

# **Sistema Biométrico de Identificação Pessoal: Um Algoritmo de Localização Rápida da Textura da Íris**

**Roger Fredy Larico Chavez**

Universidade Estadual de Campinas UNICAMP, Campinas, Brasil, rlarico @decom.fee.unicamp.br

**Yuzo Iano**

Universidade Estadual de Campinas UNICAMP, Campinas, Brazil, yuzo @decom.fee.unicamp.br

**Vicente Idalberto Becerra Sablón**

Universidade Salesiana UNISAL/ Universidade Estadual de Campinas UNICAMP, Campinas, Brasil,  
vsablon@unisal.com.br

## **RESUMEN**

A biometria tem sido utilizada amplamente em segurança de sistemas automatizados. Neste trabalho propõe-se um sistema de reconhecimento pessoal baseado na biometria de íris. Essa escolha baseia-se no fato de que a íris fornece uma das melhores formas de biometria, atualmente.

Para o desenvolvimento de um algoritmo rápido visando o reconhecimento de íris, é necessária uma localização adequada da imagem, com pouca perda de informação. Neste trabalho, também se apresenta um algoritmo detalhado de localização rápida da textura da íris. Para isso, se utiliza um esquema de busca iterativa de centros e raios de círculos concêntricos bem como a aplicação de ruído gaussiano e a utilização de filtros medianos para se conseguir uma resposta confiável. Os resultados encontrados são comparados com algoritmos publicados na literatura e exaustivamente testados. O algoritmo proposto apresenta desempenho superior em comparação com outros em relação à velocidade de processamento assim como um incremento na precisão de reconhecimento.

**Palabras claves:** Reconhecimento de íris, biometria, segurança, algoritmos, captura.

## **ABSTRACT**

The biometrics has been widely used in automated security systems. In this work we propose a biometrics personal identification system based on iris, due to its better biometrics parameters results.

In order to develop a fast algorithm for iris recognition we need a fine segmentation image, with a low loss of information. In this work, we also present a detailed algorithm for the fast segmentation of iris texture that was achieved using an iterative search for centers and radius of concentric circles, as well as the application of Gaussian noise and the utilization of median filters to get reliable results. The achieved results are evaluated and compared to the published algorithms. The algorithm presents a better performance with relation to processing speed as well as an improvement of the recognition precision.

**Keywords:** Iris Recognition, biometric, security, algorithms, acquire

## **1. INTRODUÇÃO**

Com a melhoria e o avanço da tecnologia, bem como dos algoritmos de identificação pessoal, as pesquisas têm-se voltado para as técnicas de reconhecimento de íris. Um sistema de reconhecimento de íris, contém, em geral, um bloco de localização cujo objetivo é o fornecimento da informação correspondente à íris com clareza (Daugman, 2001), (Wildes, 1997), (Boles, 1998), (Ma, 2003). Um sistema de identificação pessoal deve ser executado em tempo real e, portanto é necessário que o tempo de processamento seja pequeno. Para a detecção da pupila e da

Íris é utilizada a proposta de um método algorítmico simples. Neste artigo, propõe-se um algoritmo rápido e que requer menor uso de memória. Os resultados obtidos são comentados comparativamente com os demais métodos e algoritmos que, por inserirem maior robustez, tendem a apresentar maior tempo de processamento e alto consumo de memória. Como a localização é uma das primeiras etapas de processamento no reconhecimento de íris, a eficiência desta etapa afeta muito o desempenho do processo como um todo. Nos resultados se observa que o algoritmo proposto apresenta melhor precisão da identificação somente melhorando a localização.

## 2. IDENTIFICAÇÃO DE ÍRIS

### A ÍRIS E A PUPILA

A íris é um órgão interno protegido pela córnea do olho, que é colorida e cuja função é controlar os níveis de luz assim como faz o diafragma de uma câmera fotográfica. A pupila é a abertura para a entrada de luz que é controlada pela íris (Erickson, 1996). A íris tem características que são próprias de cada pessoa (Daugman, 2004). Durante o processo de envelhecimento, a partir de certa idade, a íris não se altera biometricamente, sendo essa uma das suas características fisiológicas importantes. A íris é formada no início da gravidez durante os três primeiros meses de gestação, sua estrutura é completada aos oito meses e depois tem algumas mudanças de textura. No entanto, aos dois ou três anos de idade ela deixa de se alterar (Kronfel, 1962). A formação da íris depende do meio no qual é formado o embrião e dessa forma, muitos de seus detalhes não têm correlação com a carga genética (Daugman, 2002). Cada pessoa tem uma íris diferente, mesmo que sejam gêmeos univitelinos. Além disso, as íris direita e esquerda da mesma pessoa também são diferentes (Wildes, 1997). Os órgãos do olho, o humor aquoso e a córnea protegem a íris do ambiente como se pode observar na Fig.1. Essa proteção impede ou dificulta a mudança das características da íris sem correr graves riscos de lesão. Essa singularidade torna o reconhecimento através da íris vantajoso em relação às impressões digitais.



**Fig. 1. (a) Características circulares e angulares da íris; (b) Anatomia do olho (Erikson, 1996).**

### RECONHECIMENTO DE ÍRIS PARA A IDENTIFICAÇÃO

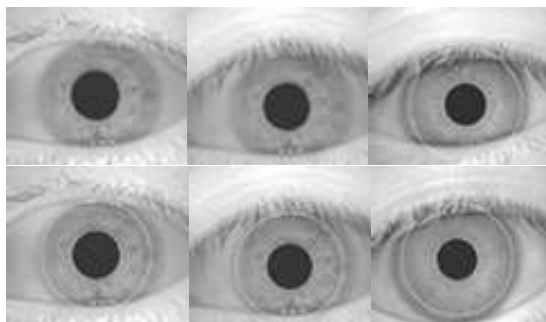
O reconhecimento de íris não causa dano físico por ser uma técnica sem contato. O processo depende somente da captura da imagem e do subsequente processamento de reconhecimento. Nos últimos anos, a íris humana tem sido utilizada com o mesmo objetivo das impressões digitais, com a vantagem de que a íris contém um padrão biométrico mais confiável do que outras técnicas, com menor taxa de erro (Maghiros et al., 2005).

Os algoritmos de reconhecimento da íris são decompostos normalmente em blocos ou subseções. O algoritmo proposto por Daugman (Daugman, 2004), tem os seguintes passos: localização de íris, correções matemáticas e para robustez do modelo, codificação de íris, comparação dos códigos. Li Ma (Ma, 2004) propõe um algoritmo eficiente que tem semelhança com outros algoritmos: localização de íris, normalização, realce, extração de características e comparação.

Em geral, é importante a localização para se ter limites definidos de processamento. Isso está relacionado com a eficiência e a exatidão. Segundo os relatos de Daugman, a localização da íris é um processo demorado em relação aos outros blocos de processamento (Daugman, 2002), (Daugman, 2003). De acordo com o modelo, uma fase de extração de características e uma comparação, sempre estão presentes. Mas, para ter uma resposta aceitável, deve-se diminuir a quantidade de erros nas primeiras fases.

## ANALISE DA TEXTURA DE ÍRIS.

A Íris tem características radiais e angulares e está situada perto da pupila. A pupila tem um formato mais semelhante à uma circunferência do que a íris. Mas, as características angulares são mais freqüentes perto da pupila e as radiais iniciam na pupila, dado que estas são músculos responsáveis pelos movimentos de contração (Lefohm, 2003). Isto é mostrado na Fig.1. Além disso, na Fig.2 se observa que a captura de dados de textura concêntrica contem a informação mais relevante da íris. Na verdade, a maioria dessas características é concêntrica, mesmo quando a íris não é concêntrica.



**Fig. 2. Concentricidade da Textura de íris com a pupila.**

### 3. LOCALIZAÇÃO DE ÍRIS

Uma localização de íris em geral, se reduz a uma simples busca de circunferências sendo que a procura é delimitada por duas circunferências usualmente não concêntricas (Daugman, 1993), (Daugman, 2004). Se a etapa de aquisição for adequada, o tempo gasto na localização será mínimo, mas, as obstruções (ex. cílios, pálpebras) e o ambiente físico (ex. luz, distância focal, movimentação do olho) não permitem um processamento rápido. Frequentemente utiliza-se um pré-processamento e encontra-se primeiro a pupila, e logo em seguida a íris. A pupila é quase preta e dessa forma, a diferenciação apresenta um processamento fácil. Para cada circunferência, é necessária a determinação de dois parâmetros: o centro e o raio da circunferência. Mesmo que as circunferências referentes à íris e a pupila não sejam concêntricas costuma-se aproximá-las por circunferências perfeitas e supõe-se a existência de concentricidade a fim de diminuir o tempo de procura (Daugman, 1993), (Daugman, 2004). Os testes comprovam que o erro é mínimo e que o maior erro ocorre no limite mais externo, ou seja, em uma região do olho que contém pouca informação de textura.

Existem muitas propostas de localização de íris, sendo que as mais utilizadas estão baseadas na detecção de circunferências. Comentam-se as técnicas de localização usadas frequentemente como: a transformada de Hough, análise de intensidades e a integro-diferencial (Daugman et al., 1994).

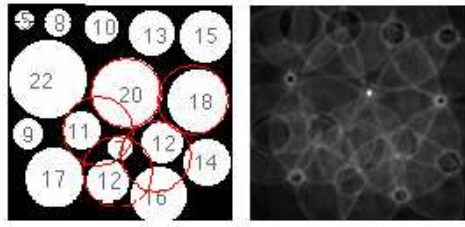
#### TRANSFORMADA DE HOUGH

A transformada de Hough (TH) é um método padrão para detecção de “formas” que são facilmente parametrizadas, ou seja, com fórmulas conhecidas, tais como círculos em imagens digitalizadas. Essa transformada consiste em definir um mapeamento entre o espaço de imagem  $(x, y)$  e o espaço de parâmetros  $(c, d, r)$ .

$$(x - c)^2 + (y - d)^2 = r^2 \quad (1)$$

Os valores de  $c$  e  $d$  definem o centro do círculo e  $r$  o raio. Para isso, esse espaço de parâmetros é discretizado e representado na forma de uma matriz de inteiros ou células, onde cada posição da matriz corresponde a um intervalo no espaço real de parâmetros. Procuram-se todos os círculos  $(c, d, r)$  que passam pelo ponto fixo  $(x, y)$ . Mostra-se na eq.(1) um cone no espaço  $(c, d, r)$  que é fixado pelos parâmetros  $(x, y)$ . Deve-se então acumular todos esses cones no espaço tridimensional e buscar um pico máximo da acumulação. Se o acúmulo na

célula correspondente é alto, então a célula é escolhida Schulze, Na Fig.3 apresenta-se uma demonstração da transformada de Hough para detecção dos círculos de raio igual a 20.



**Fig. 3. Detecção de círculos de raio igual a 20, utilizando-se T. Hough (Schulze, 2003)**

A transformada de Hough é uma especialização da transformada de Radon. Esse domínio é um espaço tridimensional das variáveis  $(c, d, r)$ , baseado em densidades e vizinhança. A determinação da imagem tridimensional de Radon tem complexidade de  $O(ND^2)$  (Voss, 2004), onde  $N$  é o numero total de pontos e  $D$  é o quantidade de células de acumulação.

Em conjunto com uma boa detecção de bordas, a transformada de Hough é utilizada para uma detecção de íris.

#### ANÁLISE DE INTENSIDADES: OPERADOR INTEGRO-DIFERENCIAL

Para o caso específico de íris, Daugman utiliza o operador integro-diferencial dado na Eq. (2). A vantagem dessa técnica é que a mesma estima separadamente os parâmetros da íris e da pupila. Consiste em:

$$\max(r, x_0, y_0) \left| G_\sigma * \frac{\partial}{\partial r} \int \frac{I(x, y)}{2\pi r} ds \right| \quad (2)$$

onde  $I(x, y)$  é uma imagem contendo um olho. Nesse operador procura-se sobre o domínio  $(x, y)$  da imagem pelo valor máximo da derivada parcial com relação ao raio  $r$ , da integral normalizada do contorno da imagem ao longo de um arco circular  $\partial s$  de raio  $r$  e coordenadas de centro  $(x_0, y_0)$ . A gaussiana  $G_\sigma = \sqrt{2\pi}^{-1} e^{-\frac{r^2}{2}}$  é utilizada para suavizar o ruído, com uma escala  $\sigma$ . O procedimento é realizado sobre três parâmetros espaciais  $(x_0, y_0, r)$  definindo-se um caminho através do contorno de integração (Daugman, 1994).

#### ALGORITMOS DE LOCALIZAÇÃO

Um dos algoritmos mais rápidos e de baixo custo computacional é a proposta de se ajuntar uma detecção de bordas e detecção de circunferências, diminuindo assim, o domínio (Ma, 2004). Segundo Li Ma, primeiro se faz uma estimativa aproximada do centro, em seguida passa-se para a forma binária e diminui-se a região apropriadamente. Então, aplica-se o operador de bordas e uma detecção de círculos, para se achar o centro real. Os passos do algoritmo são:

- Projetar a imagem nas direções vertical e horizontal a fim de se aproximar do centro  $(X_p, Y_p)$  da pupila. Como a pupila é normalmente de baixa intensidade e sem ruído, as coordenadas correspondem à mínima intensidade das duas projeções. Considera-se o centro da pupila como sendo o ponto  $(X_p, Y_p)$  tal que:

$$X_p = \arg \min_x \left( \sum_y I(x, y) \right) \quad (3)$$

$$Y_p = \arg \min_y \left( \sum_x I(x, y) \right) \quad (4)$$

onde  $I(x, y)$  é a imagem projetada do olho.

- Compor uma imagem binária de tamanho 120x120 centrada no ponto  $(X_p, Y_p)$  adaptando um limiar apropriado através do uso de um histograma dessa região. Nessa região repete-se o passo anterior e essa é a nova estimativa da pupila que deve substituir a anterior.
- Calcular os parâmetros exatos dos dois círculos aplicando-se o operador de Canny (Canny, 1986) para se obter as bordas e a Transformada de Hough (Ballar, 1981), (Vos, 2004) a fim de se detectar os círculos. Isso é feito na região determinada por  $(X_p, Y_p)$ .

#### ANÁLISE DE SEGMENTAÇÃO DE TEXTURA

Na referência (Cui, 2004), apresenta-se uma aplicação de uma análise baseada na textura da íris. Além disso, usa-se a característica de que a pupila é preta, ou seja, de baixa frequência. Decompõe-se a imagem original com a transformada de wavelet de Haar. A localização da pupila é facilitada usando-se a decomposição wavelet, e inicia-se então uma estratégia de busca fina a partir dessa informação. Depois são implementados outros passos para se encontrar a íris ao mesmo tempo em que se aplica uma modificação da transformada de Hough para se aumentar a velocidade de busca. Escolhendo-se aleatoriamente pontos do mapa de bordas, inicia-se uma busca iterativa de acordo com a Eq. (1). Os resultados experimentais obtidos mostram uma redução de custo computacional.

O limite externo da íris é localizado utilizando-se o operador integro-diferencial. O operador diferencial é definido como:

$$f'(i) = f(i+1) + f(i+2) - f(i-1) - f(i-2) \quad (5)$$

Assim, pode-se melhorar o contraste do limite exterior da íris. Se a pupila é localizada  $(x_c, y_c, r)$ , a busca do limite exterior é limitado a:

$$(x_c - x_1, y_c, r + r_1) \approx (x_c + x_1, y_c, r + r_1) \quad (6)$$

O método tem muita rapidez e robustez. Isso ocorre porque se utiliza um esquema simples de localização, baseado em informação local e dessa forma, minimiza-se os efeitos de ruído. Na detecção da pupila não é utilizada a transformada de Hough e isso causa uma redução do custo computacional. A aplicação do operador integro-diferencial resulta em uma melhoria do contraste. Adicionalmente, reduzem-se as necessidades de espaço, pois se passa de 3D para 2D e a busca é realizada em um domínio menor (Cui, 2004).

#### 4. PROPOSTA PARA A LOCALIZAÇÃO DE ÍRIS

A presente proposta para a localização de íris é baseada no cálculo aproximado da pupila, através da intensidade mínima das projeções vertical e horizontal. Encontra-se o raio da pupila de forma iterativa utilizando-se as mudanças de intensidades (0,1). Refina-se o centro e acha-se o raio da íris analisando somente uma região centrada  $(X_p, Y_p)$ . Substitui-se a detecção de bordas por um filtro que mostre uma variação binária simples nos dois eixos para se encontrar a pupila. A procura é feita na linha de menor intensidade para cada eixo. Usa-se uma detecção do raio da íris similar à anterior, mas, em um só eixo. O algoritmo proposto tem a vantagem de ser rápido e de menor complexidade, porém é sensível a erros devido às obstruções que afetam a intensidade de outras regiões. Aplicando-se ruído gaussiano na localização, ter-se-á a mesma resposta, isso porque se usa a média da intensidade em uma linha. Aplica-se assim nesses casos o ruído gaussiano, e assume-se a resposta como sendo válida.

##### LOCALIZAÇÃO DO CENTRO APROXIMADO DA PUPILA.

A primeira localização do centro da pupila é conseguida através da característica que é mais uniforme e de menor intensidade na imagem do olho. Então se aplica o seguinte algoritmo:

-Passar um filtro mediano, que garanta uma suavização suficiente para diminuir o ruído e diferenciar as regiões de alta e baixa intensidade.

-Converter os dados da imagem para binário. Utiliza-se um limiar que garanta que a intensidade da pupila seja diferente da intensidade da íris. O algoritmo tem como limiar experimental 26% da máxima intensidade possível. Isso depende muito dos parâmetros de obtenção da imagem. Com o aumento do contraste, o limiar aumenta.

-Achar  $(X_p, Y_p)$  aplicando-se (3) e (4).

### RAIO DA PUPILA

Encontra-se inicialmente  $(X_p, Y_p)$  aproximados. Então, percorre-se pixel a pixel desde o centro  $(X_p, Y_p)$  até se chegar a uma região de mudança de intensidade  $I(x, y) = 0$  cor preta para uma  $I(x, y) = 1$  cor branca. Indo no sentido da esquerda para a direita no eixo  $x$ , acham-se respectivamente,  $x_l$  e  $x_r$ . E nos sentidos para cima e para baixo no eixo  $y$ , acham-se respectivamente,  $y_u$  e  $y_d$ .

Dados  $x_l, x_r, y_u$  e  $y_d$  deve-se estimar o raio da pupila, aplicando-se as seguintes equações:

$$R_p^x = \frac{|X_p - x_l| + |X_p - x_r|}{2} \quad (8)$$

$$R_p^y = \frac{|Y_p - y_u| + |Y_p - y_d|}{2} \quad (9)$$

$$R_p = R_p^x \approx R_p^y \quad (10)$$

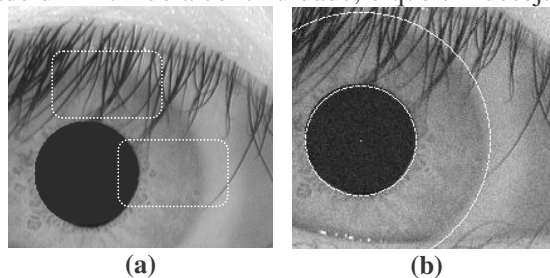
onde  $R_p, R_p^x$  e  $R_p^y$  são as aproximações do raio da pupila nos dois eixos.  $R_p$  assume o valor de  $R_p^x$  dado que ele sofre menos obstruções dos cílios e das pálpebras.

### LOCALIZAR O CENTRO REAL DA PUPILA

Agora com os dados aproximados de  $(X_p, Y_p)$  e  $R_p$ , pode-se encontrar o centro real da pupila.

-Achar o erro  $\varepsilon = |R_p^x - R_p^y|$ , se ele for maior do que o máximo erro permitido. Então, deve-se aplicar ruído gaussiano à imagem original. Iniciar de novo o algoritmo tendo-se uma nova imagem de entrada.

Uma imagem com ruído gaussiano ou sem ele, terá o mesmo resultado para imagens como mostra a Fig.4(b). No entanto, para os casos com muitas obstruções verticais de baixa intensidade como se observa na Fig.4(a), o algoritmo acha a menor intensidade diminuindo a continuidade, o que é indesejável.



**Fig. 4. (a) Íris com obstrução vertical dos cílios, e outra região com pouca incidência deles, (b) Localização de íris aplicando-se ruído gaussiano.**

-Reinicia-se o algoritmo, mas agora com a informação dos raios  $R_p^x$  e  $R_p^y$ . Os efeitos interferentes dos cílios normalmente ocorrem na vertical. Logo, o raio  $R_p^x$  é o raio da pupila  $R_p$  final válido. Nos testes, apenas uma das 108 classes da base de dados CASIA necessitou realmente do tratamento de ruído. Assim, esse passo insere robustez no algoritmo.

-Calcular as coordenadas do centro:

$$(X_p, Y_p) = \left( \frac{x_r + x_l}{2}, \frac{y_u + y_d}{2} \right) \quad (11)$$

Nesse algoritmo  $(X_p, Y_p)$  é considerado válido dessa etapa em diante.

### RAIO DA ÍRIS

O algoritmo processará somente uma região da imagem que contenha uma menor quantidade de obstruções. No caso de uma imagem referente a um olho, essas regiões de menor obstrução são as regiões ao lado do centro da pupila. Essas regiões de interesse (ROI-Region of Interest) podem ser utilizadas para o todo o processo (Ma, 2003). Na Fig. 4.a tem-se um exemplo onde se percebe com clareza que os cílios ou as pálpebras dificilmente chegam a cobrir a informação da íris.

-Compôr uma janela centrada em  $(X_p, Y_p)$ , de comprimento e largura:

$$[M \times N] = [2(R_p + eRi_{\max}) \times height] \quad (12)$$

onde  $eRi_{\max}$ , é a variação máxima do raio da íris que ocorre em relação ao centro. Depende de muitos fatores relacionados com a forma de aquisição da imagem, tais como a iluminação, distância da câmera, porcentagem do olho na imagem, etc. Nos testes realizados, usa-se a base de dados CASIA, na qual esses parâmetros têm valores constantes em todas as imagens. A variável *height* que corresponde à altura, tem valor que depende da base de dados. Um valor menor levará a um menor tempo de processamento, porém haverá maior probabilidade de que as obstruções inviabilizem o processo. O valor para essa variável é empírico, tendo o valor de 6 pontos o melhor comportamento. Aplicou-se o filtro mediano nessa janela para passar a informação relevante da textura para baixa intensidade a fim de suavizar as fronteiras de textura da íris e desprezar a região externa se for necessário.

-Passo de busca: procurar desde um canto da janela até encontrar um ponto  $x_l, x_r$  de baixa intensidade no eixo horizontal, indo para o lado esquerdo e para o direito. Esses são os limites aproximados da íris.

$$R_i = \frac{|X_p - x_l| + |X_p - x_r|}{2} \quad (13)$$

-Obter o centro da íris  $(X_i, Y_i)$

$$X_i = |x_r + x_l|/2 \quad (14)$$

Mesmo que a precisão seja menor, os dados perdidos não são tão relevantes para o cálculo final. Isso porque a maior informação da íris está na região mais próxima da pupila. Note-se que o filtro mediano retira apenas a informação no limite exterior da íris que apresenta textura quase nula (ver Fig.2). A localização será feita somente depois que os resultados do algoritmo convergirem. Na Fig. 5 se observa o resultado em uma iteração. No caso da Fig.5(a) tem-se um olho quase sem obstruções e no caso da Fig.5(b) com obstruções da pálpebra e dos cílios.

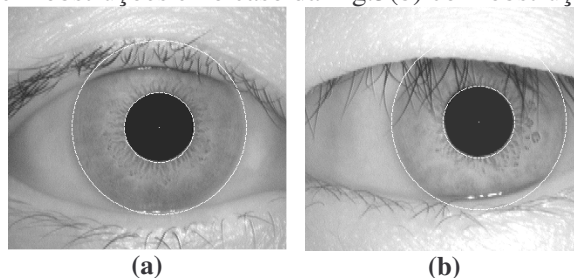
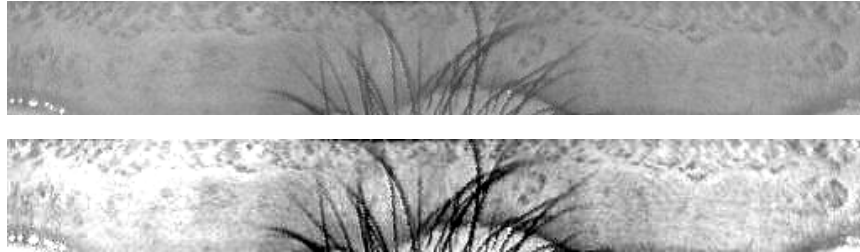


Fig. 5. Localização da íris proposta: centros e raios de pupila e íris

## NORMALIZAÇÃO E MELHORIA DA IMAGEM

A aquisição de uma imagem real, no meio ambiente dificilmente é perfeita. Os erros inseridos são devidos às muitas variáveis envolvidas, tais como os diferentes tamanhos das íris, as variações de iluminação, bem como de outros fatores que afetam a imagem incluindo-se as reações naturais da pupila. Para a obtenção de uma informação da íris que seja confiável, primeiro é necessário localizar a íris e uniformizar esses dados. Após esse procedimento, os algoritmos computacionais de reconhecimento podem ser usados para análise.



**Fig. 6. (a) Íris em formato (64x512) normalizado em um retângulo; (b) Enriquecimento da imagem aplicando-se maior contraste.**

O conteúdo circular em uma imagem padrão de íris pode ser representado em uma imagem retangular. Assim aplica-se uma transformação para se passar de um setor circular para uma faixa retangular.

Ao se normalizar uma imagem deve-se ter parâmetros fixos a fim de simplificar os seguintes passos de processamento sem reduzir os dados relevantes, nem causar distorções (Daugman, 1993), (Ma, 2003). Tem-se:

$$I_n(X, Y) = I_o(x, y) \quad (15)$$

$$x = x_p(\theta) + (x_i(\theta) - x_p(\theta)) \frac{Y}{M} \quad (16)$$

$$y = y_p(\theta) + (y_i(\theta) - y_p(\theta)) \frac{Y}{M} \quad (17)$$

$$\theta = 2\pi X / N \quad (18)$$

onde  $I_n$  é a nova imagem de  $M \times N$  (64 x 512).

A imagem normalizada conserva as características principais da textura como pode ser observado na Fig. 10 (a), mas a íris é de baixo contraste sendo que as informações relevantes são as mudanças de textura. Por essa razão, o tratamento da imagem na Fig. 10 (b) consiste em realçar as regiões que contém os dados. Com exatidão na localização e sem deformação na normalização, as informações de textura estão prontas para posteriores tarefas de reconhecimento, porém, diminuindo-se os dados.

## 5. EXPERIMENTOS E RESULTADOS

Para se avaliar o desempenho do método proposto, foi utilizada a base de dados CASIA Íris Database, que contém 756 imagens (320x280 pixels) de íris de 108 olhos, que resulta em 108 classes. Para cada olho, sete imagens são capturadas em duas sessões. Três imagens são coletadas na primeira sessão e quatro imagens na segunda sessão.

A Tabela 1 mostra a comparação apresentada por Jiali Cui (Cui, 2004). Apresenta-se também o resultado do algoritmo proposto, levando-se em conta as mesmas características nos experimentos relatados naquela publicação. O algoritmo foi rodado tendo como base o algoritmo de Daugman implementado em MatLab por Masek (Masek, 2005) e modificando-se o módulo de segmentação. O sistema tem a configuração com um limiar 0.36 para uma FAR=0% e um FRR=0.13%.

O método de Daugman é robusto, sendo que os seus resultados são de difícil comparação, pois não são relatadas melhorias computacionais no seu método, mas os relatos apresentam 100% de exatidão. O esquema de

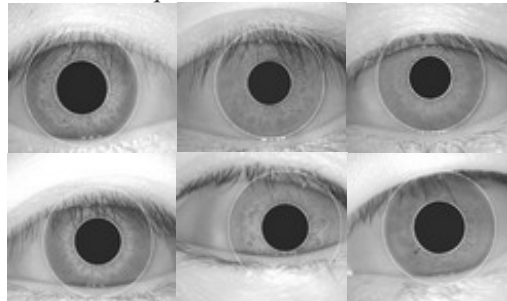


reconhecimento de íris possui um bloco de localização, e ao longo do processo esse bloco permanece inalterado. Esse bloco está baseado na integro-diferencial e é possível se ter uma idéia do tempo de processamento desse bloco com respeito a todo um processamento de reconhecimento. Por exemplo, em (Daugman, 1994) a localização representa 57.7% do total e em (Daugman, 2004) representa 20.17% do total. Daugman utiliza a sua mesma integro-diferencial com possíveis melhorias, mas, esse fato não é relatado.

**Tabela 1: Comparação de Métodos.**

Método	Exatidão	Tempo		
		Médio	Min.	Max.
Daugman	98.60%	6.56s	6.23s	6.99s
Wildes	99.90%	8.28s	6.34s	12.54s
Wildes 2	99.50%	1.98s	1.05s	2.36s
Jiali Cui	99.54%	0.2426s	0.1870s	0.3290s
Proposto	99.87%	<b>0.0742s</b>	0.0450s	0.7950s

O algoritmo proposto ao se inserir ruído gaussiano continua sendo rápido e confiável, isso porque nesse passo se assegura difundir as obstruções. Tais obstruções são causadoras de problemas na localização. No experimento, apenas uma classe apresenta obstruções significativas (ver Fig. 4). Dentro dessa classe existem sete amostras, das quais quatro contêm cílios que provocam erros quando não se insere um ruído gaussiano.



**Fig. 7. Resposta ao algoritmo proposto, da base de dados.**

No décimo passo encontra-se o centro da íris. Mesmo assim, não é utilizado. Isso porque a informação da textura da íris é mais concêntrica a da pupila, como se observa na amostra 51 (ver Fig. 2) da base de dados. Nesse algoritmo só foi aceita a informação útil da íris a fim de se conservar a concentricidade e passar para uma normalização de menor custo computacional, que garanta uma informação homogênea de uma íris. Essa imagem apresenta muita irregularidade na concentricidade. Percebe-se que as escolhas dos limites para todas as amostras dessa classe são semelhantes. Para um reconhecimento da íris, a informação de entrada sempre será a correspondente, portanto se há perda de dados em uma íris, na outra sessão também haverá. A melhoria no resultado final do sistema deve-se a melhoria na entrada de dados no sistema, pegando-se a informação de textura mais relevante (ver Fig. 7).

## 6. CONCLUSÃO

O processo de localização da íris encontra o centro e os limites da íris e da pupila satisfatoriamente, com velocidade superior aos algoritmos apresentados. O algoritmo faz uma correção de exatidão, sendo que um ruído gaussiano é aplicado a fim de se obter melhores resultados. O método é baseado na obtenção da informação da textura da íris. A captura correta da textura melhora os resultados finais dum processo de reconhecimento de íris. Normalmente a informação é concêntrica à pupila, sendo que não tem relevância a perda de dados no limite exterior. A textura relevante é separada utilizando-se filtros medianos com limiares apropriados.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Dr. John Daugman (Cambridge University, UK), Dr. Richard Wildes (York University, Canada), e Dr. Li Ma (Chinese Academy of Sciences) pelos seus artigos. Também agradecemos a CASIA Iris Database.

Agradecemos também as instituições de apoio à pesquisa do Brasil: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (Cnpq), Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp), a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) e ao Fundo de Apoio ao Ensino, à Pesquisa e à Extensão da Unicamp.

## REFERÊNCIAS

- Daugman, J. (1993). "High confidence visual recognition of persons by a test of statistical independence," *IEEE Trans. Pattern Analy Machine Intell.*, vol. 15, pp. 1148–1161.
- Wildes, R.P (1997). "Iris Recognition: An Emerging Biometric Technology," *Proceedings of the IEEE*, vol. 85, no. 9, pp 1348-1363.
- Boles, W. (1998). "A security system based on human iris identification using wavelet transform," *Engineering Applications of Artificial Intelligence*.
- Ma, L., Tieniu Tan (2003). "Personal Identification Based on Iris Texture Analysis". *IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 25, no. 12.
- Erickson, M. (1996). Eye Anatomy. <http://www.stlukeseye.com/Anatomy.asp>
- Daugman, J. (2004). "How Iris Recognition Works," *IEEE Transaction on Circuit and System for Video Technology*, vol. 14, no. 1.
- Kronfeld, P. (1962) "Gross Anatomy and Embryology of the Eye", in *The Eye*, H. Davson, Ed. London, U.K.
- Daugman, J. (2002). "Recognizing Persons by Their Iris Patterns". The Computer Laboratory, University of Cambridge, United Kingdom.
- Maghiros, I., Punie, Y., Delaitre, E., Lignos, C., Rodríguez, M., Ulbrich, M., Cabrera, B., Clements, L., Beslay, R., Van Bavel (2005) "Biometrics at the Frontiers: Assessing the Impact on Society," A Report to the European Parliament Committee on Citizens Freedoms and Rights, Justice and Home Affairs (LIBE), EUR 21585.
- Ma, L. (2004). "Efficient Iris Recognition by Characterizing Key Local Variations," *IEEE Transaction on Image Processing*, vol. 13, n. 6.
- Daugman, J. (2003) "Demodulation by Complex-Valued Wavelets for Stochastic Pattern Recognition," *Int'l J. Wavelets, Multiresolution and Information Processing*, vol. 1, no. 1, pp. 1-17.
- Lefohm R., Caruso, E., Reinhard, B., Budge (2003) "An Ocularist's Approach to Human Iris Synthesis", *IEEE Computer Graphics and Applications*, vol. 26, no. 11, pp. 70-75.
- J. Daugman, C. Downing, "Recognizing iris texture by phase demodulation" *IEEE Colloquium on Image Processing for Biometric Measurement*, vol. 2, pp. 1–8, April 1994.
- Schulze, M. (2003). Circular Hough Transform: A Java applet demonstration, <http://markschulze.net/java/hough>
- Voss, K., Suesse, H. and Ortman, W. (2004). "Radon, Hough, Acumulación y el método SDR", CC/CIMAT Dep. Mathematic, Comunicación Técnica No I-04-05.
- Canny, J. (1986). "A computational approach to edge detection," *IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell.*, vol. PAMI-8, pp. 679–698.
- Ballard, D. (1981). "Generalized Hough transform to detect arbitrary patterns," *IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell.*, vol. PAMI-13, pp. 111–122.
- Cui, J., Yunhong, Tieniu, Li Ma, Zhenan Sun, (2004). "A Fast and Robust Iris Localization Method Based on Texture Segmentation", *Center for Biometric Authentication and Testing, National Laboratory of Pattern Recognition, Chinese Academy of Sciences*, Beijing, P.R.China.
- CASIA Iris Image Database, Chinese Academy of Sciences (CASIA). [www.sinobiometrics.com/resources.htm](http://www.sinobiometrics.com/resources.htm)
- Masek, L. (2005). "Recognition of Human Iris Patterns for Biometric Identification," M. Thesis, The University of Western Australia, [www.csse.uwa.edu.au/~pk/studentprojects/libor/LiborMasekThesis.pdf](http://www.csse.uwa.edu.au/~pk/studentprojects/libor/LiborMasekThesis.pdf).

## Authorization and Disclaimer

Authors authorize LACCEI to publish the paper in the conference proceedings. Neither LACCEI nor the editors are responsible either for the content or for the implications of what is expressed in the paper.