

DETERMINAÇÃO DO SEXO A PARTIR DA CONTAGEM DE LINHAS BRANCAS NAS IMPRESSÕES DIGITAIS DE BRASILEIROS

DANIEL DA SILVA CARVALHO

POLÍCIA FEDERAL - BRASÍLIA/DF

LUIZ ANTÔNIO RIBEIRO JÚNIOR

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UNB

RAFAEL TIMÓTEO DE SOUSA JÚNIOR

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UNB

MARCOS MARTINHO VIANA DE ALECRIM

POLÍCIA FEDERAL - BRASÍLIA/DF



RESUMO

A credibilidade das impressões digitais como marcadores biométricos de identidade tem sido uma constante desde os primórdios da humanidade, tal fato se baseia em importantes características das impressões digitais: estabilidade após o desenvolvimento completo, fácil classificação dos padrões de desenhos, coleta não invasiva e singularidade ao longo da vida de um indivíduo. Neste estudo, as linhas brancas das dez impressões digitais de 100 homens e de 100 mulheres brasileiros foram contadas e estatisticamente analisadas. O principal objetivo foi verificar se esta característica depende do sexo a ponto de permitir distingui-lo categoricamente. Em alguns casos, foi possível perceber diferenças significativas entre as mãos, os dedos e os tipos fundamentais das impressões digitais. A partir da contagem de linha branca (WLC), foram desenvolvidos limiares para discriminação sexual em eventuais casos de identificação humana no Brasil.

Palavras-Chave: Contagem de linha branca. Impressão digital. Diferença de sexo. Identificação humana. Limiar. Teorema de Bayes.

1. INTRODUÇÃO

O emprego das impressões digitais é bastante difundido na autenticação e na identificação de pessoas (YANG, 2018). Sob o aspecto cultural, a população brasileira, em geral, não demonstra resistência à aposição da impressão digital em equipamentos e sensores como con-

dição para ingressar em centros comerciais, academias, retirar documentos, dentre outras atividades da vida cotidiana. Mesmo sem perceber, diariamente, os brasileiros atestam a viabilidade da utilização desta biometria¹ na individualização de pessoas.

A credibilidade das impressões digitais como marcadores de identidade não é algo recente; pelo contrário, tal atributo tem sido uma constante desde os primórdios da humanidade (HAWTHORNE, 2009). Existem evidências históricas, em diferentes partes do mundo, que indicam que elas vêm sendo, de alguma forma, utilizadas como método de identidade a milhares de anos.

Os chineses foram a primeira cultura conhecida por ter usado impressões papilares como prova da identidade (300 a.C.). No Japão e nos Estados Unidos há registros similares, respectivamente, em 702 d.C. e em 1902 (HOLDER, ROBINSON, et al., 2011). No Brasil, apesar da existência de algumas iniciativas isoladas remontarem a 1901 (FREITAS, LOBO, et al., 2019), foi o Decreto nº 4764, de 05 de fevereiro de 1903 (BRASIL, 1903), que oficializou a utilização das impressões digitais como método individualizador de pessoas no país.

A papiloscopia - ciência que estuda a identificação humana por meio da comparação de peculiaridades presentes nas cristas de fricção (ranhuras) que se manifestam na pele espessa (ASHBAUGH, 1999), originadas a partir das papilas dérmicas² - fundamenta-se em princípios que, em última análise, são a base teórica sobre a qual é possível se construir tecnologias que individualizam e reconhecem pessoas por meio das impressões papilares. Os princípios da papiloscopia são (FREITAS, LOBO, et al., 2019):

Perenidade: é a propriedade que têm os desenhos papilares de se manifestarem definidos desde a vida intrauterina até a putrefação cadavérica;

1 Biometria é um termo com origem grega, em que “bio” significa vida e “metria”, medida. Biometria é a ciência de reconhecimento de pessoas com base em suas características fisiológicas (tais como: impressões digitais, íris, face, DNA) ou comportamentais (atividades mecânicas executadas de maneira particular por cada indivíduo: digitação, marcha) (LOBO, MOREIRA, et al., 2018).

2 Pequenas saliências de natureza neurovascular, situadas na parte externa (superficial) da derme, estando os seus ápices reproduzidos pelos relevos observáveis na epiderme (FREITAS, LOBO, et al., 2019).

Imutabilidade: é a propriedade que têm os desenhos papilares de não mudarem a forma original, desde o seu surgimento até a decomposição cadavérica, exceto se acometidos por uma cicatriz permanente;

Variabilidade: é a propriedade que têm os desenhos papilares de não se repetirem, variando, portanto, de região para região papilar e de pessoa para pessoa.

À luz dos referidos princípios, é possível afirmar que não há dois dedos que registrem impressões idênticas e que o desenho papilar observado em um dos dedos de um recém-nascido permanecerá o mesmo ao longo de toda a sua vida, mesmo que este indivíduo permaneça vivo por muitos anos. Sobre este aspecto, contudo, cabe registrar que a única diferença será o aumento do tamanho do desenho - proporcional ao desenvolvimento corpóreo individual -, como se fosse uma ampliação fotográfica isotrópica.

Na prática, as impressões papilares perduram para além da vida, a depender das condições do cadáver. Diversos são os casos concretos em que o método papiloscópico foi utilizado para identificar vítimas mortas há vários dias³ (SESGE, 2015); (INTERPOL, 2018); (MARTINS e FILHO, 2019), sendo este classificado pela Interpol, Organização Internacional de Policial Criminal, como um método primário de identificação e, portanto, mais confiável para a identificação de vítimas de desastres de massa (INTERPOL, 2018). Um exemplo recente da efetividade da técnica no pós morte foi a identificação das vítimas no desastre de massa de Brumadinho⁴. Dos 161 corpos identificados nos primeiros 19 dias que sucederam a tragédia, 151 foram através dos exames papiloscópicos (FENAPPI, 2019).

A morfogênese das cristas e vales papilares inicia-se nas primeiras semanas do período gestacional. A maior parte do desenvolvimento dessas estruturas ocorre entre as semanas 11 e 20, sendo que o desenvolvimento total da derme restará finalizado por volta da 24ª semana gestacional (DALUZ, 2015); (CHAMPOD, LENNARD, *et al.*, 2016).

3 O ramo da papiloscopia que opera no *pós morte* é denominado necropapiloscopia (FREITAS, LOBO, *et al.*, 2019).

4 Em 25 de janeiro de 2019, ocorreu o rompimento da barragem de rejeitos de mineração no município brasileiro de Brumadinho, localizado a 65 Km de Belo Horizonte, Minas Gerais.

O padrão de linhas observado nos dedos, nas palmas das mãos e nas solas dos pés é uma imagem projetada da forma e estrutura da última camada da derme, denominada camada papilar. A Figura 1 evidencia em detalhes tais desenhos sobre a epiderme que recobre a falange distal do dedo de uma pessoa. Como o desenho se encontra sobre o dedo da mão de uma pessoa, este é denominado desenho digital (FREITAS, LOBO, *et al.*, 2019).



Figura 1. Desenho digital. Reproduzido do Caderno didático "Papiloscopia Forense" da Academia Nacional de Polícia. ANP, 2019 - Polícia Federal, página 43.

Postula-se que a função dessas estruturas é aumentar a aderência; contudo, indiretamente, apresentam outra funcionalidade (CHAMPOD, LENNARD, *et al.*, 2016). Os desenhos apresentam características peculiares que permitem a individualização do indivíduo que os possuem. As cristas de fricção (linhas) geram padrões que podem ser decalcados sobre um suporte e registrados em bancos de dados periciais, o que, posteriormente, permite o confronto com vestígios similares questionados (desconhecidos) de indivíduos vivos ou mesmo de cadáveres preservados (MIZOKAMI, 2014).

A camada papilar é um tecido conjuntivo contendo fibrilas de ancoragem e numerosas células dérmicas que aumentam a área superficial na interface com a epiderme, proporcionando melhor adesão desta com a derme (HOLDER, ROBINSON, *et al.*, 2011). As papilas dérmicas originam-se em fila dupla e definem a forma da linha de fricção epidérmica, conforme ilustra a Figura 2.

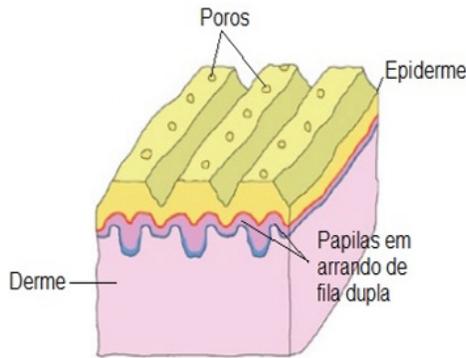


Figura 2. Diagrama da interface derme-epiderme. Reproduzido, com alterações, do livro "The Fingerprint Sourcebook" do US Department of Justice, Office of Justice Program, National Institute of Justice, 2011, página 2-22.

A impressão papilar, por sua vez, refere-se à imagem espelharmente transferida para um suporte que eventualmente entrou em contato com os resíduos excretados pelas cristas de fricção (desenhos) existentes na epiderme dos seres humanos. Caso estes resíduos deixem marcas visíveis, serão classificados como impressões papilares visíveis; caso contrário, receberão a denominação de impressões papilares latentes. Sobre estas, há uma enorme quantidade de técnicas para revelação da impressão papilar, configurando toda uma área de extrema importância para a perícia criminal, mas que foge do escopo da presente pesquisa.

É comum o entintamento de tais cristas de fricção para transferência do desenho digital para um suporte de papel, decalcando a impressão papilar. Cabe registrar, ainda, que a depender da superfície da pele transferidora dos desenhos, as marcas serão denominadas: impressão digital (dedos das mãos), impressão palmar (palmas das mãos) e impressão plantar (plantas dos pés) (FREITAS, LOBO, et al., 2019). Este trabalho se deterá à análise de características presentes nas impressões digitais deixadas pela epiderme que recobre as falanges distais dos dedos das mãos humanas. A Figura 3 discrimina, em vermelho, as regiões a partir das quais foram geradas as impressões digitais objeto de estudo neste trabalho.

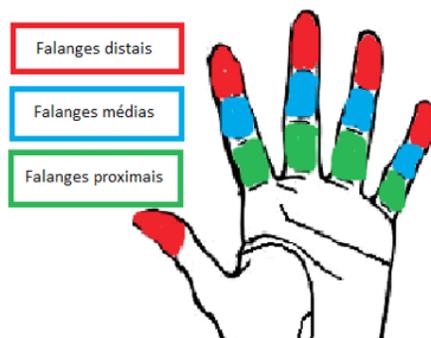


Figura 3. Falanges distais, médias e proximais.

Objetivando identificar o cidadão brasileiro em suas relações com a sociedade e com os órgãos e entidades governamentais e privados, o governo brasileiro editou a Lei nº 13.444, de 11 de maio de 2017 (BRASIL, 2017), conhecida como lei da identificação civil, que prevê as situações de utilização de bases de dados biométricas, inclusive disciplinando a interoperabilidade entre elas. Cabe registrar que as impressões digitais representam a principal característica biométrica dessas bases (LOBO, MOREIRA, et al., 2018), o que, inevitavelmente, deixa em destaque o papel da papiloscopia.

Esses bancos de impressões digitais são importantes para o armazenamento e o uso das impressões como padrão de comparação em situações em que são necessários confrontos com impressões digitais, ou fragmentos destas, questionadas. As autoridades governamentais, por exemplo, utilizam a base de dados sob sua guarda (provenientes do passaporte, título de eleitor, carteira de identidade, identificação criminal, entre outros) para compararem com as impressões questionadas que chegam a elas pelas mais diversas vias (vestígios de locais de crimes, desastres de massa, controle de fronteiras, acesso a benefícios sociais ou a sistemas informatizados, dentre outros).

Assim, por meio de uma marca biométrica facilmente coletada, não invasiva, com mínima intervenção do operador e com alto desempenho (LOBO, MOREIRA, et al., 2018); (INTERPOL, 2018), as impressões digitais, os órgãos públicos brasileiros têm condições de individualizar as pessoas inequivocamente, respondendo com assertividade a diversas situações da vida em sociedade.

Cabe registrar, entretanto, que no Brasil ainda não há um nível mínimo de integração entre as diversas bases de dados de impressões digitais (RIBEIRO, 2019), apesar da existência de expressa previsão legal nesse sentido (BRASIL, 2017). Entraves legislativos, políticos, financeiros e tecnológicos retardam esta interligação, prejudicando sobremaneira a individualização de pessoas, conseqüentemente, acumulando prejuízos e atrasos ao desenvolvimento do país.

Além da inexistência de interligação entre as bases de dados biométricas ou mesmo entre os sistemas de comparações biométricas automatizados (AFIS ou ABIS⁵) disponíveis no país, outro ponto que merece menção é a completa inexistência desse tipo de ferramenta em algumas unidades federativas.

A busca por alternativas que possam minimamente fazer frente a tal situação se mostra mandatória a qualquer pesquisador brasileiro que milite nesta área. Nesse sentido, e sabendo que os desenhos papilares e, conseqüentemente, as impressões digitais podem trazer consigo informações que vão além da identificação da pessoa proprietária do padrão papilar, como pode ser constatado por pesquisas que relacionam aspectos genéticos e os avanços nas análises em dermatoglia⁶ (OLIVEIRA e PEDROSA, 2019), e por estudos que buscam, por meio da instrumentação analítica, mapear e entender a complexa composição química presente nas impressões digitais (BARROS, 2019a), pretende-se analisar a possibilidade de as linhas brancas⁷ apresentarem-se como eventual ferramenta nesse sentido.

Pesquisas dermatoglíficas destacam que aspectos das impressões digitais - padrões, desenhos, contagem ou espessura de linhas ou sulcos - podem predizer características dos seres humanos, tais como idade, sexo, tamanho do corpo humano, tamanho da mão e etnia (CUMMINS, WAITS, et al., 1941); (LOESCH e CZYOZEWSKA, 1972); (SÁNCHEZ-ANDRÉS, BAREA, et al., 2018). A palavra dermatoglifos é proveniente do grego *dermatos*, que significa pele, e

5 AFIS, do inglês: “Automated Fingerprint Identification System”; ABIS, do inglês: “Automated Biometric Identification System”.

6 Termo introduzido pelo Dr. Harold Cummins, em 1941, e que se refere à análise das impressões digitais, mais precisamente à relação dessas com características dos indivíduos.

7 As linhas brancas são mais conhecidas no Brasil pela denominação linhas albotiloscópicas ou albotilares

glyphéin, que significa escrita. Significando então, a “escrita da pele” (LEMOS, ALMEIDA, et al., 2013).

A coleta de informações químicas e biológicas a partir dos vestígios de impressões digitais deixadas em locais de crime também tem tomado relevância nos últimos anos (SOUZA, OLIVEIRA, et al., 2018). A revelação de fragmento de impressão digital em cenas de crime não garante, por si só, que a identificação inequívoca do autor ocorrerá, na medida em que o fragmento recuperado pode não possuir a qualidade e/ou o tamanho mínimo necessários à individualização, o que, de certa maneira, motiva a busca por métodos complementares que possam auxiliar a investigação criminal, seja reduzindo o universo de suspeitos ou ligando-os, de alguma forma, ao local e/ou ao tempo do crime.

A extração dos fragmentos de impressões digitais de vestígios de drogas ou explosivos, a detecção de impressões papilares usando nanopartículas, a coleta de material genético e de contaminantes que funcionem como indicadores temporais, a inferência sobre a dinâmica sobre a qual os objetos foram manipulados, o estudo de diferenças morfológicas que possam indicar o sexo, entre outros, fazem partes das mais novas linhas de pesquisa relacionadas às impressões digitais (MACEO, 2009); (BÉCUA e CANTÚ, 2013); (KAPLAN-SANDQUIST, LEBEAU, et al., 2014); (GUTIÉRREZ-REDOMERO, RIVALDERÍA, et al., 2014); (DHALL e KAPOOR, 2016); (FERNANDES e RABELO, 2018); (BARROS, 2019a); (SOUZA, 2019); (BARROS, 2019b).

Analisando essas pesquisas, percebe-se que a maioria delas exige, em maior ou menor grau, a utilização de equipamentos e técnicas sofisticados de análise ou o emprego de tecnologias computacionais restritas a um seleto grupo de pesquisadores. Entretanto, há uma categoria de trabalhos recentes na área de dermatoglia que parte da observação morfológica das impressões digitais, quantificando determinadas características e, com base nisso, apresenta resultados significativos na distinção do sexo dos doadores das amostras estudadas (ACREE, 1999); (GUNGADIN, 2007); (NAYAK, RASTOGI, et al., 2010); (GUTIÉRREZ-REDOMERO, ALONSO, et al., 2011); (GUTIÉRREZ-REDOMERO, SÁNCHEZ-ANDRÉS, et al., 2013); (AHMED e OSMAN, 2016); (RIVALDERÍA, SÁNCHEZ-ANDRÉS, et al., 2016); (SOANBOON, NANAKORN e KUTANAN, 2016).

Este tipo de pesquisa, além de não requerer o emprego de técnicas analíticas ou avançados algoritmos computacionais, não exige elevados aportes financeiros. Diante disso e percebendo a inexistência de estudos nacionais neste âmbito de atuação, a presente pesquisa se propôs a quantificar as linhas brancas, por sexo, das impressões digitais de brasileiros.

As linhas brancas são falhas (vincos) no sistema de linhas papilares, formadas por dobras que perdem a ancoragem com as papilas dérmicas. Como consequência, manifestam-se como depressões lineares na superfície epidérmica (CHAMPOD, LENNARD, et al., 2016). Se a superfície de fricção for entintada e pressionada sobre um papel, as linhas brancas irão aparecer atravessando várias linhas pretas (cristas), conforme representado na Figura 4.



Figura 4. Impressão digital com três linhas brancas (ou albidatylares) destacadas em verde⁸.

As linhas brancas são aleatórias, mutáveis, possuem espessuras e comprimentos diversos e aparecem com relativa frequência nas impressões papilares. Apesar de não serem permanentes, são duráveis por longos períodos (ALMANDOS, 1930); (CHAMPOD, LENNARD, et al., 2016). Tais marcas são nitidamente diferentes das cicatrizes e dos sulcos interpapilares.

Impende mencionar que as linhas papilares originais não desapareceram definitivamente, simplesmente estão abaixo dos vincos albidatylares e voltarão a se manifestar na epiderme tão logo estes des-

8 Visando resguardar as informações dos envolvidos no presente trabalho, as imagens de impressões digitais apresentadas ao longo deste foram geradas pelo programa SFinGe Demo v. 5.0, desenvolvido por Biometric System Laboratory, da Universidade de Bologna, disponível em: <http://biolab.csr.unibo.it>, acessado em 20/06/2019.

colamentos sejam desfeitos. Prova disso é que o tamanho e a quantidade de linhas brancas são reduzidos com o aumento da pressão do dedo entintado sobre o papel no momento da coleta da impressão digital (CHAMPOD, LENNARD, et al., 2016).

São poucos os estudos que se propuseram a sistematizar a contagem de linha branca (WLC, do inglês: “white line count”) em impressões digitais e vinculá-la a característica da pessoa. Wendt, por exemplo, reporta uma menor WLC em mulheres (WENDT, 1956). Já Badawi, pelo contrário, descobriu uma menor ocorrência em homens (BADAWI, MAHFOUZ, et al., 2006). O trabalho de Taduran corrobora os resultados de Badawi, constatando maior ocorrência desta característica em mulheres (TADURAN, TADEO, et al., 2016).

O exame das impressões digitais de gêmeos, permitiu concluir que as albotilares não estão condicionados a fatores genéticos (WENDT, 1956), ocorrendo devido a fatores externos, como intenso contato com produtos químicos ou água. Outro fator que também está relacionado ao aparecimento de albotilares é a idade, sendo que há um aumento no surgimento de albotilares com o passar dos anos (AZNAR, 1933).

2. METODOLOGIA

Após a análise e autorização do presente projeto de pesquisa pelo Comitê de Ética em Pesquisa – CEP⁹, vinculado à Comissão Nacional de Ética em Pesquisa – CONEP, desenvolveu-se um algoritmo em Python para automatizar tarefas repetitivas relacionados ao objeto da pesquisa.

O referido algoritmo segrega as imagens dos datilogramas¹⁰ de arquivos de formato “.NIST”¹¹ extraídos do AFIS/PF¹², salva estas

9 Protocolo nº 069942/2019, de 10/06/2019, CAAE: 15353019.8.0000.0030, e autorização efetuados junto ao Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Saúde - Universidade de Brasília - UnB, em atendimento à exigência do artigo 14 da Resolução nº 466, de 12 de dezembro de 2012, do Ministério da Saúde (CNS, 2012)..

10 Termo sinônimo de impressão digital.

11 Padrão de arquivo de sistemas AFIS desenvolvido pelo Instituto Nacional de Padrões e Tecnologia Norte Americano (NIST, do inglês: *National Institute of Standards and Technology*, U.S. Department of Commerce).

12 Sistema Automatizado de Impressões Digitais da Polícia Federal.

com nome e extensão cuidadosamente pré-estabelecidos para favorecer o objeto desta pesquisa e auxilia na classificação dos datilogramas entre os tipos fundamentais presilha, arco e verticilo (Tabela 1) e na contagem das albotatulares (WLC).

		
Arco	Presilha	Verticilo
É o datilograma adéptico constituído de linhas (ligeiramente paralelas) abauladas que atravessam ou tendem a atravessar o campo digital, podendo muitas vezes apresentar linhas angulares ou verticais.	É o datilograma que apresenta um delta lateralizado em relação ao núcleo. O núcleo é constituído de uma ou mais laçadas.	É o datilograma que apresenta um delta à direita e outro à esquerda do núcleo, sendo este de forma variada, apresentando pelo menos uma linha curva à frente de cada delta.

Tabela 1. Tipos Fundamentais.

Codificou-se o algoritmo para reconhecer o toque sobre os botões de letras do teclado, da seguinte forma: tecla “a”, significa 0 (zero); tecla “b”, significa 1 (um); tecla “c”, significa 2 (dois). Prosseguiu-se, em ordem alfabética, até a letra “j”, que significa a existência de 9 (nove) ou mais albotatulares no datilograma. Assim, o operador informa a WLC presente em cada datilograma que lhe é apresentado em tela pelo referido algoritmo.

A WLC foi obtida a partir da observação direta e quantificação manual da incidência dessas estruturas em cada uma das 2.000 (duas mil) impressões digitais provenientes de 200 (duzentas) individuais datiloscópicas aleatoriamente segredadas do arquivo criminal sob guarda da Polícia Federal do Brasil (metade proveniente de homens e metade, de mulheres). Todas individuais datiloscópicas foram originalmente coletadas pelo método da tinta, mas também se encontram no AFIS/PF em formato digital.

As decisões do operador foram salvas pelo algoritmo em um arquivo de texto, juntamente com as informações sobre sexo, mão, dedo e número indexador do doador da impressão digital. Em seguida, uma nova imagem é apresentada na tela do computador, viabilizando a repetição do procedimento para outro datilograma, até que todas as 2.000 imagens fossem analisadas.

Os dados obtidos foram estatisticamente analisados usando as ferramentas “RStudio” e “R para computação estatística” e a maioria dos testes empreendidos obedeceram ao nível de significância de 5%. As diferenças entre sexo e mão foram comparadas usando o teste t de *Student*; e as diferenças entre os dedos foram comparadas pelos métodos de Análise de Variância (ANOVA) e de comparações múltiplas de médias de Tukey. A dependência do tipo fundamental com relação ao sexo foi analisada pelo teste qui-quadrado de Pearson, uma vez que este é o teste adequado para se mensurar a dependência entre duas variáveis categóricas. As diferenças entre os sexos foram analisadas para cada dedo, para ambas as mãos (esquerda e direita) e para os dez dedos (globalmente).

A razão de verossimilhança – LR (do inglês, “*likelihood ratio*”) foi calculada para se obter as inferências de probabilidades do sexo baseadas nos valores de WLC (GRIEVE e DUNLOP, 1992), fazendo WLC a contagem de linhas brancas; C, o doador masculino; e C¹, o doador feminino. A LR advém da equação abaixo:

$$LR(WLC) = \frac{\text{probabilidade de se observar uma dada WLC, se o doador for homem}}{\text{probabilidade de se observar uma dada WLC, se a doadora for mulher}} = \frac{P\left(\frac{WLC}{C}\right)}{P\left(\frac{WLC}{C^1}\right)}$$

Equação 1. Cálculo da razão de verossimilhança – LR para a WLC.

O valor de LR se configura na força de suporte para uma das hipóteses: C ou C¹ (quanto maior, maior a indicação da hipótese). A partir de uma dada WLC, as probabilidades condicionais foram calculadas, sendo que P(-WLC|C) significa a probabilidade de uma data WLC ocorrer, sabendo que se trata de homem. Enquanto que, P(WLC|C¹) significa a probabilidade de uma data WLC ocorrer, sabendo que se trata de mulher. A partir dessas, foi possível obter a probabilidade de uma determinada WLC para ambos os sexos (P(WLC)), o que, por sua vez, associada à probabilidade *a priori*, permite identificar – por meio do teorema de Bayes (probabilidade favorável) – o sexo mais provável de uma dada WLC (P(C|WLC) e P(C¹|WLC)).

As probabilidades *a priori* de homens $P(C)$ e mulheres $P(C^1)$ dependem do grau de conhecimento que se tem a respeito dos possíveis doadores. Considerando que esta pesquisa empreendeu amostras equânimes para os sexos, a probabilidade *a priori* foi estimada em 50% para cada sexo, fazendo com que $P(C) = P(C^1) = 0,5$. A equação abaixo exemplifica a aplicação do teorema de Bayes, para o cálculo da probabilidade *a posteriori* (favorável) para o sexo masculino, a partir de uma dada WLC.

$$P(WLC|C) = P(WLC) \frac{P(C|WLC)}{P(C)}$$

Equação 2. Teorema de Bayes para o cálculo da probabilidade favorável de ser homem, a partir de uma dada WLC.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Inferências sobre médias populacionais detêm maior robustez à medida que as amostras são suficientemente grandes. Entretanto, à medida que a massa de dados inicial foi filtrada, separando as duas mil impressões digitais sob determinado aspecto (sexo, mão, dedo, etc), o tamanho da amostra foi reduzido, o que, conseqüentemente, aumentou a margem de erro associada às inferências populacionais. Para um nível de confiança de 95%, a Tabela 2 evidencia algumas margens de erro calculadas, sendo que todas elas foram consideradas razoáveis para os objetivos da presente pesquisa.

Tipo	Tamanho da Amostra	Erro Padrão	Margem de Erro	Nível de Confiança
Indivíduos totais	200	0,04	0,07	95%
Indivíduos de um único sexo	100	0,05	0,10	95%
Impressões digitais totais	2000	0,02	0,03	95%
Impressões digitais de indivíduos de um único sexo	1000	0,02	0,03	95%
Média WLC, sexo masculino	1000	0,10	0,20	95%
Média WLC, sexo feminino	1000	0,16	0,32	95%

Tabela 2. Tamanhos das amostras e respectivos erros.

A WLC média para a amostra estudada foi 0,63, conforme Tabela 3. O valor médio da WLC, classificado por sexo, segue apresentado na Tabela 4. A WLC foi superior nas mulheres (0,93), quando comparada aos homens (0,34).

Característica	Média	Desvio Padrão	Erro Padrão
WLC	0,63	1,37	0,03

Tabela 3. Média da WLC na amostra estudada.

Característica	Homens (n=1000)			Mulheres (n=1000)		
	Média	Desvio Padrão	Erro Padrão	Média	Desvio Padrão	Erro Padrão
WLC	0,34	0,99	0,03	0,93	1,61	0,05

Tabela 4. Estatística descritiva da WLC da amostra de brasileiros, por sexo.

Para determinar se as médias da WLC diferem significativamente entre os sexos, foi aplicado o teste t de *Student*. Este evidenciou que as diferenças entre homens e mulheres foram significativas, na medida em que o *p-valor* ($< 2.2e-16$) auferido foi muito inferior ao nível de significância $\alpha = 0,05$. Dessa forma, permite-se afirmar, com 95% de confiança, que não há evidências estatísticas suficientes contrárias às diferenças entre o sexo, sob o aspecto WLC.

A Tabela 5 apresenta a estatística descritiva disponível para a WLC, por sexo, para a população filipina (TADURAN, TADEO, et al., 2016) e para a população brasileira. Em ambas populações, a WLC das mulheres é superior à dos homens. Os resultados para os homens brasileiros (WLC média = 0,34) são bastante similares aos encontrados para os homens filipinos (WLC média = 0,38). Contudo, para as mulheres, a diferença foi extremamente grande, com a média brasileira igual a 0,93 e a filipina igual a 7,33.

Amostra	Referência	WLC (desvio-padrão)	
		Homem	Mulher
Filipinas	(TADURAN, TADEO, et al., 2016)	0,38 (1,13)	7,33 (5,83)
Brasil	Este trabalho	0,34 (0,99)	0,93 (1,61)

Tabela 5. Estatística descritiva da WLC de acordo com o sexo nas diferentes populações.

O teste t de *Student* para amostras pareadas mostrou que a WLC apresenta diferenças significantes entre as mãos (p -valor = $2.352e-08$), bastante inferior ao nível de significância $\alpha = 0,05$). A mão esquerda apresentou maior WLC que a direita (Tabela 6).

Característica	Mão direita (n=1000)			Mão esquerda (n=1000)		
	Média	Desvio Padrão	Erro Padrão	Média	Desvio Padrão	Erro Padrão
WLC	0,46	1,10	0,03	0,80	1,57	0,05

Tabela 6. Estatística descritiva da WLC da amostra de impressões digitais de brasileiros, por mão.

Em uma análise mais profunda que congregou os filtros sexo e mão conjuntamente, evidenciou-se que as diferenças estatisticamente significativas para a WLC ainda perduram. Nessa linha, a Tabela 7 apresenta a estatística descritiva da WLC da amostra de brasileiros, por sexo e mão, e os dados sobre os testes t de *Student* empreendidos. A WLC foi maior na mão esquerda, independentemente do sexo.

No banco de dados estudado, não há qualquer menção à mão dominante do doador da impressão digital (destro ou canhoto), inviabilizando inferências das possíveis relações com as maiores ou menores incidências das características por mão. Entretanto, com relação à WLC, considerando os fortes indícios de que fatores externos como exposição à água ou a produtos químicos influenciam o aparecimento de albotilares, a maior incidência em mulheres é coerente com a realidade brasileira, pois as mulheres ainda são as maiores responsáveis por afazeres domésticos, no Brasil (NETO, 2019).

Característica	Sexo	Diferença	Médias		Erro Padrão	p -valor
			Esquerda	Direita		
WLC	Masculino	0,162	0,422	0,260	0,041	7,38682e-05
	Feminino	0,520	1,186	0,666	0,069	2,55357e-13

Tabela 7. Estatística descritiva da WLC da amostra de brasileiros, por sexo e mão, e os testes t de Student.

O teste ANOVA foi utilizado para examinar a existência de eventuais diferenças na WLC, por dedo. Detectou-se diferença estatisticamente significativa, uma vez que o p -valor ($6.08e-11$) foi muito inferior ao nível de significância de 5%. Entretanto, o teste DHS Tukey mostrou que apenas 11 (24%) das 45 comparações

executadas¹³ são estatisticamente relevantes (possuem *p-valores* inferiores a 0,05). Os resultados das comparações significativas podem ser consultados na Tabela 8.

Par comparado	Diferença entre as médias	Ponto final inferior (nível de confiança em 95%)	Ponto final superior (nível de confiança em 95%)	P-valor após o ajuste para as comparações múltiplas
ESQUERDA_ANULAR-ESQUERDA_INDICADOR	0.645	0.21742884	107.257.116	0.0000827
DIREITA_INDICADOR-ESQUERDA_MÍNIMO	-0.430	-0.85757116	-0.00242884	0.0473608
DIREITA_INDICADOR-ESQUERDA_MÉDIO	-0.545	-0.97257116	-0.11742884	0.0022717
DIREITA_MÍNIMO-ESQUERDA_MÉDIO	-0.495	-0.92257116	-0.06742884	0.0094865
DIREITA_INDICADOR-ESQUERDA_ANULAR	-0.855	-128.257.116	-0.42742884	0.0000000
DIREITA_MÍNIMO-ESQUERDA_ANULAR	-0.805	-123.257.116	-0.37742884	0.0000001
DIREITA_MÉDIO-ESQUERDA_ANULAR	-0.650	-107.757.116	-0.22242884	0.0000690
DIREITA_ANULAR-ESQUERDA_ANULAR	-0.545	-0.97257116	-0.11742884	0.0022717
DIREITA_POLEGAR-ESQUERDA_ANULAR	-0.480	-0.90757116	-0.05242884	0.0141106
DIREITA_INDICADOR-ESQUERDA_POLEGAR	-0.605	-103.257.116	-0.17742884	0.0003336
DIREITA_MÍNIMO-ESQUERDA_POLEGAR	-0.555	-0.98257116	-0.12742884	0.0016750

Tabela 8. Teste DHS Tukey significativo da WLC com relação ao dedo.

13 Comparam-se os dez dedos de ambas as mãos, tomados dois a dois, e de forma que a ordem interna ao par não possui relevância; portanto, trata-se de um cálculo matemático denominado de combinação simples.

A Tabela 9 apresenta a estatística descritiva para a WLC, por dedo, na amostra estudada da população brasileira. A WLC não aparenta possuir uma sequência de crescimento tão bem definida e os dedos que apresentaram a maior WLC foram, respectivamente, o anular e o polegar, na mão direita, e o polegar e o anular, na mão esquerda.

Apesar da Tabela 9 discriminar a média para cada um dos dedos, estes valores somente deverão ser utilizados em comparações entre os dedos após consulta à Tabela 8, pois nela consta se a diferença entre um dedo e outro é estatisticamente significativa.

Característica	Mão	Dedo	Média	Desvio Padrão	Erro Padrão
WLC	Direita	Polegar	0,65	1,18	0,08
		Indicador	0,28	0,69	0,05
		Médio	0,48	1,22	0,09
		Anular	0,58	1,27	0,09
		Mínimo	0,32	1,01	0,07
	Esquerda	Polegar	0,88	1,40	0,10
		Indicador	0,48	1,10	0,08
		Médio	0,82	1,55	0,11
		Anular	1,13	2,04	0,14
		Mínimo	0,70	1,59	0,11

Tabela 9. Estatística descritiva da WLC da amostra de impressões digitais de brasileiros, por dedo.

A Tabela 10 evidencia a incidência de cada tipo fundamental entre os diferentes dedos, por sexo, para as 2.000 impressões digitais analisadas. Percebe-se que os três tipos fundamentais ocorreram em todos os dedos de homens ou mulheres, não sendo possível afirmar que um eventual tipo fundamental é exclusivo de determinado dedo ou sexo.

Tipo Funda- mental	Mão	Dedo	Homem	Mulher
Arco	Direita	Polegar	2	7
		Indicador	11	13
		Médio	9	8
		Anular	2	5
		Mínimo	3	5
	Esquerda	Polegar	5	9
		Indicador	18	15
		Médio	17	12
		Anular	6	6
		Mínimo	4	8
Presilha	Direita	Polegar	53	48
		Indicador	58	52
		Médio	80	76
		Anular	49	59
		Mínimo	84	82
	Esquerda	Polegar	60	48
		Indicador	57	56
		Médio	74	70
		Anular	54	64
		Mínimo	90	77
Verticilo	Direita	Polegar	45	45
		Indicador	31	35
		Médio	11	16
		Anular	49	36
		Mínimo	13	13
	Esquerda	Polegar	35	43
		Indicador	25	29
		Médio	9	18
		Anular	40	30
		Mínimo	6	15

Tabela 10. Distribuição de frequência do tipo fundamental da amostra analisada, por dedo e por sexo.

Como a distribuição dos três tipos fundamentais não é proporcional, o cálculo da média para a característica WLC, inevitavelmente, foi executado sobre tamanhos amostrais diferentes, conforme frequência discriminada na Tabela 10. A menor amostra possui 77 elementos,

o que satisfaz com folga o mínimo de 30 elementos sugeridos para aplicação satisfatória dos testes de hipóteses (TRIOLA, 2017). A Tabela 11 mostra a estatística descritiva para a WLC por tipo fundamental na amostra estudada. Percebe-se que, independentemente do tipo fundamental, a WLC é maior nas mulheres do que nos homens e que, de forma indiferente ao sexo, o tipo arco apresentou a menor média para a WLC, seguido pelo tipo presilha; enquanto que o tipo verticilo foi o que obteve maior média para a WLC.

Tipo Fundamental	Homens			Mulheres		
	Média	Desvio Padrão	Erro Padrão	Média	Desvio Padrão	Erro Padrão
Arco	0,09	0,33	0,04	0,76	1,27	0,14
Presilha	0,35	1,01	0,04	0,91	1,65	0,07
Verticilo	0,39	1,07	0,07	1,00	1,62	0,10

Tabela 11. Estatística descritiva da WLC por tipo fundamental.

Apesar da Tabela 11 discriminar a média para cada um dos tipos fundamentais por sexo, somente 47% (7 de 15) dessas informações possuem diferenças estatisticamente significativas, quando comparadas entre si, conforme demonstrado pelos testes ANOVA desbalanceada e DHS Tukey executados. Dito de outra forma, as médias da referida tabela somente deverão ser utilizadas para comparações após consulta à Tabela 12, pois nesta consta se a diferença entre um determinado tipo fundamental e outro, por sexo, é estatisticamente significativa ou não.

Par comparado	Diferença entre as médias	Ponto final inferior (nível de confiança em 95%)	Ponto final superior (nível de confiança em 95%)	P-valor após o ajuste para as comparações múltiplas	Diferença Significativa?
arco:MULHER-arco:HOMEM	0.67045455	0.07489623	1.2660129	0.0168851	Sim
arco:MULHER-presilha:HOMEM	0.41083253	-0.02232441	0.8439895	0.0745633	Não
arco:MULHER-verticilo:HOMEM	0.37121212	-0.09857061	0.8409949	0.2137777	Não
presilha:HOMEM-arco:HOMEM	0.25962202	-0.20002014	0.7192642	0.5911930	Não
presilha:MULHER-arco:HOMEM	0.82364787	0.36297967	1.2843161	0.0000055	Sim

Par comparado	Diferença entre as médias	Ponto final inferior (nível de confiança em 95%)	Ponto final superior (nível de confiança em 95%)	P-valor após o ajuste para as comparações múltiplas	Diferença Significativa?
presilha:MULHER- -arco:MULHER	0.15319333	-0.28105224	0.5874389	0.9159755	Não
presilha:MULHER- -presilha:HOMEM	0.56402585	0.35153957	0.7765121	0.0000000	Sim
presilha:MULHER- -verticilo:HOMEM	0.52440545	0.24472473	0.8040862	0.0000015	Sim
verticilo:HOMEM- -arco:HOMEM	0.29924242	-0.19506699	0.7935518	0.5140492	Não
verticilo:HOMEM- -presilha:HOMEM	0.03962041	-0.23836705	0.3176079	0.9985781	Não
verticilo:MULHER- -arco:HOMEM	0.91266234	0.42155237	1.4037723	0.0000019	Sim
verticilo:MULHER- -arco:MULHER	0.24220779	-0.22420728	0.7086229	0.6763622	Não
verticilo:MULHER- -presilha:HOMEM	0.65304032	0.38078267	0.9252980	0.0000000	Sim
verticilo:MULHER- -presilha:MULHER	0.08901447	-0.18497186	0.3630008	0.9397011	Não
verticilo:MULHER- -verticilo:HOMEM	0.61341991	0.28601327	0.9408266	0.0000015	Sim

Tabela 12. Teste DHS Tukey da WLC com relação ao tipo fundamental, por sexo.

A despeito de já ter sido demonstrado que há diferenças entre os sexos, à luz da característica WLC, o tema necessita ser retomado e aprofundado com o intuito de se buscar obter limiar desta separação. Para tanto, a Tabela 13 traz a frequência de distribuição da média da WLC nas impressões digitais da amostra de brasileiros. Como já mencionado, há uma maior incidência de linhas brancas (albotilares) nas mulheres do que nos homens.

WLC	Sexo	
	Masculino	Feminino
0-0,99	88	69
1-1,99	7	13
2-2,99	3	8
3-3,99	1	9

WLC	Sexo	
	Masculino	Feminino
4-4,99	0	1
5-5,99	1	0
Total	100	100

Tabela 13. Frequência de distribuição da média da WLC da amostra de impressões digitais de brasileiros

Com a frequência relativa da média da WLC advinda das amostras apresentadas na Tabela 13, as probabilidades condicionais $P(WL-C|C)$ e $P(WLC|C^1)$ foram calculadas. A partir dessas, obteve-se a probabilidade $P(WLC)$, o que, por sua vez, associada à informação de que a probabilidade *a priori* é igual a 50% para ambos os sexos, permite identificar – por meio do teorema de Bayes (probabilidade favorável) – o sexo mais provável de uma dada WLC ($P(C|WLC)$ e $P(C^1|WLC)$).

WLC	Probabilidades		Razão de Verossimilhança (LR)		Probabilidades favoráveis (Bayes)	
	Masculino $P(WLC C)$	Feminino $P(WLC C^1)$	Masculino $\frac{P(WLC C)}{P(WLC C^1)}$	Feminino $\frac{P(WLC C^1)}{P(WLC C)}$	Masculino $P(C WLC)$	Feminino $P(C^1 WLC)$
0	0,88	0,69	1,275	0,784	0,561	0,439
1	0,07	0,13	0,538	1,857	0,350	0,650
2	0,03	0,08	0,375	2,667	0,273	0,727
3	0,01	0,09	0,111	9,000	0,100	0,900
4	0,00	0,01	0,000	-	0,000	1,000
>5	0,01	0,00	-	0,00	1,000	0,000

Tabela 14. Distribuição de probabilidades e razões de verossimilhanças para a WLC.

A partir da Tabela 14, percebe-se que a ausência de linhas brancas é comum a homens e mulheres em porcentagens muito próximas. À medida que a WLC aumenta, a distinção de sexo se torna mais evidente, de tal sorte que uma WLC igual a três é muito mais característica de mulheres ($p = 0,900$). Porém, aumentando além de três, a distinção se torna contraditória, revertendo a probabilidade de ocorrência com relação ao sexo em sentido oposto. A Figura 05 mostra esse comportamento contraditório na distinção de sexo por meio da WLC observada na amostra de brasileiros. A linha azul se refere a homens; a vermelha, a mulheres.

Tal comportamento indica que a WLC não se mostra categórica para a distinção do sexo, corroborando com resultados obtidos para

a população filipina (TADURAN, TADEO, et al., 2016). Todavia, considerando que pouquíssimos são os trabalhos nesta área e que o comportamento contraditório é proveniente do cálculo da probabilidade favorável sobre apenas dois indivíduos (há somente uma mulher com média WLC = 4 e somente um homem com média WLC = 5), julga-se oportuno registrar a necessidade de mais estudos sobre o tema, principalmente com amostras mais representativas e outras ferramentas de inferências.

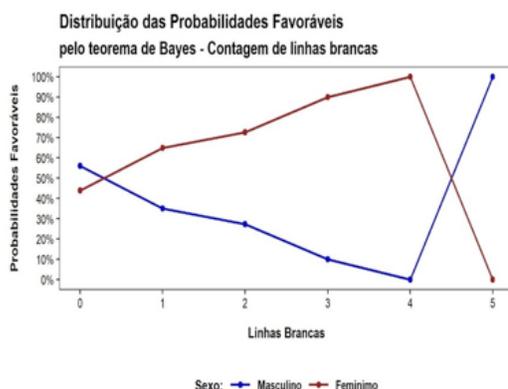


Figura 5. Distribuição das probabilidades $P(C|WLC)$ e $P(C^1|WLC)$ para a WLC. A linha azul representa os homens; a vermelha, as mulheres.

4. CONCLUSÕES

O presente estudo mostrou que as médias das WLCs das impressões digitais de brasileiros possuem diferenças relevantes entre os sexos. Foram descobertas, também, diferenças das WLCs entre as mãos e os dedos, mas comparações pareadas devem ser efetuadas com cautela e precedidas de consulta às tabelas atinentes a cada tipo de filtro: sexo, mão, entre outros. Tais tabelas se configuram em outro resultado deste trabalho, pois evidenciam se as diferenças apresentadas entre médias específicas são ou não estatisticamente significativas.

Constatou-se, ainda, a partir da comparação dos resultados auferidos nesta pesquisa com os anteriormente obtidos para a população filipina, a corroboração de uma maior WLC para as mulheres. Restou demonstrado que conhecer o tipo fundamental do datilograma não

habilita o especialista (papioscopista) a inferir o sexo do doador. Porém, conhecer a WLC pode permitir inferências razoáveis neste sentido, na medida em que a ausência de linhas brancas é mais característica de homens; enquanto que a presença mais se relaciona às mulheres.

As descobertas derivadas desta pesquisa podem ser melhor aproveitadas se empregadas a impressões digitais sem coincidências individualizadoras em Sistemas AFIS ou se vinculadas a procedimentos criminais em que não há suspeitos a serem interrogados, apresentando-se como alternativa investigativa nunca antes explorada pela persecução penal brasileira, uma vez que a partir da informação do sexo do doador da impressão digital, pode-se reduzir o universo de suspeitos, direcionando a investigação. Impende mencionar que tal descoberta pode ser utilizada como potencial ferramenta em cenários de desastres de massa.

Para melhor explorar a característica WLC nas possíveis relações entre o tipo fundamental e a mão, ou entre o tipo fundamental e o dedo, ou, ainda, entre o dedo e o sexo, uma amostra maior se mostra necessária. Percebeu-se que a aplicação desses e de outros filtros de maneira subsequente, em alguns momentos da pesquisa, fez com que o banco de dados se reduzisse a ponto de inviabilizar inferências confiáveis a partir da amostra. Nessa linha, como sugestão de trabalho futuro, registra-se a necessidade de melhor investigar tais cenários, a partir de amostras mais representativas. Entretanto, sabendo-se que à medida que se amplia a amostra, os trabalhos operacionais de mensuração da WLC aumentam drasticamente, registra-se outra sugestão de trabalho futuro na área: o desenvolvimento de um algoritmo que detecte e efetue a contagem de linhas brancas (albodatilares) automaticamente.

DANIEL DA SILVA CARVALHO

LICENCIADO EM FÍSICA E MESTRE EM CIÊNCIA DE MATERIAIS, AMBOS PELA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA. PAPIOSCOPISTA POLICIAL FEDERAL E PROFESSOR DA ACADEMIA NACIONAL DE POLÍCIA DESDE 2014.

LUIZ ANTÔNIO RIBEIRO JÚNIOR

POSSUI GRADUAÇÃO, Mestrado, Doutorado e Pós-Doutorado em Física pela Universidade de Brasília. Realizou estágio de doutorado na Universidade de Linköping - Suécia (2013-2015). Atualmente,

É PROFESSOR ADJUNTO DO INSTITUTO DE FÍSICA E
COORDENADOR DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM CIÊNCIA DE MATERIAIS E DO LABORATÓRIO DE
SUPERCOMPUTAÇÃO PARA SISTEMAS COMPLEXOS DA
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA.

RAFAEL TIMÓTEO DE SOUSA JÚNIOR

PROFESSOR ASSOCIADO DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
(UNB), COORDENADOR DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
PROFISSIONAL EM ENGENHARIA ELÉTRICA – SEGURANÇA
CIBERNÉTICA (PPEE). PESQUISADOR PQ-2 DO CNPQ.
TEM APOIO DA CAPES (23038.007604/2014-69 FORTE E
88887.144009/2017-00 PROBRAL), CNPQ (312180/2019-5
PQ-2, BRICS2017-591 LARGEWiN, E 465741/2014-2 INCT
EM SEGURANÇA CIBERNÉTICA), FAP-DF (0193.001366/2016
UIoT E 0193.001365/2016 SSDDC), PR/GSI (002/2017
ABIN), ME (005/2016 DIPLA E 083/2016 ENAP), MJSP
(08700.000047/2019-14 CADE) E AGU (697.935/2019).

MARCOS MARTINHO VIANA DE ALECRIM

ESTATÍSTICO DA POLÍCIA FEDERAL

DETERMINATION OF SEX FROM THE COUNTING OF WHITE LINES ON FINGERPRINTS OF BRAZILIANS

ABSTRACT

The credibility of fingerprints as biometric markers of identity has been a constant since the dawn of humanity and it is based on important features of fingerprints: stability after full development, easy classification of design patterns, noninvasive collection and uniqueness throughout an individual's lifetime. In this study, the white lines from ten fingerprints of 100 Brazilian men and 100 women were counted and statistically analyzed. The goal was to verify if this characteristic depended on sex in order to distinguish it categorically. In some cases, it was possible to notice significant differences between hands, fingers and fundamental patterns of fingerprints. From the white line count (WLC), thresholds for sexual discrimination were developed in cases of human identification in Brazil.

KEYWORDS: White line count. Fingerprint. Sex difference. Human identification. Threshold. Bayes theorem.

DETERMINACIÓN DEL SEXO A PARTIR DEL RECUENTO DE LÍNEAS BLANCAS EN LAS HUELLAS DIGITALES DE LOS BRASILEÑOS

RESUMEN

La credibilidad de las huellas digitales como marcadores biométricos de identidad ha sido una constante desde los albores de la humanidad, este hecho se basa en características importantes de las huellas digitales: estabilidad después del desarrollo completo, clasificación fácil de patrones de diseño, recolección no invasiva y singularidad para a lo largo de la vida de un individuo. En este estudio, se contaron y analizaron estadísticamente las líneas blancas de las diez huellas digitales de 100 hombres brasileños y 100 mujeres brasileñas. El objetivo principal era verificar si esta característica depende del sexo hasta el punto de permitir que se distinga categóricamente. En algunos casos, fue posible notar diferencias significativas entre las manos, los dedos y los tipos fundamentales de huellas digitales. A partir del recuento de líneas blancas (WLC), se desarrollaron umbrales para la discriminación sexual en casos de identificación humana en Brasil.

PALABRAS-CLAVE: Recuento de líneas blancas. Impresión digital. Diferencia de género. Identificación humana Límite. Teorema de Bayes.

REFERÊNCIAS

- ACREE, M. A. Is there a gender difference in fingerprint ridge density? *Forensic Science International*, v. 102, n. 1, p. 35-44, 1999.
- AHMED, A. A.; OSMAN, S. Topological variability and sex differences in fingerprint ridge density in a sample of the Sudanese population. *Journal of Forensic and Legal Medicine*, v. 42, p. 25-32, 2016.
- ALMANDOS, R. Las líneas blancas dactiloscópicas. *Revue Internationale de Criminalistique*, p. 652-661, 1930.
- ASHBAUGH, D. R. *Quantitative-Qualitative Friction Ridge Analysis: An Introduction to Basic and Advanced Ridgeology*. New York: CRC Press LLC, 1999.
- AZNAR, B. Sur l'origine des lignes blanches dactyloscopiques. *Revue Internationale de Criminalistique*, p. 481-483, 1933.

- BADAWI, A. M. et al. Fingerprint-Based Gender Classification. The International Conference on Image Processing, Computer Vision, and Pattern Recognition. Las Vegas: [s.n.]. 2006.
- BARROS, R. M. Investigação da Composição Química de Impressões Digitais Latentes. In: _____ Peritos em Papioscopia e Identificação Humana. Goiânia: Espaço Acadêmico, 2019a. p. 137-163.
- BARROS, R. M. Emprego de nanomateriais para análise multi-informacional de impressões digitais latentes. Brasília: UnB: Tese de Doutorado, 2019b.
- BÉCUA, A.; CANTÚ, A. A. Fingerprint Detection Using Nanoparticles. In: _____ Advances in Fingerprint Technology. London: CRC Press Taylor & Francis Group, 2013. p. 307-380.
- BRASIL. Decreto nº 4.764, Dá novo regulamento á Secretaria da Policia do Distrito Federal. Brasília: Diário Oficial da União - Seção 1 - 12/3/1903, p. 1313, 1903.
- BRASIL. Lei nº 13.444, Dispõe sobre a Identificação Civil Nacional. Brasília: Diário Oficial da União - Seção 1 - 12/05/2017, p. 2, 2017.
- CHAMPOD, C. et al. International Forensic Science and Investigation - Fingerprints and Other Ridge Skin Impressions. [S.l.]: CRC Press Taylor & Francis Group, 2016.
- CNS. Resolução nº 466, Conselho Nacional de Saúde. Brasília: Diário Oficial da União - Seção 1 - 13/06/13, p. 59, 2012.
- CUMMINS, H. et al. The breadths of epidermal ridges on the finger tips and palms: a study of variantion. American Journal of Anatomy, 1941.
- CUNLIFFE, F.; PIAZZA, P. B. Criminalistics and Scientific Investigation. [S.l.]: Prentice Hall, 1980.
- DALUZ, H. M. Fingerprint Analysis Laboratory Workbook. London: CRC Press Taylor & Francis Group, 2015.
- DHALL, J. K.; KAPOOR, A. K. Fingerprint Ridge Density as a Potencial Forensic Anthropological Tool for Sex Identification.

- Journal of Forensic Sciences, v. 61, n. 2, p. 424-429, 2016.
- FENAPPI. Federação Nacional dos Peritos Oficiais em Identificação: Peritos da Polícia Federal voltam a Brasília depois de ajudar a identificar corpos em Brumadinho, 2019. Disponível em: <<http://www.fenappi.com.br/blog/noticias/peritos-da-policia-federal-voltam-a-brasilia-depois-de-ajudar-a-identificar-corpos-em-brumadinho/>>. Acesso em: 21 jun. 2019.
- FERNANDES, R. S.; RABELO, T. D. Papiloscopia do ontem ao hoje um Resumo. Impressões, n. 12, p. 24-28, 2018.
- FREITAS, A. F. et al. Papiloscopia Forense: Caderno didático ANP. Brasília: Academia Nacional de Polícia, 2019.
- GALTON, F. Finger Prints. London: Macmillan and CO., 1892.
- GRIEVE, M. C.; DUNLOP, J. A practical aspect of the Bayesian interpretation of fibre evidence. Journal of the Forensic Science Society, v. 32, n. 4, p. 169-175, 1992.
- GUNGADIN, S. Sex Determination from Fingerprint Ridge Density. Internet Journal of Medical Update - EJOURNAL, v. 2, n. 2, 2007.
- GUTIÉRREZ-REDOMERO, E. et al. Sex differences in fingerprint ridge density in the Mataco-Mataguayo population. HOMO - Journal of Comparative Human Biology, v. 62, p. 487-499, 2011.
- GUTIÉRREZ-REDOMERO, E. et al. A comparative study of topological and sex differences in fingerprint ridge density in Argentinian and Spanish population samples. Journal of forensic and legal medicine, v. 20, n. 5, p. 419-429, 2013.
- GUTIÉRREZ-REDOMERO, E. et al. Assessment of the methodology for estimating ridge density in fingerprints and its forensic application. Science and Justice, v. 54, p. 199-207, 2014.
- HAWTHORNE, M. R. FINGERPRINTS - Analysis and understanding. New York: CRC Press Taylor & Francis Group, 2009.

- HOLDER, E. H. et al. The fingerprint Sourcebook. Washington, DC: U.S. Department of Justice, Office of Justice Programs, National Institute of Justice, 2011.
- INTERPOL. Disaster Victim Identification Guide. Lyon: Interpol: The International Criminal Police Organization, 2018.
- KAPLAN-SANDQUIST, K. et al. Chemical analysis of pharmaceuticals and explosives in fingermarks using matrix-assisted laser desorption ionization/time-of-flight mass spectrometry. *Forensic Sci. Int.*, v. 235, p. 68-77, 2014.
- LEMOS, H. D. et al. Uso da Visão Computacional para Reconhecimento de Padrões Dermatoglíficos na Identificação de Crianças com Possíveis Distúrbios de Aprendizagem. Gurupi: [s.n.], 2013.
- LOBO, B. J. M. et al. Biometrias e Tecnologias Associadas: Caderno Didático ANP. Brasília: Academia Nacional de Polícia, 2018.
- LOESCH, D.; CZYOZEWSKA, J. Ridge breadth in the a-b segment in children aged 0-14 years. *Folia Morfológica*, v. 31, n. 2, p. 249-254, 1972.
- LOLLE, R. System and methods for determining the quality of fingerprint imagens. US596356, 1999.
- MACEO, A. V. Qualitative assessment of skin deformation: a pilot study. *J. Forensic Identif.*, v. 59, p. 390-440, 2009.
- MARTINS, E. C. D.; FILHO, A. M. A. A Importância da Perícia Papiloscópica e Necropapiloscópica. In: _____ Peritos em Papiloscopia e Identificação Humana. Goiânia: Espaço Acadêmico, 2019. p. 15-44.
- MIZOKAMI, L. L. Estudo morfológico comparativo das superfícies epidérmica e dérmica: perspectivas na identificação necropapiloscópica. Brasília: UnB: Dissertação de Mestrado, 2014.
- NAYAK, V. C. et al. Sex differences from fingerprint ridge density in the Indian population. *Journal of Forensic and Legal Medicine*, v. 17, n. 2, p. 84-86, 2010.
- NETO, J. Agência IBGE Notícias. Mulheres dedicam quase o dobro

- do tempo dos homens em tarefas domésticas, 2019. Disponível em: <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/24267-mulheres-dedicam-quase-o-dobro-do-tempo-dos-homens-em-tarefas-domesticas>>. Acesso em: 31 mar. 2019.
- OLIVEIRA, A. H. P.; PEDROSA, D. C. Hipótese Bula da Vida. In: _____ Peritos em Papiloscopia e Identificação Humana. Goiânia: Espaço Acadêmico, 2019. p. 91-108.
- RIBEIRO, C. L. Estudo acerca da Modernização do Sistema Automatizado de Impressões Digitais da Polícia Federal - AFIS/PF. Brasília: [s.n.], 2019.
- RIVALDERÍA, N. et al. Fingerprint ridge density in Argentinean population and its application to sex inference: A comparative study. *HOMO - Journal of comparative Human Biology*, v. 67, p. 65-84, 2016.
- SÁNCHEZ-ANDRÉS, A. et al. Impact of aging on fingerprint ridge density: Anthropometry and forensic implications in sex inference. *Science & Justice: Journal of the Forensic Science Society*, v. 58, n. 5, p. 323-334, 2018.
- SESGE. Manual de Perícias em Locais de Desastres de Massa. Brasília: Ministério da Justiça: Secretaria Extraordinária de Segurança para Grandes Eventos, 2015.
- SOANBOON, P.; NANAKORN, S.; KUTANAN, W. Determination of sex difference from fingerprint ridge density in northeastern Thai teenagers. *Egyptian Journal of Forensic Sciences*, v. 6, n. 1, p. 185-193, 2016.
- SOUZA, M. A. Impressões digitais podem revelar outras informações além da identidade de quem as produziu. In: _____ Peritos em Papiloscopia e Identificação Humana. Goiânia: Espaço Acadêmico, 2019. p. 45-54.
- SOUZA, M. A. et al. The adsorption of methamphetamine on Ag nanoparticles dispersed in agarose gel – Detection of methamphetamine in fingerprints by SERS. *Vibrational Spectroscopy*, v. 98, p. 152-157, 2018.
- TADURAN, R. J. O. et al. Sex determination from fingerprint ridge

density and white line counts in Filipinos. *HOMO - Journal of Comparative Human Biology*, v. 67, p. 163-171, 2016.

TRIOLA, M. F. *Introdução à Estatística*. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2017.

WENDT, G. G. *Zwillingsuntersuchung Über Zwischenlinien und Weisse Linien Im Abdruck*. [S.l.]: [s.n.], 1956.

YANG, R. *Effects of sensors, age, and gender on fingerprint image quality*. Ottawa: Carleton University, 2018.

