações e se torna desafiador quando a única evidência disponível são imagens. Nesse contexto, a discriminação etária se torna consideravelmente mais complexa, pois depende exclusivamente da análise de indicadores externos associados ao desenvolvimento do corpo em relação à idade, tais como altura e proporções corporais (Marshall e Tanner, 1969; Marshall e Tanner, 1970; Jandová *et al.*, 2020).

Muitas das investigações acerca de suspeitas de pornografia infantil apresentam entre as principais evidências, e por diversas vezes a única, imagens (vídeos ou fotografias). Este é um crime cibernético que está em crescimento contínuo na atualidade, representando no mercado clandestino em todo o mundo um empreendimento bilionário (Cattaneo *et al.*, 2012; Deitos *et al.*, 2020). A pornografia infantil é um delito legalmente estabelecido pela disseminação e

armazenamento de imagens de natureza pornográfica que envolvem crianças e adolescentes, quer sejam situações reais ou simuladas (Brasil, 1990).

Um subcampo da Antropologia Biológica, a Fotoantropometria vem sendo referenciada como um método para análise sistemática e mensuração de características faciais humanas com base em imagens bidimensionais da face (Machado *et al.*, 2019; Porto *et al.*, 2020; Pinto *et al.*, 2021).

Destaca-se a análise facial automatizada como um recente aprimoramento desse artifício técnico, apresentando-se como uma técnica precisa e robusta para a localização de pontos fotoantropométricos em imagens faciais, com o potencial de reduzir falhas decorrentes de erros humanos na prática forense (Porto, 2019). Uma interessante possibilidade nesse contexto, que representa uma potencialidade, está no uso da Morfometria Geométrica (MG). Essa metodologia, amplamente utilizada na entomologia e na arqueologia, consiste na análise quantitativa da geometria da estrutura alvo, seguida pela realização de análises estatísticas, sendo muito utilizada no diagnóstico de espécies (Chen *et al.*, 2021; Abou-Elaaz *et al.*, 2023).

Há na literatura científica a produção de Damascena *et al.* (2024), que analisou o uso da MG para a estimativa de idade no âmbito da antropologia forense. No entanto, evidenciou-se ser essencial investigar se essa ferramenta é apropriada para a discriminação necessário para idades de interesse legal, que são os 14 e 18 anos. Surgiu, então, a hipótese de que MG poderia então vir a se tornar uma interessante ferramenta na prática pericial, em especial nos casos criminais em que importem essas idades críticas para o desdobramento da persecução penal.

Nesse contexto, o presente estudo analisou a capacidade da Morfometria Geométrica na diferenciação entre indivíduos menores (<) e maiores ou de idade igual (≥) a 14 e 18 anos a partir da análise de fotografias em norma frontal de pessoas de ambos os sexos.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Os 14 e 18 anos para o Direito brasileiro

Na legislação brasileira, as idades de 14 e 18 anos possuem relevância fundamental em diversas áreas do direito. Esses marcos etários são usados para determinar a capacidade do indivíduo de tomar decisões, ser responsabilizado por seus atos, e ter acesso a determinados direitos e deveres (Gonçalves, 2019; Nucci, 2020).

Aos 14 anos, a legislação introduz algumas responsabilidades e permissões limitadas. No direito penal, por exemplo, essa idade marca o limite para o consentimento em relações sexuais. O Código Penal Brasileiro estabelece que menores de 14 anos são considerados vulneráveis, sendo qualquer ato sexual com eles configurado como estupro de vulnerável, mesmo que haja consentimento (Brasil, 1940). Além disso, no âmbito do direito do trabalho, a Constituição Federal permite que adolescentes com 14 anos comecem a trabalhar, porém somente como aprendizes, reforçando a proteção contra o trabalho infantil e garantindo que os menores não sejam expostos a situações de exploração (Brasil, 1988). Essa idade também é significativa no Estatuto da Criança e do Adolescente (ECA), pois permite a aplicação de medidas socioeducativas a adolescentes que tenham cometido atos infracionais (Brasil, 1990).

Aos 18 anos, ocorre uma transição formal para a maioridade civil e penal no Brasil. O artigo 5º do Código Civil define que, ao completar essa idade, o indivíduo adquire plena capacidade para a prática de todos os atos da vida civil, como firmar contratos, casar-se sem a necessidade de consentimento dos pais, e ser totalmente responsável por seus atos (Brasil, 2002). Na esfera penal, a maioridade aos 18 anos também representa o início da responsabilidade criminal plena. Até essa idade, infratores menores de 18 anos são penalizados de acordo com o ECA, sendo submetidos a medidas socioeducativas em vez de penas criminais (Brasil, 1940).

Um delito de destaque quando consideramos a ferramenta aqui analisada é o da pornografia infantil. Esse é um crime tratado com extrema severidade no direito brasileiro, sendo considerada uma grave violação dos direitos da criança e do adolescente. O Estatuto da Criança e do Adolescente (ECA), em seu artigo 241, criminaliza a produção, venda, disseminação e posse de material pornográfico

envolvendo menores de 18 anos. O crime ocorre independentemente de consentimento do menor, dada a incapacidade jurídica e vulnerabilidade desses indivíduos. Além disso, o Brasil é signatário de acordos internacionais que visam o combate à exploração sexual infantil, reforçando a necessidade de uma repressão rigorosa a essa prática (Brasil, 1990).

Ademais, a pornografia infantil é um crime que atualmente representa um comércio bilionário, apresentando constante crescimento no mercado negro (Cattaneo *et al.*, 2012; Deitos *et al.*, 2020). Quando consideramos o Brasil separadamente, relatórios da SaferNet (new.safernet.org.br), revelam que a pornografia infantil e juvenil, agora denominada “imagens de abusos contra crianças e adolescentes”, figura entre os cibercrimes mais frequentes no país. Em 2023, o Centro Nacional de Denúncia de Crimes Cibernéticos contabilizou 71.867 novas denúncias, um crescimento de 77,13% em relação à 2022. O que representou um recorde absoluto de denúncias novas (não repetidas) desse tipo de crime no Brasil (Safernet, 2024). No entanto, ainda é incipiente o desenvolvimento de metodologias para discriminar as idades de 14 e 18 anos com base em fotografias da face.

Dessa forma, as idades de 14 e 18 anos são parâmetros utilizados pela legislação brasileira para modular os direitos, deveres e responsabilidades dos cidadãos em diferentes esferas da vida social e jurídica. Essas faixas etárias delimitam o que o Estado considera como capacidades progressivas de entendimento e autonomia do indivíduo, refletindo o reconhecimento da importância do desenvolvimento pessoal e moral ao longo da adolescência até a vida adulta (Gonçalves, 2019; Nucci, 2020).

2.2 Antropologia Forense e a discriminação de idades de interesse legal

A Antropologia é a ciência a qual se dedica ao estudo do ser humano, abrangendo a análise do homem em seus aspectos morfológicos, funcionais e psicossociais. Entre seus três eixos há o biológico ou físico, que está intimamente ligado a anatomia humana, tendo como objeto de análise características como pele, cor dos olhos e a estatura (Brito *et al.*, 2024).

Entre os ramos da Antropologia Biológica há aquele denominado Antropologia Forense que, apoiando-se em sua expertise e em disciplinas complementares e correlatas, atua de maneira a estimar dados como a idade, sexo,

ancestralidade ou a altura do homem em auxílio à justiça. No âmbito dessa ciência, cada indivíduo pode ter sua singularidade discernida por meio do exame de características, propriedades e atributos distintos (Machado *et al.*, 2022; Brito *et al.*, 2024).

Com frequência, os profissionais forenses enfrentam casos onde se é necessário analisar se o indivíduo apresenta idade inferior ou superior a 14 e 18 anos. Neste contexto, sabe-se que a investigação de idade no grupo subadulto é realizada de forma mais recorrente por meio estudo radiográfico dos ossos da mão-punho e do desenvolvimento do terceiro molar (I3M) (Schmeling *et al.*, 2008; Angelakopoulos *et al.*, 2021).

Entretanto, os métodos atualmente disponíveis apresentam limitações nos casos em que se faz necessário a diferenciação etária (maior ou menor que 14/18 anos) em que o único meio de prova disponível são imagens. Na prática pericial é comum, especialmente nos casos suspeitos de pornografia infantil, fotografias serem os únicos vestígios disponíveis capazes de determinar a materialidade do crime (Cattaneo *et al.*, 2009). Compreende-se então que estimar a idade das possíveis vítimas, ou diferencia-las entre crianças, adolescente ou adultos por meio de imagens é algo essencial para apoiar a investigação policial (Deitos *et al.*, 2020).

Quando consideramos isso, existem métodos fundamentados na análise dos critérios baseados em uma avaliação visual do desenvolvimento corporal durante a puberdade. Nesse processo, observa-se nas meninas o surgimento de pelos pubianos e o crescimento das glândulas mamárias, enquanto nos meninos é possível perceber o crescimento dos pelos pubianos, além do desenvolvimento dos testículos e do pênis (Marshall e Tanner, 1969). No entanto, Cattaneo *et al.* (2012) argumentaram em sua pesquisa que os métodos tradicionais, incluindo a avaliação das características sexuais secundárias, apresentam resultados insatisfatórios, especialmente quando se refere a determinar idades legalmente relevantes em casos de pornografia infantil.

Quanto às técnicas que abordam a análise da face, sabe-se que uma parcela significativa está voltada para a detecção de padrões associados a cores e formatos geométricos (Lanitis *et al.*, 2002). Essas técnicas, fundamentadas em associações, variações ou traços herdados dentro de uma amostra específica, viabilizam a análise e a identificação de características que possibilitam deduzir informações (Demayo *et al.*, 2010).

No artigo publicado por Borges e colaboradores (2018), foi apresentado uma análise com uso do método fotoantropométricos da face, uma abordagem métrica que envolve a medição e comparação de distâncias, proporções e ângulos entre pontos específicos do rosto, na discriminação das idades 6, 10, 14 e 18 e 22 anos tomando como base de estudo 40 razões iridianas. Com uma amostra de 1.000 imagens, incluindo indivíduos com diferentes origens étnicas e de ambos os sexos, obtiveram um desempenho promissor na diferenciação de idades de interesse legal, apesar de limitações associadas ao tamanho do banco de imagens.

No estudo Deitos e colaboradores (2020), os autores buscaram analisar a aplicabilidade fotoantropometria em indivíduos de ambos os sexos, entre idades abaixo ou acima de 14 e 18 anos, a partir de uma amostra composta por 1.354 fotografias frontais de brasileiros, com idades variando de 10 a 22 anos. Os resultados foram promissores para a distinção de idades de interesse legal, especialmente para a idade dos 14 anos entre os indivíduos do sexo masculino.

Já a pesquisa de Porto *et al* (2020), trouxe a análise de uma solução automática baseada em uma rede neural artificial para obter informações antropológicas usando índices fotoantropométricos. Entre os principais pontos do trabalho, os autores buscaram analisar a precisão diagnóstica da ferramenta desenvolvida para as idades legais de 14 e 18 anos. Os testes mostraram resultados de acurácia acima de 93% para a classificação de indivíduos com 14 anos ou mais e de 83% para aqueles com 18 anos ou mais. Isso sugere que o método empregado conseguiu distinguir de forma satisfatória essas faixas etárias, contribuindo para aplicações forenses que exigem determinação de maioridade ou consentimento sexual.

2.3 Imagens da face e a morfometria geométrica no contexto forense

Desde o século XIX, fotografias têm sido utilizadas para vigilância, reconhecimento e detecção de criminosos. Naquela época, padrões antropológicos foram empregados para registrar criminosos comuns com o objetivo de criar arquivos para a aplicação da lei, de forma semelhante ao sistema atual de fotografias de identificação. Esses registros serviam para que testemunhas e vítimas pudessem realizar o reconhecimento facial de possíveis suspeitos (Jäger, 2001).

A comunidade internacional tem mostrado crescente interesse na utilização de análises faciais em fotografias como uma alternativa à análise facial direta. Segundo Arruda e Morisson (2012), a realização de análises em imagens de documentos pode aumentar significativamente a probabilidade de obter resultados conclusivos, pois facilita o acesso às estruturas anatômicas da face.

Ademais, o crescimento na produção de imagens, aliado ao avanço da tecnologia da informação, à ampla disseminação de dados pela rede mundial de computadores e à popularização do uso da internet, tem impulsionado de forma significativa o aumento das solicitações de análises faciais em imagens para identificação forense em investigações policiais ao redor do mundo (Temporini, 2012; Wortley e Smallbone, 2012).

A obtenção de medições a partir de fotografias, quando comparada com a análise direta da face, apresenta como vantagem que as medições não exigem a cooperação, o consentimento ou o conhecimento do indivíduo (Davis *et al.*, 2012). Além disso, medições realizadas em fotografias podem ser repetidas, ao contrário das medições diretas, que podem não ser viáveis para repetição (Douglas e Mutsvangwa, 2010). A realização de medições em imagens é não invasiva e não representa riscos para a pessoa analisada, diferentemente das medições diretas, como aquelas realizadas em pontos próximos aos olhos (Douglas, 2004).

Avanços nos campos teórico, metodológico e computacional a partir do final da década de 1980 transformaram a forma de quantificar estruturas e analisar os dados obtidos. Esses avanços trouxeram maior foco para métodos que consideram a geometria da estrutura em estudo, preservando essa informação durante as análises (Adams *et al.*, 2004). Por meio de coordenadas de pontos anatômicos em duas ou três dimensões, os dados obtidos são empregados para descrever a geometria do objeto de interesse (Rohlf e Marcus, 1993).

A morfometria geométrica se distingue da convencional ao analisar a variação quantitativa das formas dos objetos após a sobreposição de suas configurações, o que é obtido através da plotagem de pontos específicos da arquitetura do objeto (Saadé *et al.*, 2018). No método utilizado no presente estudo, foram empregados pontos fotoantropométricos pré-definidos na pesquisa de Flores *et al.* (2017) e detalhada em Flores *et al.* (2019) para se obter a configuração para análise por meio dessa técnica.

As análises na morfometria geométrica para a presente investigação foram conduzidas por meio do paradigma Procrustes. O processo inicia-se com a coleta de um conjunto de coordenadas de cada indivíduo, registrando as posições relativas dos pontos de interesse. Posteriormente, é realizada uma Análise Generalizada Procrustes (Adams *et al.*, 2013; Saadé *et al.*, 2018). A partir das coordenadas Procrustes obtidas, é possível identificar e interpretar as diferenças geométricas no caso analisado, sendo o método mais comumente utilizado (Chen *et al.*, 2021; Abou-Elaaz *et al.*, 2023).

Nas Ciências Forenses, esse subcampo da estatística vem sendo utilizado para o estudo de dimorfismo sexual (Sessiz *et al.*, 2023), estimativa de idade (Desai *et al.*, 2023; Damascena *et al.*, 2024), entomologia forense (Nigoghosian *et al.*, 2021) e também de afinidade populacional (Spradley e Jantz, 2016), sendo perceptível o crescente interesse da comunidade acadêmica na compreensão da aplicabilidade da morfometria geométrica no âmbito pericial para auxiliar a justiça.

3. OBJETIVOS

3.1 Geral

O objetivo geral do presente estudo foi verificar em uma amostra brasileira a aplicabilidade da Morfometria Geométrica Facial para a discriminação das idades legais de 14 e 18 anos para fins forenses.

3.2 Específicos

- Quantificar a acurácia, sensibilidade e especificidade da MG para a discriminação de indivíduos menores ($<$) e maiores ou de igual idade ($\geq$) a 14 e 18 anos;
- Identificar o padrão morfométrico em razão dos grupos etários menor ($<$) e maior ou igual ($\geq$) a 14 e 18 anos.
- Quantificar os parâmetros diagnósticos (acurácia, sensibilidade e especificidade) da MG para cada sexo.

4. ARTIGO 1

O manuscrito a seguir foi submetido para publicação no periódico “Legal Medicine”.

Title: Discrimination of the legal ages of 14 and 18 years through facial geometric morphometrics

Author names and affiliations:

Mathias Antonio Costa de Sousa, Graduate Program in Dentistry, Federal University of Paraiba, Loteamento Cidade Universitaria, 58051-900, Paraiba, Brazil

Nicole Prata Damascena, Investigative Pathology Laboratory, Federal University of Sergipe, Rua Claudio Batista s/n, 49060-100, Aracaju, Brazil.

Carlos Eduardo Palhares Machado, National Institute of Criminalistics, Brazilian Federal Police, Setor Policial Sul, 70610-902, Distrito Federal, Brazil.

Paulo Ricardo Martins-Filho, Graduate Program in Health Sciences, Federal University of Sergipe, Rua Claudio Batista s/n, 49060-100, Aracaju, Brazil.

Bianca Marques Santiago, Graduate Program in Dentistry, Federal University of Paraiba, Loteamento Cidade Universitaria, 58051-900, Paraiba, Brazil.

Corresponding author: Bianca Marques Santiago, Graduate Program in Dentistry, Federal University of Paraiba, Loteamento Cidade Universitaria, 58051-900, Paraiba, Brazil. E-mail: bianca.santiago@academico.ufpb.br

Declarations of interest: none

Abstract and Keywords

The age of an individual can influence legal outcomes, making the discrimination of the legal ages essential in forensic practice, especially when the only available evidence consists of photographs. The applicability of facial geometric morphometrics in determining legal ages was assessed in a Brazilian sample aged 6 to 22 years. This was a cross-sectional accuracy study considering two legally relevant ages (14 and 18 years) through the automated analysis of facial images using geometric morphometrics, based on 28 photo-anthropometric landmarks. The

dataset consisted of a civil database from the Brazilian Federal Police containing approximately 15 million photographs, with a sample of 17,000 images balanced by age and sex (n=500 per sex, per age). Dichotomous responses were quantified to determine whether the sampled individuals were below ($<$) or equal to or above ($\geq$) 14 and 18 years old, using logistic regression models with a 5% significance level. For the age of 14 years, the method achieved an accuracy of 87.7%, with higher performance in males (91.7%) compared to females (86.9%), a sensitivity of 89.6% (males: 92.6%; females: 89.7%), and a specificity of 85.8% (males: 90.7%; females: 83.7%). For the age of 18 years, accuracy was 76.4%, again with superior results in males (83.7%) compared to females (80.0%), a sensitivity of 87.3% (males: 73.6%; females: 60.4%), and a specificity of 65.7% (males: 87.9%; females: 88.2%). Facial Geometric Morphometrics proved to be a promising forensic tool for discriminate legally relevant ages, particularly for 14-year-old males.

Keywords: Forensic sciences, Pediatrics, Age determination, Photograph, Pornography.

Funding: This work was supported by the Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado da Paraíba (FapesQ-PB)

1. Introduction

Certain ages hold particular significance in the legal context. Globally, the age of 14 represents a milestone regarding the capacity to consent to sexual activities. Additionally, various countries establish 18 years as the threshold for criminal majority, a standard previously recognized by the United Nations Convention on the Rights of the Child[1]. These age parameters are addressed in the legislation of countries across different continents, such as Italy in Europe[2,3], Brazil[4] in South America, and China in Asia[5].

Anthropological knowledge can be used to support forensic investigations in living individuals[6]. This analysis is generally based on morphological and biometric data and can be performed using facial images[7,8]. This type of forensic request has become increasingly common with the continuous rise of cybercrimes, including investigations related to suspected child pornography[9,10].

In this context, the face is a significant part of the body for age analysis, as facial and cranial measurements show a strong correlation with age maturation[11], while exams based on secondary sexual characteristics are considered unreliable[12].

Photoanthropometry, a branch of Biological Anthropology, is known as a method that enables the analysis and measurement of human facial features through two-dimensional facial images[13,14,15,16]. A promising approach in this context is the application of Geometric Morphometrics (GM), which differs from classical photoanthropometry by not being based solely on linear measurements between points, but rather on the overall shape of the structure. Furthermore, it involves the quantitative analysis of the geometry of specific structures, complemented by statistical analyses[17,18,19].

In forensic sciences, GM has already been employed in studies on sexual dimorphism[20], age estimation[21,22], forensic entomology[23], and population affinity[24]. However, the current literature is scarce when it comes to studies analyzing the applicability of geometric morphometrics in discriminating the ages of 14 and 18 based on facial analysis.

Therefore, the present study analyzed the ability of Geometric Morphometrics to differentiate between individuals younger than ($<$) and older or of the same age as ($\geq$) 14 and 18 years based on frontal view photographs of individuals of both sexes.

2. Materials and Methods

This study was conducted in accordance with the current regulations for research involving human beings and was approved by the Research Ethics Committee of the Health Sciences Center at the Federal University of Paraíba under opinion number 6.671.793. The study was carried out in accordance with the 1964 Helsinki Declaration and its subsequent amendments, or comparable ethical standards.

2.1 Design and Sample

This was a cross-sectional accuracy study in which 17,000 frontal photographs of Brazilian individuals were analyzed, distributed evenly across ages 6 to 22 years (1,000 per age), proportionally divided by sex. Based on the

methodology proposed by Deitos et al.[10], the study aimed to analyze the discriminative ability of geometric morphometrics in differentiating legal ages of interest (14 and 18 years).

2.2 Data Source and Image Standardization

The photographs were retrospectively selected from a civil database of the Brazilian Federal Police containing approximately 15 million images. The images followed the guidelines of the International Civil Aviation Organization, with a light background and front flash accompanied by two diffused lights. The photos were captured with a 35mm digital camera positioned at eye level, approximately 1.5 meters away. They were saved in PNG format with a resolution of 640 x 480 pixels and 24-bit RGB. The requirements for the photographs included a neutral expression, direct gaze at the camera, no facial hair, heavy makeup, or accessories that could obscure important facial structures, and proper centralization of the face in all three planes (sagittal, horizontal, and coronal). To ensure consistency in the environment and capture conditions, an initial analysis was conducted to detect and adjust any deviations. Photos that did not meet at least one of the criteria described were excluded from the study.

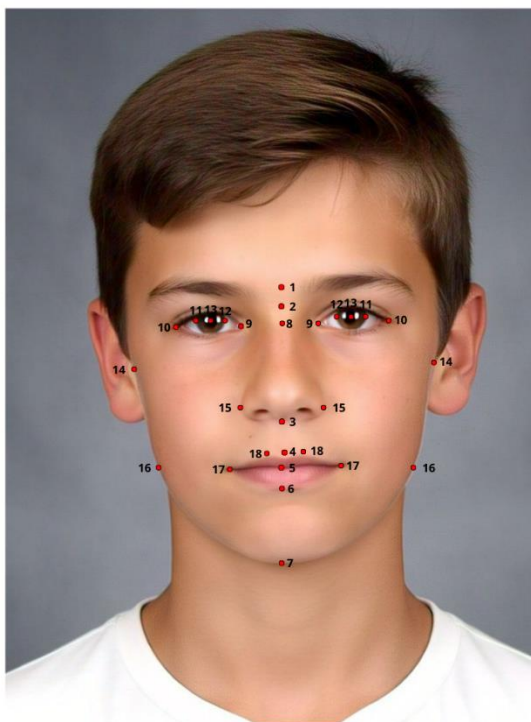
The sample included individuals from all five regions of Brazil (North, Northeast, Central-West, Southeast, and South), and to ensure representativeness, a stratified random sampling method was used. This procedure divided the population into subgroups based on age and sex, ensuring a balanced distribution of these characteristics.

2.3 Image Analysis

Based on the delineation of 28 photoanthropometric landmarks (Figure 1), as described by Flores et al.[22,26], the photographs were subjected to automated facial analysis following the methodology proposed by Porto et al.[25]. This approach integrates concepts from computer vision and image processing methods in supervised machine learning procedures. With the set of information regarding the coordinates of the photoanthropometric landmarks, the next step involved applying geometric morphometrics to the face using the Procrustes paradigm[27]. Subsequently, Generalized Procrustes Analysis[28,29] was conducted, obtaining

Procrustes coordinates, which allowed the identification and interpretation of geometric differences among the individuals in the sample.

All configurations were aligned to a common coordinate system, minimizing differences between the corresponding points of each individual. This alignment process enabled the researchers to conduct statistical comparisons and analyze the facial shape variation among individuals, providing insights into biological differences. The comparison between individuals was made by overlaying the shapes in a shared coordinate system, carefully maintaining variations in position, size, and orientation. During this overlay, adjustments in translation, rotation, and scale were made to ensure that the shapes were as aligned as possible, minimizing the Procrustes distance between them. This made it possible to perform statistical tests to identify and quantify the geometric differences within the sample.



Point	Description
1. Glabella (g)	Intersection between the facial midline and the horizontal line that tangents the upper border of the orbital circumference.
2. Nasion (n)	Intersection of the facial midline with the horizontal line that passes through the upper eyelid crease.
3. Subnasale (sn)	The lowest point of the columella (the projection found between the nostrils).
4. Labiale superius (ls)	The midpoint of the white line of the upper lip. When the Cupid's bow is present, the point will be marked at its lowest point.
5. Stomion (sto)	The point in the region where the upper and lower lips meet, positioned halfway between the cheilions.
6. Labiale inferius (li)	Midpoint of the white line of the lower lip.
7. Gnathion (gn)	The lowest point of the chin.
8. MidnasalEC (mec)	Point on the facial midline, with reference to the height of the exocanthions.
9. Entocanthion (en)	Point located at the medial angle of the eyes, marked at the meeting of the upper and lower eyelids.

Point	Description
10. Exocanthion (ec)	Point located at the lateral angle of the eyes, marked at the meeting of the upper and lower eyelids.
11. Iridion laterale (il)	The most lateral point of the iris circumference.
12. Iridion mediale (im)	The most medial point of the iris circumference.
13. Pupil (pu)	Central point of the iris circumference.
14. Zygon (zy)	The most lateral point on the contour of the face at the height of the zygomatic bones.
15. Alare (al)	The most lateral point of the nose wing.
16. Gonion (go)	Point on the facial contour line, at the level of the stomion.
17. Cheilion (ch)	Point located at the labial commissure, in its most lateral region.
18. Crista philtri (cph)	High point of the Cupid's bow crest, at the arrival location of the labial philtrum columns.

Figure 1: Photoanthropometric landmarks used in the study.

*Image generated by Meta AI from Meta Platforms and edited by the authors.

2.4 Statistical Analysis

The software used for the development of the analyses was R (version 3.6.0), with a 5% significance level. Principal Component Analysis (PCA)[30,31] was applied to the Procrustes coordinates to explain the variance and covariance

structure among the variables. To better analyze the obtained results, the scores of the first two components were compared with the critical ages using the Mann-Whitney test.

To analyze the discriminative capability of geometric morphometrics regarding the ages of 14 and 18 based on the scores from the Principal Component Analysis of the Procrustes coordinates and the centroid, a logistic regression statistical approach was used, addressing all the principal components generated. Three models were developed: one for males, another for females, and finally one containing the entire sample (M + F). The Holdout method was used to validate the results, enabling the calculation of the quality measures of the method, including accuracy, sensitivity, and specificity for each of the three models in this test.

3. Results

Figures 2 and 3 represent the descriptive analysis of the distribution of the points in relation to each photoanthropometric landmark analyzed. Additionally, the graphs of the mean points for each study group are also presented. In these representations, the average facial shape is shown for individuals under 14 and 18 years of age (<14 and <18) and for those equal to or older than 14 and 18 years (≥ 14 and ≥ 18), all separated by sex.

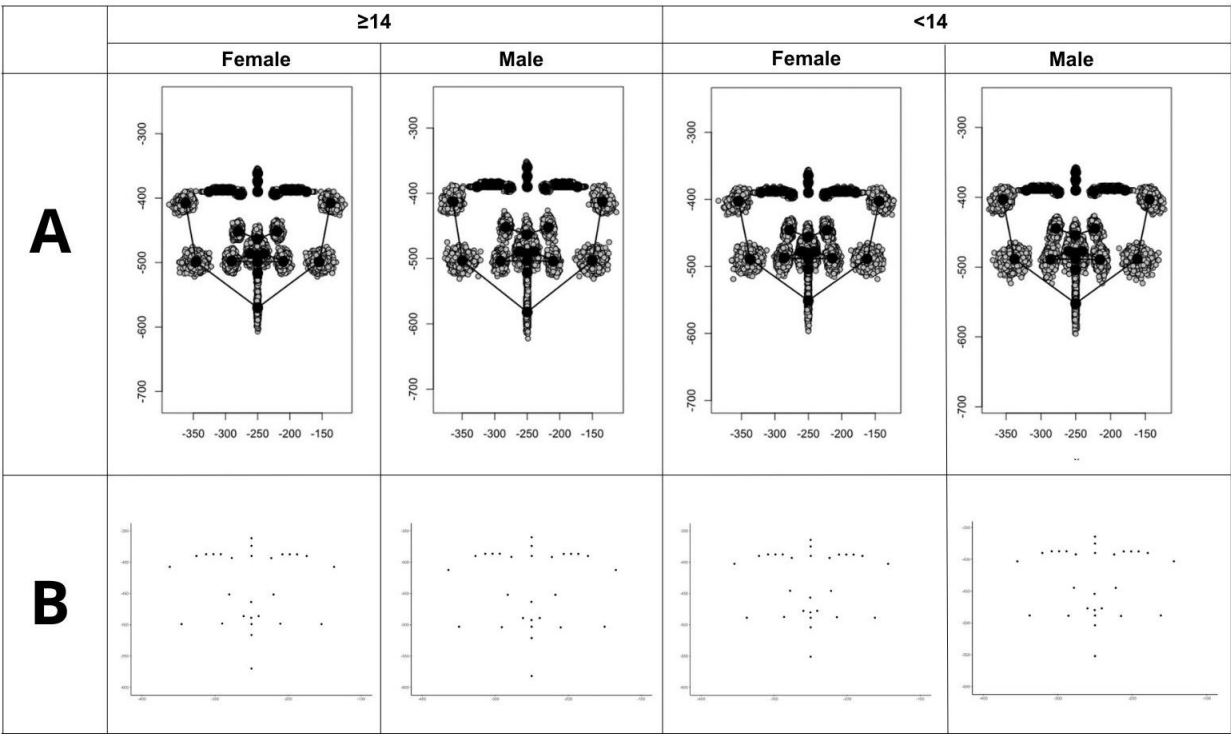


Figure 2: Distribution of photoanthropometric landmarks (A) and corresponding mean points in the photographs (B) in the discrimination of greater than or equal to ($\geq$) and less than ($<$) 14 years of age.

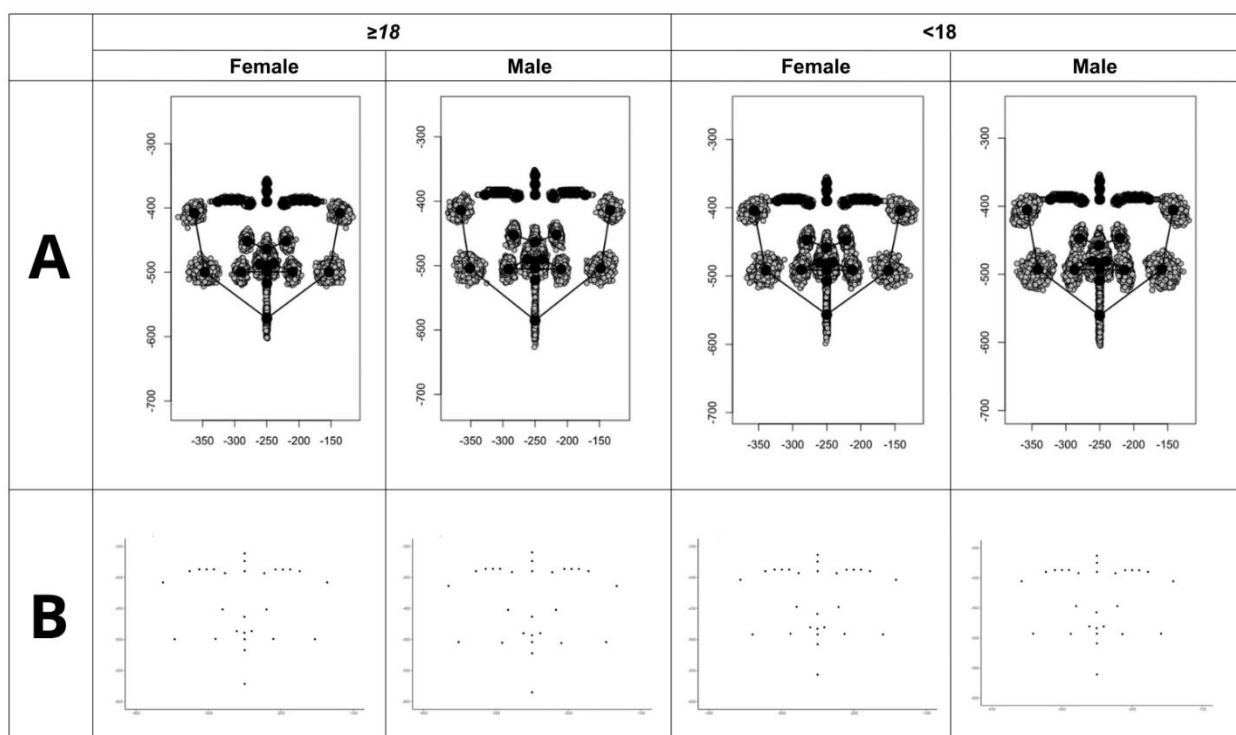


Figure 3: Distribution of photoanthropometric landmarks (A) and corresponding mean points in the photographs (B) in the discrimination of greater than or equal to ($\geq$) and less than ($<$) 18 years of age.

Based on the results of the Generalized Procrustes Analysis, displacement graphs in relation to the critical legal ages of interest were generated. Figure 4 presents these graphs for the age group of 14 years, and Figure 5 for the age group of 18 years. These displacement graphs are important for analyzing the shape discrepancy between the reference and target groups, with the size of the arrow graphically indicating the magnitude of this difference. Particularly, when observing male individuals aged 18 years or older compared to those of a younger age, a significant vertical displacement of the analyzed points is noticeable.

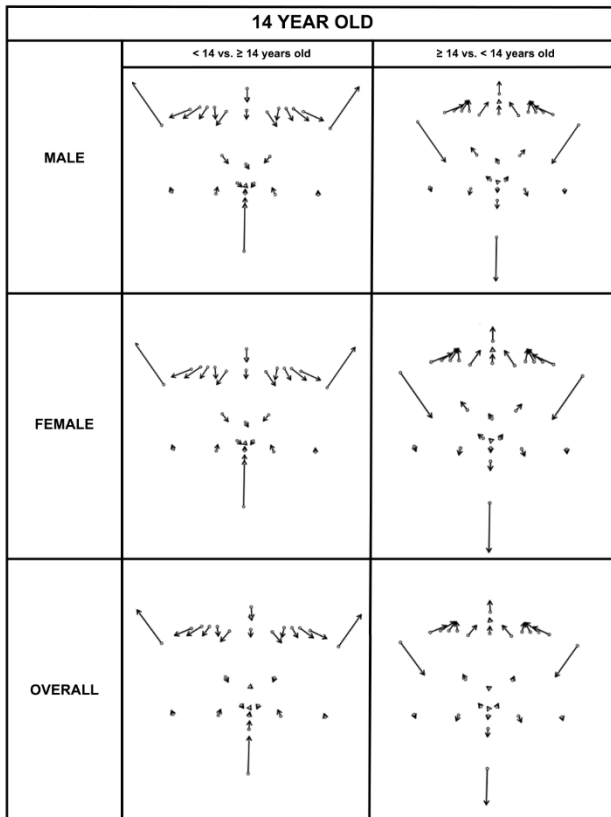


Figure 4: Displacement in relation to the group with age less than (<) and greater than or equal to ($\geq$) 14 years.

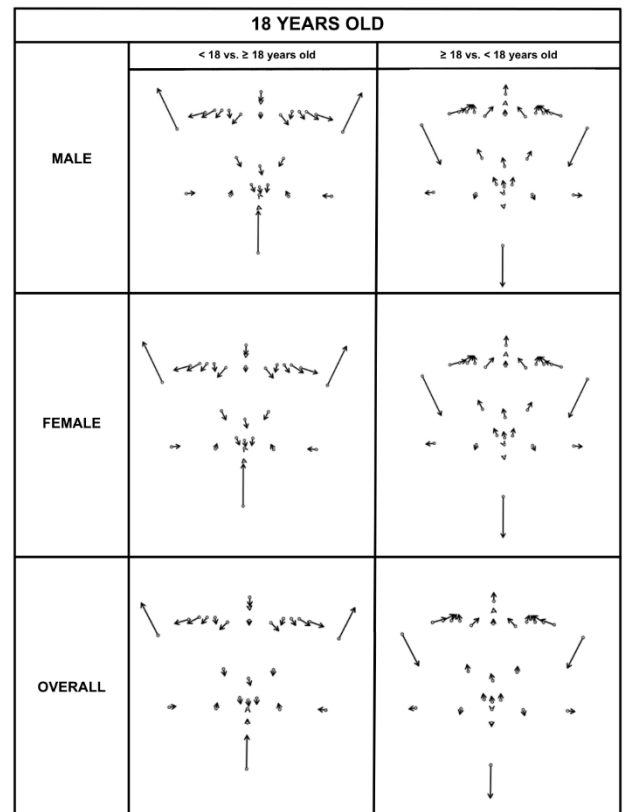


Figure 5: Displacement in relation to the group with age less than (<) and greater than or equal to ($\geq$) 18 years.

Based on the coordinates generated by the Generalized Procrustes Analysis, a Principal Component Analysis (PCA) was performed with the aim of explaining the variance and covariance structure among the set of variables. The first principal component was able to explain 48.86% of the total variability of the Procrustes coordinates, while the second component explained 20.43%. Therefore, the total variability explained by the first two components was 69.29%, a value considered satisfactory for the study[32]. The detailed results of the Principal Component Analysis, indicating the discrimination of the legal ages by colors, are presented in Figures 6A and 7A, while the mean point graphs (Figures 6B and 7B) highlight the clear distinction between the groups analyzed in the study. From the mean point graph, it can be observed that, in both cases, the ages younger than the critical ages have higher values for both components.

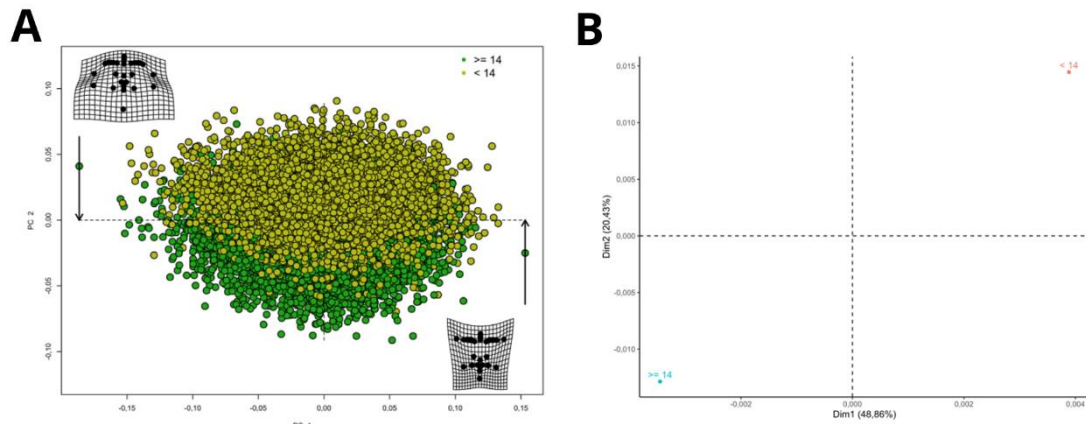


Figure 06: Results of the principal component analysis showing the perceptual map (A) and the mean points (B) according to the discrimination of 14 years.

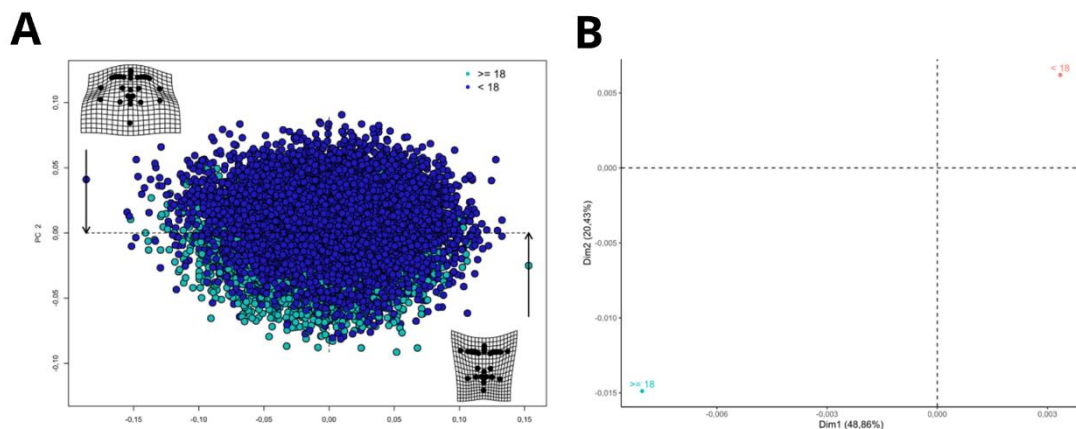


Figure 07: Results of the principal component analysis showing the perceptual map (A) and the mean points (B) according to the discrimination of 18 years.

To enable a better understanding of the results from the principal component analysis of the Procrustes coordinates, the comparisons of the scores from the first two components in relation to the critical ages, using the Mann-Whitney test, are presented in Tables 1 and 2. It is observed that the test showed statistically significant differences for both critical ages. As indicated by the graphs, ages younger than 14 and 18 tend to present higher averages for these components.

Table 01: Scores of the first two components in relation to the discrimination of the critical age of 14 years.

Component	Age	N	Mean	S.E.	1st Q.	2nd Q.	3rd Q.	p-value ¹
1	Greater Than or equal to 14	9000	-0,003	0,000	-0,029	-0,002	0,024	<0,001
	Less than 14	8000	0,004	0,000	-0,024	0,005	0,033	
2	Greater Than or equal to 14	9000	-0,013	0,000	-0,028	-0,013	0,003	<0,001
	Less than 14	8000	0,014	0,000	-0,001	0,015	0,029	

¹Mann Whitney

Table 02: Score of the first two components in relation to the discrimination of the critical age of 18 years

Component	Age	N	Mean	S.E.	1st Q.	2nd Q.	3rd Q.	p-value ¹
1	Greater Than or equal to 18	5000	-0,008	0,001	-0,034	-0,007	0,019	<0,001
	Less than 18	12000	0,003	0,000	-0,023	0,005	0,032	
2	Greater Than or equal to 18	5000	-0,015	0,000	-0,030	-0,015	0,001	<0,001
	Less than 18	12000	0,006	0,000	-0,011	0,007	0,024	

¹Mann Whitney

The results presented in Table 03 indicate the performance of geometric morphometrics (GM) in the discrimination of the legal ages of 14 and 18 years through the analysis of facial photographs.

Table 03: Parameters of GM in differentiating legal ages.

	14 Years			18 Years		
	Accuracy	Sensitivity	Specificity	Accuracy	Sensitivity	Specificity
General	0,877	0,896	0,858	0,764	0,873	0,657
Male	0,917	0,926	0,907	0,837	0,736	0,879
Female	0,869	0,897	0,837	0,800	0,604	0,882

A superior performance of the method's accuracy was observed in the general model (both sexes) at the age of 14 (87.7%) compared to 18 years (76.4%). Additionally, in this first age group, higher results were obtained for male individuals in terms of accuracy (91.7%), sensitivity (92.6%), and specificity (90.7%) when compared to females.

Regarding the 18-year-old group, the method continued to perform better for male individuals, both in accuracy (83.7%) and sensitivity (73.6%). However, specificity was higher in females (88.2%).

4. Discussion

An individual's age can influence legal outcomes, making the discrimination of legal ages essential in forensic practice [22]. In the current technical-scientific context, this represents a challenge, especially when the only available evidence consists of images (photographs or videos). This is often the case in investigations related to combating child pornography, a serious international issue [09]. Thus, estimating the age of potential victims or distinguishing them as children, adolescents, or adults through images is crucial in supporting police investigations [10].

In this era of "big data," the expansion of technology brings new opportunities to forensic sciences while simultaneously introducing new challenges to forensic practice. As a result, there is a growing need for research focused on the development, testing, validation, and refinement of protocols that ensure reliable application in forensic casework [13,33].

In the present study, automated facial analysis was chosen because it is a precise and robust technique for locating photo-anthropometric points in facial images. This method yields results comparable to manual detection performed by experienced examiners while also reducing errors commonly encountered in forensic practice [25].

Through facial geometric morphometrics, promising results were obtained across all three logistic regression models analyzed. This approach introduces a scientifically promising technique for determining the critical ages of 14 and 18 years based on facial features, demonstrating strong discriminative ability for both males and females, as well as when both sexes are analyzed together. It is noteworthy that these results were achieved using randomly selected images from an ethnically diverse Brazilian population, suggesting that even higher accuracy could be attained in more homogeneous populations. Furthermore, the robustness of the analyses is reinforced by the substantial sample size utilized in this study.

Among the investigations present in the literature, the study by Deitos et al. [10] is particularly relevant in the field as it analyzes the discrimination capability of photoanthropometry in distinguishing individuals younger or older than 14 and 18 years through facial photographs. Comparing this study [10] with our results, we can observe several relevant aspects in the present investigation. Notably, geometric facial morphometry showed superior accuracy results in both sexes and age groups

when compared to this existing technique in the literature. This evidence supports presenting geometric morphometry as a promising tool for age discrimination.

Among the results of the present study, superior parameters were found for the 14-year-old threshold in both sexes, with higher accuracy in males for both age thresholds. In their analysis, Damascena et al. [22] demonstrate a significant decline in the facial growth rate for females after the age of 14, while changes in males are noticeable until the age of 18. Therefore, it is reasonable to assume that the disparities in accuracy values in our results are due to biological differences between the sexes in the chronology of facial development.

Beyond accuracy results, metrics such as sensitivity and specificity are also relevant. Sensitivity represents the method's ability to correctly identify individuals aged 14 or 18 years and older when analyzing the group that effectively falls within the observed age range. Similarly, specificity refers to the method's ability to correctly identify individuals younger than 14 or 18 years, preventing errors that could harm minors.

Despite studies analyzing geometric morphometrics for age estimation through cranial [21] and facial [22] analysis, none of the existing research in the scientific literature has explored the capacity of geometric facial morphometrics for discriminating legal ages of interest. This analysis differs from age estimation as it is capable of providing a dichotomous response that meets recurring demands in the legal field.

The present method described has some limitations, particularly considering that it is still unclear whether it is effective when applied to images in adverse conditions (low resolution and quality, different angles, and image distances), which could affect its reproducibility as a forensic tool. Despite these limitations, good results were achieved regarding the parameters analyzed, encouraging future studies in the area that can refine the technique by analyzing it in different photographic scenarios.

5. Conclusions

Therefore, the present investigation highlights that geometric facial morphometry is a skilled method for discriminating critical ages of legal interest. This technique was more accurate in discriminating 14 years of age, particularly in the

analysis of photographs of male individuals. Based on the obtained data, it is observed that geometric morphometry has the potential to become a support tool in forensic practice.

Declaration of Generative AI and AI-assisted technologies in the writing process

During the preparation of this work, the authors used "Meta AI" to generate an image of an individual in a frontal view. After using this tool/service, the authors reviewed and edited the content as needed and assume full responsibility for the content of the publication.

References

1. Jayaraman J, Roberts GJ, Wong HM, McDonald F, King NM. Ages of legal importance: implications in relation to birth registration and age assessment practices. *Med Sci Law*. 2016;56(1):77–82. <https://doi.org/10.1177/0025802415590172>.
2. Lepola P, Needham A, Mendum J, Sallabank P, Neubauer D, de Wildt S. Informed consent for paediatric clinical trials in Europe. *Arch Dis Child*. 2016;101(11):1017–1025. <https://doi.org/10.1136/archdischild-2015-310001>.
3. Zhu G, van der Aa S. Trends of age of consent legislation in Europe: A comparative study of 59 jurisdictions on the European continent. *New J Eur Crim Law*. 2017;8(1):14–42.
4. Brasil. Decreto-Lei nº 2.848, de 7 de dezembro de 1940. Código Penal. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 31 dez. 1940.
5. Xu Y, Ye Y, Huang S. On the Up-regulation of the Age of Sexual Consent in Chinese Criminal Law. *Revista de Gestão Social e Ambiental*. 2024;18(5):e07190–e07190. <https://doi.org/10.24857/rgsa.v18n5-126>.
6. Márquez-Grant N. An overview of age estimation in forensic anthropology: perspectives and practical considerations. *Ann Hum Biol*. 2015;42(4):308–322. <http://dx.doi.org/10.3109/03014460.2015.1048288>.
7. Zaghetto C, Aguiar LHM, Zaghetto A, Ralha CG, de Barros Vidal F. Agent-based framework to individual tracking in unconstrained environments. *Expert Syst Appl*. 2017;87:118–128. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2017.05.065>.
8. Flores MRP, Machado CEP, Gallidabino MD, Arruda GHM, Silva RHA, Vidal FB, Melani RFH. Comparative assessment of a novel photo-anthropometric landmark-positioning approach for the analysis of facial structures on two-dimensional images. *J Forensic Sci*. 2019;64(3):828–838. <https://doi.org/10.1111/1556-4029.13935>.
9. Cattaneo C, Ritz-Timme S, Gabriel P, Gibelli D, Giudici E, Poppa P, Nohrden D, Assmann S, Schmitt R, Grandi M. The difficult issue of age assessment on pedo-pornographic material. *Forensic Sci Int*. 2009;183(1-3):e21–e24. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2008.09.005>.

10. Deitos AR, Lima LNC, Santos TPM, Franco A, Vidal FB, Daruge Junior E, Franceschini Junior L, Machado CEP. Age assessment by using facial photo-anthropometry in a Brazilian population. *Forensic Sci Int Rep*. 2020;2:100131. <https://doi.org/10.1016/j.fsir.2020.100131>.
11. Jandová M, Daňko M, Urbanová P. Age verification using random forests on facial 3D landmarks. *Forensic Sci Int*. 2020;318:110612. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2020.110612>.
12. Cattaneo C, Obertová Z, Ratnayake M, Marasciuolo L, Tutkuvienė J, Poppa P, et al. Can facial proportions taken from images be of use for ageing in cases of suspected child pornography? A pilot study. *Int J Legal Med*. 2012;126:139-144. <https://doi.org/10.1007/s00414-011-0564-7>.
13. Machado CEP, Santiago BM, Lima LNC, Gonzales PS, Franco A, Vidal FB, Aguilera IA, Guimarães MA. Applicability of a pre-established set of facial proportions from frontal photographs in forensic age estimation of a Brazilian population. *Forensic Sci Int*. 2019;301:e1-e7. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2019.05.009>.
14. Porto LF, Lima LNC, Franco A, Pianto D, Machado CEP, Vidal FDB. Estimating sex and age from a face: a forensic approach using machine learning based on photo-anthropometric indexes of the Brazilian population. *Int J Legal Med*. 2020;134:2239-2259. <https://doi.org/10.1007/s00414-020-02346-5>.
15. Pinto PHV, Rodrigues CHP, Rozatto JR, da Silva AMBR, Bruni AT, da Silva MAMR, da Silva RHA. Can a spontaneous smile invalidate facial identification by photo-anthropometry? *Imaging Sci Dent*. 2021;51(3):279. <https://doi.org/10.5624/isd.20210002>.
16. Facial Comparison Overview and Methodology Guidelines . https://fiswg.org/fiswg_facial_comparison_overview_and_methodology_guidelines_V2.0_2022.11.04.pdf, 2022 (acessado em 03 dezembro 2024).
17. Damascena NP, Machado CEP, Silva MC, Santiago BM, Martins-Filho PR. Is facial geometric morphometrics a useful method for age estimation in children and adolescents? Limited evidence and lack of studies leave us with an uncertain answer. *Morphologie*. 2023;107(358):100599. <https://doi.org/10.1016/j.morpho.2023.04.002>.
18. Chen M, Guo W, Huang S, Luo X, Tian M, Liu W. Morphological adaptation of cave-dwelling ground beetles in China revealed by geometric morphometry (Coleoptera, Carabidae, Trechini). *Insects*. 2021;12(11):1002. <https://doi.org/10.3390/insects12111002>.
19. Abou-Elaaz FZ, Sereno D, Himmi O, Ghamizi M, Guernaoui S. Descriptive and geometric morphometry of the wings of *Phlebotomus sergenti* populations in central Morocco. *J Arthropod-Borne Dis*. 2023;17(1):36. <https://doi.org/10.18502/jad.v17i1.13200>.
20. Sessiz R, Ercan İ, Özkan G, Toluk Ö. Evaluation of sex dimorphism of the mandible with geometric morphometric analysis: conventional and reconstructed panoramic radiography study. *Surg Radiol Anat*. 2023;45(11):1497-1504. <https://doi.org/10.1007/s00276-023-03201-z>.
21. Desai P, Awatiger MM, Angadi P. Geometric morphometrics in craniofacial skeletal age estimation: A systematic review. *J Forensic Odontostomatol*. 2023;41(1):57. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10319097/>.

22. Damascena NP, Lima SVM A, Santiago BM, Alemán-Aguilera I, Cunha E, Machado CEP, Martins-Filho PR. Accuracy of geometric morphometrics for age estimation using frontal face photographs of children and adolescents: A promising method for forensic practice. *J Forensic Leg Med*. 2024;106:102734. <https://doi.org/10.1016/j.jflm.2024.102734>.
23. Nigoghosian G, Weidner LM, Stamper TI. A technique to mount Sarcophagidae and Calliphoridae (Diptera) larvae for forensic identification using geometric morphometrics. *Forensic Sci Int Synergy*. 2021;3:100135. <https://doi.org/10.1016/j.fsisyn.2021.100135>.
24. Ya-Ting FANG, Qiong LAN, Tong XIE. New Opportunities and Challenges for Forensic Medicine in the Era of Artificial Intelligence Technology. *J Forensic Med*. 2020;36(1):77. <https://doi.org/10.12116/j.issn.1004-5619.2020.01.016>.
25. Porto LF, Lima LNC, Flores MR, Valsecchi A, Ibanez O, Palhares CEM, Vidal FB. Automatic cephalometric landmarks detection on frontal faces: An approach based on supervised learning techniques. *Digit Investig*. 2019;30:108-116. <https://doi.org/10.1016/j.diin.2019.07.008>.
26. Flores MRP, Machado CEP, Ricardo HAS. Proposta de análise facial fotoantropométrica em norma frontal: metodologia descritiva dos pontos anatômicos de referência [Photo-anthropometric facial analysis in frontal view images: descriptive methodology proposal for anatomical landmarks]. Novas Ediç; 2017. Disponível em: http://facisgroup.org/facial_landmarks.
27. Adams DC, Rohlf FJ, Slice DE. A field comes of age: geometric morphometrics in the 21st century. *Hystrix*. 2013;24(1):7. <https://doi.org/10.4404/hystrix-24.1-6283>.
28. Gower JC. Generalized procrustes analysis. *Psychometrika*. 1975;40(1):33–51. <https://doi.org/10.1007/BF02291478>.
29. Rohlf FJ, Slice D. Extensions of the Procrustes method for the optimal superimposition of landmarks. *Syst Biol*. 1990;39(1):40–59. <https://doi.org/10.2307/2992207>.
30. Hotelling H. Components analysis of a complex of statistical variables into principal. *J Educ Psychol*. 1933; 24:417. <https://doi.org/10.1037/h0071325>.
31. Mingoti SA. Análise de dados através de métodos estatística multivariada: uma abordagem aplicada. In: Análise de dados através de métodos estatística multivariada: uma abordagem aplicada. 2007:295. <https://pesquisa.bvsalud.org/porta/resource/pt/ens-23610>.
32. I. T. Jolliffe, *Principal Component Analysis*, second ed., Springer, New York, 2002.
33. Spradley MK, Jantz RL. Ancestry estimation in forensic anthropology: geometric morphometric versus standard and nonstandard interlandmark distances. *J Forensic Sci*. 2016;61(4):892-897. <https://doi.org/10.1111/1556-4029.13081>.

5. CONCLUSÃO

Dessa forma, pode-se indicar que a morfometria geométrica facial é uma técnica hábil para a discriminação de idades legais. O método mostrou resultados mais expressivos na identificação da faixa etária de 14 anos, especialmente na análise dos indivíduos do sexo masculino. Assim, a MG mostrou-se como uma ferramenta em potencial para a prática pericial.

Entre os impactos existentes é importante evidenciar que a técnica aqui analisada pode futuramente auxiliar na tipificação do crime de pornografia infantil, ao ser utilizada em investigações policiais, determinando se há ou não um indivíduo de idade inferior a 18 anos em um possível material pornográfico. Além disso, a determinação dos 14 anos faz-se importante na investigação do crime de estupro de vulnerável, especialmente quando as evidências em estudo forem imagens, contribuindo para comprovar que ao momento da ação criminosa a vítima realmente apresentava idade inferior a 14 anos.

REFERÊNCIAS

Abou-Elaaz FZ, Sereno D, Himmi O, Ghamizi M, Guernaoui S. Descriptive and geometric morphometry of the wings of *Phlebotomus sergenti* populations in central Morocco. *J Arthropod-Borne Dis.* 2023;17(1):36. doi: 10.18502/jad.v17i1.13200.

Adams DC, Rohlf FJ, Slice DE. A field comes of age: geometric morphometrics in the 21st century. *Hystrix.* 2013;24(1):7. doi: 10.4404/hystrix-24.1-6283.

Adams DC, Rohlf FJ, Slice DE. Geometric morphometrics: ten years of progress following the 'revolution'. *Ital J Zool.* 2004;71(1):5-16. doi: 10.1080/11250000409356545.

Angelakopoulos N, Galić I, Balla SB, Kiş HC, Gómez Jiménez L, Zolotenkova G, Mohd Yusof MYP, Hadzic Selmanagic A, Pandey H, Palmela Pereira C, Nóbrega JBM, Hettiarachchi K, Mieke SM, Kumagai A, Gulsahi A, Zelić K, Marinković N, Kelmendi J, Bianchi I, Soriano Vázquez I, Spinass E, Velezmoro-Montes YW, Oliveira-Santos I, De Luca S, Arrais Ribeiro IL, Moukarzel M, Cameriere R. Comparison of the third molar maturity index (I 3M) between left and right lower third molars to assess the age of majority: a multi-ethnic study sample. *Int J Legal Med.* 2021;135:2423-2436. doi: 10.1007/s00414-021-02656-2.

Balla SB, Kollata VRS, Bathala V, Ganapathy SK, Ch G, Vedula P, Palla A. Evaluation of the effect of impaction on the mineralization of mandibular third molars and forensic age estimation in a sample of south Indian children. *Int J Legal Med.* 2022;136(3):861-869. doi: 10.1007/s00414-021-02713-w.

Borges DL, Vidal FB, Flores MR, Melani RF, Guimarães MA, Machado CEP. Photoanthropometric face iridial proportions for age estimation: An investigation using features selected via a joint mutual information criterion. *Forensic Sci Int.* 2018;284:9-14.

Brasil. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado Federal; 1988.

Brasil. Decreto-Lei nº 2.848, de 7 de dezembro de 1940. Código Penal. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 31 dez. 1940

Brasil. Lei nº 10.406, de 10 de janeiro de 2002. Institui o Código Civil. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 11 jan. 2002.

Brasil. Lei nº 8.069, de 13 de julho de 1990. Dispõe sobre o Estatuto da Criança e do Adolescente. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 16 jul. 1990.

Brito AC, de Freitas LM, Nunes NAS, Junior CEG, Camargos SM. Reconstrução facial na Antropologia Forense no Brasil sob a perspectiva da Medicina Legal. *Rev Bras Criminalística*. 2024;13(1):135-142. doi: 10.15260/rbc.v13i1.795.

Cattaneo C, Obertová Z, Ratnayake M, Marasciuolo L, Tutkuvienė J, Poppa P, *et al*. Can facial proportions taken from images be of use for ageing in cases of suspected child pornography? A pilot study. *Int J Legal Med*. 2012;126:139-144. doi: 10.1007/s00414-011-0564-7.

Cattaneo C, Ritz-Timme S, Gabriel P, Gibelli D, Giudici E, Poppa P, Nohrden D, Assmann S, Schmitt R, Grandi M. The difficult issue of age assessment on pedo-pornographic material. *Forensic Sci Int*. 2009;183(1-3):e21-e24. doi: 10.1016/j.forsciint.2008.09.005.

Chen M, Guo W, Huang S, Luo X, Tian M, Liu W. Morphological adaptation of cave-dwelling ground beetles in China revealed by geometric morphometry (Coleoptera, Carabidae, Trechini). *Insects*. 2021;12(11):1002. doi: 10.3390/insects12111002.

Damascena NP, Lima SVM A, Santiago BM, Alemán-Aguilera I, Cunha E, Machado CEP, Martins-Filho PR. Accuracy of geometric morphometrics for age estimation using frontal face photographs of children and adolescents: A promising

method for forensic practice. J Forensic Leg Med. 2024;106:102734. doi: 10.1016/j.jflm.2024.102734.

Davis JP, Valentine T, Wilkinson C. Facial image comparison. In: Craniofacial identification. 2012. p. 136-153.

de Arruda GH, Morisson ALDC. Exames de Reconhecimento Facial na Polícia Federal. In: Anais da Conferência Internacional de Ciências Forenses em Multimídia; 2012. p. 78.

Deitos AR, Lima LNC, Santos TPM, Franco A, Vidal FB, Daruge Junior E, Franceschini Junior L, Machado CEP. Age assessment by using facial photo-anthropometry in a Brazilian population. Forensic Sci Int Rep. 2020;2:100131. doi: 10.1016/j.fsir.2020.100131.

Demayo C, Torres M, Sinco A, Bonachita-Sanguila M. Geometric morphometric analyses of facial shape in twins. Internet J Biol Anthropol. 2010;4(1).

Deng XD, Lu T, Liu GF, Fan F, Peng Z, Chen XQ, Chen TW, Zhan MJ, Shi L, Luo S, Zhang XT, Liu M, Qiu SW, Cong B, Deng ZH. Forensic age prediction and age classification for critical age thresholds via 3.0 T magnetic resonance imaging of the knee in the Chinese Han population. Int J Legal Med. 2022;136(3):841-852. doi: 10.1007/s00414-022-02797-y.

Desai P, Awatiger MM, Angadi P. Geometric morphometrics in craniofacial skeletal age estimation: A systematic review. J Forensic Odontostomatol. 2023;41(1):57.

Douglas TS, Mutsvangwa TE. A review of facial image analysis for delineation of the facial phenotype associated with fetal alcohol syndrome. Am J Med Genet A. 2010;152(2):528-536. doi: 10.1002/ajmg.a.33276.

Douglas TS. Image processing for craniofacial landmark identification and measurement: a review of photogrammetry and cephalometry. *Comput Med Imaging Graph.* 2004;28(7):401-409. doi: 10.1016/j.compmedimag.2004.06.002.

Flores MRP, Machado CEP, Gallidabino MD, Arruda GHM, Silva RHA, Vidal FB, Melani RFH. Comparative assessment of a novel photo-anthropometric landmark-positioning approach for the analysis of facial structures on two-dimensional images. *J Forensic Sci.* 2019;64(3):828-838. doi: 10.1111/1556-4029.13935.

Flores MRP, Machado CEP, Silva RHA. Proposta de análise facial fotoantropométrica em norma frontal: metodologia descritiva dos pontos anatômicos de referência [Photo-anthropometric facial analysis in frontal view images: descriptive methodology proposal for anatomical landmarks]. Novas Edições Acadêmicas; 2017. Disponível em: http://facisgroup.org/facial_landmarks.

Gonçalves CR. *Direito Civil Brasileiro: Parte Geral*. 20ª ed. São Paulo: Saraiva; 2019.

Jäger J. Photography: a means of surveillance? *Judicial photography, 1850 to 1900.* *Crime Hist Soc.* 2001;5(1):27-51. doi: 10.4000/chs.1056.

Jandová M, Daňko M, Urbanová P. Age verification using random forests on facial 3D landmarks. *Forensic Sci Int.* 2020;318:110612. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2020.110612>.

Lanitis A, Taylor CJ, Cootes TF. Toward automatic simulation of aging effects on face images. *IEEE Trans Pattern Anal Mach Intell.* 2002;24(4):442-455. doi: 10.1109/34.993553.

Machado CEP, Santiago BM, Lima LNC, Gonzales PS, Franco A, Vidal FB, Aguilera IA, Guimarães MA. Applicability of a pre-established set of facial proportions from frontal photographs in forensic age estimation of a Brazilian population. *Forensic Sci Int.* 2019;301:e1-e7. doi: 10.1016/j.forsciint.2019.05.009.

Marshall WA, Tanner JM. Variations in pattern of pubertal changes in girls. Arch Dis Child. 1969;44(235):291. doi: 10.1136/ad.44.235.291.

Marshall WA, Tanner JM. Variations in the pattern of pubertal changes in boys. Arch Dis Child. 1970;45(239):13-23. doi: 10.1136/ad.45.239.13.

Nigoghosian G, Weidner LM, Stamper TI. A technique to mount Sarcophagidae and Calliphoridae (Diptera) larvae for forensic identification using geometric morphometrics. Forensic Sci Int Synergy. 2021;3:100135. doi: 10.1016/j.fsisyn.2021.100135.

Nucci GS. Manual de direito penal. 20^a ed. São Paulo: Editora Revista dos Tribunais; 2020.

Pinto PHV, Rodrigues CHP, Rozatto JR, da Silva AMBR, Bruni AT, da Silva MAMR, da Silva RHA. Can a spontaneous smile invalidate facial identification by photo-anthropometry? Imaging Sci Dent. 2021;51(3):279. doi: 10.5624/isd.20210002.

Porto LF, Lima LNC, Flores MR, Valsecchi A, Ibanez O, Palhares CEM, Vidal FB. Automatic cephalometric landmarks detection on frontal faces: An approach based on supervised learning techniques. Digit Investig. 2019;30:108-116. doi: 10.1016/j.diin.2019.07.008.

Porto LF, Lima LNC, Franco A, Pianto D, Machado CEP, Vidal FDB. Estimating sex and age from a face: a forensic approach using machine learning based on photo-anthropometric indexes of the Brazilian population. Int J Legal Med. 2020;134:2239-2259. doi: 10.1007/s00414-020-02346-5.

Rohlf FJ, Marcus LF. A revolution in morphometrics. Trends Ecol Evol. 1993;8(4):129-132.

Saadé A, Baron P, Noujeim ZE, Arouk E, Azar D. Predictability of craniofacial skeletal age with geometric morphometries. *J Contemp Dent Pract*. 2018;19(12):1493-1500. doi: 10.5005/jp-journals-10024-2455.

Safernet Brasil. Safernet recebe recorde histórico de novas denúncias de imagens de abuso e exploração sexual infantil na internet. [S. l.]: Marcelo Oliveira, 6 fev. 2024. Disponível em: <https://new.safernet.org.br/content/safernet-recebe-recorde-historico-de-novas-denuncias-de-imagens-de-abuso-e-exploracao-sexual>. Acesso em: 13 nov. 2024.

Schmeling A, Grundmann C, Fuhrmann A, Kaatsch HJ, Knell B, Ramsthaler F, *et al*. Criteria for age estimation in living individuals. *Int J Legal Med*. 2008;122:457-460. doi: 10.1007/s00414-008-0254-2.

Sessiz R, Ercan İ, Özkan G, Toluk Ö. Evaluation of sex dimorphism of the mandible with geometric morphometric analysis: conventional and reconstructed panoramic radiography study. *Surg Radiol Anat*. 2023;45(11):1497-1504. doi: 10.1007/s00276-023-03201-z.

Spradley KM, Jantz RL. Ancestry estimation in forensic anthropology: geometric morphometric versus standard and nonstandard interlandmark distances. *J Forensic Sci*. 2016;61(4):892-7. doi: 10.1111/1556-4029.13081.

Temporini H. Child pornography and the internet. *Psychiatr Clin*. 2012;35(4):821-835. doi: 10.1016/j.psc.2012.08.004.

Machado CEP, Deitos AR, Velho JA, Cunha E. Tratado de Antropologia Forense -Fundamentos e Metodologias aplicadas à Prática Pericial. Campinas, SP: Millenium Editora; 2022. 880 p

Wortley RK, Smallbone S. Child pornography on the internet. Washington, DC: US Department of Justice, Office of Community Oriented Policing Services; 2006. p. 5-2006.

ANEXOS

ANEXO A - PARECER CONSUBSTANCIADO COM APROVAÇÃO DO CEP

CENTRO DE CIÊNCIAS DA
SAÚDE DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DA PARAÍBA -
CCS/UFPB



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: DIAGNÓSTICO DE IDADES CRÍTICAS PELA MORFOMETRIA GEOMÉTRICA

Pesquisador: MATHIAS ANTONIO COSTA DE SOUSA

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 77342024.0.0000.5188

Instituição Proponente: Centro De Ciências da Saúde

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 6.671.793

Apresentação do Projeto:

Trata-se de projeto de pesquisa em Odontologia Legal que faz uso de fotografias para avaliar acurácia de diagnóstico por imagem. Em diversos países os marcos etários dos 14 e 18 anos são relevantes na análise dos critérios de vulnerabilidade que delimitam a materialidade de delitos diversos, como a pornografia infantil, além de importantes demarcações sobre consentimento para a prática de ato sexual, maioridade penal e civil. Dentro desse contexto, o presente estudo analisará a capacidade diagnóstica da Morfometria Geométrica, a partir de fotografias em norma frontal de indivíduos de ambos os sexos, para a diferenciação entre menores ou maiores de 14 e 18 anos de idade. Trata-se de um estudo transversal de acurácia diagnóstica que terá como base dados coletados a partir de 13.000 imagens, em que será utilizado morfometria geométrica. Essas fotografias serão analisadas usando como base 28 pontos fotoantropométricos, seguido de uma análise baseada no paradigma Procrustes como ferramenta para o diagnóstico de idades superior ou inferior a 14 e 18 anos. Os resultados da pesquisa poderão auxiliar na evidencição de um método utilizável no âmbito das perícias forenses para o diagnóstico etário através de imagens digitais da face de idades de interesse legal (maior ou menor de 14/18) de suspeitos ou vítimas de crimes em que a idade é fator decisório para questões relacionadas à tipicidade e também culpabilidade de um fato.

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Primário: Verificar em uma amostra brasileira a aplicabilidade da Morfometria Geométrica

Endereço: Campus I / Prédio do CCS UFPB - 1º Andar

Bairro: Cidade Universitária

CEP: 58.051-900

UF: PB

Município: JOAO PESSOA

Telefone: (83)3216-7791

Fax: (83)3216-7791

E-mail: comitedeetica@ccs.ufpb.br

CENTRO DE CIÊNCIAS DA
SAÚDE DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DA PARAÍBA -
CCS/UFPB



Continuação do Parecer: 6.671.793

associada à análise facial automatizada no diagnóstico diferencial de idades críticas (14 e 18 anos), em ambos os sexos, para fins forenses.

Objetivo Secundário:

Verificar os parâmetros diagnósticos (acurácia, sensibilidade e especificidade) da Morfometria Geométrica para cada sexo quanto as idades críticas de interesse legal (14 e 18 anos).

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos: Risco de vazamento de informações, como por exemplo a idade e sexo dos participantes. Todavia, o grande volume de dados são referentes a informações que não permitem a identificação individual, visto se tratarem de coordenadas de pontos fotoantropométricos, medidas lineares, ângulos calculados entre determinados pontos. Assim, tal risco será minimizado ao extremo, pois nenhuma informação pessoal identificável dos indivíduos está presente no banco de dados e os pesquisadores não terão acesso direto as imagens dos indivíduos por suas fotografias.

Benefícios:

Os resultados da pesquisa poderão auxiliar na evidencição de um método utilizável no âmbito das perícias forenses para o diagnóstico etário (maior ou menor de 14/18) através de imagens digitais da face de suspeitos ou vítimas de crimes em que a idade é fator decisório para questões relacionadas à tipicidade e também culpabilidade de um fato. Como exemplo, pode-se citar casos de suspeita de estupro de vulnerável, nos quais é preciso estimar se a possível vítima está acima ou abaixo dos 14 anos pelos métodos convencionais, quando não se pode contar com sua presença física. Outro exemplo seriam as situações em que se faz necessário constatar a materialidade do crime de pornografia infantil. Com o uso das ferramentas avaliadas nesse estudo, poder-se-ia contribuir para a comprovação que nesse tipo de material realmente está presente um indivíduo com idade inferior a 18 anos. Por fim, o presente estudo também poderá fornecer embasamento quanto ao uso da morfometria geométrica em casos que o suspeito de um crime registrado em imagens alegue ter idade inferior aos 18 anos (maioridade penal), o que o tornaria inimputável às penas previstas no Código Penal. Assim, seria possível obter dados confiáveis que atestem ou contrariem essa excludente de culpabilidade.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Trata-se de um estudo transversal de acurácia, com análise da capacidade diagnóstica considerando duas idades críticas de interesse legal (14 e 18 anos) por meio da análise de imagens faciais mediante uso morfometria geométrica usando como base 28 pontos fotoantropométricos. O ponto mais delicado do ponto de vista ético é o banco de dados das

Endereço: Campus I / Prédio do CCS UFPB - 1º Andar
Bairro: Cidade Universitária **CEP:** 58.051-900
UF: PB **Município:** JOAO PESSOA
Telefone: (83)3216-7791 **Fax:** (83)3216-7791 **E-mail:** comitedeetica@ccs.ufpb.br

CENTRO DE CIÊNCIAS DA
SAÚDE DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DA PARAÍBA -
CCS/UFPB



Continuação do Parecer: 6.671.793

imagens: Serão aproveitados dados relativos às coordenadas de pontos fotoantropométricos disponíveis em um banco já existente (Porto et al., 2020) para aplicar a morfometria geométrica com fins de diferenciar os indivíduos como menores ou maiores que duas idades legais: 14 e 18 anos. Coleta de dados: Os dados originários do estudo citado anteriormente foram gerados a partir de imagens faciais em norma frontal do Sistema Nacional de Passaportes (SINPA), gerenciado pela Polícia Federal Brasileira, como parte da pesquisa "Análise de parâmetros faciais na população brasileira com finalidade forense a partir de banco de imagens em norma frontal" (Projeto nº 37 – Edital CAPES nº 25/2014), no qual foram analisadas de maneira automatizada mais de 18.000 imagens faciais de diferentes indivíduos brasileiros (Porto et al., 2020). A partir do acesso ao universo de imagens do SINPA, as quais foram filtradas segundo sexo (masculino e feminino) e idade (6 a 22 anos) dos indivíduos, por meio da marcação de pontos fotoantropométricos baseada na metodologia proposta por Flores et al. (2017) e detalhada em Flores; Machado; Silva (2017) e pontos cefalométricos, foi conduzida uma análise automatizada de fotografias da face, obtendo-se índices fotoantropométricos (Porto et al., 2020). Neste conjunto de dados, a identificação desses pontos foi realizada por meio de uma abordagem que integra conceitos de visão computacional e métodos de processamento de imagem em procedimentos de aprendizado supervisionado. Fazendo uso desse conjunto de informações relativas às coordenadas dos pontos fotoantropométricos de uma amostra indivíduos de ambos os sexos com idade de 10 a 22 anos, será aplicada a MG (morfometria geométrica) da face baseada no paradigma Procrustes (Adams; Rohlf; Slice, 2013) como ferramenta para o diagnóstico de idades como superior ou inferior a 14 e 18 anos. Nesse sentido, levar-se-á em consideração a metodologia proposta por Deitos et al. (2020) para a seleção das idades, envolvendo na análise 13.000 imagens (1.000 para cada uma das idades envolvidas no estudo) em quantidades proporcionais em relação ao sexo. Será buscado por esse meio analisar respostas dicotômicas quanto as unidades amostrais se encontrarem abaixo ou acima de 14 e 18 anos. Pretende-se realizar a modelagem estatística, com a previsão de composição de dois modelos de Regressão Logística Multinomial separados por sexo e um terceiro modelo com toda a amostra. A seguir serão calculados acurácia, sensibilidade e especificidade da MG no diagnóstico das idades de 14 e 18 anos.

Endereço: Campus I / Prédio do CCS UFPB - 1º Andar
Bairro: Cidade Universitária **CEP:** 58.051-900
UF: PB **Município:** JOAO PESSOA
Telefone: (83)3216-7791 **Fax:** (83)3216-7791 **E-mail:** comitedeetica@ccs.ufpb.br

Página 03 de 05

**CENTRO DE CIÊNCIAS DA
SAÚDE DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DA PARAÍBA -
CCS/UFPB**



Continuação do Parecer: 6.671.793

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

termos de apresentação obrigatória incluídos no protocolo de pesquisa.

Recomendações:

nada a declarar

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Esse protocolo de pesquisa não apresenta óbices éticos visíveis em nenhuma das etapas metodológicas apresentadas.

Considerações Finais a critério do CEP:

Certifico que o Comitê de Ética em Pesquisa do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal da Paraíba – CEP/CCS aprovou a execução do referido projeto de pesquisa. Outrossim, informo que a autorização para posterior publicação fica condicionada à submissão do Relatório Final na Plataforma Brasil, via Notificação, para fins de apreciação e aprovação por este egrégio Comitê.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_2267769.pdf	02/02/2024 16:05:27		Aceito
Solicitação Assinada pelo Pesquisador Responsável	dispensatcl.pdf	02/02/2024 16:04:34	MATHIAS ANTONIO COSTA DE SOUSA	Aceito
Orçamento	orcamento.pdf	02/02/2024 16:00:12	MATHIAS ANTONIO COSTA DE SOUSA	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_Mathias.pdf	02/02/2024 15:59:32	MATHIAS ANTONIO COSTA DE SOUSA	Aceito
Cronograma	cronograma.pdf	02/02/2024 15:59:01	MATHIAS ANTONIO COSTA DE SOUSA	Aceito
Folha de Rosto	Folha_rosto.pdf	02/02/2024 15:58:39	MATHIAS ANTONIO COSTA DE SOUSA	Aceito

Situação do Parecer:

Endereço: Campus I / Prédio do CCS UFPB - 1º Andar
Bairro: Cidade Universitária **CEP:** 58.051-900
UF: PB **Município:** JOAO PESSOA
Telefone: (83)3216-7791 **Fax:** (83)3216-7791 **E-mail:** comitedeetica@ccs.ufpb.br

CENTRO DE CIÊNCIAS DA
SAÚDE DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DA PARAÍBA -
CCS/UFPB



Continuação do Parecer: 6.671.793

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

JOAO PESSOA, 27 de Fevereiro de 2024

Assinado por:
Eliane Marques Duarte de Sousa
(Coordenador(a))

Endereço: Campus I / Prédio do CCS UFPB - 1º Andar
Bairro: Cidade Universitária **CEP:** 58.051-900
UF: PB **Município:** JOAO PESSOA
Telefone: (83)3216-7791 **Fax:** (83)3216-7791 **E-mail:** comitedeetica@ccs.ufpb.br

Página 05 de 05