



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE INFORMÁTICA
BACHARELADO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

**IDENTIFICAÇÃO E AUTENTICAÇÃO POR ANÁLISE COMPUTACIONAL DA
GEOMETRIA DA MÃO**

JÉSSICA URBANO PEREIRA DE BARROS

**JOÃO PESSOA
2013**

JÉSSICA URBANO PEREIRA DE BARROS

**IDENTIFICAÇÃO E AUTENTICAÇÃO POR ANÁLISE COMPUTACIONAL DA
GEOMETRIA DA MÃO**

Monografia submetida ao Curso de Graduação em Ciência da Computação da Universidade Federal da Paraíba como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Bacharel em Ciência da Computação.

**Orientador: Prof. Dr. Leonardo Vidal
Batista**

**JOÃO PESSOA
2013**

JÉSSICA URBANO PEREIRA DE BARROS

**IDENTIFICAÇÃO E AUTENTICAÇÃO POR ANÁLISE COMPUTACIONAL DA
GEOMETRIA DA MÃO**

BANCA EXAMINADORA

Prof. Derzu Omaia

Prof. José Raphael Teixeira Marques

Prof. Dr. Leonardo Vidal Batista

**JOÃO PESSOA
2013**

Catálogo na publicação
Universidade Federal da Paraíba
Biblioteca Setorial do CCEN

B177i Barros, Jéssica Urbano Pereira de.

Identificação e autenticação por análise computacional da geometria da mão / Jéssica Urbano Pereira de Barros. -- João Pessoa, 2013.

52p. : il.

Monografia (Graduação em Ciência da Computação) - Universidade Federal da Paraíba.

Orientador: Prof. Dr. Leonardo Vidal Batista.

1. Autenticação. 2. Identificação biométrica. 3. Biometria.
4. Geometria da mão. 5. Impressão palmar. I. Título

BS- CCEN

CDU: 004.056.523(043.2)

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha mãe, Risoneide, que sempre esteve ao meu lado me apoiando e dando grande incentivo ao meu desenvolvimento intelectual e ao meu namorado, Niédson, que sempre me encorajou a continuar lutando para alcançar meus objetivos.

AGRADECIMENTOS

Ao chegar próximo ao final dessa jornada da minha vida, onde obterei o título de Bacharel em Ciência da Computação, me recordo com carinho e gratidão de todos os momentos que vivi e de todos aqueles que estiveram ao meu lado em cada um deles. Agradeço por cada experiência que tive, pois mesmo aquelas mais difíceis me ajudaram a me tornar quem sou hoje.

Agradeço a Deus por ser sempre presença constante em minha vida, me dando força e sabedoria para atravessar cada um dos desafios lançados no meu caminho. Agradeço por ter me dado o dom da vida e me apresentado uma família e amigos maravilhosos.

Agradeço aos meus pais, Risoneide e Mário, que, com muito carinho e apoio, não mediram esforços para que eu chegasse até esta etapa de minha vida. Em especial a minha mãe, por toda a força que teve para superar os momentos difíceis e proporcionar a mim e aos meus irmãos a educação que precisamos para nos tornar pessoas de bem.

Agradeço ao meu namorado, Niédson, por todo o companheirismo, força e palavras positivas que me ajudaram a nunca desistir e continuar sempre em busca dos meus objetivos, dando sempre o melhor de mim.

Agradeço aos meus amigos e demais familiares pelo apoio, amizade, compreensão, confiança e amor que souberam me transmitir.

Agradeço ao professor Leonardo Batista, meu orientador, pela paciência que teve comigo e pela sua generosidade em partilhar seus conhecimentos. Agradeço pela oportunidade de desenvolver esse trabalho e por todos os conselhos e ajuda que tive durante o curso.

Por fim agradeço aos demais professores com quem tive a honra de conviver, aos meus colegas de turma e as demais pessoas que, direta ou indiretamente, contribuíram para a conclusão dessa etapa na minha vida e para me tornar a pessoa que sou hoje.

"Nas grandes batalhas da vida, o primeiro passo para a vitória é o desejo de vencer."

Mahatma Gandhi

RESUMO

Ao disponibilizar um serviço que exija controle de acesso, as organizações se deparam com o problema de estabelecer uma associação entre um indivíduo e uma identidade. Atualmente, serviços Web de autenticação baseados em políticas de senha, mecanismos de criptografia de dados e assinaturas digitais são massivamente utilizados. Entretanto, tais métodos ainda apresentam vulnerabilidades que resultam em alta taxa de verificação falsa mesmo em sistemas mais modernos. A fim de elevar o grau de segurança em sistemas de informação, está sendo desenvolvido o projeto BioPass, que prevê a utilização da autenticação multifator e multibiométrica associada a segurança ativa. O objetivo desse trabalho é pesquisar e desenvolver um subsistema do BioPass, denominado HandPass, voltado para o reconhecimento biométrico por intermédio da análise da geometria da mão. O HandPass deve primar pela ampla funcionalidade, levada a efeito através de soluções inovadoras e uma arquitetura de software aberta e reconfigurável. Devido à falta de bancos de imagens de mãos adequados disponíveis, foi necessária, para a realização da pesquisa, primeiramente a construção de um dispositivo de captura para em seguida dar início a confecção de um banco de dados da geometria da mão. Em seguida, todas as imagens obtidas passaram por uma fase de pré-processamento, onde foram segmentadas para serem comparadas através do algoritmo FullCSS. Após a realização dos primeiros testes, observou-se que a posição dos dedos e do pulso nas diferentes imagens da mão de uma mesma pessoa diminui o seu coeficiente de correlação. Para solucionar tal problema, foi removido o pulso das imagens e desenvolvido um algoritmo que localiza os picos e vales dos dedos das mãos, para que através de um *warping*, todos os dedos fossem colocados em uma posição única, melhorando os resultados das comparações. Como trabalhos futuros estão previstos o aumento da quantidade de imagens no banco de dados, com a realização de mais testes e adaptações, e a integração a outro subsistema do BioPass, este agora voltado a reconhecimento biométrico da impressão palmar.

Palavras-chave: Biometria, Geometria da Mão, Autenticação de usuários

ABSTRACT

While providing services that require access control configuration, companies are facing problems to establish an association between an individual and an identity. Recently, Web services for authentication based on politics of password, data cryptograph's mechanism and digital signature are excessively operated. However, these methods still show vulnerabilities that result in a high rate of false verification, even in modern systems. In order to upgrade the level of information system security, the BioPass project is being developed. The BioPass predicts the utilization of multifactor authentication and multibiometrics related to active security. The goal of this project is to search and develop a subsystem of BioPass called HandPass that focuses on biometric recognition using hand geometric analysis. The HandPass excel for the huge functionality that put effect through innovative solutions and software architecture, which is open and reconfigurable. Due the lack of appropriated hand image bases, the research required, firstly, constructing a capture device, and secondly, starting to make a database for images of hands. Subsequently, all the acquired images have passed for a phase of preprocessing where they were segmented for being compared by the FullCSS algorithm. After the first tests have been processed, it was observed that the finger and wrist positions in different hand images of the same person decrease its correlation coefficient. In order to solve this problem, the wrist was removed from the images and an algorithm was developed for searching picks and valleys on fingers, and consequently, through a Warping, all the fingers could be placed in a single position improving the results of comparisons. To further projects, it is expected the increasing of images in databases with achieving more tests and adjusts that have been needed and the integration to other subsystem of BioPass focused on biometric recognition of the palm printing.

Keywords: Biometry, Hand Geometry, User Authentication

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Posição de alguns sistemas biométricos em um gráfico de segurança versus conveniência. Fonte: Kulp e Braskamp (2012).	16
Figura 2 - Dispositivo de captura guiado por pinos. Fonte: Subcommittee on Biometrics of National Science and Technology Council (2007).	17
Figura 3 - a) Imagem com uma mão; (b) Imagem com uma mão segmentada e binarizada.	25
Figura 4 - a) Imagem P destacando o pixel $P_{i,j}$ e os pixels que o circundam b) Vetor ordenado com o valor do pixel $P_{i,j}$ e dos pixels que o circundam para encontrar o novo valor de $Q_{i,j}$, nesse caso V5. Fonte: Filho (2013).	25
Figura 5 - a) Imagem original com ruído; b) Imagem após o tratamento com o filtro da mediana. Fonte: Filho (2013).	26
Figura 6 - Imagem binária e o respectivo contorno. (a) imagem com um objeto; (b) o contorno fechado do objeto presente na imagem a. Fonte: Lordão (2009)	26
Figura 7 - Evolução de um contorno durante o processamento CSS.(a) o contorno original; (b) $\sigma=2$; (c) $\sigma=4$; (d) $\sigma=8$; (e) $\sigma=16$; (f) $\sigma=32$; (g) $\sigma=64$. Fonte: Lordão (2009)	27
Figura 8 - Imagem do descritor CSS da imagem anterior. Fonte: Lordão (2009).	27
Figura 9 - Imagem binária de um sino e seu descritor FullCSS. (a) imagem de um sino; (b) imagem do descritor FullCSS calculado sobre a. Fonte: Lordão (2009).	28
Figura 10 - Exemplo de mapeamento de um ponto da imagem inicial noutra na imagem de destino usando uma função de mapeamento. Fonte: Rodrigues <i>et al</i> (2005).	29
Figura 11 - Primeiro dispositivo de captura utilizado. A) Visão Interna; B) Visão de topo.	31
Figura 12 - Negatoscópio utilizado na confecção do banco e as duas câmeras testadas para capturar as imagens.	32
Figura 13 - A) Dispositivo de captura composto por negatoscópio, caixa em MDF e câmera fotográfica. B) Detalhe da câmera posicionada na caixa.	32
Figura 14 - Voluntário tendo sua mão fotografada pelo dispositivo e visualizando através do computador a posição em que ela se encontra.	33
Figura 15 - A) Tela exibida ao usuário durante o processo de obtenção das imagens. É pedido ao participante que posicione a linha de início da sua mão na linha de início do retângulo. B) Tela exibida com a mão do participante posicionada conforme pedido. A linha vermelha indica a linha de início de sua mão.	34
Figura 16 - A) Imagem inicial obtida do negatoscópio. B) Imagem original da mão capturada no dispositivo. C) Imagem resultante da diferença das duas anteriores. D) Imagem após a aplicação do limiar. E) Imagem após a aplicação da mediana. Nessa imagem não foi necessária nenhuma manipulação manual. F) Imagem após remoção do pulso.	36
Figura 17 - A) Imagem original. B) Imagem após a diferença e aplicação do limiar. C) Imagem após a aplicação da mediana. D) Imagem após tratamento manual e remoção do pulso.	37
Figura 18 - A) Mão após a segmentação na posição original. B) Mão após o flip vertical.	38
Figura 19 - A figura apresenta três pontos na imagem, destacados em vermelho, e a distância entre p pontos antes e p pontos após ele, representada pela seta preta. Pode-se observar que as distâncias referentes aos pontos de pico e vale dos dedos são menores que a distância calculada para qualquer outro ponto do contorno.	39

Figura 20 - Gráfico das distâncias calculadas em uma mão. Os pontos numerados referem-se aos 4 vales entre os dedos e às 5 pontas dos dedos. O ponto 1 se repete visto que o contorno da mão é uma curva fechada. A linha vermelha representa a distância média calculada para esta mão.	40
Figura 21 - É possível perceber que o valor da coluna cresce a medida que se caminha no contorno para frente e para trás do ponto de pico de um dedo e decresce a medida que se caminha para frente e para trás do ponto de vale entre dedos.	41
Figura 22 - Imagem do contorno de uma mão utilizada para auxílio na explicação da técnica para localização das pontas e vales dos dedos. As setas indicam o sentido em que o contorno é percorrido.	42
Figura 23 - Imagem do contorno de uma mão após a identificação dos seus picos, vales e início do dedo mindinho e término do polegar. A imagem apresenta os vetores originais dos dedos. Imagem em negativo para facilitar a visualização.	44
Figura 24 - Imagem original da mão de três pessoas e ao lado de cada uma, sua respectiva imagem pré-processada e segmentada.	46
Figura 25 - Mãos segmentadas de três pessoas diferentes e ao lado de cada, seu respectivo contorno com os pontos de picos, vales e início do dedo mindinho e término do polegar detectados. Imagem em negativo para facilitar a visualização.	47
Figura 26 - Contorno de uma mão antes do Warping (A) e após o Warping (B). Imagem em negativo para facilitar a visualização.	48
Figura 27 - Imagem de uma mão e de seu respectivo FullCSS. Os números fazem uma relação entre os pontos na imagem e os pontos no FullCSS.	49

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CSS *Curvature Scale Space*

FullCSS *Full Curvature Scale Space*

MDF *Medium Density Fiberboard - Fibra de Média Densidade*

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 - Correlação normalizada.....	29
---	----

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	15
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO.....	19
1.2 MOTIVAÇÃO	20
1.3 OBJETIVOS	21
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	22
FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	23
2.1 BIOMETRIA	23
2.2 BIOMETRIA POR GEOMETRIA DA MÃO.....	23
2.3 BINARIZAÇÃO E SEGMENTAÇÃO DE UMA IMAGEM DA MÃO	24
2.4 MEDIANA.....	25
2.5 CONTORNO	26
2.6 FULL CURVATURE SCALE SPACE (FULLCSS)	26
2.7 MORPHING E WARPING	28
2.8 CORRELAÇÃO NORMALIZADA	29
MATERIAIS E MÉTODOS	30
3.1 DISPOSITIVO DE CAPTURA E BANCO DE DADOS DE IMAGENS DA GEOMETRIA DA MÃO.....	30
3.2 MÉTODOS DE PRÉ-PROCESSAMENTO E SEGMENTAÇÃO DA MÃO.....	35
3.3 MÉTODOS DE EXTRAÇÃO DO CONTORNO DA MÃO	37
3.4 MÉTODO DE SEGMENTAÇÃO DOS ELEMENTOS CONSTITUINTES DA MÃO.....	39
3.5 MÉTODO DE RECONHECIMENTO BASEADO EM GEOMETRIA DA MÃO.....	43
TESTES E RESULTADOS	45
DISCUSSÕES E CONCLUSÕES.....	50
REFERÊNCIAS.....	52

CAPÍTULO

1

INTRODUÇÃO

As características físicas de uma pessoa são usadas há milhares de anos para seu reconhecimento. Com o passar dos anos surgiu a necessidade de usar essas características para identificação criminal e mais a frente para sistemas de controle de acesso. Segundo Jain *et al.* (2004), foi Alphonse Bertillon, chefe da divisão de identificação criminal do departamento de polícia de Paris que desenvolveu e colocou em prática a ideia de usar as medidas do corpo humano para identificar criminosos ainda em meados do século 19. Foi no final do século 19 que foi descoberta a distinção das impressões digitais humanas, o que permitiu a criação de um banco de dados das impressões digitais de criminosos, para sua futura identificação em cenas de crimes.

Atualmente a biometria continua sendo utilizada na identificação de criminosos, mas seu uso não se restringe a essa área. Observamos seu uso também no reconhecimento de pessoas para uso em diversas aplicações civis, especialmente para controle de acesso.

“Um sistema biométrico é essencialmente um sistema de reconhecimento de padrões que opera através da aquisição de dados biométricos de um indivíduo, extraindo um conjunto de características a partir dos dados adquiridos, e comparando esse conjunto de características com o conjunto modelo no banco de dados” (Jain *et al.*, 2004). Para que uma característica humana, seja ela fisiológica ou comportamental, seja considerada uma característica biométrica, ela deve satisfazer a alguns requisitos: A característica deve ser universal, ou seja, todas as pessoas devem possuí-la, salvo exceções de deficientes, por exemplo; deve haver distinção entre essa característica em pessoas diferentes; a característica deve ser suficientemente invariante durante um período de tempo e deve poder ser medida quantitativamente. Para uso dessas características para fim de reconhecimento biométrico, entretanto, mais alguns critérios devem ser atendidos: o processo de identificação através dessa característica deve possuir um desempenho aceitável, no que diz respeito à precisão e velocidade; é preciso saber até que ponto as pessoas aceitam determinado identificador

biométrico em suas vidas, disponibilizando determinada característica sua para identificação; é preciso observar também o quão fácil é enganar o sistema com técnicas fraudulentas, ainda segundo Jain *et al.* (2004).

São diversos os tipos de sistemas biométricos existentes. A Figura 1 apresenta um gráfico de comparação de alguns desses tipos, considerando segurança versus conveniência.

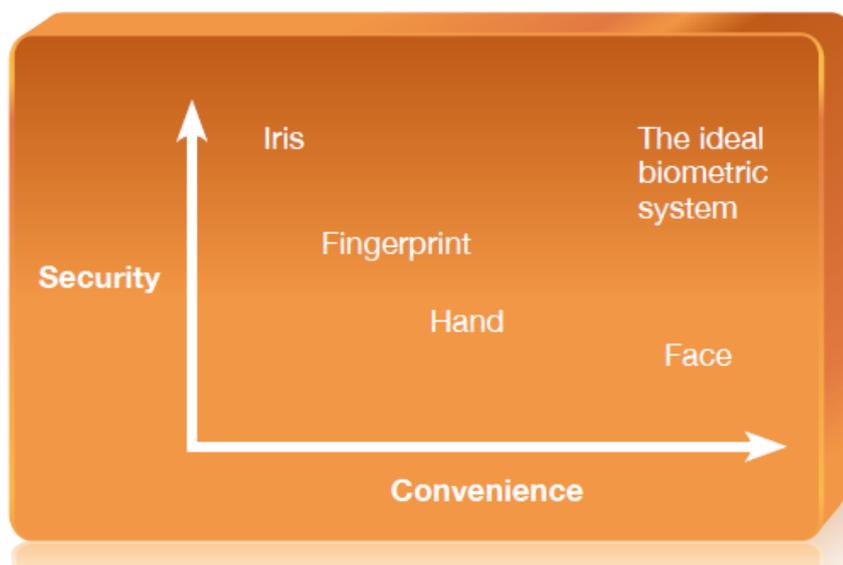


Figura 1 - Posição de alguns sistemas biométricos em um gráfico de segurança versus conveniência. Fonte: Kulp e Braskamp (2012).

Está em desenvolvimento, atualmente, o projeto BioPass, que tem como objetivo geral a pesquisa e desenvolvimento de uma solução inovadora de segurança da informação, baseada em software próprio e hardware de terceiros, que seja móvel e funcione exclusivamente na presença do proprietário, garantindo a irrefutabilidade das transações deste, realizadas via Internet ou outras redes. O BioPass é um sistema de autenticação multifator associada a multibiometria, portanto, possui diversos componentes, onde cada um se baseia em um tipo de sistema biométrico.

Esse trabalho foca na pesquisa e desenvolvimento do HandPass, um dos componentes do BioPass, que utiliza o sistema biométrico baseado em geometria da mão.

“Sistemas de reconhecimento pela geometria da mão são baseados nas medições feitas a partir da mão humana, incluindo sua forma, tamanho da palma da mão, comprimentos e larguras dos dedos” (Jain *et al.*, 2004).

A técnica utilizada no reconhecimento por geometria da mão é simples, relativamente

fácil de usar e barata, o que fez com que sistemas comerciais de verificação baseados na geometria da mão fossem instalados em centenas de locais em todo o mundo.

Segundo Kanhangad *et al.* (2009) “Sistemas biométricos baseados na geometria da mão exploram características na mão humana para realizar a verificação da identidade.” Além disso, afirma que, apesar deste tipo de sistema ter ganhado imensa popularidade e aceitação do público, raramente é utilizado para aplicações que exigem realização de reconhecimento de identidade de um banco de dados de larga escala, devido ao limitado poder discriminatório das características da geometria da mão. Uma dificuldade existente na utilização desse tipo de sistema, apontada por Kanhangad *et al.* (2009), consiste no fato dos usuários, na maioria das aplicações, precisar colocar sua mão em uma superfície plana equipada com pinos na tentativa de obter imagens da mão em uma posição fixa, como ilustrado na Figura 2. Essa forma de obtenção da imagem da mão facilita a extração das características e resulta em maiores taxas de acerto, entretanto idosos, pessoas com artrite ou com outras condições limitadoras, podem ter dificuldades em posicionar sua mão na superfície guiada por pinos.



Figura 2 - Dispositivo de captura guiado por pinos. Fonte: Subcommittee on Biometrics of National Science and Technology Council (2007).

Apesar do limitado poder discriminatório, esse método ainda assim é interessante de ser utilizado por possuir uma alta aceitação dos usuários, que o consideram menos invasivo do que um sistema biométrico baseado no reconhecimento pela íris, por exemplo. Além disso, é possível que com uma maior dedicação a estudos nessa área essas limitações sejam superadas ou minimizadas.

Para a realização desse trabalho se fez necessária a confecção de um banco de dados

de imagens de mãos para a realização de testes, devida a indisponibilidade de tais bancos na internet. Para a confecção do banco, foi preciso construir um dispositivo de captura adequado ao propósito e que capturasse imagens em uma qualidade aceitável aos próximos passos da pesquisa. Depois de testes com outros dispositivos de captura, chegou-se a conclusão de que o melhor dispositivo seria um negatoscópio associado a uma caixa de MDF que o isolasse da iluminação externa.

Com o dispositivo construído, deu-se início à captura das imagens e confecção do banco de dados. Após capturadas, as imagens foram pré-processadas, obtendo-se uma imagem binarizada, apenas em tons de branco e preto, segmentou-se a mão do restante da imagem, para que fosse possível a extração de seu contorno.

Com o contorno da mão extraído, foi gerado o seu FullCSS. Segundo Lordão (2009),

O descritor Curvature Scale Space (CSS) foi proposto por Mokhtarian e Mackworth [1986] e tem por objetivo representar a forma desenhada pelo contorno de um objeto através do registro dos locais onde este contorno muda de côncavo para convexo e vice-versa. Este registro é feito em níveis progressivos de suavização do contorno, o que significa, em outras palavras, que o descritor registra essas mudanças em diversas etapas, sendo que em cada etapa o contorno do objeto é progressivamente suavizado diminuindo a intensidade das variações de curvatura até o limite em que o contorno se torna totalmente convexo. [...] O descritor Full Curvature Scale Space (FullCSS) é, de fato, uma modificação do descritor CSS proposta por Poel *et al.* [2005]. A proposta do FullCSS é registrar todas as informações de variações na curvatura do contorno identificando o grau e o sinal da variação, ao invés de registrar apenas os cruzamentos por zero que indicam onde a curvatura alterna de côncava para convexa ou vice-versa.

O FullCSS foi o método de reconhecimento escolhido por ter apresentado taxas de acerto adequadas em outras aplicações nas quais foi testado. Essa tecnologia foi desenvolvida na Universidade Federal da Paraíba, por outro integrante do grupo de pesquisa, e está sendo usada pela primeira vez em uma aplicação para reconhecimento biométrico baseado na geometria da mão.

Após a obtenção do FullCSS da mão recém capturada, é feita a comparação, através do coeficiente de correlação entre esse FullCSS e os demais já cadastrados no banco, duas a duas. O coeficiente de correlação medirá quão semelhantes são duas imagens. É retornada a informação do indivíduo com a mão mais semelhante a esta, e a partir daí é determinada a sua

identidade.

Após a realização de testes iniciais, verificou-se que a posição dos dedos e do pulso nas diferentes imagens de mão de uma mesma pessoa gera diferenças em seu FullCSS, ocasionando em baixos coeficientes de correlação ao compará-las. Esse problema é gerado pela ausência de pinos para fixar a mão. Na tentativa de minimizá-lo foi necessário, primeiramente, remover os pulsos das imagens e em seguida, através do desenvolvimento de um algoritmo para detecção das pontas e vales dos dedos da mão, realizar uma distorção geométrica para reposicionar os dedos em uma posição padrão, melhorando os resultados das comparações.

Neste capítulo serão apresentados (1.1) uma contextualização do tema; (1.2) uma motivação para o desenvolvimento desse trabalho, apresentando o problema e as soluções propostas; (1.3) uma descrição dos objetivos gerais e específicos e (1.4) uma apresentação da estrutura deste trabalho.

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

Devido ao intenso processo de virtualização econômica pelo qual o mundo vem passando, os computadores vêm exercendo um papel importante na diminuição de dinheiro em papel-moeda circulando. Eles são responsáveis pela automatização de diversas funções organizacionais, dentre elas, funções bancárias de transferência de ativos. Todo esse processo faz surgir um problema referente à segurança das operações realizadas, no tocante a autenticação do usuário.

Ao disponibilizar um serviço que exija controle de acesso, as organizações se deparam com o problema de estabelecer uma associação entre um indivíduo e uma identidade. Atualmente, serviços Web de autenticação baseados em políticas de senha, mecanismos de criptografia de dados e assinaturas digitais são massivamente utilizados. A metodologia tradicional de autenticação baseada em senha permite que qualquer pessoa munida de um *login* e sua respectiva senha, tenha acesso a um serviço, independentemente de ser o usuário a quem o *login* e senha se destinam.

Há também serviços biométricos de identificação e autenticação de usuários, considerados, a princípio, mais seguros, por exigirem a apresentação de uma característica física única e, portanto, a presença do usuário ao menos no momento da autenticação. No

entanto, tais métodos também apresentam vulnerabilidades.

A fim de elevar o grau de segurança em sistemas de informação, o projeto BioPass prevê a utilização de autenticação multifator associada a multibiometria.

A combinação de *login* e senha consiste em um sistema de autenticação de apenas um fator, mas diversos outros fatores podem ser utilizados. Esses fatores podem ser algo que o usuário sabe ou conhece, como por exemplo a própria senha, uma frase de segurança ou um número de identificação pessoal. Podem também ser algo que o usuário possui, como um certificado digital, um cartão de códigos numéricos ou códigos enviados por telefone celular através de mensagens, ou podem ainda ser algo que o usuário é, utilizando nesse caso a biometria. Um sistema de autenticação multifator utiliza mais de um desses fatores para realizar a identificação de um indivíduo. Esse tipo de autenticação já pode ser observada em alguns sistemas de internet banking.

A multibiometria multimodal, por sua vez, consiste em integrar em um sistema de reconhecimento biométrico mais de uma característica biométrica, realizando a fusão das informações referentes ao reconhecimento baseado em cada uma delas.

Ainda assim, um usuário pode ser coagido a se autenticar para permitir um acesso indevido. Por esse motivo, pretende-se empregar também segurança ativa, definida como um método biométrico de segurança da informação que possui um processo de autenticação constante ou frequente durante toda a sessão transacional.

Mais especificamente, prevê-se a utilização de cartão e senha associada à multibiometria por reconhecimento de face, impressão digital, geometria da mão, impressão palmar e voz-locutor, com segurança ativa, e poderá ser usado por qualquer instituição que tenha a necessidade de garantir a irrefutabilidade das transações realizadas em nome de seus usuários.

Esse trabalho destina-se à pesquisa e desenvolvimento do HandPass, componente do BioPass voltado ao reconhecimento biométrico baseado em geometria da mão, portanto todas as pesquisas e esforços realizados durante o desenvolver desse trabalho referem-se a esse componente.

1.2 MOTIVAÇÃO

A utilização do sistema de reconhecimento baseado em geometria da mão possui duas dificuldades principais: o limitado poder discriminatório das características da geometria da mão e a necessidade da utilização de pinos no dispositivo de captura na tentativa de obter

imagens da mão em uma posição fixa.

Um dos objetivos desse trabalho é tentar tornar mais flexível o sistema de reconhecimento biométrico pela geometria da mão, permitindo que os dados dos indivíduos sejam colhidos mais livremente, sem a necessidade de pinos para guiar as mãos no momento da captura das fotos.

Pretende-se também, através desse estudo, determinar o quão eficiente é o método de reconhecimento FullCSS para o sistema de reconhecimento biométrico estudado. Pretende-se, com ele, obter melhores resultados na comparação das imagens do banco de geometria da mão.

Ao final do desenvolvimento desse sistema, será feita sua fusão ao sistema biométrico baseado na impressão palmar, que atualmente está em processo de desenvolvimento por outros integrantes do grupo de pesquisa, e assim será possível fazer a integração de ambos os sistemas ao BioPass.

1.3 OBJETIVOS

Esse trabalho tem por objetivo geral pesquisar e desenvolver um subsistema do BioPass, denominado HandPass, voltado para o reconhecimento biométrico por intermédio da análise da geometria da mão. O HandPass deve primar pela ampla funcionalidade, levada a efeito através de soluções inovadoras e uma arquitetura de software aberta e reconfigurável.

Os objetivos específicos são:

- Pesquisar, desenvolver, produzir e refinar protótipos do dispositivo de captura.
- Pesquisar e desenvolver métodos de pré-processamento e segmentação da mão.
- Pesquisar e desenvolver métodos de extração do contorno da mão.
- Pesquisar e desenvolver métodos de segmentação dos elementos constituintes da mão.
- Verificar a viabilidade da utilização do FullCSS como método de reconhecimento baseado em geometria da mão.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho será apresentado em cinco capítulos, a saber: Introdução, Fundamentação Teórica, Materiais e Métodos, Testes e Resultados e, por fim, Discussões e Conclusões.

Nesse primeiro capítulo foram apresentados uma contextualização do tema, uma motivação para o desenvolvimento do trabalho, o objetivo geral e os objetivos específicos e esta visão geral sobre a estrutura do trabalho.

O Capítulo 2, Fundamentação Teórica, apresenta uma revisão de conceitos e definições relacionados ao tema necessários para o seu correto entendimento.

No Capítulo 3, Materiais e Métodos, serão apresentadas as ferramentas desenvolvidas e as técnicas utilizadas durante esse trabalho.

O Capítulo 4, por sua vez, apresenta os Testes e Resultados obtidos através da aplicação dos itens apresentados no Capítulo 3.

E por fim, no Capítulo 5, serão apresentadas as Discussões e Conclusões obtidas a partir dos resultados apresentados no Capítulo 4. Serão também apresentadas propostas de melhorias do sistema para trabalhos futuros.

CAPÍTULO

2

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo são apresentados conceitos relacionados ao trabalho proposto dando o suporte necessário à sua correta compreensão.

2.1 BIOMETRIA

“O termo "biometria" está sendo usado para se referir ao campo emergente da tecnologia dedicada à identificação e verificação de indivíduos através da utilização de traços biológicos, como o escaneamento de retina ou da íris, impressões digitais, reconhecimento de face, geometria da mão ou geometria das linhas dos dedos.” (Md. Arafatur *et al.*, 2008).

Os sistemas biométricos tem inúmeras utilidades, entre elas a melhora na segurança de diversos locais, prevenção do roubo de identidade, identificação e verificação de indivíduos e proteção de ativos nacionais e organizacionais, além de autenticação para utilização de aplicativos, destaca também Md. Arafatur *et al.* (2008).

2.2 BIOMETRIA POR GEOMETRIA DA MÃO

Biometria por geometria da mão consiste basicamente em utilizar as medidas da mão do usuário para realizar a sua identificação.

Singh *et al.* (2009) comenta que não existe um sistema biométrico mais eficiente. Cada tipo de sistema possui características específicas que o tornam mais apropriados para determinadas situações. Uma das características mais importantes de serem observadas é a aceitação do usuário. Em um sistema de controle de acesso de um dormitório, por exemplo, os usuários podem não aceitar a utilização da sua impressão digital ou íris para identificação, por

querer proteger sua privacidade. Em sistemas como esse, é desejável que a característica biométrica utilizada seja somente distinta o suficiente para verificação, mas não para identificação. Como a informação da geometria da mão não é tão distinta a ponto de reconhecer um indivíduo com a mesma certeza que a impressão digital, por exemplo, esse tipo de sistema seria uma alternativa adequada nesse caso. Além disso, o sistema biométrico baseado na geometria da mão possui várias vantagens, sendo uma delas a facilidade de integração com outros sistemas de reconhecimento, como o da impressão digital e impressão palmar, por exemplo.

Singh *et al.* (2009) também cita algumas vantagens e desvantagens da biometria por geometria da mão. Como vantagens tem-se, por exemplo, a verificação de desempenho, que atende aos objetivos, é adequado para aplicações de segurança média e baixa, possui facilidade de integração e aceitação razoavelmente alta entre os usuários, funciona em ambientes desafiadores.

Como desvantagens tem-se o grande tamanho do dispositivo de captura, a sua utilização limitada em sistemas de verificação, condições de temperatura, tempo e fatores médicos, tais como a gravidez ou determinado medicamento, podem afetar o tamanho da mão e o tamanho e a geometria da mão sofrem mudanças naturalmente ao longo do tempo, principalmente entre os muito jovens e muito velhos.

Md. Arafatur *et al.* (2008) também comenta algumas das desvantagens desse tipo de sistema de reconhecimento biométrico. Ele observa a existência de problemas críticos nos sistemas avaliados, como a necessidade de extrair um grande número de características, como comprimento, largura e altura de diversos dedos. Além disso, se os usuários pressionarem o dispositivo, as características extraídas podem ser alteradas, fornecendo dados errados. Outro problema é que a eficácia desses sistemas não é muito elevada.

2.3 BINARIZAÇÃO E SEGMENTAÇÃO DE UMA IMAGEM DA MÃO

Com o intuito de facilitar a extração das características da geometria da mão, se fez necessário separar o objeto de interesse na imagem, nesse caso a mão, do fundo da imagem, à esse processo dá-se o nome de segmentação. Por apresentar esta representação em duas cores, ou seja, dois níveis de intensidade (0 ou 1), um para a mão em si e outro para o fundo da imagem, dá-se o nome à imagem resultante desse processo de binarizada.

A Figura 3 mostra o exemplo de uma imagem de mão binarizada.

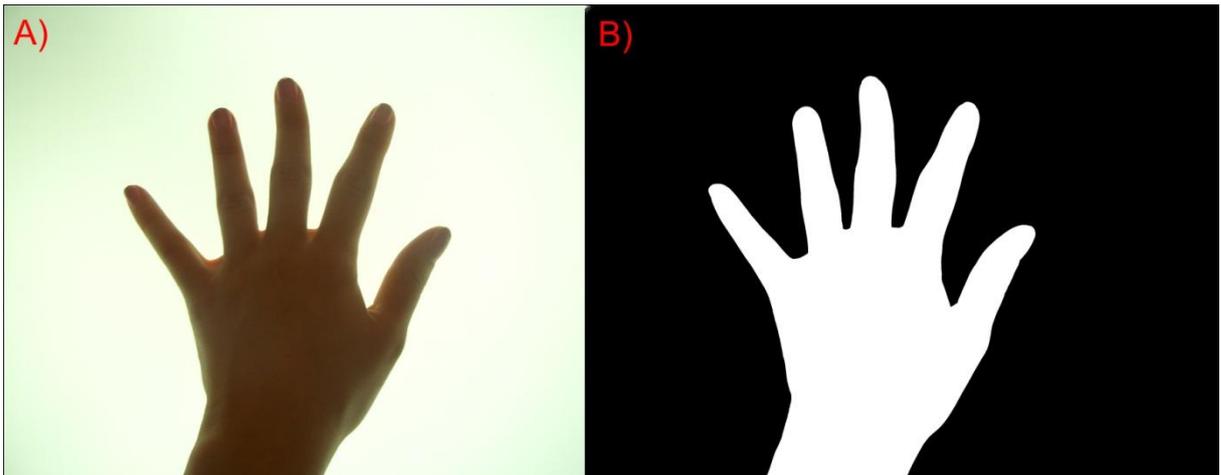


Figura 3 - a) Imagem com uma mão; (b) Imagem com uma mão segmentada e binarizada.

2.4 MEDIANA

Segundo Filho (2013), o filtro da mediana é utilizado para reduzir o ruído em imagens digitais, melhorando sua qualidade. A Figura 4 ilustra a aplicação desse filtro, onde a partir de uma imagem P , cada pixel Q_{ij} da nova imagem Q , referente ao pixel P_{ij} da imagem original, é calculado em função de P_{ij} e seus vizinhos, onde o valor do pixel Q_{ij} será definido pela mediana dos valores dos pontos vizinhos à P_{ij} . A mediana é o valor médio dos pontos e é obtido ao ordenar tais pontos em um vetor e tomar o valor do ponto que está na posição central.

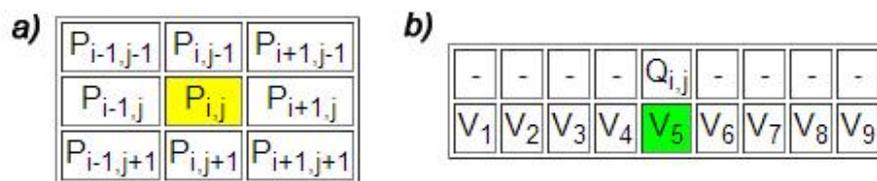


Figura 4 - a) Imagem P destacando o pixel $P_{i,j}$ e os pixels que o circundam b) Vetor ordenado com o valor do pixel $P_{i,j}$ e dos pixels que o circundam para encontrar o novo valor de $Q_{i,j}$, nesse caso V_5 . Fonte: Filho (2013).

A Figura 5 representa uma imagem com ruído e a mesma imagem após ser tratada com o filtro da mediana.



Figura 5 - a) Imagem original com ruído; b) Imagem após o tratamento com o filtro da mediana. Fonte: Filho (2013).

2.5 CONTORNO

Lordão (2009) define contorno como sendo “a curva ou linha formada pelos pixels que compõem o objeto e que fazem limite com o fundo da cena, ou seja, os pixels que estão na borda do objeto representado”. A Figura 6 mostra um exemplo de contorno de uma imagem binarizada.

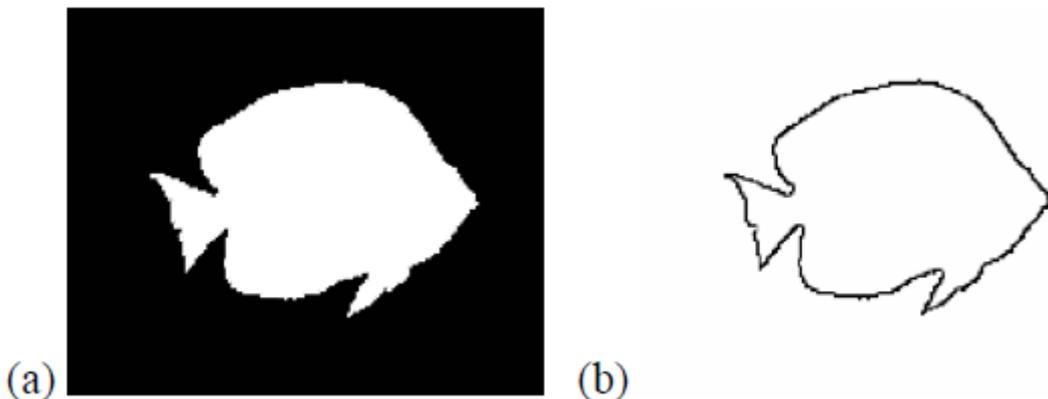


Figura 6 - Imagem binária e o respectivo contorno. (a) imagem com um objeto; (b) o contorno fechado do objeto presente na imagem a. Fonte: Lordão (2009)

2.6 FULL CURVATURE SCALE SPACE (FULLCSS)

“O descritor Full Curvature Scale Space (FullCSS) é, de fato, uma modificação do

descritores CSS propostos por Poel *et al.*” (Lordão, 2009).

Segundo Lordão (2009), o descritor Curvature Scale Space (CSS) representa a forma desenhada pelo contorno de um objeto através do registro dos locais onde este contorno muda de côncavo para convexo e vice-versa. São aplicados à imagem níveis progressivos de suavização do contorno, e em cada um desses níveis é feito o registro das mudanças de concavidade. A medida que os níveis de suavização são aplicados, o contorno é progressivamente suavizado, diminuindo, assim, a intensidade das variações de curvatura, até que no último nível de suavização o contorno se torna totalmente convexo.

A Figura 7 apresenta a evolução de um contorno durante o processamento CSS e a Figura 8 representa a imagem CSS resultante desse processo.

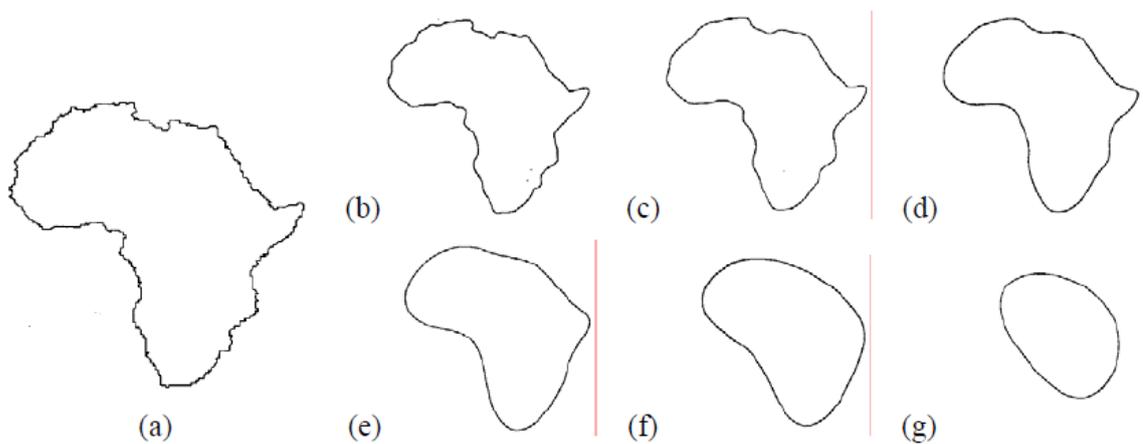


Figura 7 - Evolução de um contorno durante o processamento CSS.(a) o contorno original; (b) $\sigma=2$; (c) $\sigma=4$; (d) $\sigma=8$; (e) $\sigma=16$; (f) $\sigma=32$; (g) $\sigma=64$. Fonte: Lordão (2009)

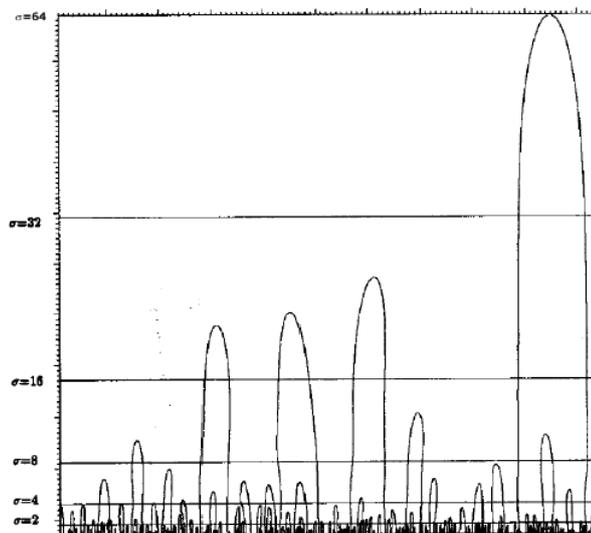


Figura 8 - Imagem do descritor CSS da imagem anterior. Fonte: Lordão (2009).

O descritor FullCSS, por sua vez, é uma modificação do descritor CSS que visa registrar todas as informações de variações na curvatura do contorno identificando o grau e o sinal da variação, ao invés de registrar apenas onde a curvatura alterna de côncava para convexa ou vice-versa, ainda segundo Lordão (2009).

A Figura 9 apresenta uma imagem de um objeto e seu respectivo descritor FullCSS.

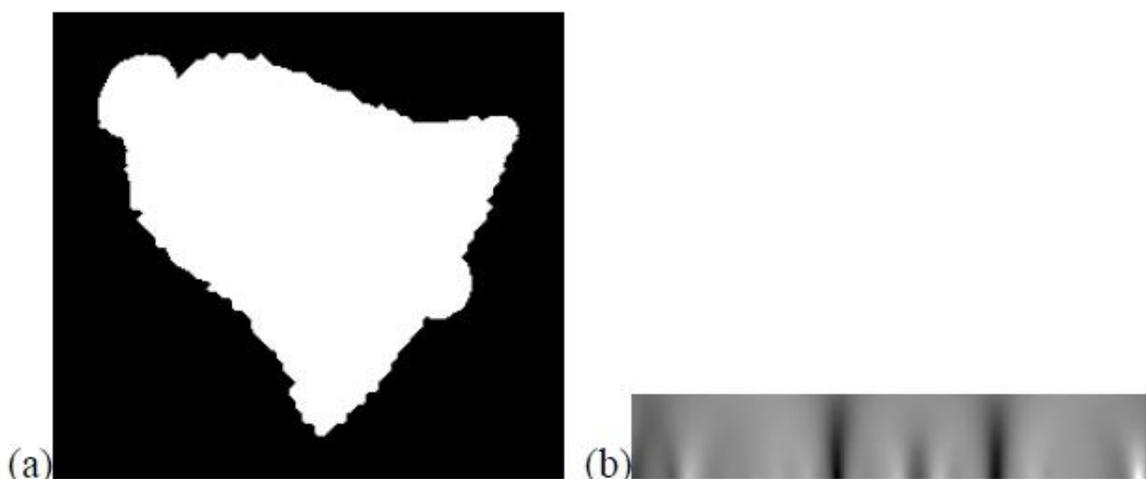


Figura 9 - Imagem binária de um sino e seu descritor FullCSS. (a) imagem de um sino; (b) imagem do descritor FullCSS calculado sobre a. Fonte: Lordão (2009).

2.7 MORPHING E WARPING

O *morphing* é uma técnica de processamento de imagem usada para fazer metamorfoses de uma imagem para outra.

Através desse processo podemos, a partir de uma imagem, aplicar uma combinação de técnicas para ter uma imagem diferente. O *morphing* é bastante utilizado para efeitos visuais na indústria do entretenimento.

Segundo Rodrigues *et al.* (2005), “a ideia por trás deste processo é ter uma sequência de imagens intermédias que quando juntas com as imagens originais representam as mudanças duma imagem para outra.”

Existem várias técnicas de *morphing*, sendo o *warping*, ou distorção a escolhido para esse trabalho.

“O *warping* consiste basicamente em mapear um ponto da imagem inicial noutra na imagem de destino usando uma função de mapeamento.” (Rodrigues *et al.*, 2005). Esse

processo é apresentado graficamente na Figura 10.

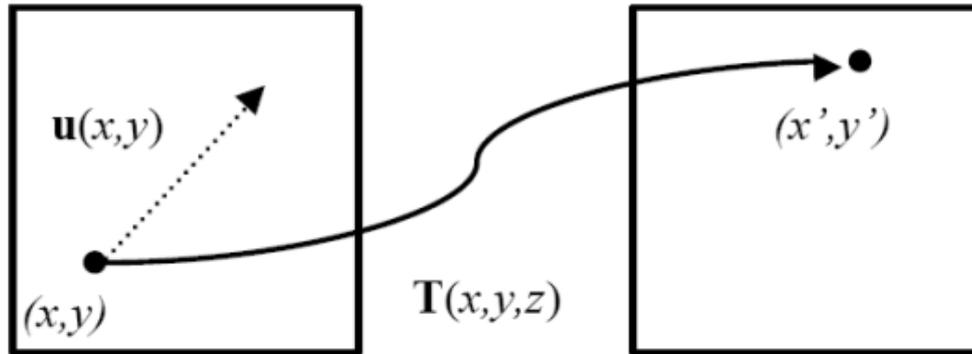


Figura 10 - Exemplo de mapeamento de um ponto da imagem inicial noutra na imagem de destino usando uma função de mapeamento. Fonte: Rodrigues *et al* (2005).

2.8 CORRELAÇÃO NORMALIZADA

No processamento digital de imagens, a correlação é um processo que indica o grau de interrelação entre duas imagens, sendo normalmente utilizado na comparação de imagens. Na correlação normalizada, esse grau varia entre $[-1, 1]$, onde 1 é o grau máximo de semelhança.

A correlação normalizada é representada pela Equação 1:

$$C(i, j) = \frac{\sum_{l=0}^{k-1} \sum_{m=0}^{L-1} (W_z(l, m) - \mu_w)(S_{i,j}(l, m) - \mu_s)}{\sqrt{\sum_{l=0}^{k-1} \sum_{m=0}^{L-1} (W_z(l, m) - \mu_w)^2 \sum_{l=0}^{k-1} \sum_{m=0}^{L-1} (S_{i,j}(l, m) - \mu_s)^2}}$$

Equação 1 - Correlação normalizada

Onde:

$C(i, j)$: coeficiente de correlação em escala absoluta $[-1, 1]$;

W_z : janela de referência; e μ_w : média da janela de referência;

$S_{i,j}$: janela de ajuste; e μ_s : média da janela de ajuste;

l e m : linha e coluna, respectivamente, do ponto de controle na imagem referência;

k e L : número de linhas e colunas, respectivamente, da janela.

CAPÍTULO

3

MATERIAIS E MÉTODOS

O presente capítulo detalha a proposta implementada neste trabalho, que consiste na pesquisa e desenvolvimento de um sistema de reconhecimento biométrico baseado na geometria da mão, utilizando como método de reconhecimento o Full Curvature Scale Space (FullCSS). Foi definido que MATLAB seria a linguagem de programação utilizada no desenvolvimento do projeto, devido à utilização de códigos para reconhecimento da geometria da mão previamente desenvolvidos nessa linguagem.

As seções seguintes estão divididas de maneira a mostrar as etapas realizadas e técnicas utilizadas nesse trabalho.

3.1 DISPOSITIVO DE CAPTURA E BANCO DE DADOS DE IMAGENS DA GEOMETRIA DA MÃO

Foi observada a inexistência de um banco de dados de imagens que atendesse às necessidades do projeto, tornando necessária a confecção deste banco. Para isso foi necessária a construção de um dispositivo de captura. O primeiro dispositivo construído consistia de uma caixa de papelão, coberta internamente por papel alumínio, com quatro lâmpadas distribuídas em seu interior, conforme mostrado na Figura 11. Em cima da caixa foram colocadas duas superfícies de acrílico com folhas de papel entre elas para distribuir a luz de maneira uniforme.

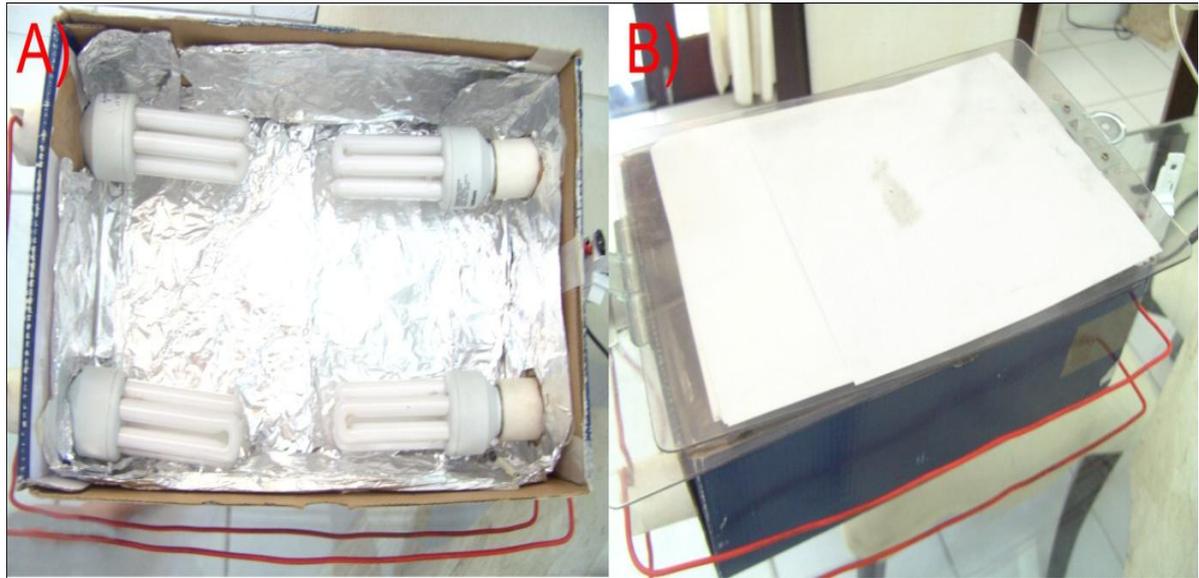


Figura 11 - Primeiro dispositivo de captura utilizado. A)Visão Interna; B) Visão de topo.

Após a obtenção de algumas imagens para testes com esse dispositivo, observou-se que a luz não estava sendo distribuída de maneira uniforme, o que dificultava o processo de pré-processamento e segmentação da imagem.

Na procura por um dispositivo que distribísse a luz uniformemente foi testado o negatoscópio, aparelho dotado de iluminação especial para perfeita observação dos negativos ou chapas radiográficas.

Imagens para testes foram obtidas através dele e constatou-se uma distribuição de luz adequada para a confecção do banco, mas para haver um contrastaste maior entre a superfície do negatoscópio e a mão sobre ele seria necessário isolá-lo da iluminação externa. Para isso foi confeccionada uma caixa de MDF com duas aberturas: uma para colocação da mão e outra, no topo da caixa, para colocação da câmera, que capturava as imagens. Na Figura 12 é apresentado o negatoscópio com as duas câmeras testadas para obtenção das fotos. Na Figura 13, por sua vez, é apresentado o dispositivo final, composto pelo negatoscópio, a caixa em MDF e a câmera escolhida.



Figura 12 - Negatoscópio utilizado na confecção do banco e as duas câmeras testadas para capturar as imagens.

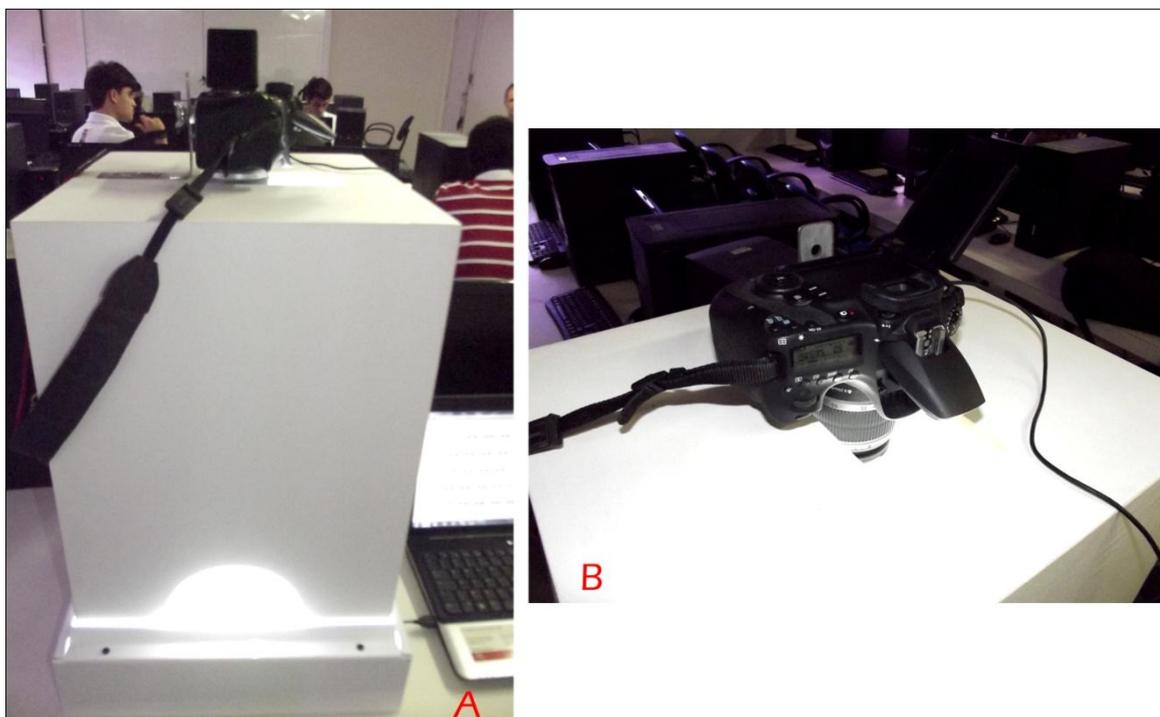


Figura 13 - A) Dispositivo de captura composto por negatoscópio, caixa em MDF e câmera fotográfica. B) Detalhe da câmera posicionada na caixa.

Com o dispositivo de captura definido, foi dado início à construção do banco de dados das imagens da geometria da mão, utilizando uma câmera Canon DSLR D60, com objetiva zoom 15-55mm com estabilização de imagens. Participaram da confecção do banco 17 pessoas, cada uma contribuindo com oito imagens de sua mão direita, totalizando 136 imagens. As imagens obtidas possuem dimensão de 5184 x 3456 pixels.

A câmera utilizada na pesquisa possui um aplicativo que permite que, conectada à um computador através de um cabo USB, seja possível ver em tempo real o que a câmera está captando e fotografar através do computador, tornando desnecessário tocar na câmera, o que poderia deslocá-la de sua posição. A Figura 14 mostra o dispositivo conectado ao computador, onde podemos ver a mão inserida no dispositivo através da tela.



Figura 14 - Voluntário tendo sua mão fotografada pelo dispositivo e visualizando através do computador a posição em que ela se encontra.

Na versão inicial do banco foi permitido que os participantes posicionassem sua mão e mantivessem uma abertura dos dedos de forma completamente livre. Entretanto verificou-se que desta maneira o processo de remoção do pulso e segmentação da mão seria dificultado,

pois algumas pessoas colocaram a mão muito próxima ao início do negatoscópio, enquanto outras posicionaram mais próximo ao meio ou fim do negatoscópio. Com o intuito de tornar o pré-processamento mais rápido e eficaz, foi feita uma nova versão do banco, onde dessa vez foi solicitado que o início da mão fosse posicionado no início da linha que aparecia na tela do computador. Dessa forma ficaria mais simples localizar a divisão entre mão e pulso, e evitaria grandes variações da posição da mão, sem necessitar da colocação de pinos. Esse processo é detalhado na Figura 15.

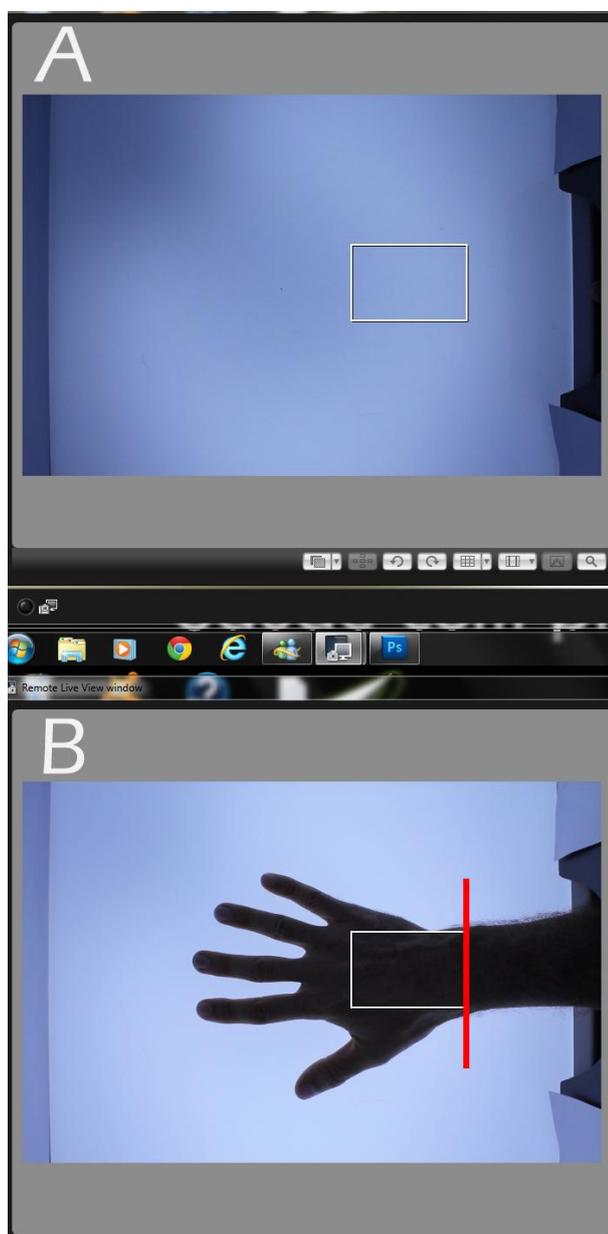


Figura 15 - A) Tela exibida ao usuário durante o processo de obtenção das imagens. É pedido ao participante que posicione a linha de início da sua mão na linha de início do retângulo. B) Tela exibida com a mão do participante posicionada conforme pedido. A linha vermelha indica a linha de início de sua mão.

Para cada pessoa participante do banco de dados foi solicitada que colocasse a mão oito vezes no dispositivo de captura, sempre em posição natural. Por padrão, a mão fotografada é sempre a direita. Sempre que era observado que um participante estava com uma abertura grande entre o polegar e o dedo indicador (abertura próxima a 90°), era pedido que ele fechasse um pouco, por motivos que serão explicados mais a diante, na seção sobre Método de segmentação dos elementos constituintes da mão.

Pretende-se que, após uma ampliação do banco, este seja disponibilizado para outros pesquisadores, facilitando testes de diferentes métodos de reconhecimento baseado na geometria da mão e até comparações entre os resultados deste e de outros trabalhos.

3.2 MÉTODOS DE PRÉ-PROCESSAMENTO E SEGMENTAÇÃO DA MÃO

Sempre no início de uma sessão de captura de imagens para o banco, deve ser fotografado o dispositivo sem mão alguma em seu interior. Para iniciar o pré-processamento das imagens primeiro é posicionada a imagem da mão capturada sobre a imagem obtida apenas do negatoscópio. Em seguida é feita uma subtração dessas imagens, ajudando a destacar a mão na imagem. É aplicado então um limiar de valor 50 na imagem RGB resultante da subtração, onde todos os pixels com valor superior à esse valerão agora 255 e os com valor igual ou inferior a esse, valerão zero. Esse processo segmentou a mão das imagens satisfatoriamente, entretanto devido à alguns pelos nos braços e mãos de alguns participantes, constatou-se alguns ruídos na imagem. Foi aplicada então uma mediana de vizinhança 8x8, para que esse problema fosse minimizado, sem modificar visivelmente os contornos da mão. Algumas poucas imagens, entretanto, necessitaram de um tratamento manual posterior, pois só a mediana não foi suficiente para solucionar de forma satisfatória o problema dos ruídos.

Como sabemos a coluna da imagem em que supostamente deve estar o começo da mão, removemos o pulso apenas definindo como zero o valor de todos os pixels a partir dessa coluna. Apesar de nem todas as pessoas terem conseguido posicionar sob a linha na tela a posição exata do início da mão, a parte que restou do pulso em algumas imagens foi mínima. A Figura 16 mostra todo o passo a passo realizado e a Figura 17 exemplifica um dos casos onde foi necessário realizar um tratamento manual na imagem.

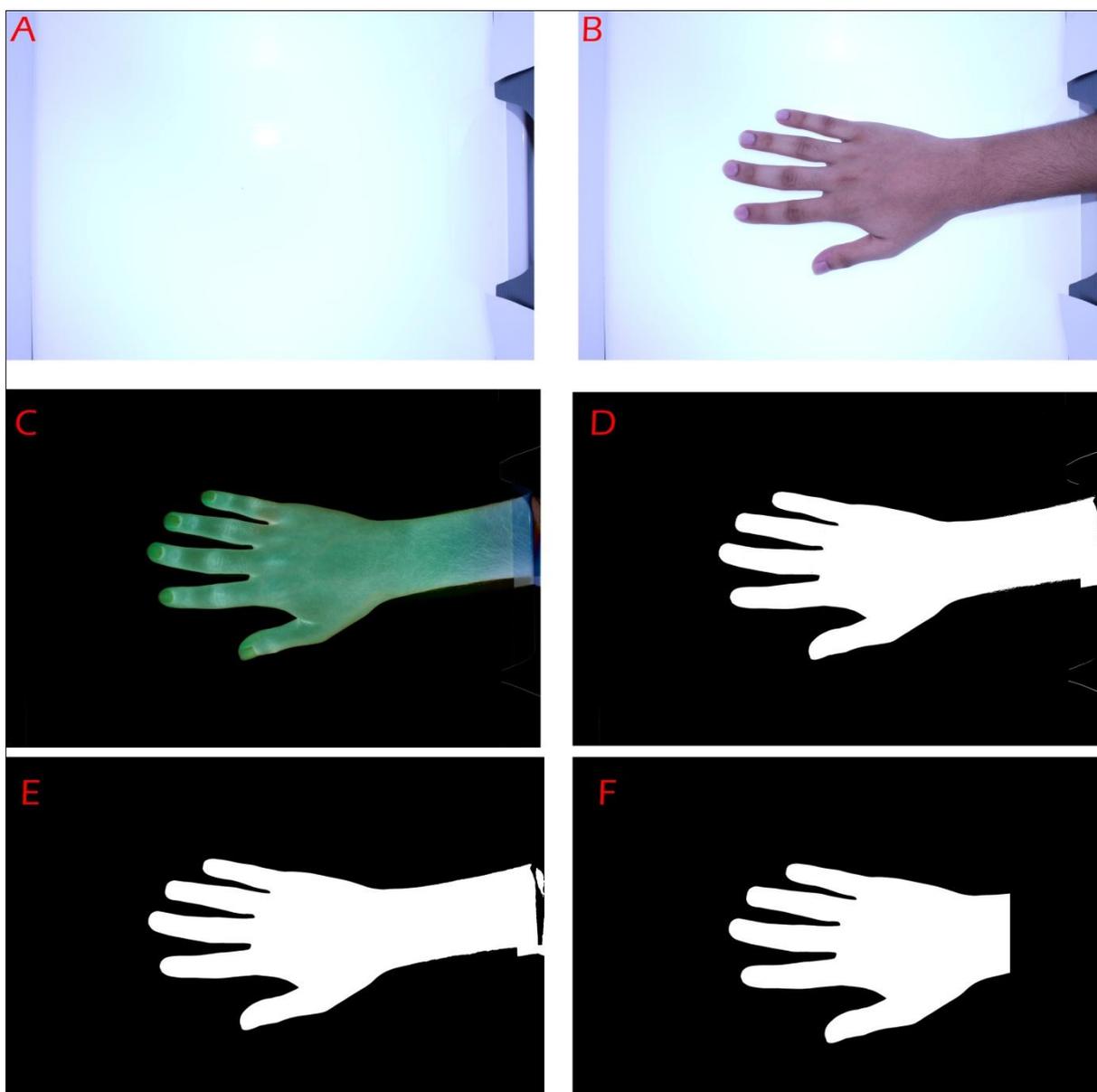


Figura 16 - A) Imagem inicial obtida do negatoscópio. B) Imagem original da mão capturada no dispositivo. C) Imagem resultante da diferença das duas anteriores. D) Imagem após a aplicação do limiar. E) Imagem após a aplicação da mediana. Nessa imagem não foi necessária nenhuma manipulação manual. F) Imagem após remoção do pulso.

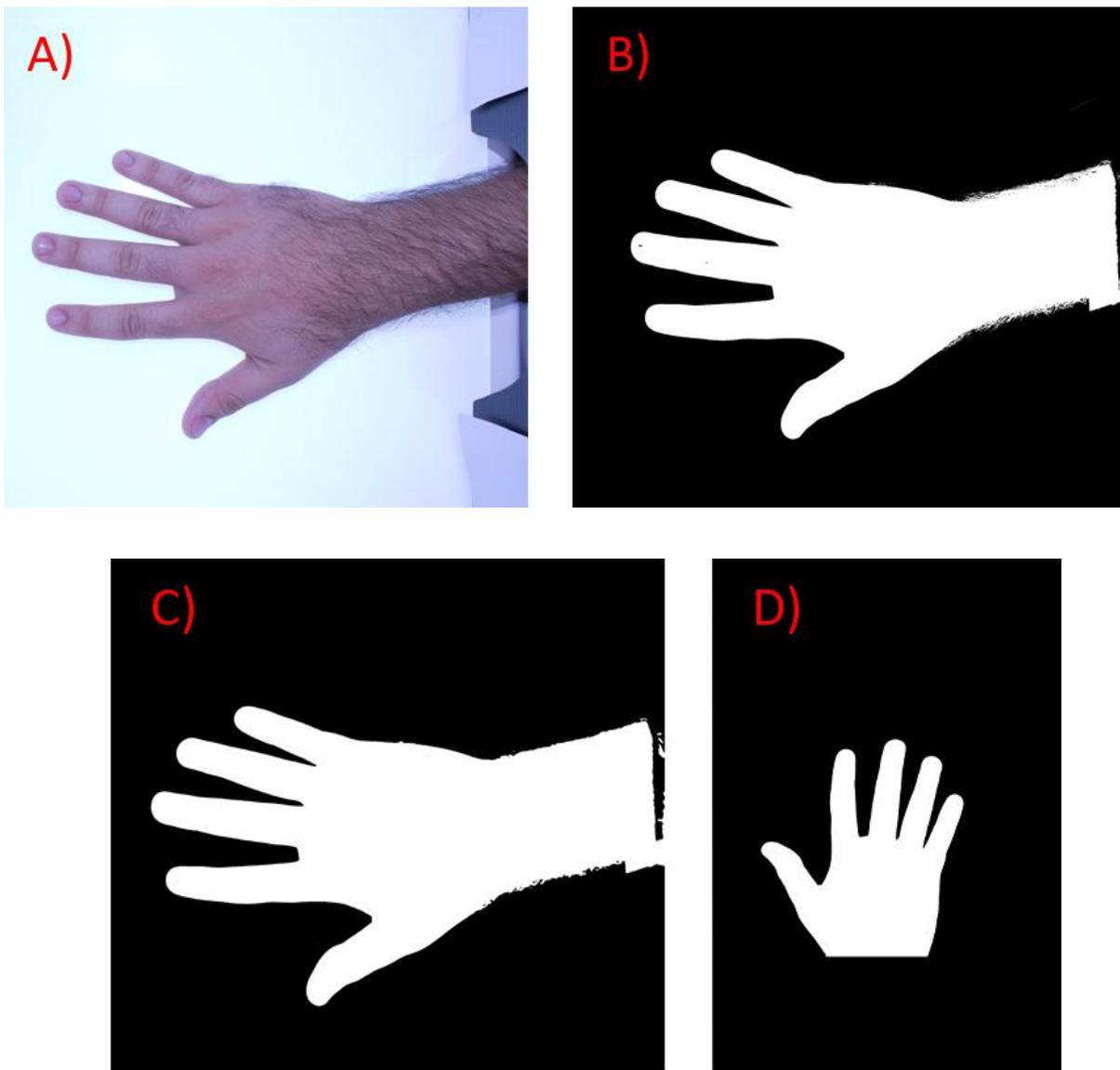


Figura 17 - A) Imagem original. B) Imagem após a diferença e aplicação do limiar. C) Imagem após a aplicação da mediana. D) Imagem após tratamento manual e remoção do pulso.

As imagens são obtidas pela câmera do dispositivo no formato CR2, entretanto o aplicativo que gera o FullCSS das imagens aceita apenas o formato BMP. Para isso foi feita uma conversão no formato e a imagem estava pronta para seguir para o próximo passo.

3.3 MÉTODOS DE EXTRAÇÃO DO CONTORNO DA MÃO

Anteriormente à extração do contorno, por padrão, todas as imagens sofrem um espelhamento vertical. Desta forma o polegar ficará próximo à parte superior da imagem e o

dedo mindinho próximo à parte inferior, conforme mostrado na Figura 18. Todos os métodos aplicados de agora em diante serão feitos com a mão nessa posição para que a imagem se adapte adequadamente ao algoritmo pensado.

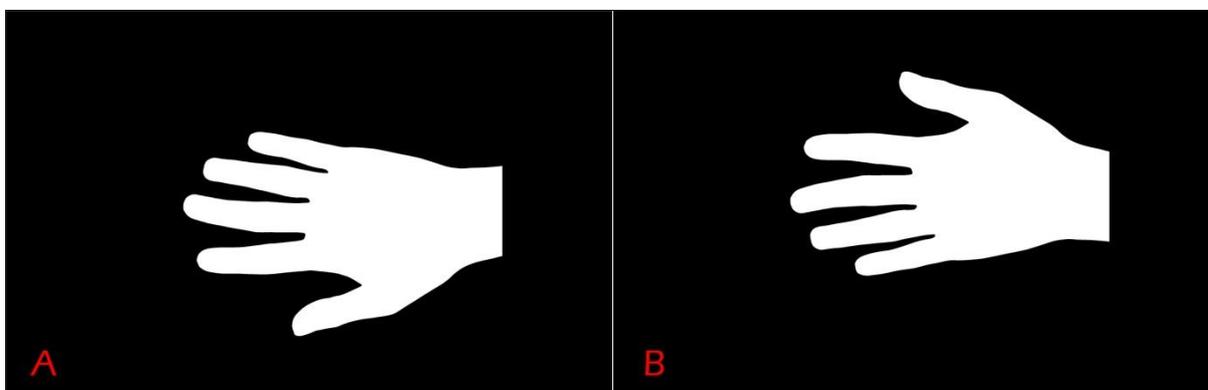


Figura 18 - A) Mão após a segmentação na posição original. B) Mão após o flip vertical.

Inicialmente, para extração do contorno da mão, foi utilizado o código desenvolvido por outro integrante do grupo de pesquisa, baseado no "Algoritmo do Ceguinho" disponível em Gonzalez e Woods (1992). Entretanto, após a realização de alguns testes foi observado que esse algoritmo é bastante sensível a ruídos, e em determinadas imagens retornava como contorno da mão o contorno de um ruído que não foi eliminado no pré-processamento.

Na tentativa de solucionar esse problema alguns testes foram feitos utilizando a técnica “*Region Growing*”, onde toda a imagem deveria ser percorrida para localizar as regiões contínuas existentes. A maior região localizada seria a mão e as demais seriam ruídos que deveriam ser eliminados, “limpando” assim a imagem. Após a execução dessa técnica a imagem passaria pelo "Algoritmo do Ceguinho" para extração do contorno. Testes foram feitos com algumas imagens e foi decidido não utilizar essa técnica pois a aplicação do “*Region Growing*” estava tomando um tempo acima do aceitável de processamento.

Optou-se então pela utilização da função “function B = boundaries(BW, conn, dir)” disponibilizada em Gonzalez *et al.* (2004) para tratamento dos artefatos e extração do contorno. A função boundaries traça os limites exteriores de objetos presentes na imagem binária BW, retornando o contorno de todos os objetos localizados. O maior contorno retornado é selecionado como sendo o contorno da mão. Os parâmetros conn (especifica a conectividade utilizada ao traçar as fronteiras) e dir (especifica o sentido utilizado para traçar as fronteiras) são opcionais e não foram utilizados.

3.4 MÉTODO DE SEGMENTAÇÃO DOS ELEMENTOS CONSTITUINTES DA MÃO

Para segmentar os elementos constituintes da mão foi primeiramente desenvolvida uma função em MATLAB, para localizar todos os vales e pontas dos dedos da mão. Esse algoritmo foi baseado no trabalho de Su (2007) e consiste em percorrer o contorno da mão para localizar estas estruturas.

A função recebe como entrada a imagem da mão segmentada, ou de seu contorno, os pontos do contorno da mão nesta imagem e um parâmetro d , de distância. Para cada ponto do contorno é determinado o ponto do contorno que está d pontos após ele e o que está d pontos antes. O valor de d após testes foi fixado em 300. É calculada então a distância em linha reta entre estes dois pontos e armazenado o valor. Os pontos referentes às pontas e vales dos dedos possuem distância menor que os outros pontos do contorno, conforme apresentado na Figura 19.

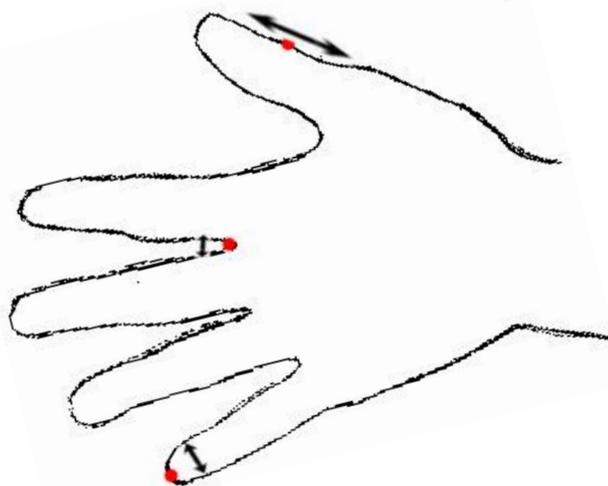


Figura 19 - A figura apresenta três pontos na imagem, destacados em vermelho, e a distância entre p pontos antes e p pontos após ele, representada pela seta preta. Pode-se observar que as distâncias referentes aos pontos de pico e vale dos dedos são menores que a distância calculada para qualquer outro ponto do contorno.

Após o procedimento ter sido realizado para todos os pontos do contorno, identificam-se as pontas e os vales dos dedos como sendo os pontos que possuem as menores distâncias. Para isso é calculado um nível de distância média, conforme Figura 20.

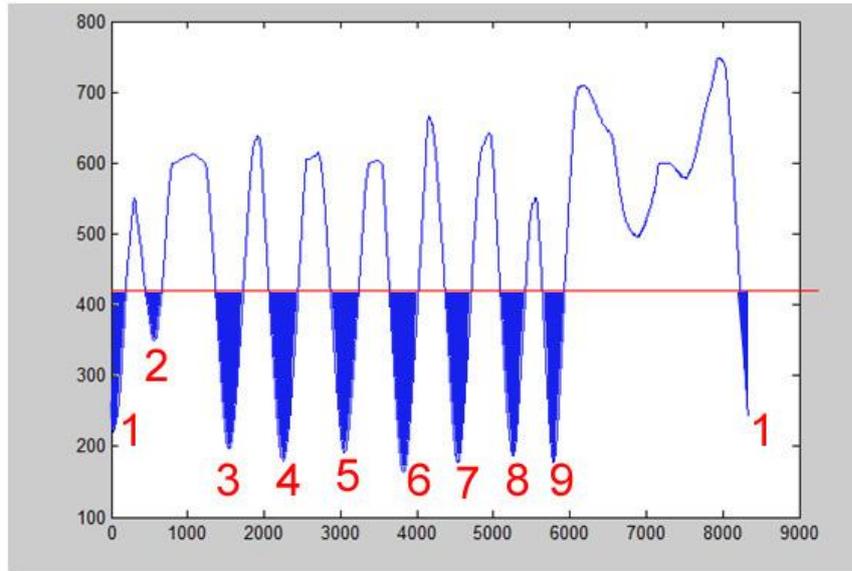


Figura 20 - Gráfico das distâncias calculadas em uma mão. Os pontos numerados referem-se aos 4 vales entre os dedos e às 5 pontas dos dedos. O ponto 1 se repete visto que o contorno da mão é uma curva fechada. A linha vermelha representa a distância média calculada para esta mão.

A função analisa as distâncias calculadas da seguinte forma: Para cada região pintada de azul na figura, localiza-se o mínimo da função. Dessa forma são encontrados os nove pontos com as menores distâncias, correspondentes aos vales e picos dos dedos.

Conforme citado na seção Dispositivo de captura e Banco de dados de imagens da geometria da mão, foi pedido aos participantes do banco de dados que mantivessem a abertura entre o polegar e o dedo indicador menor que 90° (de preferência próximo aos 45°), pois caso contrário a distância calculada nesse ponto seria maior que a media, e o vale existente entre os dedos polegar e indicador não seria localizado.

Após a localização dos vales e pontas dos dedos, foi necessário determinar quais dos pontos localizados eram pontas e quais eram vales. Para isso foi observado que, em um ponto de pico, o décimo ponto anterior e o décimo (valor definido após testes) ponto posterior a ele possuíam valor de coluna maior que o dele. Já em um ponto de vale, o décimo ponto anterior e o décimo ponto posterior possuíam valor de coluna menor do que ele, conforme apresentado na Figura 21. Dessa forma foi possível localizar os picos e vales na imagem.

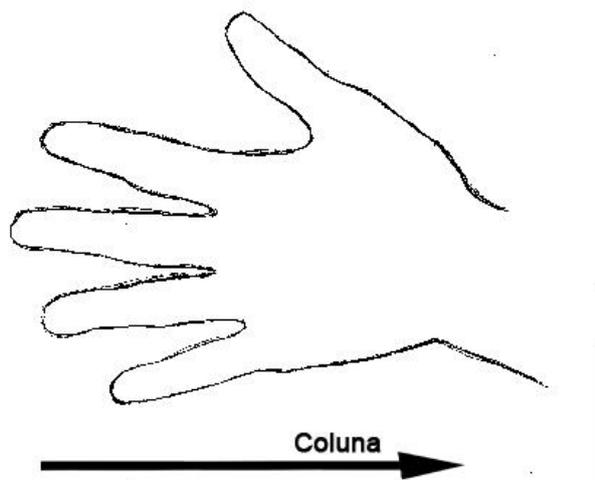


Figura 21 - É possível perceber que o valor da coluna cresce a medida que se caminha no contorno para frente e para trás do ponto de pico de um dedo e decresce a medida que se caminha para frente e para trás do ponto de vale entre dedos.

Com a localização dos picos e vales sabemos o ponto em que começa e termina cada dedo no contorno. Falta apenas determinar o começo do dedo mindinho e de término do polegar, visto que sabemos apenas o ponto de pico desses dedos e o ponto de vale entre cada um desses dedos e o dedo adjacente a ele. Para determinar os pontos desconhecidos, é calculado, para cada um desses dois dedos, a quantidade de pontos no contorno entre seu pico e o vale entre ele e seu adjacente. Essa quantidade de pontos é então subtraída do ponto de pico do dedo mindinho para achar o seu início e acrescentada ao ponto de pico do polegar para achar o seu término, visto que o contorno cresce do mindinho em direção ao polegar.

Após finalizada a implementação dessa técnica, foram realizados alguns testes. Em todas as imagens o resultado foi positivo na localização dos picos dos cinco dedos da mão e dos três vales localizados desde o dedo mindinho até o indicador. Algumas imagens apresentaram falhas na localização do vale entre o dedo polegar e o indicador, apesar da abertura entre esses dedos ser inferior a 90° . Uma possível solução para esse problema seria, ao capturar as imagens para o banco, solicitar ao participante que mantivesse a abertura do dedo polegar ainda menor que 45° , semelhante à abertura entre os outros dedos da mão. Entretanto, diminuir ainda mais essa abertura não seria uma posição natural da mão, o que causaria desconforto aos futuros usuários do sistema e talvez até resistência na sua utilização.

Foi então pensada outra abordagem que pudesse localizar os pontos desejados, com a mão em posição natural e a abertura do polegar próxima aos 45° .

Para explicar a lógica desenvolvida contaremos com o auxílio da Figura 22. Ao

utilizar o método de extração do contorno já apresentado anteriormente, temos por padrão o primeiro ponto do contorno como sendo o ponto mais à esquerda da imagem. Na Figura 22 esse ponto seria o 6, mas se a mão estivesse levemente inclinada ele poderia ser um ponto diferente. Dessa forma não era possível saber com exatidão por onde o contorno estava começando. Para facilitar a localização dos picos e vales, desejava-se que o ponto inicial do contorno fosse sempre o ponto inicial da mão, anterior ao dedo mindinho, na Figura representado pelo ponto 1. Para alcançar esse objetivo, o vetor que contém os pontos do contorno foi reorganizado de forma que na primeira posição ficasse o ponto com maior valor de coluna e de linha, que seria justamente o ponto 1 na Figura.

Após essa modificação, o contorno da mão começa a ser percorrido a partir do ponto 1 presente na imagem, seguindo o sentido das setas. A medida que o contorno vai sendo percorrido, o valor da coluna dos pontos vai diminuindo até que, ao passar pelo ponto 2, volta a subir. Dessa forma identificamos a ponta do dedo mindinho. Continuamos a percorrer a imagem e o valor da coluna dos pontos vai aumentando até que, ao passar pelo ponto 3, volta a diminuir. Localizamos assim o vale localizado entre o dedo mindinho e o anelar. Dessa forma prosseguimos caminhando por todo o contorno e localizando as pontas e vales dos dedos. Como já sabemos que o contorno começa sempre no ponto 1, sabemos que primeiro ele localizará um pico, depois um vale, e assim por diante. Dessa forma conseguimos localizar as pontas e vales dos dedos ao mesmo tempo em que definimos quem é ponta e quem é vale.

Para localizar o início do dedo mindinho e o término do polegar utilizou-se a mesma técnica já explicada nessa seção.

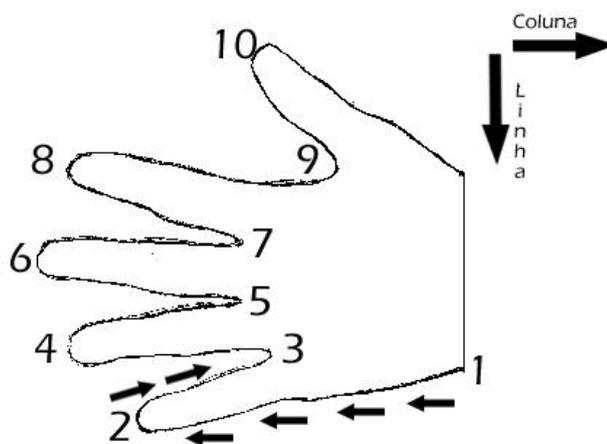


Figura 22 - Imagem do contorno de uma mão utilizada para auxílio na explicação da técnica para localização das pontas e vales dos dedos. As setas indicam o sentido em que o contorno é percorrido.

3.5 MÉTODO DE RECONHECIMENTO BASEADO EM GEOMETRIA DA MÃO

A ideia inicial para realizar o reconhecimento baseado em geometria da mão seria segmentar os elementos constituintes da mão e realizar o reconhecimento comparando as mãos parte a parte, ou seja, comparando cada dedo da mão que se deseja identificar com os dedos correspondentes das mãos cadastradas no banco, e comparando a palma da mão com as palmas cadastradas no banco. Isso se faz necessário pois, como já citado anteriormente, diferenças na posição dos dedos nas imagens da mão de uma mesma pessoa ocasionam diferenças em seu FullCSS, ou seja, se em uma imagem os dedos de uma pessoa estão bem abertos e em outra a mesma pessoa posiciona seus dedos quase fechados, os FullCSS gerados a partir dessas imagens serão diferentes e o coeficiente de correlação entre ele não será o esperado.

Decidiu-se, entretanto, procurar uma maneira de solucionar esse problema sem ser necessária a comparação parte a parte dos elementos constituintes da mão, facilitando e tornando mais ágil o método de reconhecimento.

A maneira encontrada foi realizar um *Morphing* nas imagens de mãos, de forma que em todas as imagens os dedos passassem a ter um posicionamento padrão. Entre as diversas técnicas de *Morphing* existentes, a utilizada nesse trabalho foi o *warping*.

Para a utilização do *warping* nas imagens de mão, foram traçados os vetores originais dos dedos como sendo o vetor que liga a ponta de um dedo ao ponto médio da reta que liga o seu início e fim, conforme apresentado na Figura 23. Com os vetores originais definidos, é aplicado o *warping* de forma que o dedo médio seja fixo, e que o vetor destino dos dedos indicador e anelar formem um ângulo de 5° com o vetor original do dedo médio, e que o vetor destino dos dedos polegar e mindinho formem um ângulo de 10° com o vetor original do dedo médio.

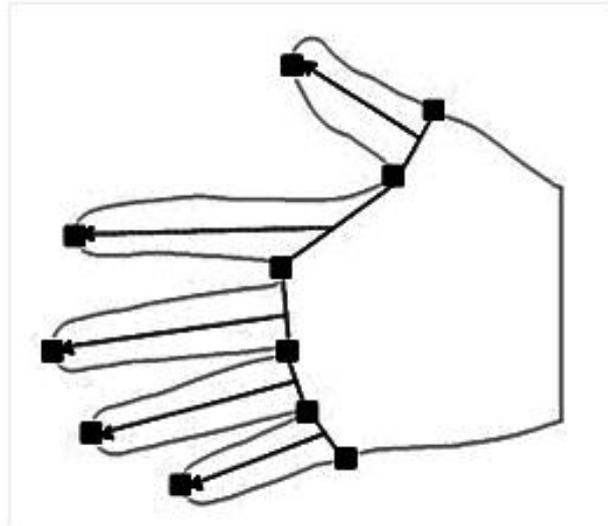


Figura 23 - Imagem do contorno de uma mão após a identificação dos seus picos, vales e início do dedo mindinho e término do polegar. A imagem apresenta os vetores originais dos dedos. Imagem em negativo para facilitar a visualização.

O *warping* foi desenvolvido para uma versão inicial de testes e constatou-se que sua aplicação na imagem altera de fato o desempenho do método de reconhecimento. Após a aplicação do *warping*, um contorno padronizado é gerado e esses contornos padronizados são os enviados ao método de reconhecimento. Alguns ajustes, entretanto, ainda se fazem necessário no método para que ele possa de fato vir a ser utilizado nesse trabalho.

Para realizar o reconhecimento baseado em geometria da mão foi utilizado correlação e FullCSS. Através do contorno de cada mão é calculado o seu FullCSS.

Após a obtenção do FullCSS da imagem da mão que se quer reconhecer, é feito o reconhecimento desta mão através do cálculo do coeficiente de correlação entre o FullCSS dela e o das demais mãos cadastradas no banco. O coeficiente de correlação irá medir quão semelhantes são duas imagens de FullCSS. A mão será associada à pessoa cuja mão cadastrada no banco produz o maior coeficiente de correlação com a imagem que está sendo reconhecida.

CAPÍTULO

4

TESTES E RESULTADOS

Com a utilização do negatoscópio e da caixa de MDF como dispositivo de captura e com a utilização da câmera Canon DSLR D60, com objetiva zoom 15-55mm com estabilização de imagens obtiveram-se imagens de qualidade adequada para a criação do banco de dados das imagens de mãos. Devido à qualidade das imagens capturadas, os métodos de pré-processamento e de segmentação das imagens apresentaram resultados satisfatórios, como pode ser visto na Figura 24.

Como é possível observar na Figura 24, os métodos de pré-processamento e segmentação funcionam para imagens de pessoas utilizando esmaltes e pulseiras. As imagens de pessoas com pelo na mão e no braço, em alguns casos, necessitaram de um tratamento extra manualmente. Esse é um ponto que precisa ser melhorado no futuro.

Na Figura 24 – D, observamos um pequeno ruído em uma das unhas dos dedos, devido ao brilho do esmalte. Entretanto, o método de extração do contorno é robusto à esse tipo de artefato, visto que ele define como contorno da mão o limite externo do maior objeto encontrado na imagem.

Em algumas imagens, como citado anteriormente, na seção sobre Métodos de pré-processamento e segmentação da mão, o pulso não foi removido completamente, pois algumas pessoas não conseguiram posicionar com exatidão a linha de início de sua mão sob a linha demarcada na tela. Inicialmente isso não gerou maiores problemas, mas caso venha a ser constatada no futuro a necessidade da remoção total do pulso, pode-se desenvolver um algoritmo para localização do pulso tendo como base os pontos já conhecidos de início do dedo mindinho e término do polegar.

O método de extração do contorno utilizado apresentou resultado satisfatório, detectando corretamente o contorno da mão em todas as 136 imagens do banco utilizadas em teste. Da mesma forma, o método para localização dos picos e vales dos dedos, assim como início do dedo mindinho e término do polegar também retornou corretamente os pontos

procurados em todas as 136 imagens, inclusive naquelas em que a abertura do polegar está próxima aos 45°. A Figura 25 apresenta algumas imagens segmentadas, seguida das imagens de seu contorno com os pontos de pico e vales detectados.

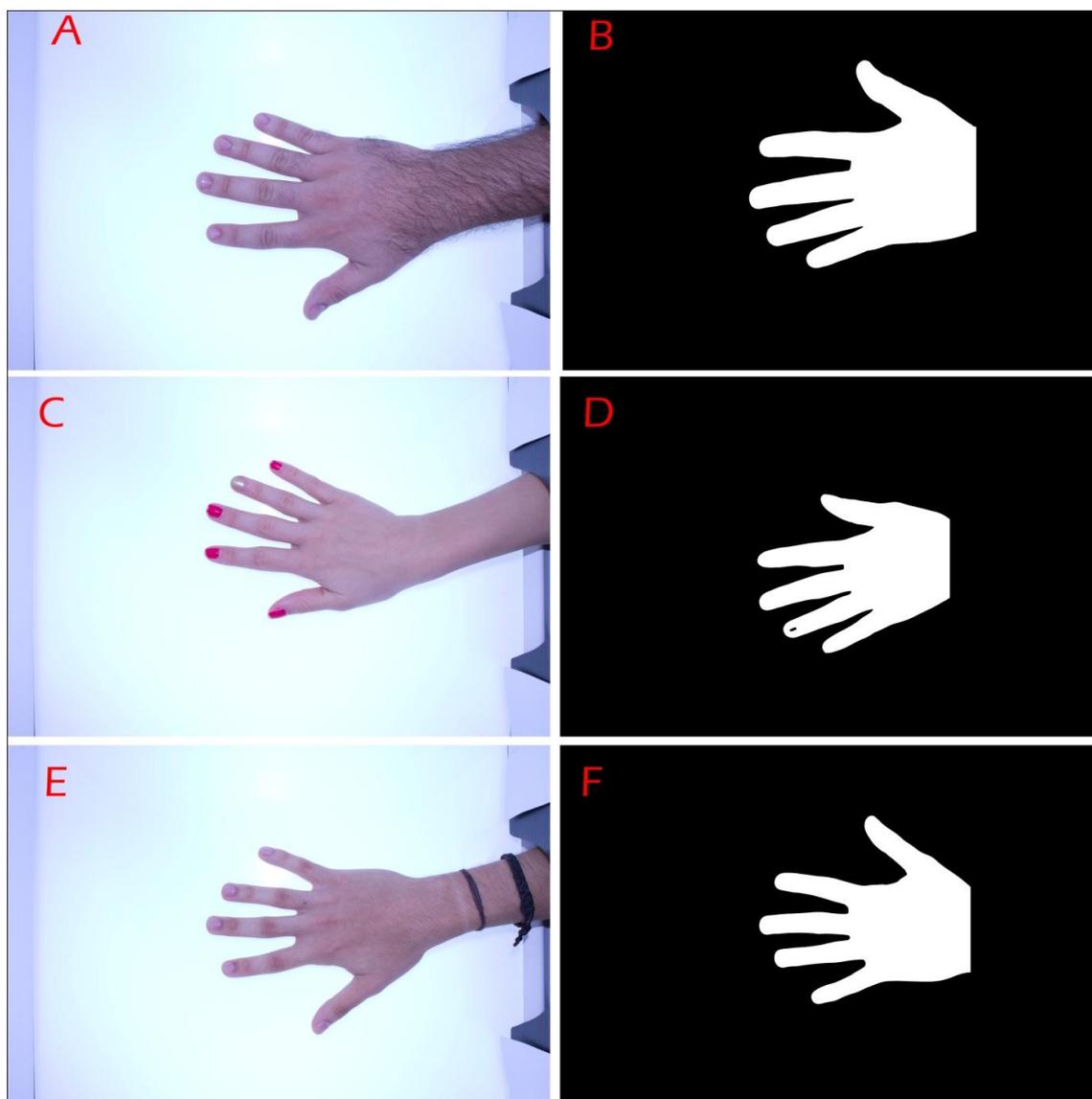


Figura 24 - Imagem original da mão de três pessoas e ao lado de cada uma, sua respectiva imagem pré-processada e segmentada.

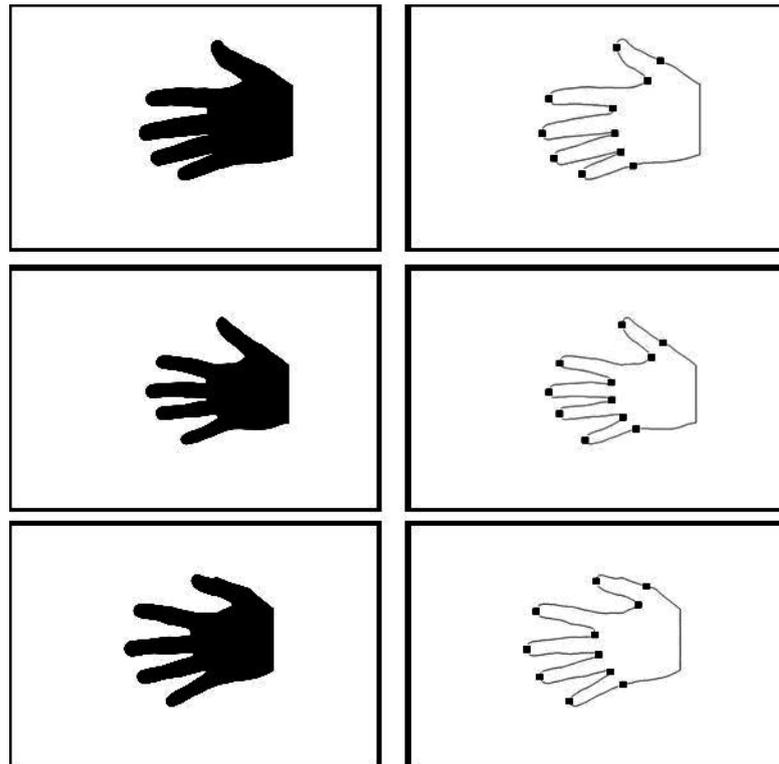


Figura 25 - Mãos segmentadas de três pessoas diferentes e ao lado de cada, seu respectivo contorno com os pontos de picos, vales e início do dedo mindinho e término do polegar detectados. Imagem em negativo para facilitar a visualização.

Conforme já explicado anteriormente, devido ao fato da abertura dos dedos na captura das imagens estar sendo livre, os resultados das comparações do FullCSS de mãos diferentes da mesma pessoa apresentará resultados abaixo do esperado. O *warping*, técnica escolhida para solucionar esse problema, ainda necessita de alguns ajustes, pois, ao ser aplicado em algumas imagens causou distorções no contorno, conforme apresentado na Figura 26.

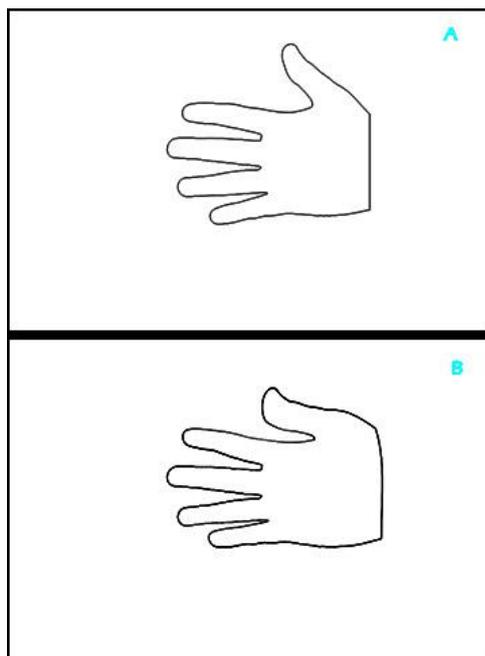


Figura 26 - Contorno de uma mão antes do Warping (A) e após o Warping (B). Imagem em negativo para facilitar a visualização.

Como é possível perceber na imagem, apesar de ter reposicionado os dedos, o método deformou o contorno no polegar. O código do *Warping* está sendo atualizado e revisado para ser incorporado nesse trabalho no futuro.

Apesar de não apresentado o resultado esperado, testes iniciais mostraram que o *warping* afeta consideravelmente o resultado das comparações e acredita-se que quando corrigido aumentará as taxas de acerto nas identificações.

A geração do FullCSS das imagens ocorreu da forma esperada, localizando todos os pontos de mudança na curvatura do contorno, como pode ser observado na Figura 27.

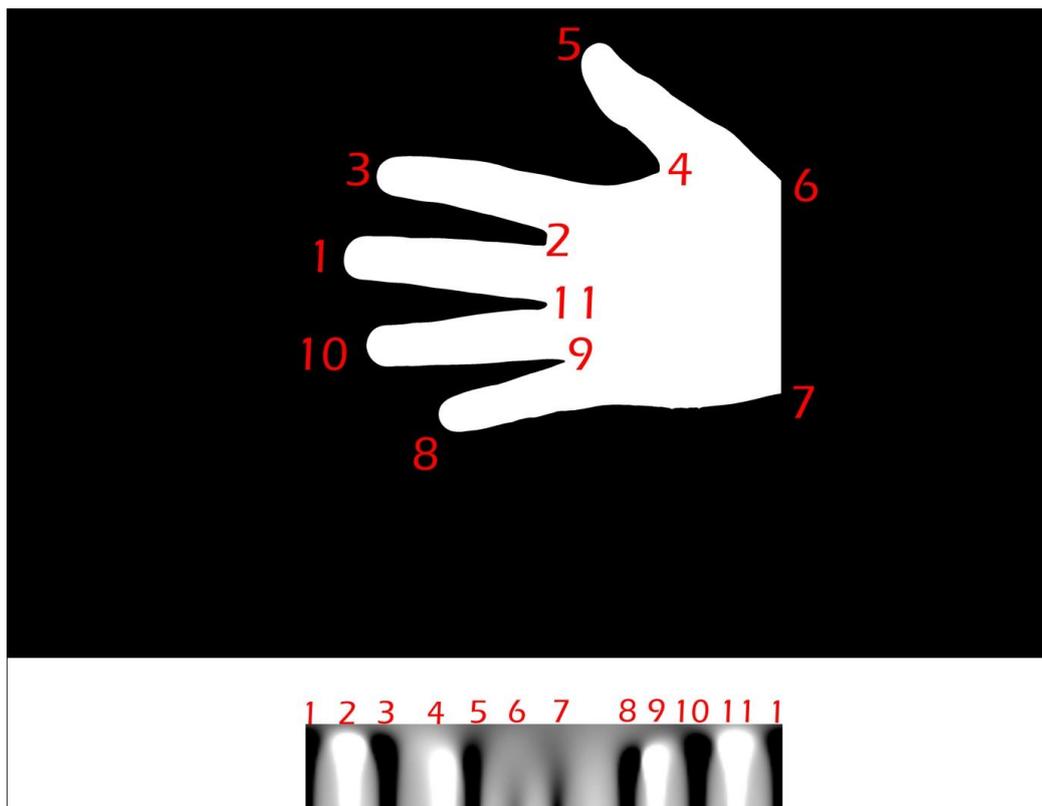


Figura 27 - Imagem de uma mão e de seu respectivo FullCSS. Os números fazem uma relação entre os pontos na imagem e os pontos no FullCSS.

Observando a imagem pode-se perceber que as partes em preto no FullCSS correspondem aos picos na imagem, e as partes em branco aos vales. As partes em cinza referem-se à áreas de pouca ou nenhuma variação na curvatura.

Após gerar o FullCSS de todas as imagens do banco e realizar a comparação entre eles através do coeficiente de correlação, sem aplicação de nenhum método para reposicionamento dos dedos na imagem, obteve-se taxa de acerto nas identificações de 69,85%.

O teste foi realizado comparando o FullCSS de cada imagem do banco com o FullCSS de todas as imagens do banco, incluindo o dela mesma, através do coeficiente de correlação. A comparação que retorna o maior valor do coeficiente é a da imagem com ela mesma, portanto foi definido que o sistema identificaria como usuário dono da mão testada, aquele que apresentasse a mão cadastrada no banco com o segundo maior valor de coeficiente de correlação. Se a mão que está sendo comparada e a mão identificada como a que possui o segundo maior coeficiente de correlação pertencerem a mesma pessoa, considera-se um acerto do sistema.

CAPÍTULO

5

DISCUSSÕES E CONCLUSÕES

Pode-se concluir com esse trabalho que a utilização do coeficiente de correlação em conjunto com o FullCSS é um método de reconhecimento baseado em geometria da mão que pode apresentar taxas de acerto consideráveis desde que sejam feitas adequações nas imagens das mãos, como remoção do pulso e reposicionamento dos dedos para uma posição fixa.

Acredita-se que com a utilização do *warping* a taxa de acertos terá um aumento considerável, mas caso isso não aconteça, pode-se ainda utilizar o método de reconhecimento das partes individuais da mão, ou seja, comparação dedo por dedo e da palma separadamente.

Caso fossem colocados pinos no dispositivo de captura, as taxas de acerto também subiriam consideravelmente, porém, por querer tornar a utilização do sistema mais confortável para os usuários, optou-se por desenvolver soluções que permitissem a colocação da mão de maneira mais livre possível no dispositivo, obedecendo apenas algumas regras já mencionadas. A falta de um banco de imagens da geometria da mão disponível para o público tornou necessária a confecção de um, o que incluiu desde o desenvolvimento do dispositivo de captura até a segmentação das imagens. Além disso, a falta de um banco dificulta a comparação do resultado desse trabalho com o de outros existentes na mesma área, pois, a diferença no resultado pode não ser referente ao método de reconhecimento, e sim à diferença nas imagens, seja na sua qualidade, posicionamento ou qualquer outra característica.

Pretende-se no futuro ampliar a quantidade de imagens no banco e assim disponibilizá-lo para que outros pesquisadores possam dele fazer uso em suas pesquisas.

O reconhecimento biométrico baseado na geometria da mão trás alguns problemas que precisarão ser pensados no futuro: Do momento do cadastramento da mão de uma pessoa no banco até o momento em que ela vá precisar ser reconhecida, o formato da sua mão pode sofrer alterações. Por exemplo: Ela pode engordar ou emagrecer consideravelmente, a ponto do contorno de sua mão ser modificado; sua unha pode estar maior ou mais curta, o que modificará o contorno; ela poderá estar usando uma aliança, que poderá afetar o contorno, etc.

É preciso tornar o sistema robusto a esse tipo de alterações. Caso sejam alterações muito drásticas no formato da mão, como por exemplo, o amputamento de um dedo, deverá ser feito um recadastro da mão da pessoa no banco.

Esse sistema tem possibilidades de ser melhorado e muitas pesquisas podem ser feitas nessa área. Pretende-se unir esse sistema à um sistema de reconhecimento biométrico baseado na impressão palmar, onde a união dos dois será chamada de HandPass, que futuramente será unida ao BioPass, sistema de autenticação multifator e multibiométrico associado a segurança ativa.

REFERÊNCIAS

Filho, J. G. P. Filtro da Mediana. Disponível em:

<http://www.inf.ufes.br/~zegonc/material/Sistemas%20Operacionais/SO%20old/S.O/Provas%20e%20Exerc%EDcios/Filtro%20da%20mediana.htm>

Acessado em: 10 de Janeiro de 2013.

Jain, A., Ross, A., Prabhakar, S. An Introduction to Biometric Recognition. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, Special Issue on Image- and Video-Based Biometrics, Vol. 14, No. 1, January 2004.

Kanhangad, V., Kumar, A., Zhang, D. Combining 2D and 3D Hand Geometry Features for Biometric Verification. Computer Vision and Pattern Recognition Workshops, 2009. CVPR Workshops 2009. IEEE Computer Society Conference on 20-25 June 2009.

KULP, A., BRASKAMP, H. Selecting identification technology. Disponível em URL:

<http://nedap-securitymanagement.com/en/technology-nedapmenu-90/identification-technology-nedapmenu-61.html>

Acessado em: 23 de Agosto de 2012.

Lordão, F. Reconhecimento de formas utilizando modelos de compressão de dados e espaço de escalas de curvatura. 2009. Dissertação (Mestrado em Programa de Pós-Graduação em Informática) - Universidade Federal da Paraíba.

Md. Arafatur Rahman, Farhat Anwar, Md. Saiful Azad. A Simple and Effective Technique for Human Verification with Hand Geometry. Proceedings of the International Conference on Computer and Communication Engineering, 2008.

R. C. Gonzalez, R. E. Woods, & S. L. Eddins. Digital Image Processing Using MATLAB, Prentice-Hall, 2004.

R.C.Gonzalez e R.E.Woods. Digital Image Processing. Addison-Wesley, 1992.

Rodrigues, J., Centeio, N., Monteiro, V. Processamento de imagem: Morphing. Relatório técnico. 2005. Disponível em: <http://student.dei.uc.pt/~ncenteio/MM/Morphing.pdf>.

Singh, A.K., Agrawal, A.K., Pal, C.B. Hand geometry verification system: A review. Ultra Modern Telecommunications & Workshops, 2009. ICUMT '09.

Su, C.-L. "Hand Shape Recognition by Hand Shape Scaling, Weight Magnifying and Finger Geometry Comparison". MIRAGE 2007, pp. 516-524, 2007.

Subcommittee on Biometrics of National Science and Technology Council, Hand Geometry. 2007. Disponível em URL: <http://www.biometrics.gov/documents/handgeometry.pdf>