

Universidade Federal do ABC
Centro de Engenharia, Modelagem e Ciências Sociais Aplicadas
Programa de Graduação em Engenharia de Informação

Matheus Pires Vasques

Extração automática de características da mão com finalidade forense

Santo André, SP

2020

Programa Graduação em Engenharia de Informação

Matheus Pires Vasques

Extração automática de características da mão com finalidade forense

Trabalho apresentado ao programa de Graduação em Engenharia de Informação da Universidade Federal do ABC, como requisito parcial para a obtenção do título de bacharel em Engenharia de Informação.

Orientador: Mario Alexandre Gazziro

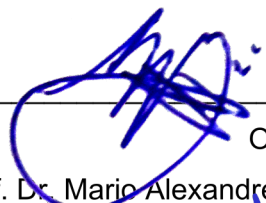
Santo André, SP

2020

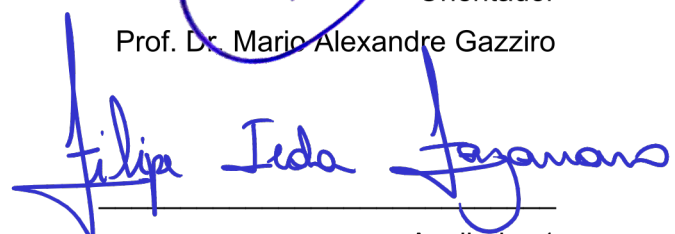
ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE INFORMAÇÃO

Ata de Defesa do Trabalho de Graduação em Engenharia de Informação da Universidade Federal do ABC

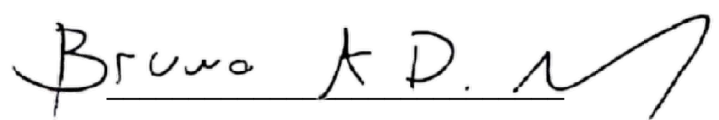
No dia **04 de dezembro de 2020** reuniu-se a banca examinadora do trabalho apresentado como Trabalho de Graduação em Engenharia de Informação de **Matheus Pires Vasques**, intitulado: “**Extração automática de características da mão com finalidade forense**”. Após a exposição oral, o aluno foi arguido pelos componentes da banca que se reuniram reservadamente, e decidiram atribuir o conceito final B .



Orientador
Prof. Dr. Mario Alexandre Gazziro



Avaliador 1
Prof. Dr. Filipe Ieda Fazanaro



Avaliador 2
Prof. Dr. Bruno Marques

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus amigos, Antonio Ruggiero Arcangelo e Raphael Lira Takahashi Pavesi, que me acompanharam e apoiaram ao longo desse trajeto. Agradeço também aos meus familiares pela paciência e suporte.

"You step onto the road, and if you don't keep your feet, there's no knowing where you might be swept off to."

(J. R. R. Tolkien, The Lord of the Rings)

RESUMO

O uso de características antropométricas para fins forenses é um campo de pesquisa em pleno desenvolvimento. Em diversos países, pesquisadores utilizam bancos de dados com tais características para fins forenses, por exemplo, medindo características da mão para inferir a altura, gênero, e até mesmo etnia. No entanto, desenvolvimentos semelhantes ainda estão ausentes no Brasil.

O objetivo deste trabalho é aperfeiçoar um método automático para extração de características das mãos para uso forense. A inclusão de novas medidas é essencial para termos mais dados para análise, de modo que não haja restrições por parte do software de aquisição desses dados.

A metodologia proposta processa uma sequência adequada de imagens com processamentos geométricos em imagens de mãos baseadas em pontos críticos como pontas dos dedos, vales entre os dedos e o centro da palma da mão. Como resultados, apresentamos as medidas automáticas tomadas em 416 imagens em comparação com as medidas reais de um paquímetro manual. A abordagem proposta atingiu 93,16% de correlação ($p\text{-value} < 0.05$) relacionada ao paquímetro, demonstrando a eficácia da técnica. Para as medidas das falanges identificamos que o algoritmo falha em obter as medidas dentro de uma margem aceitável para análise. Dentro dos 208 pares de mãos foram realizadas 5824 medidas referentes às falanges, destas tivemos 1345 valores nulos, cerca de 25,45%.

Verificamos que a abordagem desenvolvida atende parcialmente as expectativas, ela atinge altas taxas de correlação relacionadas ao banco de imagens de teste. Mas para as novas medidas que foram incluídas ainda é necessário realizar os ajustes para que elas possam fazer parte da análise.

Palavras-chaves: Antropometria. Ciência Forense. Processamento de Imagem.

ABSTRACT

The use of anthropometric characteristics for forensic purposes is a field of research in full development. In several countries, researchers use databases with such characteristics for forensic purposes, for example, measuring hand characteristics to infer height, gender, and even ethnicity. However, similar developments are still absent in Brazil.

The objective of this work is to improve an automatic method for extracting hand characteristics for forensic use. The inclusion of new measures is essential to have more data for analysis, so that there are no restrictions on the part of the software for acquiring this data.

The proposed methodology provides an adequately tailored sequence of image and geometrical processing on pictures of hands based on critical points like fingertips, finger-valleys and palm center. As results, we present the automatic measurements taken on 416 images compared with actual measures from a manual caliper. The proposed approach leads to 93.16% of correlation (p -value <0.05) related to the caliper, demonstrating the effectiveness of the technique. For the measurements of the phalanges, we identified that the algorithm fails to obtain the measurements within an acceptable range for analysis. Within the 208 pairs of hands, 5824 measurements were made regarding the phalanges, of which we had 1345 null values, about 25.45%.

We found that the approach developed partially meets expectations, it achieves high correlation rates related to the test image database. But for the new measures that have been included, adjustments still need to be made so that they can be part of the analysis.

Keywords: Anthropometry. Forensic Science. Image Processing.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 METODOLOGIA	12
2.1 Pré-processamento de imagens	13
2.2 Determinação do centro da palma, picos e vales dos dedos	13
2.3 Determinação da largura da palma da mão, comprimento dos dedos e da palma	14
2.4 Determinação da largura das falanges	17
3 RESULTADOS.....	20
3.1 Banco de imagens de mãos com medidas antropométricas.....	20
3.2 Método direto: Parâmetros antropométricos das mãos	22
3.3 Método indireto: Parâmetros antropométricos das mãos.....	23
4 CONCLUSÕES	28
BIBLIOGRAFIA	29

1 INTRODUÇÃO

O Conselho Americano de Antropologia Forense (American Board of Forensic Anthropology) define antropologia forense como “a aplicação da ciência antropológica física ou biológica no processo legal.” (ABFA, 2018). O objetivo da antropologia forense é utilizar o conhecimento multidisciplinar no qual se insere para identificar o perfil biológico do indivíduo.

A pesquisa na área de Antropologia Forense e Odontologia no Brasil está em fase de desenvolvimento e crescimento. Esse atraso em relação a outros países do chamado Norte Global pode estar relacionado ao ritmo geral mais lento e retardado do progresso científico no Brasil, assim como o contexto sócio-político particular deste país. Os números em termos de produção científica são relativamente baixos, mas a produção está crescendo rapidamente. O fato de que a maioria das pesquisas nesta área são conduzidas nas faculdades de Odontologia resulta em um predomínio particular do tema Odontologia Forense em relação à Antropologia Forense. A falta generalizada de antropólogos biológicos no cenário acadêmico brasileiro provavelmente é responsável pelo fato de algumas questões cruciais relacionadas à área não estarem sendo abordadas (GÓRKA e PLENS, 2020).

A Associação Brasileira de Antropologia Forense foi fundada em 2012 com a finalidade de congregar profissionais e estudantes ligados à área de Antropologia Forense, promovendo diversas práticas e cursos da área (ABRAF, 2020). Uma dessas práticas foi o lançamento da Revista Brasileira de Antropologia Forense e Medicina Legal, do inglês “*The Brazilian Journal of Forensic Anthropology & Legal Medicine*”, a revista científica oficial da ABRAF, com a 1ª edição sendo de Maio de 2020 (BJFA&LM, 2020).

Para a identificação de cadáveres, na maioria dos casos os corpos são recuperados por policiais militares, agentes de funerárias, corpo de bombeiros entre outros, o que pode estar influenciando diretamente na ausência de peças anatômicas, uma vez que esses profissionais não são especialistas na área e, portanto, não possuem conhecimento sobre procedimentos de recuperação de corpos, podendo deixar no local de busca restos mortais das vítimas (SILVA, TOMÉ e SILVA, 2020).

É necessário melhorar a metodologia, revisar procedimentos e buscar técnicas para lidar melhor com diferentes casos de análise em antropologia forense.

O uso de características antropométricas para fins forenses é um campo de pesquisa em pleno desenvolvimento. Em diversos países, pesquisadores utilizam bancos de dados com tais características para fins forenses, por exemplo, medindo características da mão para inferir a altura (BHATNAGAR, THAPAR e BATISH, 1984) (ILAYPERUMA, NANAYAKKARA e PALAHEPITIYA, 2009) (AGRAWAL, RAICHANDANI, *et al.*, 2013) (GUEST, MIGUEL-HURTADO, *et al.*, 2017) (SAMOON, ITOO, *et al.*, 2018), gênero (CASE e ROSS, 2007), e até mesmo etnia (MANNING, CHURCHILL e PETERS, 2007). No entanto, desenvolvimentos semelhantes ainda estão ausentes no Brasil. O primeiro desafio a esse respeito é a identificação automática de características de mão a partir de fotos digitais. Nos últimos 30 anos verificamos que, para a maioria dos estudos, o número de sujeitos é perto de duzentos, como retratado na Tabela 1.

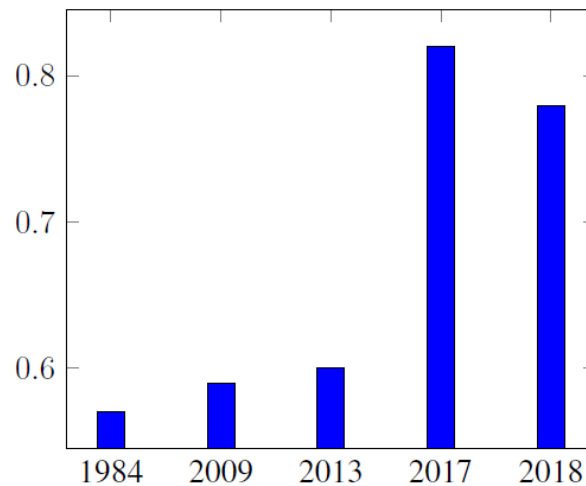
Tabela 1: Trabalhos relacionados, comprimento da mão versus correlações de altura do sujeito por ano.

Autor e Ano	País	Amostras	Correlação
(BHATNAGAR, THAPAR e BATISH, 1984)	India	100	0.57
(ILAYPERUMA, NANAYAKKARA e PALAHEPITIYA, 2009)	Sri Lanka	258	0.59
(AGRAWAL, RAICHANDANI, <i>et al.</i>, 2013)	India	200	0.60
(GUEST, MIGUEL-HURTADO, <i>et al.</i>, 2017)	United Kingdom	97	0.82
(SAMOON, ITOO, <i>et al.</i>, 2018)	India	156	0.78

Nesses estudos foi empregada a correlação bivariada de Pearson. Com o avanço da tecnologia de Big Data, podemos processar milhares de dados usando técnicas avançadas de aprendizado de máquina para melhorar a correlação próxima a 100%. Portanto, o trabalho proposto visa criar uma abordagem para simplificar a

aquisição de dados, fornecendo soluções eficazes de big data nas próximas etapas desta pesquisa.

Figura 1: Comprimento da mão vs correlações de altura do sujeito por ano. (média n = 200).



Além disso, essa não é uma boa prática, já que esses estudos atingem um limite superior de correlação próximo a 80% e não podem ir além, conforme apresentado na Figura 1. Neste sentido, a motivação para o presente trabalho baseia-se na crença de que aumentando o número de características das mãos extraídas e expandindo o número de sujeitos para uma vasta quantidade de pessoas podemos melhorar drasticamente a correlação final (acima de 95%) entre características das mãos e altura do sujeito, incluindo a possibilidade de classificar o gênero e a etnia.

Este trabalho tem como referência uma tese de Mestrado, que descreve uma metodologia de processamento de imagens de baixo custo computacional para a medição de características das mãos para construção de uma base nacional de dados antropométricos de mãos. Dessa forma medidas como altura, gênero e etnia poderiam ser inferidas através de equações de regressão (SOUZA, 2016).

O objetivo deste trabalho é aperfeiçoar um método automático para extração de características das mãos para uso forense. A inclusão de novas medidas é essencial para termos mais dados para análise, de modo que não haja restrições por parte do software de aquisição desses dados. Posteriormente iremos ampliar o banco de imagens de teste, para que novas análises sejam realizadas, entre elas a aquisição de outras medidas, como a estatura da pessoa, utilizando modelos de regressão.

2 METODOLOGIA

Com base em um banco de dados de imagens de mãos brasileiras com 416 imagens (89 homens e 119 mulheres, ambas as mãos) (KUNKEL, 2020) uma nova abordagem foi desenvolvida para a extração de medições totalmente automatizada para evitar uma reduzir o trabalho manual realizado no processo.

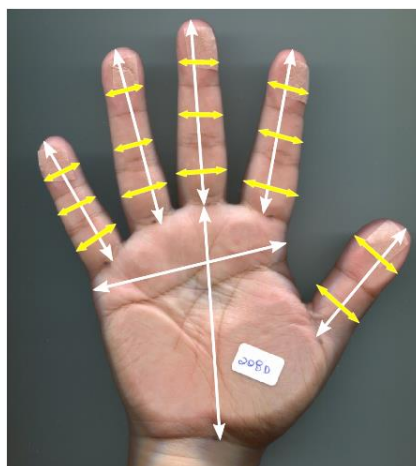
O banco de dados possui imagens brutas previamente medidas manualmente usando um paquímetro, que foi utilizado para validar os resultados a partir da abordagem automatizada desenvolvida.

A abordagem proposta procura atender a dois requisitos:

- Processamento rápido: menos de um minuto para processar um par de mãos é o objetivo, pois os sujeitos podem esperar até que o processamento seja feito antes de serem liberados;
- Baixos recursos computacionais exigidos: a abordagem será executada em todo o país pelos vários parceiros, que nem sempre podem garantir um computador de alta performance.

As medidas extraídas pela abordagem inicial são apresentadas na Figura 2: comprimentos de dedo mínimo, anel, médio e indicador, polegares e comprimento e largura da palma da mão direita e esquerda. O trabalho atual tem como intuito expandir essas medidas, incluindo a largura das falanges de todos os dedos.

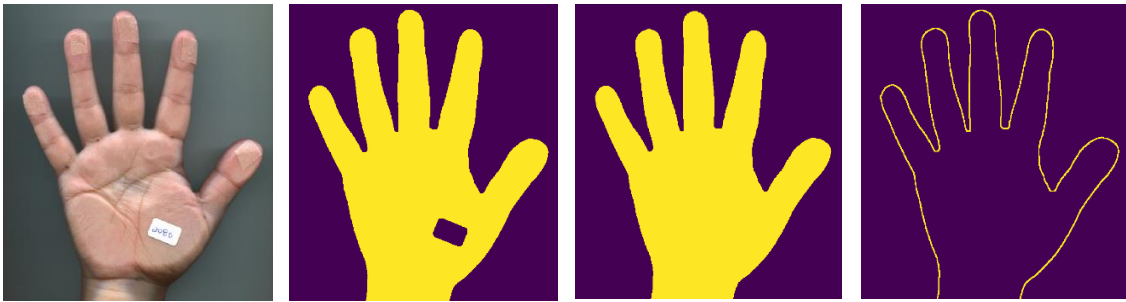
Figura 2: Medidas extraídas automaticamente (em branco) e medidas desejadas para extração automática (em amarelo).



2.1 Pré-processamento de imagens

O primeiro estágio do processo é a segmentação da imagem (Figura 3b). Um adequado conjunto de parâmetros foi utilizado para realizar a segmentação de cor da pele. Depois disso, uma imagem binarizada é calculada aplicando um limite (Figura 3c). Finalmente, uma detecção de bordas é feita através do Algoritmo de Canny (Figura 3d).

Figura 3: Fases do pré-processamento. Imagem original (a), segmentação da imagem (b), imagem binarizada (c) e detecção de bordas

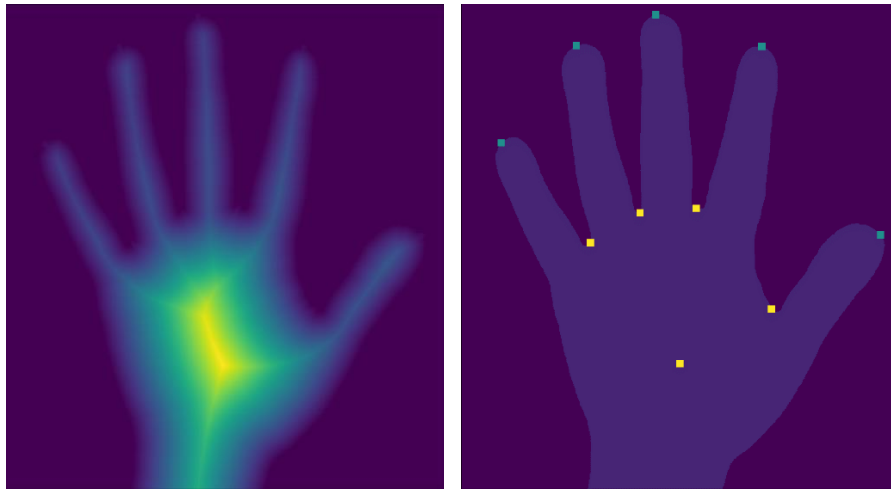


2.2 Determinação do centro da palma, picos e vales dos dedos

Um ponto-chave na extração de recursos da mão é determinar o centro da palma, independentemente do comprimento dos dedos ou da interferência da imagem do pulso.

Para fazer isso, utilizou-se a metodologia desenvolvida por (SEVASTOPOLSKY, 2016), computando o eixo medial morfológico utilizando funções da biblioteca OpenCV (Figura 4a).

Figura 4: Metodologia de localização do centro da palma (a) e determinação dos picos e vales dos dedos (b) (SEVASTOPOLSKY, 2016).



Desenvolvido anteriormente por (SEVASTOPOLSKY, 2016), a detecção dos pontos-chave dos picos dos dedos e os vales dos dedos (Figuras 4b) usa convex-hull primitivas do OpenCV.

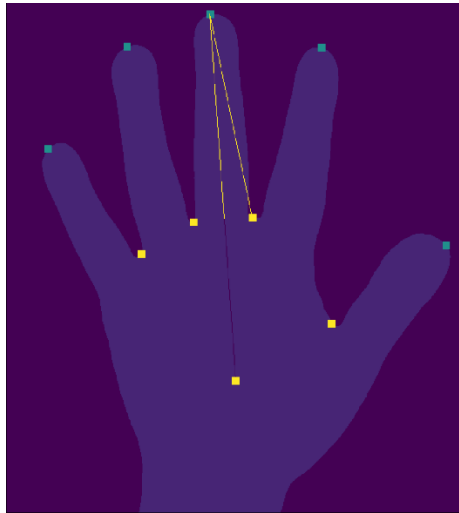
2.3 Determinação da largura da palma da mão, comprimento dos dedos e da palma

A partir de agora, é necessário seguir uma ordem específica para alcançar todas as medidas desejadas, visto que a próxima depende da anterior:

1. Medição do dedo médio;
2. Medição do comprimento da palma;
3. Medição de outros dedos (mínimo, anelar, indicativo e polegar em qualquer ordem);
4. Medição da largura da palma.

A Figura 5 apresenta a metodologia de medição do dedo médio. Começando com a imagem binarizada gerada no estágio anterior de pré-processamento, conectamos a pontado dedo médio com o centro da palma da mão.

Figura 5: Metodologia para medição do dedo médio.

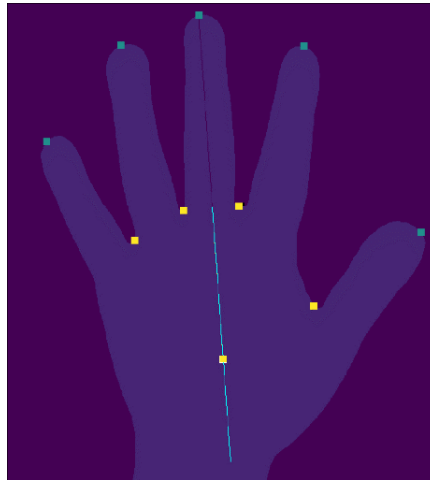


Nas próximas etapas, uma linha é criada conectando a ponta do dedo médio com o vale localizado entre os dedos médio e indicador. Então projetamos essa nova linha sobre a primeira linha e o resultado dessa projeção é a linha da medida final.

A Figura 6 apresenta a metodologia de medição do comprimento da palma. É simples e consiste apenas em conectar a base do dedo médio ao centro da palma e, em seguida, estender esta linha aplicando um fator 1,67 (fator determinado experimentalmente usando o banco de imagens e medidas realizadas pelo paquímetro).

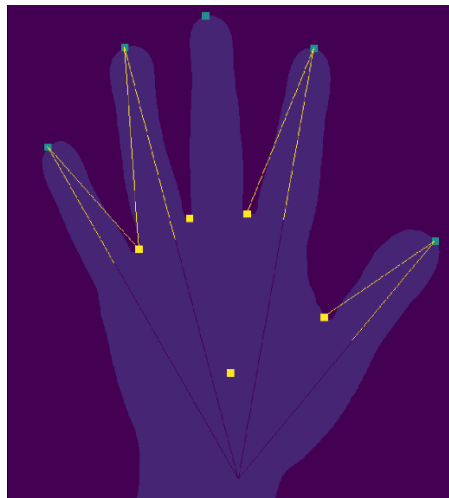
Uma vez calculado o comprimento da palma, têm-se também o ponto chave do punho na extremidade da linha de comprimento da palma da mão. Para o próximo passo – medição dos outros dedos e polegar – este ponto-chave será crucial.

Figura 6: Metodologia para medição do comprimento da palma.



Conecta-se todos os picos dos dedos ao ponto-chave do pulso (todos menos o dedo médio), como mostrado na Figura 7. Então, projeções são realizadas de forma semelhantes a realizada na medição dedo médio, mas escolhendo o vale do dedo mais próximo para cada dedo e polegar, e obtêm-se enfim todas as medidas.

Figura 7 – Metodologia para medição dos outros dedos: mínimo, anelar, indicador e polegar.



A última medida é a largura da palma, e sua metodologia é descrita na figura 8. Para esta medida é utilizada uma metodologia mais sofisticada que as seções anteriores, que envolve:

- Operações lógicas de máscara de imagem bit a bit;
- Técnicas avançadas de processamento de imagens, como componentes conectados mais próximos;
- Técnicas clássicas de processamento de imagens, como erosão e dilatação.

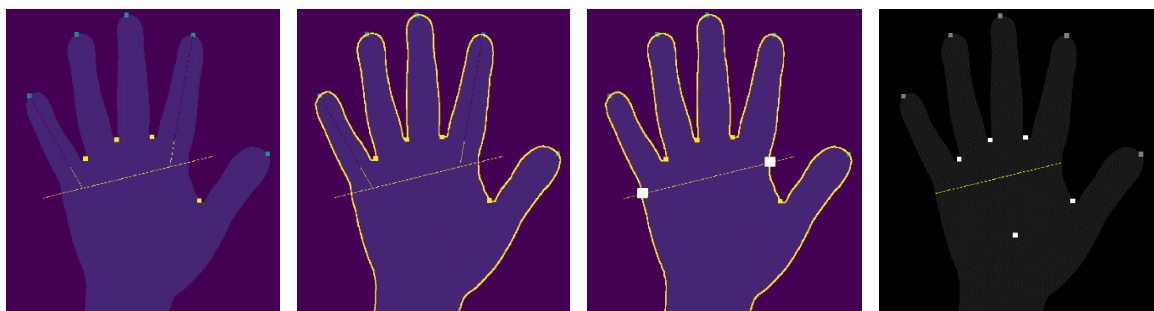
Para o começo desta medição as linhas dos dedos mínimo e indicador são necessárias, o extremo de cada uma delas é estendido cerca de 30%. Na próxima etapa, interconecta-se os seus *fairends*. Após isso estende-se esta linha em ambos os lados em um fator de cerca de 80% do seu tamanho original (40% para cada lado), como mostrado na Figura 8a.

Para a próxima etapa, a borda da mão é carregada (apresentada no pré-processamento inicial seção, Figura 3d) e mascara-se para a imagem da tela (Figura 8b). O resultado produzirá pequenos pontos de colisão pela intersecção das imagens. Estes pequenos pontos devem ser dilatados e, em seguida, submetidos à análise de componentes mais próximos para detectar o centro de cada objeto (Figura 8c). Finalmente, conectando esses centros calculados, encontra-se a largura da palma da mão (Figura 8d).

A abordagem desenvolvida implementando esta metodologia e todas as 416 imagens testadas para gerar a análise estatística (na próxima seção) estão disponíveis em no repositório do GitHub. A linguagem Python com Biblioteca OpenCV que foi utilizada na codificação.

Figura 8: Metodologia para medição da largura da palma. A reta da palma da mão é traçada (a) e a borda da mão é carregada (b) para marcarmos as intersecções que serão os extremos da reta (c).

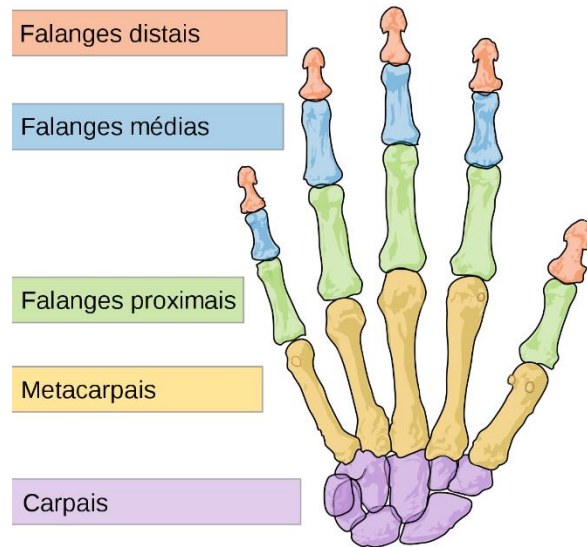
Com a reta e os pontos, podemos calcular a largura da palma da mão (d).



2.4 Determinação da largura das falanges

A mão possui 14 falanges, três falanges em cada dedo com exceção do polegar que possui duas. As falanges proximais são as que ficam mais próximas da mão e são ligadas ao metacarpo, as distais formam as pontas dos dedos e a ligação entre essas falanges é realizada pelas falanges médias (Figura 9).

Figura 9: ilustração os ossos presentes na mão de um hominídeo.



Para a determinação da largura das falanges, os segmentos já utilizados para medir os comprimentos dos dedos servem como base para a marcação das alturas de onde serão feitas as medidas. A partir da linha de comprimento, pontos são traçados ao longo da reta de acordo com a altura dos dedos:

- Falange proximal = $1 \times (\text{Comp}/6)$
- Falange média = $3 \times (\text{Comp}/6)$
- Falange distal = $5 \times (\text{Comp})$

Exemplo para a medida da largura da falange proximal:

$$A_{F1} = \left[AD[x] * \left(\frac{Comp}{6} \right), AD[y] * \left(\frac{Comp}{6} \right) \right]$$

$$F1 = [A[x] + A_{F1}[x], A[y] + A_{F1}[y]]$$

$$D_{F1} = [F1[x] - D[x], F1[y] - D[y]]$$

$$X = [C[x] + D_{F1}[x], C[y] + D_{F1}[y]]$$

$$X_{F1} = [F1[x] - X[x], F1[y] - X[y]]$$

$$Y = [F1[x] + X_{F1}[x], F1[y] + X_{F1}[y]]$$

Onde AD é o segmento utilizado para medir o comprimento dos dedos, Comp é o comprimento do dedo e A_F1 é o segmento do pico do dedo até o ponto da falange proximal. O ponto C é o vale utilizado para adquirir a medida do comprimento do dedo, e é utilizado para determinar um ponto externo do dedo para traçar uma reta ortogonal ao comprimento e que será utilizada para medir a largura da falange.

Um ponto de atenção é a necessidade de garantir que a linha tenha pontos de colisão com o dedo para que possamos medir esta distância, portanto os pontos X e Y devem estar do lado de fora do dedo, e a reta entre eles será utilizada para verificar as condições de contorno do dedo. Podemos enfim, utilizar o mesmo procedimento da largura da mão para medir a largura das falanges.

Para o polegar temos um caso especial onde medimos apenas as larguras da falange proximal e distal.

3 RESULTADOS

3.1 Banco de imagens de mãos com medidas antropométricas

O banco de dados de imagens de mãos utilizado totaliza 208 indivíduos, dos quais 119 (57,2%) são do sexo feminino e 89 (42,8%) são do sexo masculino (Figura 10). A etnia predominante foi a branca, que representou 60,6% da amostra e, entre as etnias presentes, a que menos obteve representação foi a amarela com 8,2% (Figura 11). A proporção de indivíduos destros foi de 88,9% (Figura 12). A média da idade dos homens foi de 23,1 anos e das mulheres de 23,2 anos (Figura 13) e a média da estatura foi de 176,1 cm e 161,7 cm, respectivamente (Figura 14).

Figura 10: Distribuição da variável sexo dos voluntários.

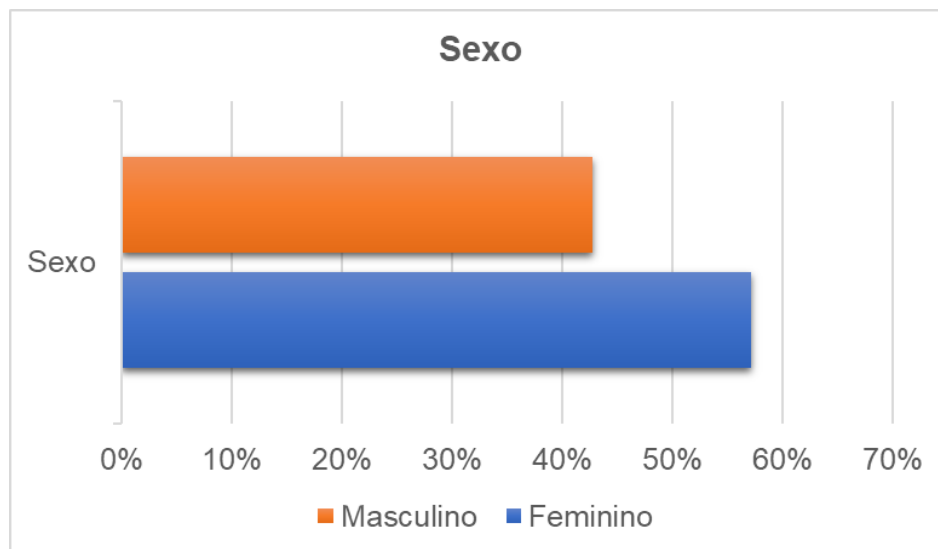


Figura 11: Distribuição da variável etnia, segundo o sexo dos voluntários.

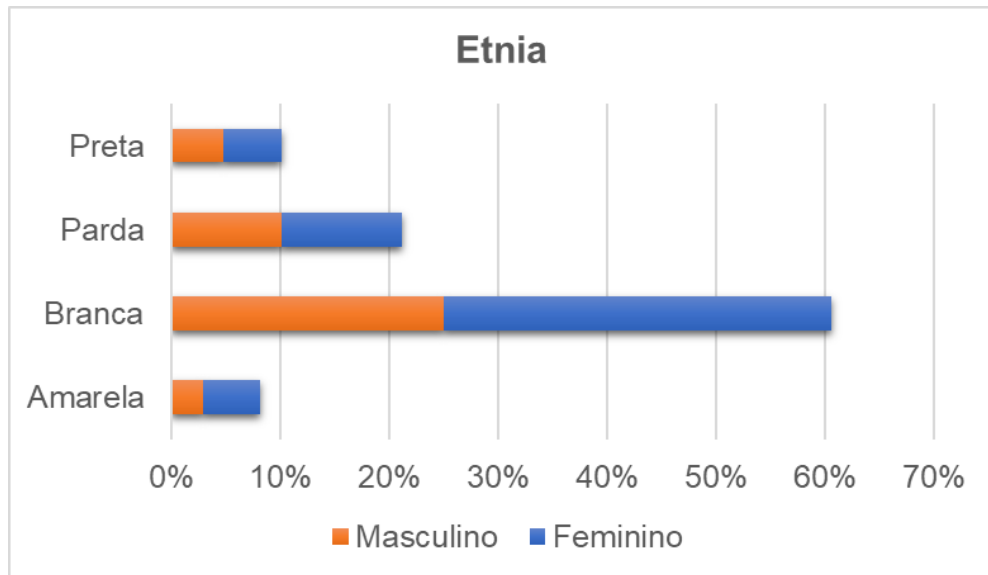


Figura 12: Distribuição da variável dominância, segundo o sexo dos voluntários.

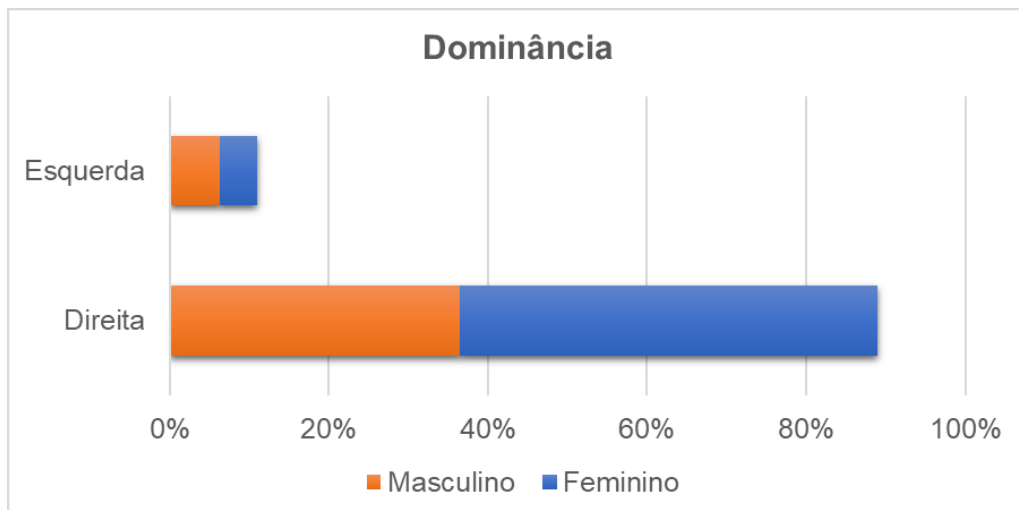


Figura 13: Distribuição da variável idade, segundo o sexo dos voluntários.

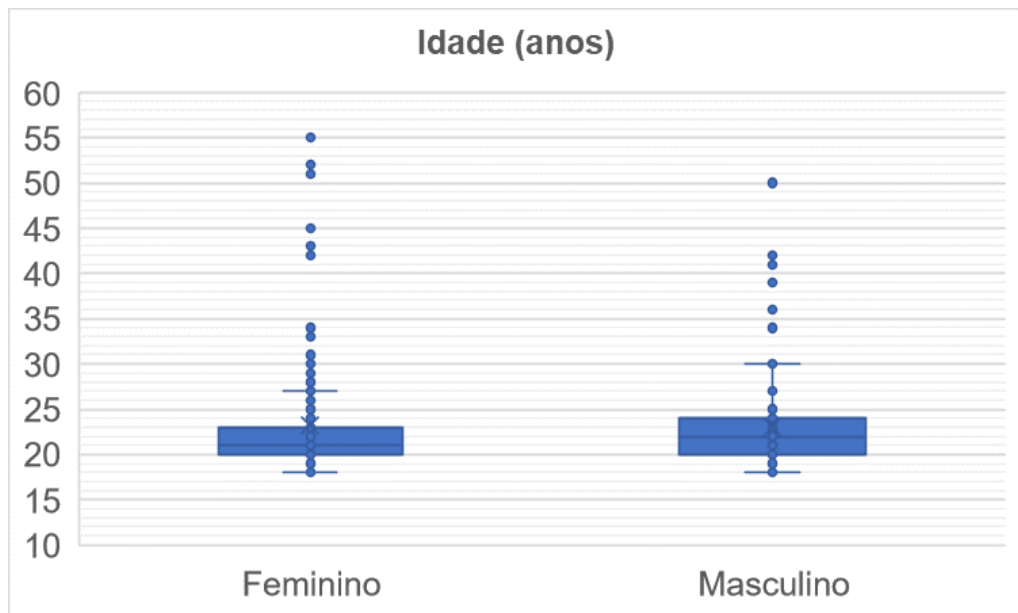
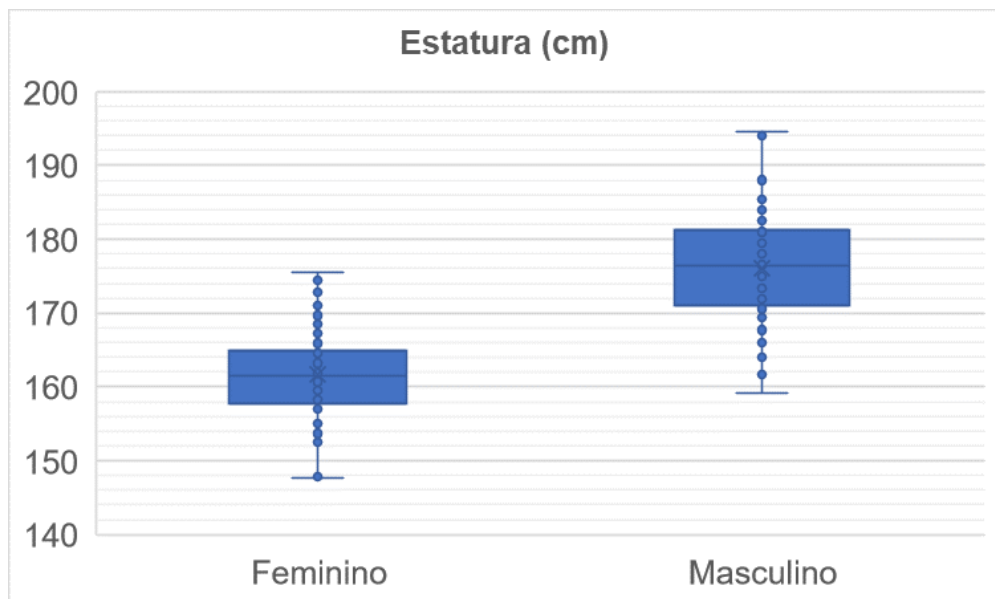


Figura 14: Distribuição da variável estatura, segundo o sexo dos voluntários.

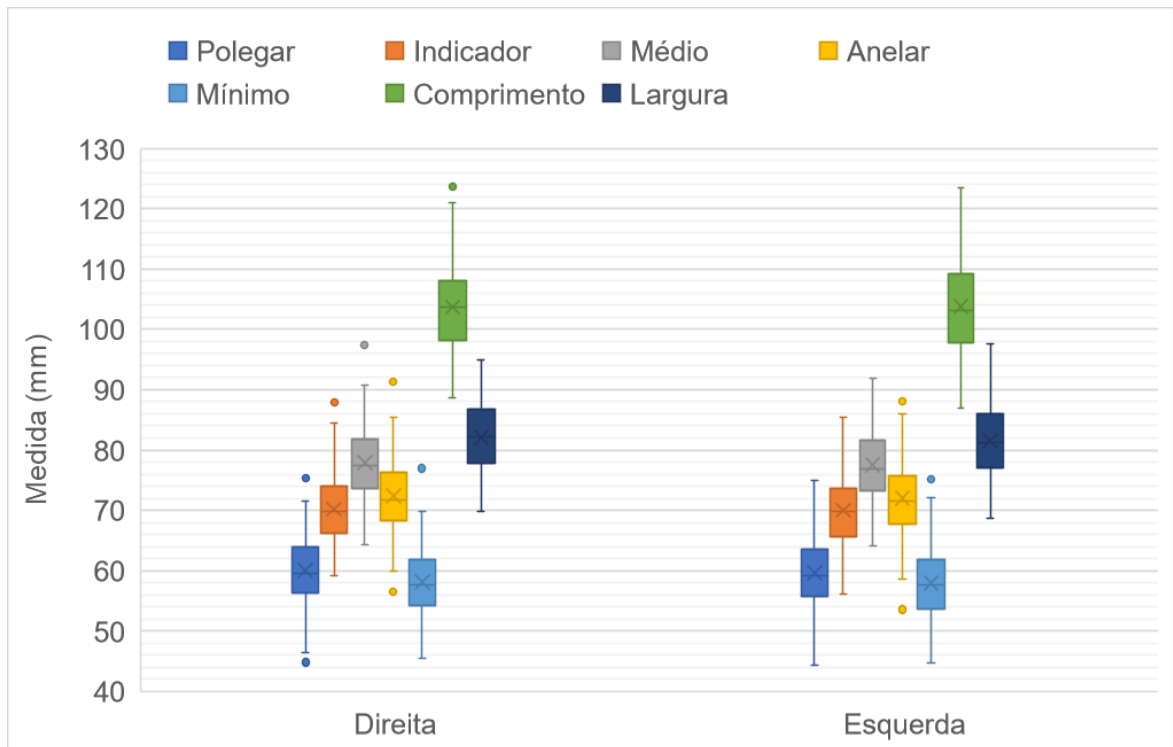


3.2 Método direto: Parâmetros antropométricos das mãos

Junto com o banco de imagens obtemos as medidas antropométricas das mãos realizadas com um paquímetro (KUNKEL, 2020). As medidas antropométricas do banco de imagens continham as medições de comprimento dos dedos, das mãos e

largura das mãos (Figura 15). Essas medidas serão utilizadas na análise de correlação.

Figura 15: Distribuição das medidas antropométricas.



3.3 Método indireto: Parâmetros antropométricos das mãos

A performance da abordagem desenvolvida processava um par de imagens de mãos a cada 20 segundos em média. Acrescentando as medidas das falanges, passamos a processar os dados em uma média de 60 segundos. A distribuição das medidas obtidas pelo software pode ser vista nas figuras 16 e 17.

Figura 16: Distribuição das medidas antropométricas (comprimento dos dedos, da mão e largura da mão).

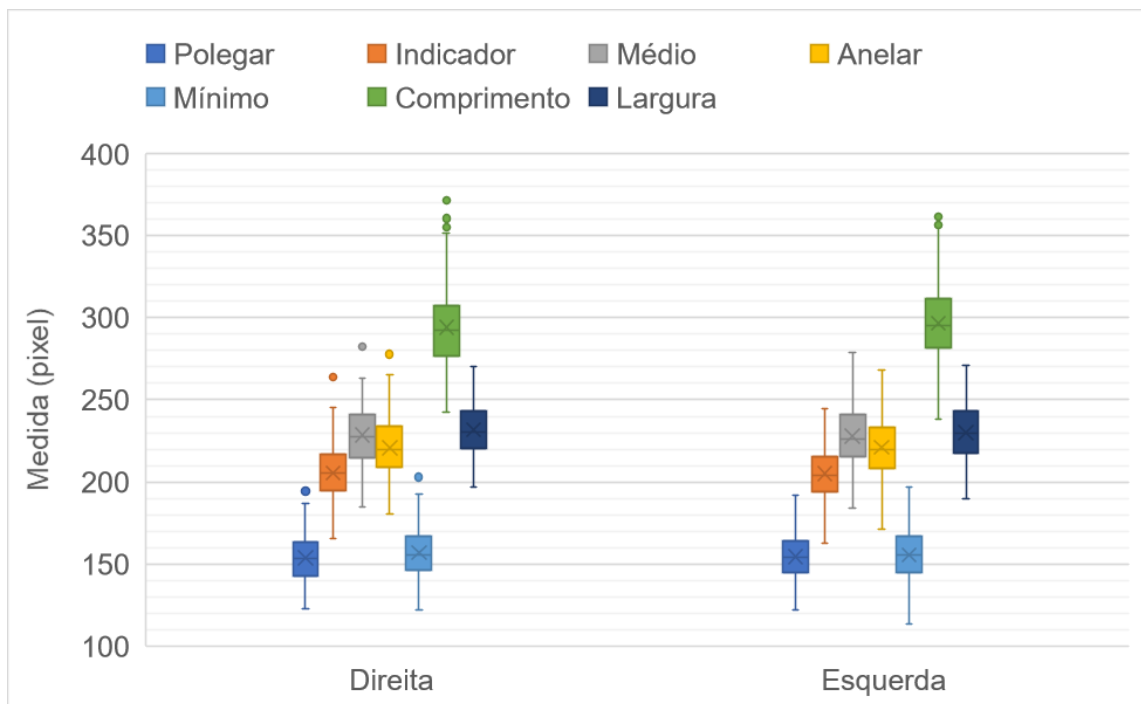
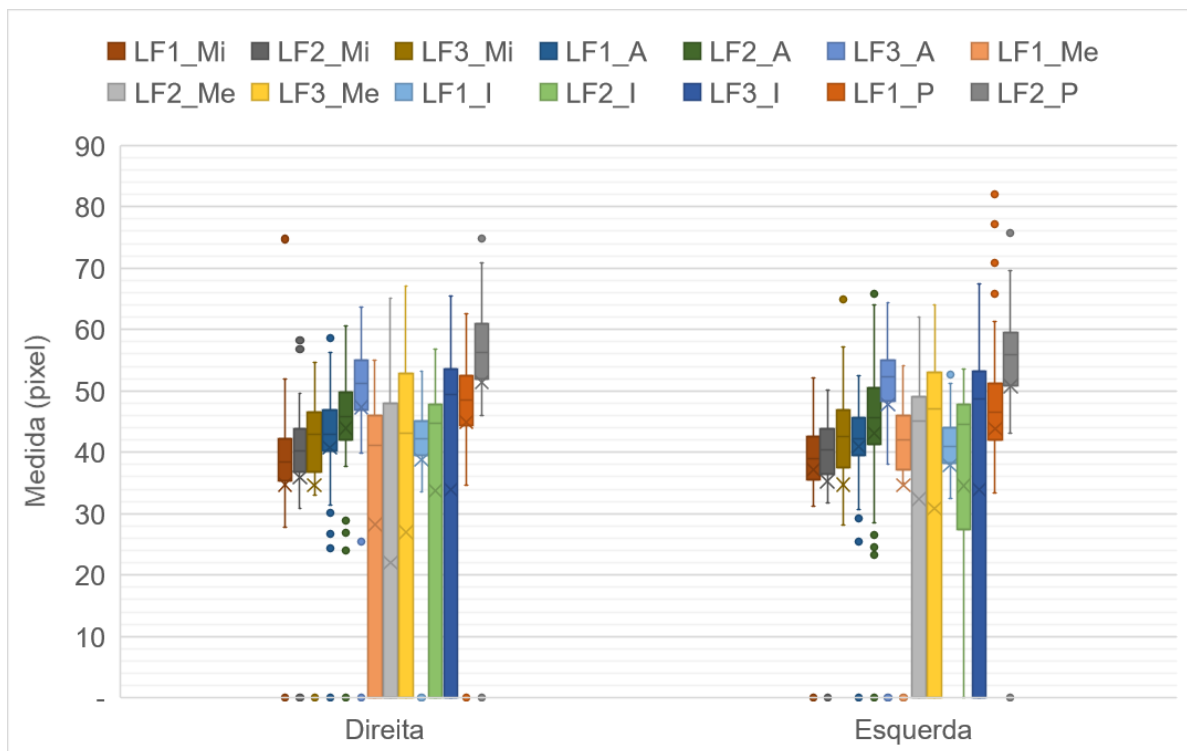


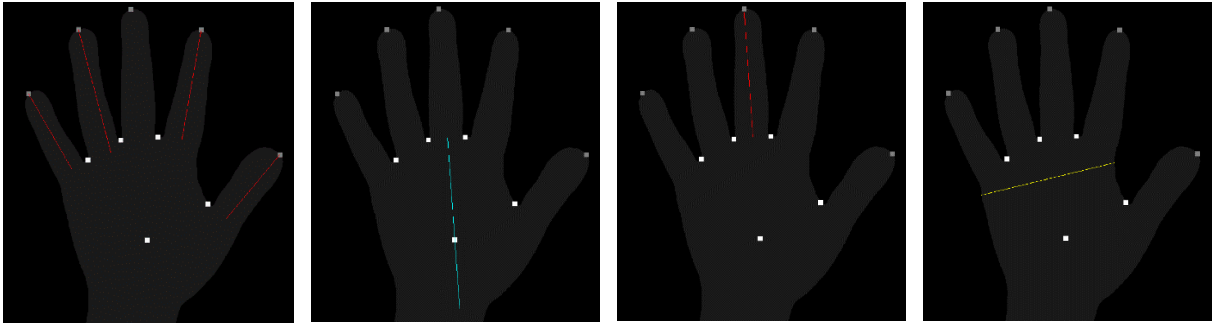
Figura 17: Distribuição das larguras das falanges distais (LF1), médias (LF2) e proximais (LF3).



Adotamos como método inicial de comparação a correlação de Pearson (bivariada bicaudal). As medidas das falanges não foram realizadas manualmente, portanto, não serão incluídas na análise de correlação.

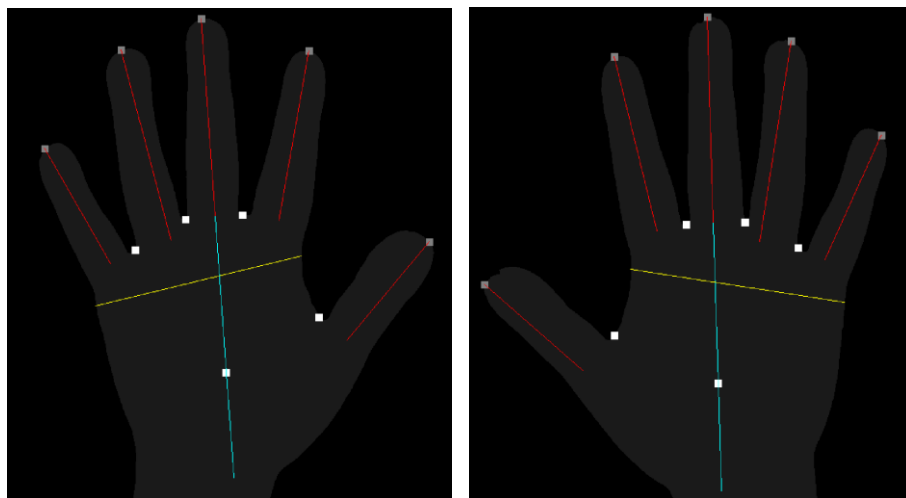
A Figura 18 apresenta os resultados individuais para dedo médio (97,15%), comprimento da palma (88,13%), demais dedos (92,31%) e largura da palma (97,67%). Todas as correlações apresentadas são significativas ao nível de 0,01 (2 caudas, valor de $p < 0,05$).

Figura 18: Correlações medidas: automatizadas versus manuais (n=208, p-value=0,01).



A correlação geral de Pearson é de cerca de 93,17% para todas as medidas de ambas as mãos e é apresentada na Figura 19.

Figura 19: Medidas extraídas de ambas as mãos, com exceção das falanges: 93,17% (n = 208).



Para as medidas das falanges identificamos que o algoritmo falha em obter as medidas dentro de uma margem aceitável para análise. Dentro dos 208 pares de mãos foram realizadas 5824 medidas referentes às falanges, destas tivemos 1345 valores nulos, cerca de 25,45%. A distribuição do erro pode ser vista na tabela 2.

Tabela 2: Média das medidas nulas das falanges.

Dedo	Mão	Média de Nulos (%)
Polegar	Direita	7,21%
Indicador	Direita	6,89%
Médio	Direita	11,38%
Anelar	Direita	13,78%
Mínimo	Direita	16,03%
Polegar	Esquerda	18,75%
Indicador	Esquerda	22,76%
Médio	Esquerda	50,96%
Anelar	Esquerda	48,88%
Mínimo	Esquerda	27,56%

Nas figuras 20 e 21 podemos observar os casos em que as medidas foram devidamente calculadas ou não. O maior fator de erro observado é que a linha traçada (em azul) não atinge os pontos de colisão, fator necessário para que possamos calcular a largura. O acréscimo de um multiplicador ao traçar a reta pode reduzir a quantidade de valores nulos, porém é necessário se atentar que caso a linha traçada atinja mais de um ponto de colisão (por exemplo, alcançando a extremidade do dedo ao lado) será necessário aplicar condições para que as medidas calculadas não sejam referentes aos pontos errados. O multiplicador pode ser calculado experimentalmente de forma que tenhamos a menor relação de erro possível.

Figura 20: Todas as medidas extraídas de ambas as mãos da forma correta.

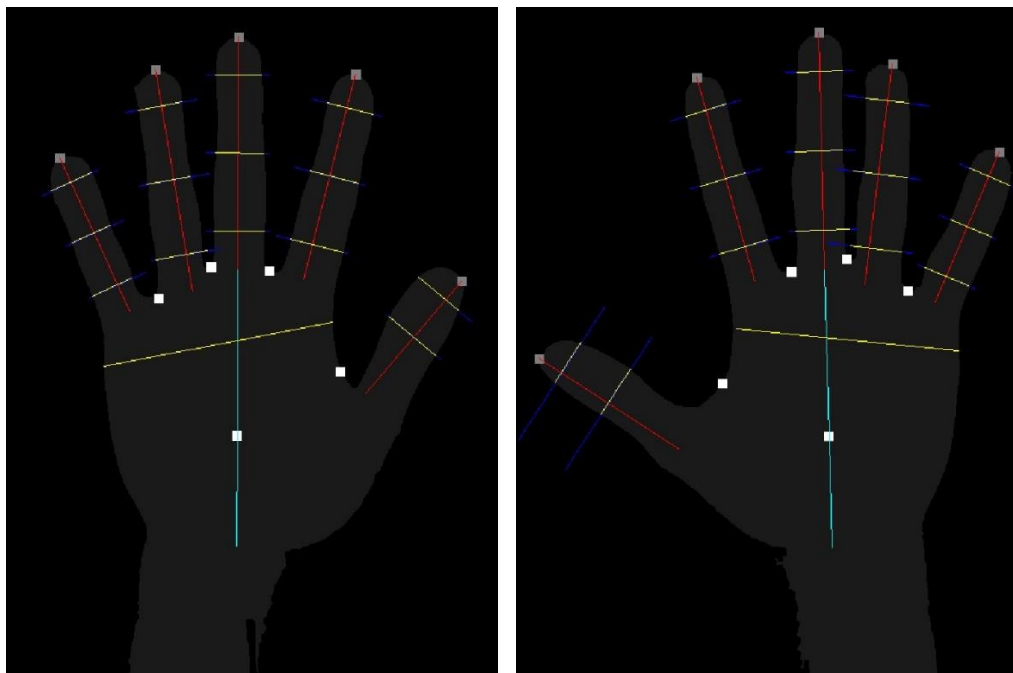
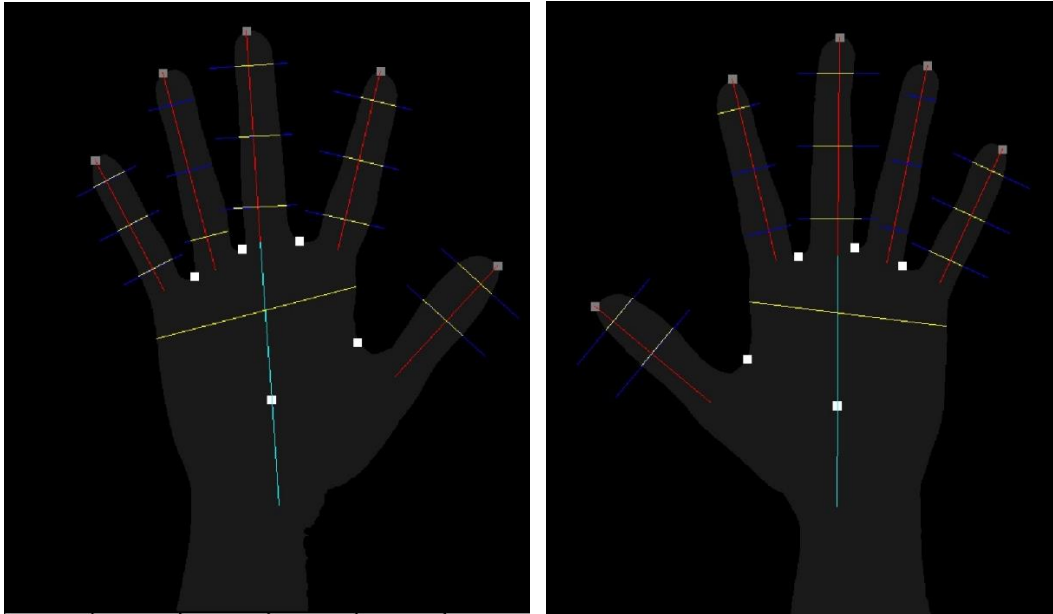


Figura 21: As medidas extraídas tiveram falhas em ambas as mãos.



4 CONCLUSÕES

Neste trabalho, apresentamos uma metodologia de processamento de imagens de baixo custo computacional para a identificação de características das mãos para aplicações forenses. Verificamos que a abordagem desenvolvida atende parcialmente as expectativas, ela atinge altas taxas de correlação relacionadas ao banco de imagens de teste. Mas para as novas medidas que foram incluídas ainda é necessário realizar os ajustes para que elas possam fazer parte da análise. Acreditamos que a ferramenta já tem o que é necessário para ser utilizada nas próximas etapas da pesquisa, analisando uma maior quantidade de imagens e utilizando essas etapas para ajustar as medidas das falanges.

Será necessário incluir nas imagens de teste os valores de largura das falanges, de modo que possamos também analisar a correlação para esses casos. A largura dos dedos é uma medida importante para uso forense, pois está extremamente ligada ao uso de anéis que podem ser utilizados para identificação.

Apesar das medidas terem atingido um nível de significância estatística, como trabalho futuro, pretendemos aprimorar ainda mais as metodologias de mensuração do comprimento do polegar e da palma da mão, que apresentaram desvio um pouco maior que as demais.

BIBLIOGRAFIA

ABFA. Home. **American Board of Forensic Anthropology**, 2018. Disponível em: <<http://theabfa.org/>>. Acesso em: 8 Novembro 2020.

ABRAF. Objetivos | ABRAF. **Associação Brasileira de Antropologia Forense**, 2020. Disponível em: <<https://antropologiaforense.wixsite.com/conaf2018/objetivos>>. Acesso em: 8 Novembro 2020.

AGRAWAL, J. et al. Estimation of stature from hand length and length of phalanges. **Journal of Evolution of Medical and Dental sciences**, 16 Dezembro 2013. 9651-56.

BHATNAGAR, D. P.; THAPAR, S. P.; BATISH, M. K. Identification of personal height from the somatometry of the hand in Punjabi males. **Forensic Science International**, Fevereiro 1984. 24(2): 137-41.

BJFA&LM. Home. **Brazilian Journal of Forensic Anthropology & Legal Medicine**, 2020. ISSN 2675-6951. Disponível em: <<http://www.bjfalm.periodikos.com.br/>>. Acesso em: 8 Novembro 2020.

CASE, D. T.; ROSS, A. H. Sex determination from hand and foot bone lengths., *Journal of Forensic Sciences*, Março 2007. 52 (2): 264-70.

GÓRKA, K.; PLENS, C. R. The academic scenario of Forensic Anthropology in Brazil. **Brazilian Journal of Forensic Anthropology & Medicine Legal**, 4 Maio 2020. 29-43.

GUEST, R. et al. Exploring the relationship between stride, stature and hand size for forensic assessment. **Journal of Forensic and Legal Medicine**, Novembro 2017. (52): 46-55.

ILAYPERUMA, I.; NANAYAKKARA, G.; PALAHEPITIYA, N. Prediction of personal stature based on the hand length. **Galle Medical Journal**, Outubro 2009. 14 (1): 15-18.

KUNKEL, M. E. FALE CONOSCO | Mao3D, 2020. Disponível em: <<https://www.mao3d.com.br/contato>>. Acesso em: Outubro 2020.

MANNING, J. T.; CHURCHILL, A. J. G.; PETERS, M. The effects of sex, ethnicity, and sexual orientation on self-measured digit ratio (2D:4D). **Archives of Sexual Behavior**, Abril 2007. 36 (2): 223-33.

SAMOON, S. et al. Correlation of Stature and Hand length in Adult Kashmiri Population. **International Journal of Contemporary Medical Research**, Abril 2018. (5): C1-C2.

SEVASTOPOLSKY, A. GitHub - seva100/hands-images: Hands images feature extractor (fingertips and valleys), clustering by person. **GitHub - seva100/hands-images**, 2016. Disponível em: <<https://github.com/seva100/hands-images>>. Acesso em: 7 ago. 2019.

SILVA, M.; TOMÉ, T.; SILVA, H. A Situação da Antropologia Forense no Estado do Pará, 1999-2015. **Brazilian Journal of Forensic Anthropology & Legal Medicine**, 30 Outubro 2020. 20-37.

SOUZA, F. G. D. **Criação de uma base de dados de mãos e estaturas e obtenção de modelos de regressão em antropometria forense**. Santo André: Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do ABC, 2016. Disponível em: <http://biblioteca.ufabc.edu.br/index.php?codigo_sophia=105940>. Acesso em: Outubro 2019.