

Sistema Biométrico baseado na análise da Geometria Da Mão

Canestraro, Amanda; Zimmer, Alessandro; Dias, João S.; Ferrari, Giselle L.

amanda_canestraro@hotmail.com; zimmer@eletrica.ufpr.br; joao@joaodias.eng.br; ferrari@eletrica.ufpr.br

UFPR – Universidade Federal do Paraná – Departamento de Engenharia Elétrica
Centro Politécnico - Jardim das Américas - CP 19001 - CEP 81531-990
Curitiba – Brasil

Resumo: Este trabalho propõe um sistema biométrico de verificação de identidade baseado nas características da geometria da mão. Um software foi desenvolvido no Visual Studio 2010 para aquisição das imagens através de uma webcam Microsoft LifeCam VX-2000 e processamento das mesmas para extração de primitivas. Os dados extraídos são cadastrados no banco de dados associados a uma identidade. Uma das vantagens do sistema proposto é que não utiliza pinos para fixar a posição da mão e dos dedos, possibilitando liberdade de movimento ao usuário. Para desenvolvimento e testes do sistema foram capturadas, em uma mesma sessão, 5 amostras da mão direita de 33 voluntários. Os testes do sistema foram realizados através da utilização de redes bayesianas. A taxa de acertos do sistema é de 81,54%, sendo baixa para sistemas biométricos, porém o ideal seria testar o sistema em um conjunto maior de amostras.

Palavras chave: biometria, sistema biométrico, geometria da mão, identificação pessoal.

Abstract: This paper presents a biometric authentication system based on hand geometric features of the human hand. The hand image captured from webcam Microsoft LifeCam VX-2000 was processed and geometry features were extracted by the software developed in Visual Studio 2010. The extracted data are registered in the database associated to an identity. An advantage of the proposed system is that it doesn't use pegs or pins to fix the positions of the hand and fingers, allowing freedom of movement for the user. In our hand image database, 33 images from volunteers are collected in one session with five samples for right hand. Bayesian networks were used to test the system. The system hit ratio is 81,54% being low for biometric systems, but the ideal would test the system on a larger set of samples.

Keyword: biometrics, biometric, hand geometry, personal identification.

1 Introdução

O fato de associar uma identidade a um indivíduo é chamado de identificação pessoal e está presente em diversas situações cotidianas, desde acessos a contas bancárias até o acesso ao local de trabalho. Atualmente vivemos em uma sociedade eletronicamente interconectada e a população tem aumentado consideravelmente o que vem dificultando a identificação pessoal.

Com a saturação das senhas devido ao crescimento da população e também com a necessidade de segurança nas tecnologias de identificação pessoal devido às inúmeras tentativas de fraude e ataques, a identificação biométrica automatizada se tornou uma solução.

Segundo o Consórcio Biométrico [BiometricConsortium12], “biometria são métodos automatizados de reconhecimento de uma pessoa baseados em uma característica fisiológica ou comportamental”. Características fisiológicas estão relacionadas com aspectos físicos como íris, mão, impressão digital e expressão facial. Características comportamentais relacionam-se ao modo de agir como a assinatura, a voz e a digitação.

Características biométricas podem ser utilizadas para auxiliar no problema da identificação pessoal. Elas são características humanas inerentes que são tipicamente invariantes com o tempo, além de serem únicas e intransferíveis. Entre elas pode-se destacar a face, a íris, a retina, a impressão digital, as linhas da palma da mão,

geometria da mão, veias da mão, voz e assinatura [Matos11].

Um sistema de identificação pessoal precisa considerar a possibilidade de fraude do mesmo, pois o sistema está sujeito a tentativas de fraude e ataques. Outra barreira enfrentada pelos sistemas biométricos é a aceitação dos usuários. Muitos métodos são considerados invasivos e até anti-higiênicos [Yano11]. Portanto, a construção de um equipamento de captura da característica biométrica o menos invasiva possível torna o mesmo aceitável pelos usuários e esta é uma das intenções deste trabalho.

Existe um grande número de características que podem ser utilizadas e a escolha de qual biometria utilizar depende da aplicação. Nenhuma biometria será capaz de ser eficiente em todos os requisitos e em todas as aplicações, por isso opta-se pela que melhor se adequa as necessidades.

A questão de resolver a identidade de uma pessoa pode ser classificada em dois tipos distintos de problemas com diferentes complexidades: autenticação e identificação. A autenticação ou verificação se refere ao problema de confirmar ou negar uma identidade reivindicada, isto é, saber se o indivíduo realmente é quem ele diz ser. Para tanto, os dados biométricos que o usuário apresenta são comparados com os dados biométricos cadastrados no banco associados aquela identidade. A identificação ou reconhecimento se refere ao problema de estabelecimento de uma identidade, ou seja, saber qual a identidade de determinado indivíduo. Para tanto, os dados biométricos fornecidos pelo usuário são comparados com os dados cadastrados de todos os indivíduos a fim de que seja

possível encontrar o usuário que apresenta maior correspondência. Neste trabalho, o sistema biométrico utiliza o método de autenticação de usuários.

Sistemas biométricos baseados na análise da geometria da mão são mais indicados para sistemas de autenticação do que de identificação [Jain04] devido ao fato de possuir pouca distinção entre grupos [Boreki03].

O sistema de reconhecimento biométrico através da geometria da mão foi um dos primeiros métodos de biometria a ser implementado [NacinalScience06]. Atualmente pode-se encontrar a utilização da geometria da mão para controlar o acesso a áreas nucleares e em aeroportos [Ribeiro07], empresas, bancos e residências [Ibiometrica10].

Existem diversas vantagens para utilização da biometria através da geometria da mão. Acredita-se que as características presentes na geometria da mão possuem um padrão estável durante o tempo de vida adulta [NacinalScience06]. Também não requer um banco de dados muito grande nem complexo visto que são poucos dados a serem armazenados. Não é intrusiva, sendo amigável e fácil de ser utilizada [Boreki03] e é um sistema bem aceito pelos usuários [Le-Qing10]. É facilmente integrável com outras biometrias, como por exemplo, a impressão palmar e a impressão digital [Jain99]. Além de ser uma tecnologia mais acessível financeiramente, apresentando um baixo custo devido ao equipamento utilizado na aquisição, que pode ser um scanner ou uma câmera [Matos11].

O sistema possui algumas desvantagens, como por exemplo, a utilização de anéis e a presença de cortes e ferimentos, que podem atrapalhar a análise e o reconhecimento. Doenças como artrite também podem impor limitações na maneira como a mão é posicionada [Jain04].

Alguns métodos para aquisição das imagens utilizam pinos para fixação da mão em uma posição pré-definida, facilitando o posterior processamento da mesma. Porém, a utilização de pinos pode deformar o formato da mão [Wong02] e, por isso, recentemente tem sido utilizado outro método, onde não há necessidade de pinos e o usuário possui liberdade de movimento. Este é o método de aquisição de imagens utilizado neste trabalho.

O artigo está organizado da seguinte maneira. A seção 2 apresenta os trabalhos prévios relacionados com o tema. A seção 3 descreve os materiais e métodos utilizados no desenvolvimento do trabalho. Os experimentos realizados no sistema e seus respectivos resultados se encontram na seção 4. E, por fim, as conclusões e os trabalhos futuros são apresentados na seção 5.

2 Trabalhos prévios

Existem trabalhos prévios desenvolvidos a respeito de sistemas biométricos baseados nas características extraídas da geometria da mão. Alguns trabalhos extraem apenas medidas da geometria da mão, porém existem outros que combinam a geometria da mão com outro tipo de biometria, como a impressão palmar [Kumar06] ou detecção de vida [Boreki03].

Nos primeiros trabalhos os equipamentos possuíam pinos para correto posicionamento da mão e dos dedos do usuário. O sistema de Jain (1999) possui 5 pinos enquanto o de Sanchez-Reilo (2000) possui 6 pinos, e ambos possuem um espelho na lateral do equipamento para auxiliar na extração da espessura do dedo. Porém, os pinos deformam o formato da mão e os dedos podem ser posicionados de maneira diferente em cada aquisição. Para tentar contornar esses problemas, Jain, Duta (1999) desenvolveu um sistema em que realiza a reconstrução dos dedos nos locais onde são deformados pelos pinos e alinha as imagens para evitar diferença devido ao posicionamento.

Em seguida, diversos estudos foram realizados com o objetivo de evitar a utilização de pinos. O sistema proposto por Wong (2000) não utiliza pinos para posicionamento da mão e o usuário possui liberdade de movimento. As imagens foram adquiridas através de um scanner e a única restrição é que os dedos estejam separados um do outro. É realizado o alinhamento da mão para que o dedo médio esteja apontado verticalmente para cima. Covavisaruch (2005) também propôs um sistema de verificação e identificação sem pinos, adquirindo imagens da mão esquerda, sem juntar os dedos e com o dorso da mão tocando a superfície. Em seu trabalho, Boreki (2003) apresentou um sistema de controle de acesso sem utilização de pinos para posicionamento da mão e sem a necessidade de alinhar a imagem utilizando o método DOS para detecção dos pontos de curvatura. O sistema é baseado em uma chave eletrônica individual, na geometria da mão e na detecção do batimento cardíaco. O sistema de autenticação e identificação de Yoruk (2006) normaliza a deformação do contorno da mão, que implica em registrar os dedos em rotações separadas da orientação padrão e também a rotação e translação de toda a mão. Possui um algoritmo de tratamento para retirar anéis e acessórios da imagem para que o usuário não precise retirar no momento da aquisição.

Para melhorar o desempenho e a segurança do sistema biométrico, Kumar (2006) propôs um método multimodal para adquirir e processar simultaneamente imagens da geometria da mão e das linhas da palma da mão. Não utiliza pinos e realiza aproximação com elipse para alinhar a imagem.

Diversas medidas podem ser extraídas da geometria da mão, entre elas comprimento e largura dos dedos e da palma da mão e também a espessura dos mesmos. Jain (1999) extrai a largura e o comprimento dos dedos e a espessura do indicador com base nos 16 eixos formados pelos pinos de posicionamento. Sanchez-Reilo (2000) extrai 25 medidas semelhantes, incluindo a espessura da palma e o ângulo e a distância entre os dedos médio e anelar. Wong (2002) além de extrair o comprimento e a largura dos dedos, extrai também a região da ponta dos três dedos centrais. Em seu estudo, Boreki (2003) utilizou apenas a altura e a largura média de quatro dedos, excluindo o polegar. A largura da palma da mão além da largura e do comprimento dos cinco dedos é obtida por Covavisaruch (2005). E por fim, Kumar (2006) extrai 16 medidas e, além das citadas anteriormente, pode-se incluir

o comprimento da palma da mão e o comprimento da mão.

3 Materiais e métodos

3.1 Software e equipamento

O *software* foi desenvolvido na plataforma de desenvolvimento *Microsoft Visual Studio 2010* utilizando a linguagem de programação *C Sharp (C#)*. Utilizou-se a biblioteca *EMGU CV* que é uma biblioteca para processamento de imagens escrita em *C#*.

Para captura das imagens a *webcam* escolhida foi a *Microsoft LifeCam VX-2000*. Realizou-se a montagem de um suporte para fixação da câmera posicionada acima de uma base coberta com papel preto fosco para que não houvesse reflexão da iluminação incidente no mesmo. O suporte pode ser visualizado na Figura 1.



Figura 1: Suporte vista frontal e vista lateral.

3.2 Desenvolvimento do software

As imagens capturadas pela *webcam* são adquiridas pelo *software* em uma resolução de 640×480 pixels. Após a aquisição das imagens é necessário realizar o processamento das mesmas para prepará-las para que seja possível extrair o contorno e as medidas necessárias.

A Figura 2 apresenta o fluxograma dos métodos utilizados para processamento das imagens até ser possível realizar a extração do contorno e a extração da curvatura das quais serão retirados os dados.

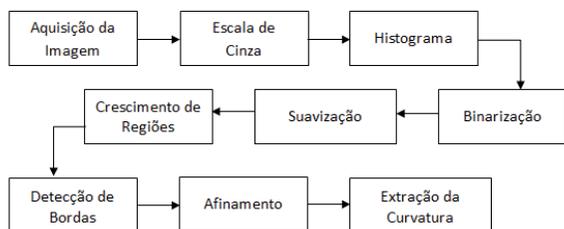


Figura 2: Fluxograma do processamento de imagens.

Primeiramente a imagem é transformada para a escala de cinza, pois as cores da imagem são informações que não serão necessárias para o processamento da mesma. Em seguida calcula-se o histograma da imagem para que seja possível encontrar o valor de limiar para o processo de binarização (*thresholding*).

A binarização consiste na bipartição do histograma baseado no valor de um determinado limiar. Com a

binarização é possível separar o objeto (mão) do fundo. Para realizar a binarização, inicialmente calculou-se a intensidade média da imagem que corresponde à média dos valores dos *pixels*. Observou-se que este valor não é o procurado, pois está localizado no meio da descida de um pico do histograma. Por isso, o algoritmo segue para o próximo valor no histograma até encontrar um valor que seja 30% menor que o anterior e este valor corresponde ao valor de limiar. O valor de 30% foi encontrado através de testes nas imagens.

Após o processo de binarização ainda restaram alguns *pixels* que não pertencem a mão. Para retirar esses *pixels* que restaram e também para retirar ruídos e melhorar o contorno da mão, realiza-se a suavização utilizando-se um filtro de média.

Mesmo após a suavização ainda restaram alguns *pixels* perdidos na imagem e para retirá-los aplica-se o crescimento de regiões. Uma semente é colocada no meio da imagem e, a partir dessa semente, são verificados os vizinhos em 4 que pertencem a região que no caso representa a mão. Todos os outros *pixels* que não fazem parte da região são o fundo e por isso são convertidos para cor preta.

A detecção de bordas é uma das partes mais importantes do sistema, pois os dados relevantes para reconhecimento dos padrões serão extraídos do contorno da mão. Depois que a imagem já foi tratada é possível aplicar um algoritmo de detecção de borda. Optou-se por utilizar o método *Canny*, que foi capaz de detectar a borda corretamente apresentando resultados satisfatórios.

Para que seja possível extrair os dados relevantes do contorno da mão, é necessário que o algoritmo percorra o contorno da imagem como se o mesmo fosse uma linha. Portanto, o contorno deve possuir apenas um *pixel* de largura em todos os pontos. O método *Canny* extrai o contorno satisfatoriamente, porém alguns *pixels* possuem mais do que dois vizinhos após a aplicação do mesmo. Por esse motivo, é necessário realizar o afinamento (*thinning*) da imagem, percorrendo a mesma e aplicando uma máscara, conforme pode ser visualizado na Figura 3.

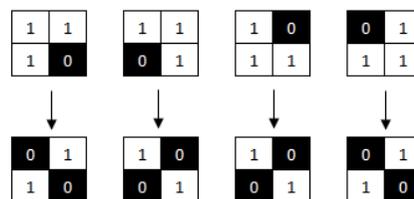


Figura 3: Máscara para afinamento dos pixels.

O resultado da extração do contorno da imagem adquirida pode ser visualizado na Figura 4.



Figura 4: Resultado da extração do contorno.



Com o contorno da mão extraído é possível iniciar a extração da curvatura. A extração da curvatura é utilizada para encontrar a localização dos dedos na imagem independente da rotação e translação da mão.

Existem diversos métodos para identificar grau de curvatura em uma imagem [Pedrosa09] [Junior05]. Optou-se por utilizar o método DOS+ (*Difference of Slopes*), introduzido por O’Gorman em 1988 [O’Gorman88], pois este método é simples e de fácil implementação em comparação com outros existentes [Zimmer08].

O método DOS+ foi desenvolvido para estimar a curvatura de contornos fechados, e consiste em percorrer o contorno da imagem com dois vetores de mesmo tamanho, calculando o menor ângulo formado entre eles. Os dois vetores que irão percorrer a imagem, V1 e V2, possuem o mesmo tamanho W e estão separados por uma distância de M pixels. O vetor V1’ representa a propagação do vetor V1 e dessa forma existe um ângulo θ , entre os vetores V1’ e V2. A extração do grau de curvatura consiste em encontrar todos os ângulos θ entre os vetores, para todos os pixels da imagem [Boreki03]. A Figura 5 apresenta a aplicação do método a uma curva qualquer.

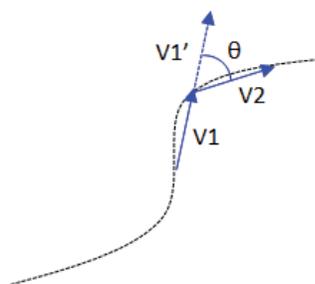


Figura 5: Aplicação do método DOS+ a uma curva qualquer.

Representando os vetores geometricamente no plano cartesiano e considerando que o início dos vetores está na origem dos eixos, é possível calcular os valores de α , β e θ através da aplicação de regras de trigonometria, conforme pode ser visualizado na Figura 6 e na equação 1. α é o ângulo entre V1’ e o eixo x, β é o ângulo entre V2 e o eixo x e θ o ângulo formado entre os vetores V1’ e V2.

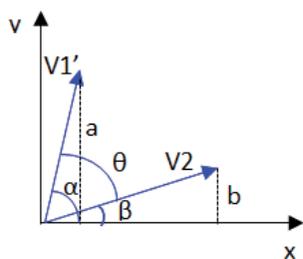


Figura 6: Representação geométrica dos vetores no plano cartesiano.

$$\alpha = \arctg\left(\frac{\text{Cateto Oposto}}{\text{Cateto Adjacente}}\right) \quad (1)$$

O valor de β pode ser encontrado utilizando a mesma relação para o vetor V2. O valor de θ pode ser facilmente calculado como a diferença entre β e α .

Este cálculo deve ser realizado para todo o contorno da mão resultando em um gráfico que será analisado para a retirada das informações importantes.

O método DOS+ possui algumas peculiaridades. A mudança de quadrante referente ao arco-tangente pode causar variações abruptas no gráfico da curvatura prejudicando a análise do gráfico. Para esses casos é feito um tratamento com relação ao quadrante em que os vetores se encontram, realizando a análise da direção e sentido de cada um dos vetores.

O tamanho W dos vetores e o espaço entre eles são calculados heurísticamente, pois devem ser adaptados a cada situação em que o método é aplicado. Neste trabalho utilizou-se $W = 20$ e $M = 1$.

Como o método é indicado para contornos fechados, realizou-se o fechamento do pulso com uma curva suave para que não seja reconhecida como um ponto de alto grau de curvatura. Para tanto, na hora de capturar a imagem, existe uma linha vermelha na tela indicando para o usuário onde posicionar o pulso.

Aplicando o método DOS+ na curvatura, obteve-se o gráfico que pode ser visualizado na Figura 7 que também apresenta os pontos de maior curvatura colocados em detalhe na imagem da mão. Os picos do gráfico representam pontos de alto grau de curvatura, como a ponta dos dedos e os vales entre dois dedos enquanto o comprimento do dedo tem valores próximos de zero.

O eixo ‘x’ do gráfico representa o comprimento do contorno fechado da mão e cada ponto no gráfico representa um pixel do contorno.

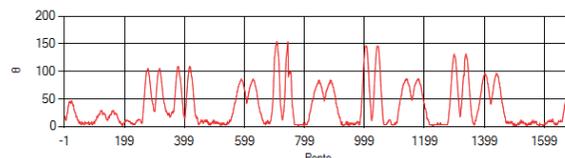
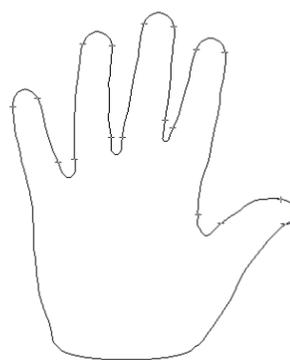


Figura 7: Resultado do método DOS+ aplicado na curvatura da mão.



O método gera uma estimativa ruidosa da curvatura devido à natureza discreta dos dados tratados, por isso o resultado do método DOS+ não pode ser trabalhado diretamente [Zimmer08]. Portanto, percorreu-se o gráfico para encontrar todos os picos, e os picos próximos, que estavam a uma distância menor que 50 pixels um do outro, foram eliminados. O valor do pico corresponde ao valor intermediário da região de picos próximos.

Uma característica do método DOS+ é que o grau de curvatura não é calculado exatamente no ponto de maior curvatura, e sim levemente deslocado. Por isso é possível perceber que os picos no gráfico não representam exatamente o ponto de maior curvatura. Entretanto, este fato não representa um problema neste trabalho, pois o método será aplicado da mesma maneira em todas as imagens e conseqüentemente todas as imagens processadas possuirão a mesma variação não interferindo no momento da comparação.

Sabendo que o gráfico inicia na ponta do polegar e termina na ponta do dedo mínimo, para obter os pontos das pontas dos dedos e dos vales entre os dedos, calculou-se a média entre os dois picos, encontrando-se assim o valor desejado como mostra a Figura 8.



Figura 8: Pontos de alta curvatura.

3.3 Extração das características

Foram utilizadas 24 medidas de cada usuário, procurando assim ter uma individualidade considerável e ao mesmo tempo possuindo um grau de segurança aceitável. A Figura 9 apresenta todas as medidas extraídas.

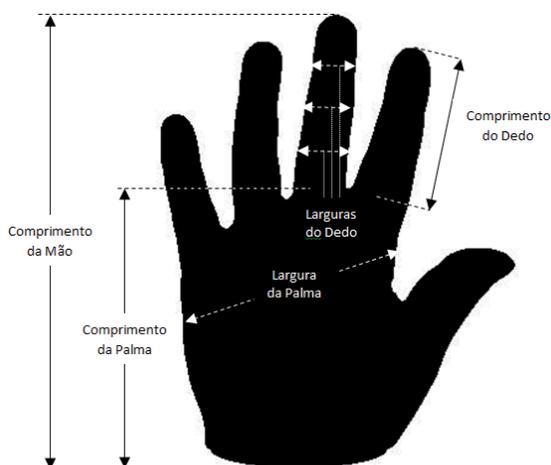


Figura 9: Medidas extraídas da geometria da mão.

As 24 medidas extraídas são: comprimento de cada um dos cinco dedos, três larguras de cada um dos cinco dedos, comprimento da mão, largura da palma da mão, comprimento da palma da mão e área da mão.

3.4 Banco de dados

O banco de dados possui informações de 33 usuários, sendo 45,45% do sexo feminino e 54,55% do sexo masculino, totalizando 164 registros, visto que um dos usuários teve uma imagem com problemas na aquisição e o sistema não conseguiu processar.

As imagens foram adquiridas em uma faixa de idade de 14 a 68 anos. Foram adquiridas 5 imagens de cada voluntário em um mesmo dia, sujeito as mesmas condições de iluminação. As imagens foram adquiridas da mão direita, com a palma da mão voltada para cima, sem a utilização de anéis e com todos os dedos separados um do outro.

O diagrama do banco de dados pode ser visualizado na Figura 10.

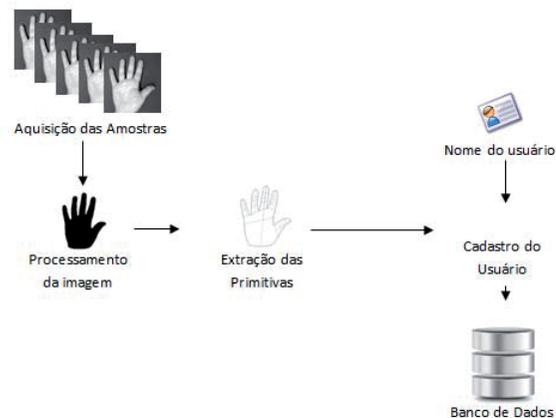


Figura 10: Diagrama do banco de dados.

Aproximadamente 50 imagens foram descartadas durante a captura e testes do sistema por apresentarem problemas de iluminação impossibilitando o sistema de processá-las. Essas imagens não estão incluídas nas 164 imagens utilizadas para realizar os testes do sistema e a maioria foi excluída durante os testes iniciais de iluminação e do equipamento.

4 Experimentos e resultados

Foram utilizados para os testes do sistema os dados extraídos de 164 imagens de 33 usuários, pois, como explicado anteriormente, um dos usuários teve problemas em uma das imagens que não pode ser processada pelo sistema e que precisou ser descartada.

Para descrever cada coluna e discretizar os dados utilizou-se o algoritmo K-Means, um algoritmo de mineração de dados não supervisionado que fornece uma classificação de informações de acordo com os próprios dados, utilizando o programa *Bayesialab*. Os dados foram classificados em 4 classes: A, B, C e D.

Com os dados classificados, realizou-se a criação da rede bayesiana (RB) utilizando o *software Netica*. Os dados

extraídos das imagens cadastradas foram divididos da seguinte maneira: entre os dados das 5 imagens de cada usuário, 3 foram utilizados para o treinamento e criação da rede bayesiana, e 2 foram utilizados para testes do sistema através da rede.

Após o treinamento da RB foi necessário realizar os testes do sistema utilizando a rede, passando os casos pela mesma, um por um, e anotando o resultado da verificação. Para realizar a autenticação, os dados extraídos da imagem do usuário e, que já foram previamente classificados, são informados para a rede, que por sua vez informa se o usuário é ou não quem diz ser. Os resultados dos testes, conforme descrito anteriormente, são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Resultados dos testes do sistema proposto utilizando redes bayesianas.

		Acertou?		TOTAL
		SIM	NÃO	
Resultado do Teste	SIM	53	0	53
	NÃO	12	0	12
	TOTAL	65	0	65

O sistema foi testado com 65 registros e foi capaz de autenticar 53 usuários. Portanto, o sistema possui uma taxa de acertos de 81,54%.

Como a rede sempre terá um usuário com maior crença para as características de entrada, não se utilizou usuários não cadastrados no sistema, pois a rede da maneira que foi testada não teria como rejeitar o usuário e, portanto, os resultados seriam sempre falsos positivos.

A probabilidade de falso negativo ou FRR do sistema é de 18,46%, que é alta, porém para ter uma dimensão melhor da taxa o ideal seria poder comparar com a FAR (*False Accept Rate* – Taxa de Falsa Aceitação) que não pode ser calculada devido à maneira como o sistema foi testado. Conforme explicado anteriormente, não foram adicionados usuários não cadastrados na rede quando foi realizado o treinamento e, por isso, ao tentar autenticar usuários não cadastrados o resultado seria sempre falso positivo. Em um trabalho futuro pretende-se adquirir mais imagens e montar a rede bayesiana de maneira que seja possível calcular a FAR e ter a dimensão correta do desempenho do sistema.

Verificou-se que o equipamento possui algumas falhas que necessitam ser corrigidas em um trabalho futuro. A maneira como o usuário deve posicionar a mão é um pouco desconfortável e pode acarretar em problemas de posicionamento se o usuário não conseguir encostar todo o dorso da mão na superfície do equipamento. Acredita-se que a maioria dos erros de verificação foi causada por esses problemas no posicionamento da mão e pelas condições de iluminação no momento de aquisição das imagens, pois verifica-se um desvio padrão alto entre os dados de um mesmo usuário quando houve erro de autenticação.

No sistema de Kumar (2006) a taxa de acertos foi de 91,66% para os testes realizados com 472 imagens, já no sistema de Wong (2002) a taxa de acertos foi de 88,89% para 125 imagens testadas e no sistema de Boreki (2003) a taxa de acertos foi de 91% para um total de 320 imagens

testadas. Todos os sistemas utilizaram técnicas sem a necessidade de pinos para posicionamento das mãos.

Os sistemas com o qual este trabalho foi comparado apresentaram uma taxa de acerto maior, porém utilizaram uma quantidade maior de imagens para realizar os treinamentos e os testes. Acredita-se que com um banco de dados maior, com mais usuários, seja possível determinar com mais precisão o desempenho do sistema.

5 Conclusões e trabalhos futuros

Este artigo apresentou um sistema biométrico de verificação de identidade baseado na análise da geometria da mão sem a utilização de pinos para fixar a mão, permitindo liberdade de movimento ao usuário.

O equipamento é capaz de obter uma imagem com o contorno nítido, mas pode ser melhorado, proporcionando maior conforto aos usuários na hora da aquisição e também possuindo uma iluminação incidindo de forma igual, visto que os erros de autenticação devem ser resultado de problemas na aquisição.

As características extraídas são capazes de diferenciar um indivíduo de outro e foram adquiridas em número significativo. Em um trabalho futuro é possível retirar as características com menor importância, que não estejam auxiliando a diferenciar um indivíduo de outro, e testar a influência das mesmas no desempenho. Também existe a possibilidade de incluir outros tipos de biometria que podem ser extraídas da mesma imagem, como a impressão palmar ou as veias da mão, criando um sistema biométrico multimodal.

O sistema possui uma taxa de acertos de 81,54% que ainda é baixa para ser utilizada como um sistema biométrico, principalmente se for feita a identificação dos usuários em vez da autenticação.

Referencias bibliográficas

- [BiometricConsortium12] Biometric Consortium. 2012. <http://www.biometrics.org/introduction.php>.
- [Boreki03] Boreki, G. Zimmer, A. Hand Geometry: A New Approach for Feature Extraction. 2003.
- [Covavisaruch05] Covavisaruch, N. et al. Personal Verification and Identification Using Hand Geometry. ECTI Transactions on Computer and Information Technology, Vol. 1, p.134-140, 2005.
- [Ibiometrica10] IBiométrica. Biometria – Centro de Conhecimento. 2010. http://www.ibiometrica.com.br/biometria_sistemas.asp
- [Jain99] Jain, A. K. Ross, A. Pankati, S. A prototype Hand Geometry-Based Verification System. Proc. of 2nd Int'l Conference on Audio and Video-based Biometric Person Authentication. Washington D.C. p.166-171, 1999.
- [Jain04] Jain, A. K. Ross, A. Prabhakar, S. An Introduction to Biometric Recognition. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, Vol. 14, p. 4-20, 2004.
- [JainDuta99] Jain, A. K. Duta, N. Deformable Matching of Hand Shapes for User Verification. IEEE



- International Conference on Image Processing, p. 857-861, 1999.
- [Junior05] Junior, D. G. S. Estimadores de Curvatura Baseados em Aproximações por Curvas Paramétricas. Dissertação (Mestrado em Matemática) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.
- [Kumar06] Kumar, A. et al. Personal authentication using hand images. Pattern Recognition Letters, Vol. 27, p. 1476-1486, 2006.
- [Le-Qing10] Le-Qing, Z. San-Yuan, Z. Multimodal biometric identification system based on finger geometry, knuckle print and palm print. Pattern Recognition Letters, Vol. 31, p. 1641-1649, 2010.
- [Matos11] Matos, H. J. S. Reconhecimento baseado na Geometria da mão. Dissertação (Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores) – Faculdade de engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2011.
- [NacinalScience06] Nacional Science And Technology Council. Hand Geometry. 2006. <http://biometrics.gov/Documents/HandGeometry.pdf>.
- [Oden03] Oden, C. Ercil, A. Buke, B. Combining implicit polynomials and geometric features for hand recognition. Pattern Recognition Letters, Vol. 24, p. 2145-2152, 2003.
- [O’Gorman88]. O’Gorman, L. Curvilinear Feature Detection from Curvature Estimation. Murray Hill, 1988.
- [Pedrosa09] Pedrosa, G. V. Barcelos, C. A. Z. Detecção de pontos de saliência em imagens. IX Encontro interno e XIII Seminário de iniciação científica, Universidade Federal de Uberlândia, 2009.
- [Ribeiro07] Ribeiro, C. E.C. Biometria – Leitores de Impressão Manual. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.
- [Sanchez-Reilo00] Sanchez-Reilo, R. Sanchez-Avila, C. Gonzale-Marcos, A. Biometric Identification through Hand Geometry Measurements, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. Vol. 22, nº10, p. 1168-1171, 2000.
- [Wong02] Wong, A. L. N. Shi, P. Peg-Free Hand Geometry Recognition Using Hierarchical Geometry and Shape Matching. Hong Kong University of Science and Technology Kowloon, 2002.
- [Yano11] Yano, V. A. N. Sistema Biométrico Multimodal Baseado em Pupilometria Dinâmica. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.
- [Zimmer08] Zimmer, A. Sistema Biométrico Híbrido para Verificação de Assinaturas Manuscritas. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas – SP, 2008.

