

**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**

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

Trabalho a ser apresentado. Santo André - SP, 04 de dezembro de 2020:

---

PROF. DR. MARIO ALEXANDRE GAZZIRO (UFABC) – ORIENTADOR

---

PROF. DR. FILIPE IEDA FAZANARO – AVALIADOR 1

---

PROF. DR. BRUNO MARQUES – AVALIADOR 2

**Santo André, SP**

**2020**

## **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

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>9</b>
<b>2 OBJETIVOS.....</b>	<b>12</b>
<b>3 METODOLOGIA .....</b>	<b>13</b>
3.1 Banco de Imagens.....	14
3.2 Pré-processamento de imagens .....	16
3.3 Determinação do centro da palma, picos e vales dos dedos.....	17
3.4 Determinação da largura da palma da mão, comprimento dos dedos e da palma .....	18
3.5 Determinação da largura das falanges .....	22
<b>4 RESULTADOS.....</b>	<b>25</b>
4.1 Método direto: Parâmetros antropométricos das mãos .....	25
4.2 Método indireto: Parâmetros antropométricos das mãos.....	26
<b>5 CONCLUSÕES .....</b>	<b>30</b>
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>31</b>

## 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.

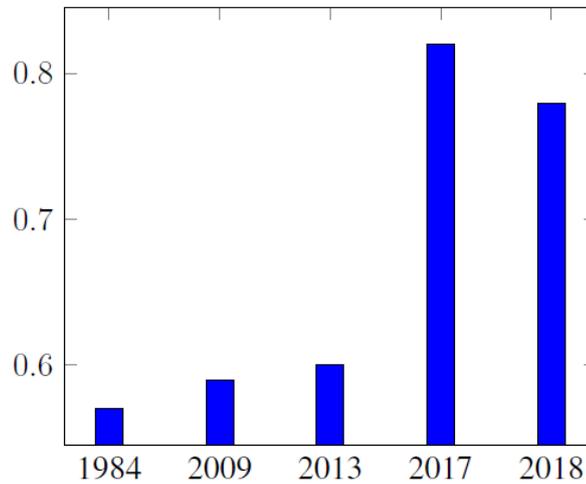
Tabela 1: Trabalhos relacionados, comprimento da mão versus correlações de altura do sujeito por ano.

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



Como podemos ver na Figura 1, a média dos anos de 2017 e 2018 atinge 80%, um aumento de 20% em relação ao artigo de 2013. Porém em todos os artigos listados na Tabela 1 as medidas das mãos foram realizadas utilizando um paquímetro, de modo que teremos diferenças nas medidas que foram tomadas e o método utilizado para estimar a altura.

## 2 OBJETIVOS

A implementação de técnicas computacionais para se obter medidas é um grande avanço em relação a trabalhos passados, de forma que explorando isso abriremos um leque de opções sobre como trabalhar com esses dados. Acreditamos que aumentando o número de características das mãos extraídas e expandindo o número de amostras 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.

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.

### 3 METODOLOGIA

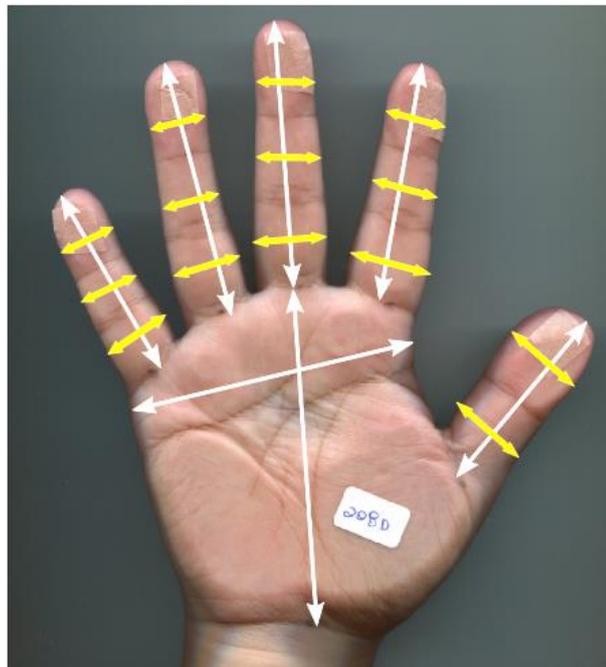
A metodologia proposta procura atender a dois requisitos:

- 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.

Devido aos requisitos, o aparelho utilizado para obter a imagem segue um padrão (escâner de mesa *epson perfection v370*) e as imagens serão tratadas com o mesmo rigor, evitando testes com diferentes resoluções e parâmetros.

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).



### 3.1 Banco de Imagens

O banco de imagens utilizado fez parte de uma tese de mestrado focada na criação de uma base de dados de mãos e estaturas para a geração de modelos de regressão em antropometria forense (SOUZA, 2016). Entramos em contato com a professora Maria Elizete Kunkel, orientadora da tese, para obter acesso ao banco de imagens (KUNKEL, 2020).

A amostra do banco de dados inclui somente voluntários saudáveis, entre 18 e 55 anos de ambos os sexos. Foram excluídos voluntários com malformação congênita ou adquirida de membros, cabeça e coluna vertebral, bem como aqueles que passaram por cirurgia nas mãos, usuários de próteses de membro inferior e superior ou implante de coluna vertebral (SOUZA, 2016). Juntamente com a base de dados obtivemos acesso aos dados coletados dos indivíduos por auto declaração: Sexo, Naturalidade, Idade (anos), Etnia e Dominância da mão. A estatura foi medida com a utilização de estadiômetro portátil, e os parâmetros da mão (Figura 3) com a utilização de um paquímetro digital.

O banco de imagens possuía os dados de 427 indivíduos (186 homens e 241 mulheres). Neste trabalho reduzimos o banco de imagens para 208 indivíduos (89 homens e 119 mulheres, ambas as mãos), isto ocorreu porque parte das imagens foi coletada de modo que as pontas dos dedos ficavam no limite da imagem (Figura 4). Na etapa de pré-processamento, essas imagens resultavam numa maior chance de erro nas medições.

A nova abordagem desenvolvida para a extração de medições totalmente automatizada busca reduzir o trabalho manual realizado no processo.

Figura 3: CPd: comprimento do dedo polegar direito; CId: comprimento do dedo indicador direito; CMed: comprimento do dedo médio direito; CAAd: comprimento do dedo anelar direito; CMid: comprimento do dedo mínimo direito; CPMd: comprimento da palma da mão direita; LMd: largura da mão direita; CPe: comprimento do dedo polegar esquerdo; Cle: comprimento do dedo indicador esquerdo; CMee: comprimento do dedo médio esquerdo; CAe: comprimento do dedo anelar esquerdo; CMie: comprimento do dedo mínimo esquerdo; CPMe: comprimento da palma da mão esquerda; LMe: largura da mão esquerda. Fonte: (SOUZA, 2016).

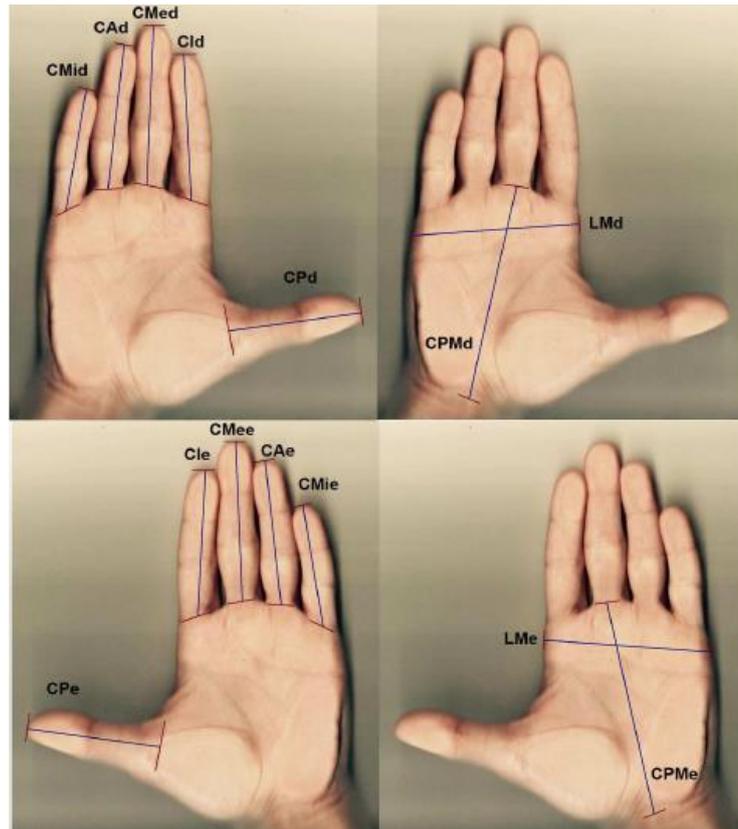


Figura 4: Base de dados de mãos digitalizadas (n=854).



### 3.2 Pré-processamento de imagens

O algoritmo usado neste trabalho utiliza a linguagem de programação Python 2.7, onde as principais bibliotecas utilizadas foram:

- *OpenCV* versão 2.4;
- *Numpy*;
- *Pandas*
- *Matplotlib*;
- *Scikit-image*;
- *Scikit-learn*;

Optou-se por utilizar versões anteriores do Python e das bibliotecas para aproveitarmos o trabalho realizado por (SEVASTOPOLSKY, 2016), que já abordava os pontos de segmentação da imagem, detecção de borda e determinação do centro da palma, picos e vales dos dedos.

O computador utilizado para executar o algoritmo foi oferecido pela Universidade Federal do ABC (UFABC): um Dell Optiplex, processador Intel Core 2 Quad 3000 MHz, 8 Gb de memória RAM e 500 Gb de HB.

O primeiro estágio do processo é a binarização da imagem (Figura 5b). Onde foi utilizado o método de preenchimento, isto é, deixa-se a imagem ser percorrida em largura a partir do canto superior esquerdo. Em cada etapa, ocorre uma comparação entre os pixels vizinhos com pixel atual da iteração. Um pixel adjacente é adicionado ao componente de fundo em expansão se a cor média dos pixels já examinados diferir até certo ponto da cor do novo pixel.

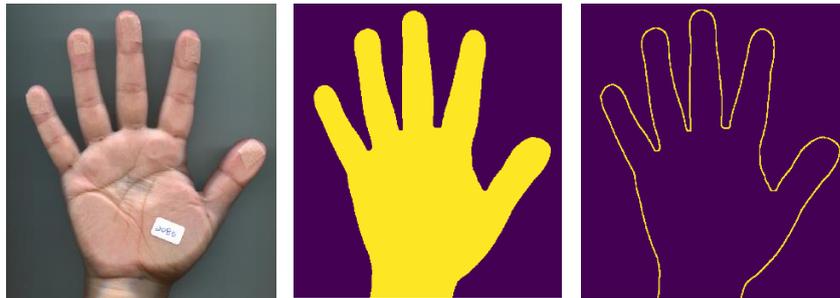
Finalmente, a detecção de bordas (Figura 5c) é feita através da função *findContours* da biblioteca *OpenCV*, que utiliza o Algoritmo de Detecção de Borda de Canny para detecção de bordas.

Etapas do Algoritmo de Canny:

- Remoção de ruído da imagem com a utilização de um filtro gaussiano;
- Determinar os gradientes de intensidade da imagem;

- Supressão não-máxima: utilizada para encontrar os pixels com a mudança mais brusca de valor de intensidade;
- Limiares de histerese.

Figura 5: Fases do pré-processamento. Imagem original (a), imagem binarizada (b) e detecção de bordas (c).



### 3.3 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. O centro da palma é um dos pontos de referência para se obter as duas primeiras medidas, e só após isso que teremos o necessário para medir os outros dedos.

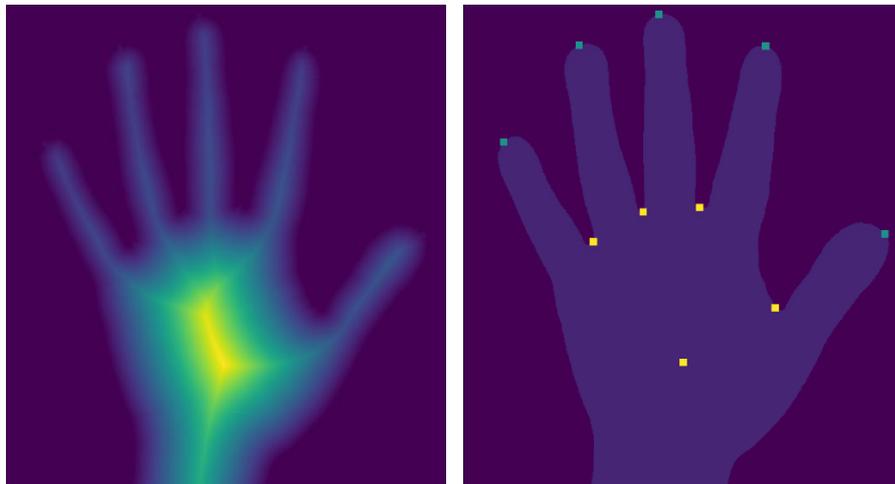
O centro da palma da mão é avaliado como o ponto que tem a distância máxima transformada sobre todos os pixels da imagem. Na Figura 6a podemos ver a transformação de distância renderizada e o ponto com a transformação de distância máxima é mostrado, centro da palma (Figura 6b) (SEVASTOPOLSKY, 2016).

Para as pontas dos dedos, consideramos os pontos de contato da concha convexa da palma com a própria palma. Os pixels espaçados dos limites da imagem são selecionados pelo menos por pixels de espaço lateral. As pontas dos dedos serão os mais distantes do centro da palma da mão. Além disso, os candidatos são removidos da consideração se não estiverem abaixo de uma linha reta passando pelo centro da palma da mão e perpendicular ao vetor do centro da palma até o candidato mais distante. Por mais 4 vezes, selecionamos o ponto candidato mais distante do centro da palma não considerado anteriormente e os pontos candidatos que estão

suficientemente próximos a ele são removidos da consideração. (SEVASTOPOLSKY, 2016).

De forma análoga calculamos os vales dos dedos. Seleciona-se os pontos que violam a convexidade da figura tanto quanto possível. Para encontrar tais pontos, a função `convexityDefects` da biblioteca OpenCV é usada. Entre todos os candidatos, são selecionados pontos que não fiquem abaixo de uma linha reta que passa pelo centro da palma da mão e perpendicular ao vetor do centro da palma à ponta mais distante do dedo. Além disso, entre os candidatos restantes, os 4 mais distantes da concha da palma convexa são selecionados (SEVASTOPOLSKY, 2016).

Figura 6: 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 6b) utilizam, respectivamente, as funções `convexHull` e `convexityDefects` e do OpenCV.

### 3.4 Determinação da largura da palma da mão, comprimento dos dedos e da palma

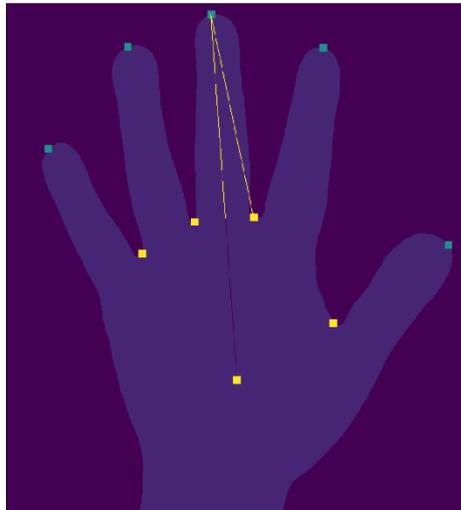
A partir de agora, é necessário seguir uma ordem específica para alcançar todas as medidas desejadas, visto que a próxima depende da anterior:

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 7 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 7: Metodologia para medição do dedo médio.

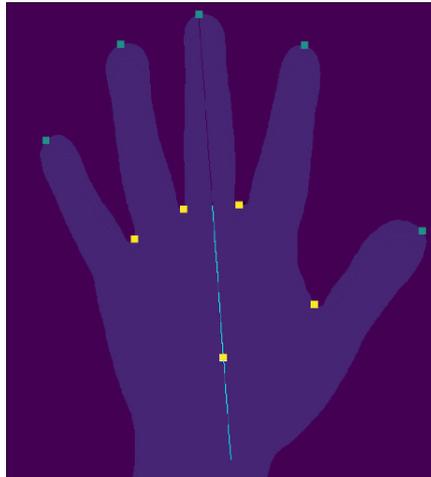


Nas próximas etapas, uma linha é criada conectando a ponta do dedo médio com o vale localizado entre os dedos médio e indicador. Então projetamos essa nova linha sobre a primeira linha e o resultado dessa projeção é a linha da medida final.

A Figura 8 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).

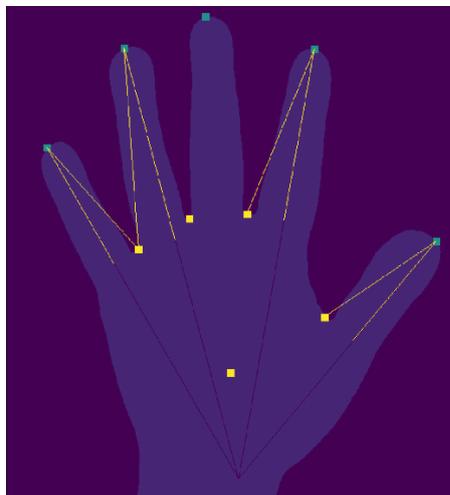
Uma vez calculado o comprimento da palma, têm-se também o ponto chave do punho na extremidade da linha de comprimento da palma da mão. Para o próximo passo – medição dos outros dedos e polegar – este ponto-chave será crucial.

Figura 8: 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 9. 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 9 – 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 10. 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.

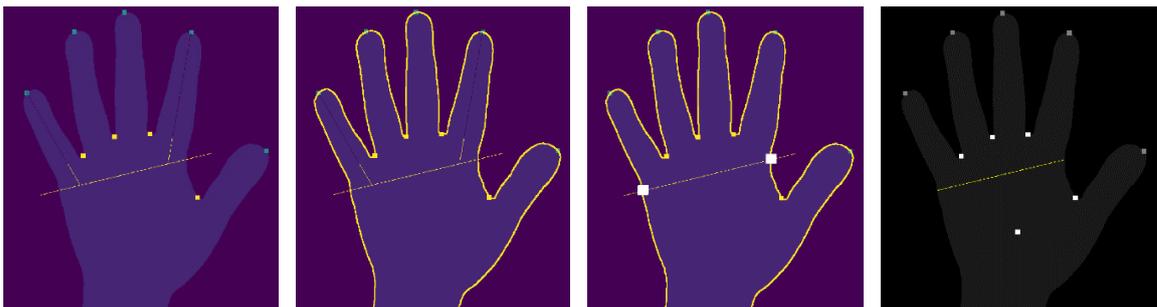
Para o começo desta medição as linhas dos dedos mínimo e indicador são necessárias, o extremo de cada uma delas é estendido cerca de 30%. Na próxima etapa, interconecta-se os seus *fairends*. Após isso estende-se esta linha em ambos os lados em um fator de cerca de 80% do seu tamanho original (40% para cada lado), como mostrado na Figura 10a.

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 10b). 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 10c). Finalmente, conectando esses centros calculados, encontra-se a largura da palma da mão (Figura 10d).

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 10: 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).

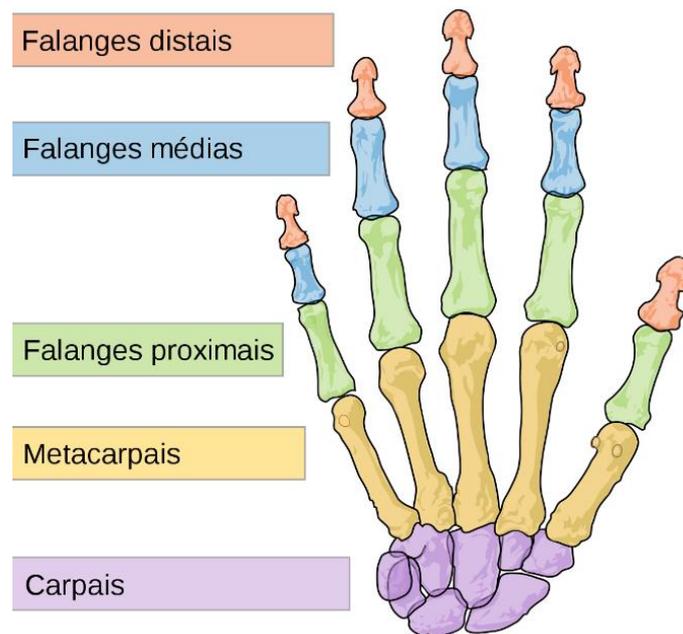
Com a reta e os pontos, podemos calcular a largura da palma da mão (d).



### 3.5 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 11).

Figura 11: ilustração dos ossos presentes na mão de um homínido.



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

Quando dividimos o comprimento do dedo em 6 partes, também estamos dividindo cada uma das falanges em duas. O acréscimo dos multiplicadores acima tem como objetivo marcar a metade de cada uma das falanges.

Cálculo para a medida da largura da falange distal:

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

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

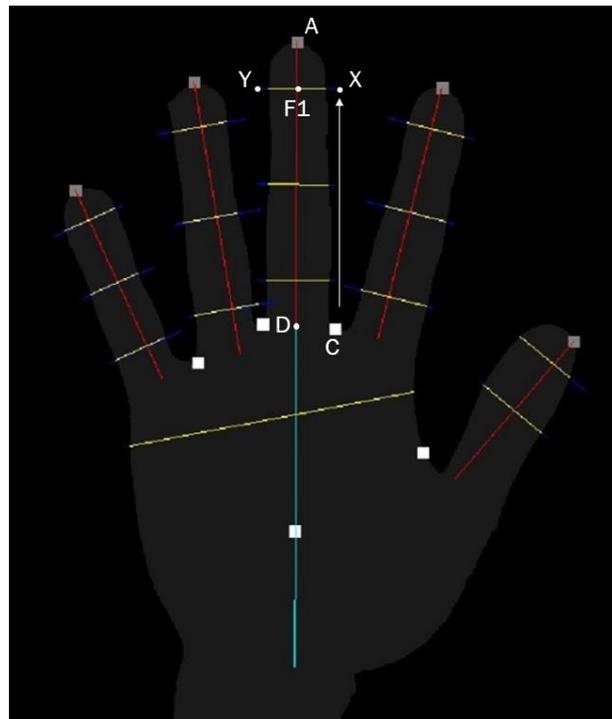
$$D_{F1} = [F1[x] - D[x], F1[y] - D[y]]$$

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

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

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

Figura 12: metodologia para medição da largura da falange distal do dedo médio.



Na Figura 12 podemos acompanhar o cálculo utilizado, 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 distal. 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 segmento A\_F1 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.

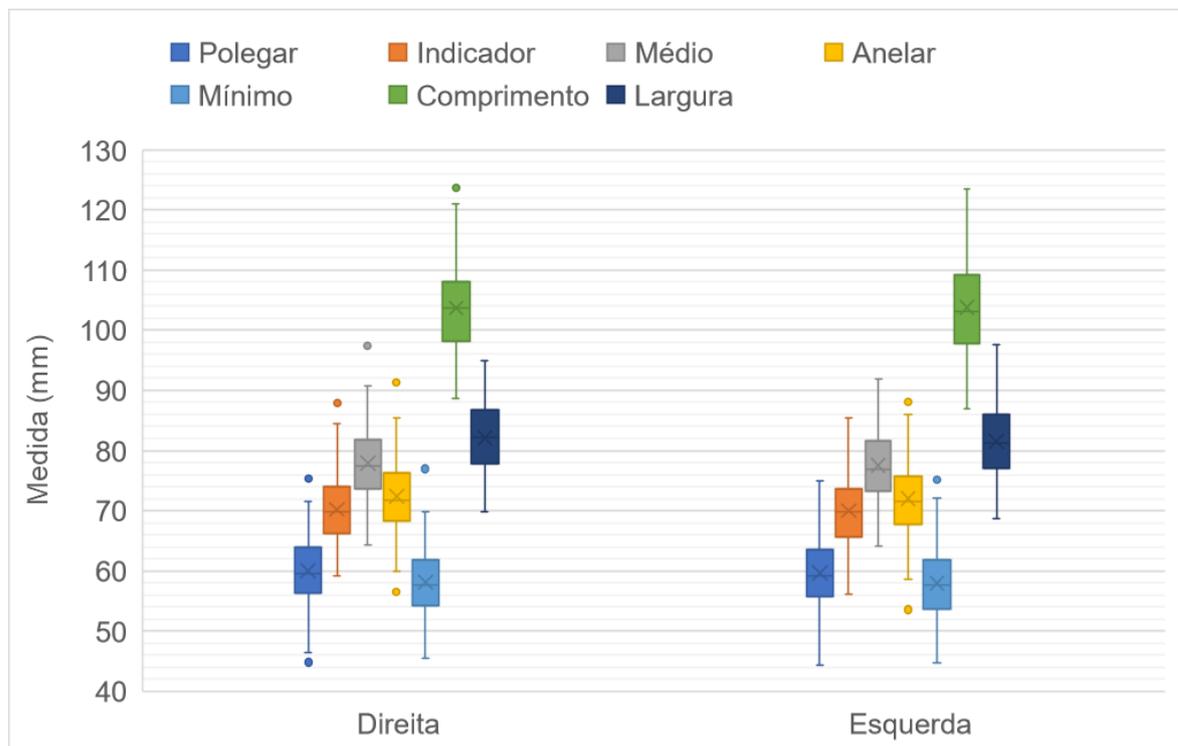
Como o polegar não possui a falange média temos um caso especial onde medimos apenas as larguras da falange proximal e distal.

## 4 RESULTADOS

### 4.1 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 19). Essas medidas serão utilizadas na análise de correlação.

Figura 19: Distribuição das medidas antropométricas.



O diagrama de caixa é organizado da seguinte forma:

- Mediana: é o valor que separa a metade superior e inferior de uma amostra.
- Quartis: o quartil inferior corresponde a 25% das menores medidas e o quartil superior corresponde a 75% das menores medidas.
- Limites: os limites são calculados multiplicando 1,5 (constante utilizada para considerar 99% dos dados abaixo da curva normal) pela amplitude interquartil (altura da caixa) e o respectivo quartil.

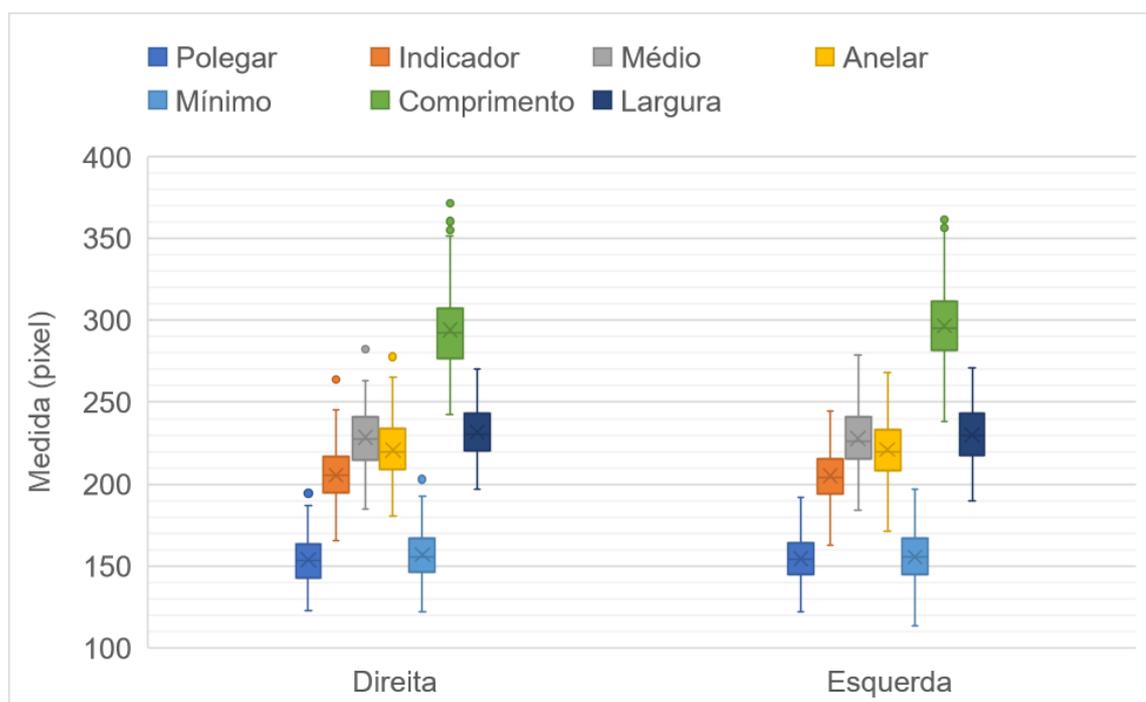
Dessa forma a caixa contempla 50% de todos os valores observados, marcando, indicando a mediana das amostras como um todo. Valores discrepantes estão além dos limites, o que pode indicar uma amostra fora do normal ou um erro na medição.

Para o método direto, podemos ver que a caixa segue uma distribuição normal semelhante para ambas as mãos.

#### 4.2 Método indireto: Parâmetros antropométricos das mãos

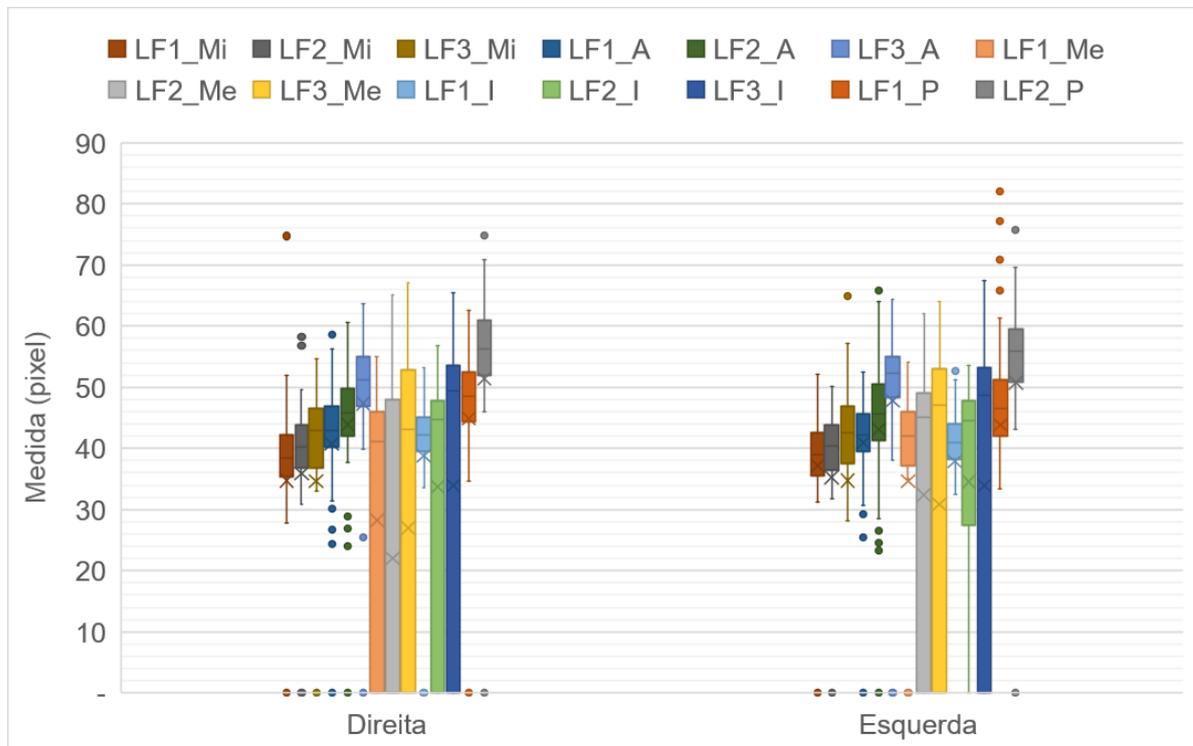
A performance da abordagem desenvolvida processava um par de imagens de mãos a cada 20 segundos em média. Acrescentando as medidas das falanges, passamos a processar os dados em uma média de 60 segundos, o aumento de aproximadamente 300% no tempo é proporcional à quantidade de medidas realizada. De 14 medidas, incluindo ambas as mãos, passamos a medir 42, obtendo o mesmo aumento de 300% que vimos no tempo de processamento. A distribuição das medidas obtidas pelo software pode ser vista nas figuras 20 e 21.

Figura 20: Distribuição das medidas antropométricas (comprimento dos dedos, da mão e largura da mão).



Para o método indireto, podemos notar que a caixa segue uma distribuição normal semelhante para ambas as mãos e em relação ao método direto.

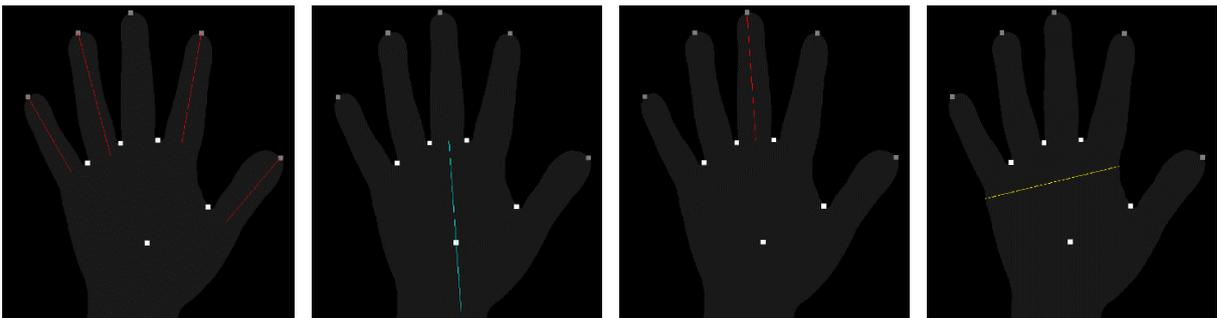
Figura 21: Distribuição das larguras das falanges distais (LF1), médias (LF2) e proximais (LF3).



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.

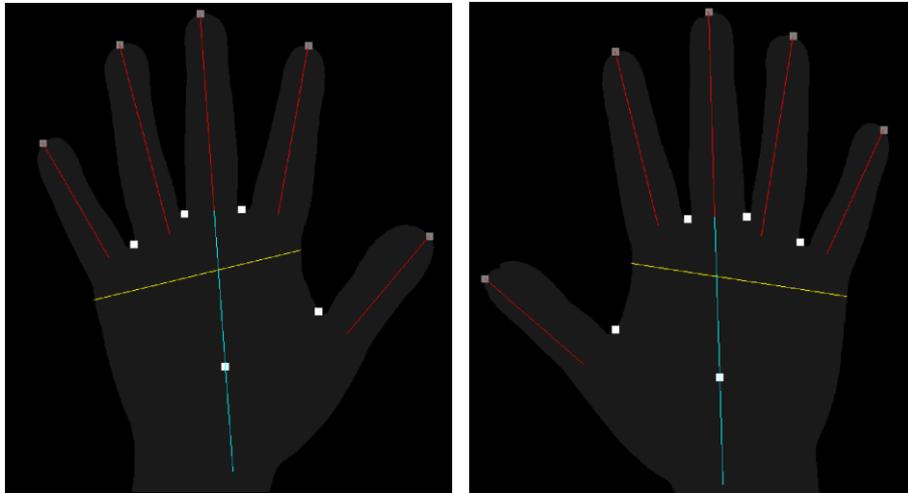
A Figura 22 apresenta os resultados individuais para dedo médio (97,15%), comprimento da palma (88,13%), demais dedos (92,31%) e largura da palma (97,67%). Todas as correlações apresentadas são significativas ao nível de 0,01 (2 caudas, valor de  $p < 0,05$ ).

Figura 22: 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 23.

Figura 23: 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. Isto ocorre porque o algoritmo falha em garantir que a reta traçada para calcular a largura atinja os pontos de contorno do dedo. Um exemplo de quando isso ocorre é quando o primeiro ponto que determinamos para traçar a reta é marcado dentro do dedo, de modo que quando traçamos a reta iremos atingir apenas um ponto de colisão.

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.

<b>Dedo</b>	<b>Mão</b>	<b>Média de Nulos (%)</b>
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%

As falhas encontradas na mão esquerda foram expressivamente maiores do que a da mão direita, a princípio podemos supor que isso ocorre devido a simetria da mão que não foi considerada no cálculo de medição. Mais testes deverão ser realizados para confirmar esse ponto.

Nas figuras 24 e 25 podemos observar os casos em que as medidas foram devidamente calculadas ou não.

Figura 24: Todas as medidas extraídas de ambas as mãos da forma correta.

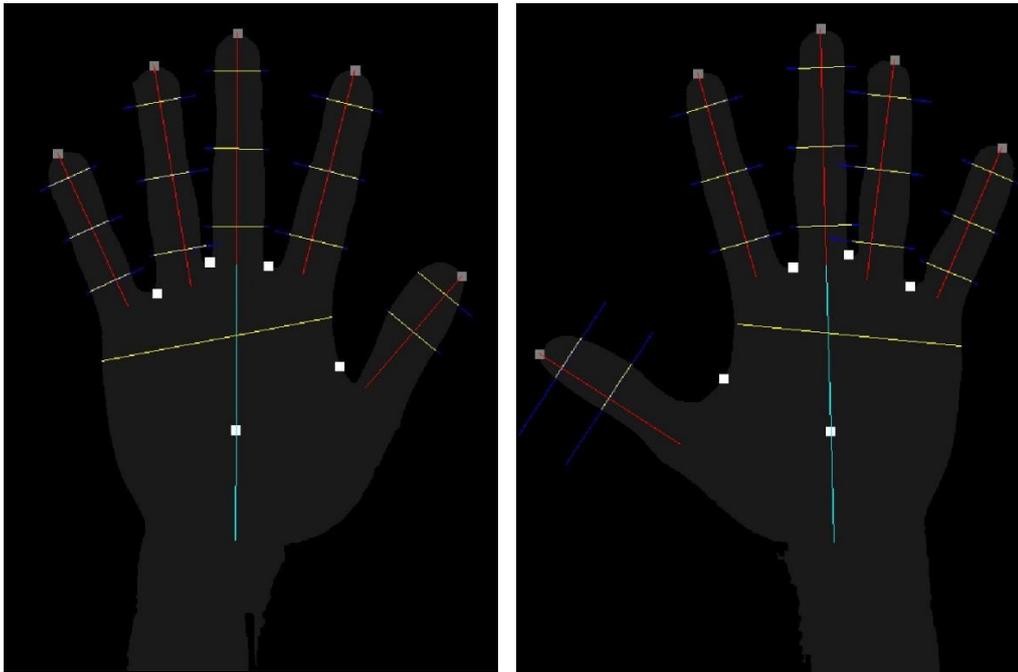
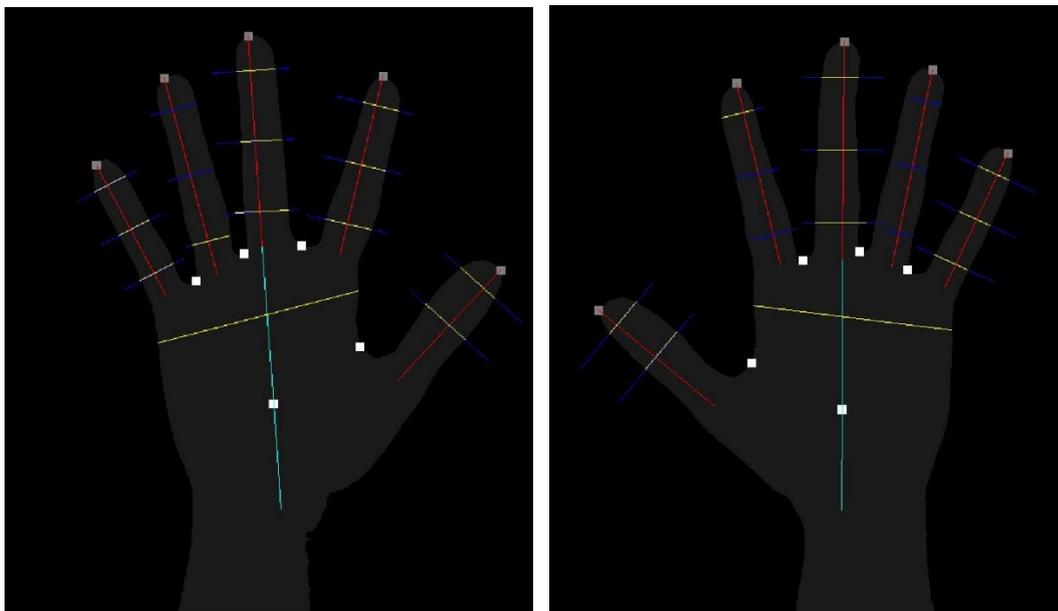


Figura 25: As medidas extraídas tiveram falhas em ambas as mãos.



## 5 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. . **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](http://biblioteca.ufabc.edu.br/index.php?codigo_sophia=105940)>. Acesso em: Outubro 2019.