

Human Iris Segmentation on Videos Obtained via Natural Lighting from SmartPhones

Pinheiro, H.M.; Costa, R. M.; Laureano, G. T.; Romero, R.J.; Soares, F. A. A. M. N; Galdino, L. O.

Instituto de Informática/Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Brasil

Goiânia, Brasil

{hedenir, ronaldomc12, gustavoengdm, renan.j.romero}@gmail.com; {fabrizio, leandroluis}@inf.ufg.br

Abstract— The use of human iris images is considered one of the safest ways to provide biometrical recognition. On iris images obtained with natural lighting, the presence of reflection in its surface difficult the process of segmentation and extraction of the patterns present in its texture. This present work has as objective studying and applying techniques for segmentation of the iris region on videos of human eyes obtained via natural lighting. To do this, methods focusing on improving the location of the internal and external iris contour were used in images obtained on these conditions. Some procedures were also made to the removal of present noise over the iris region, such as eyelids and reflections. The results showed that the search of the internal iris region via estimation of its shape provided high matching rates on the segmentation of this region on the video analysis

Keywords— Iris Segmentation; Biometric Recognition; Natural Lighting;

I. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, as pesquisas na área de reconhecimento biométrico tiveram grande avanço, métodos de reconhecimento tornaram possível realizar a segmentação e extração da região da íris de forma bastante eficiente [1]. Entretanto, a maioria desses métodos exige que as imagens sejam capturadas por câmeras que trabalham na faixa de frequência próxima ao infravermelho (*Near Infra-Red* - NIR). Essa restrição referente à captura das imagens exigidas por estes métodos tornam muitas vezes o reconhecimento pela íris um processo inviável em ambientes onde não é possível seguir tal restrição. Por essa razão, mesmo sendo considerada uma das mais precisas [2], a biometria que utiliza as marcações presente na íris não é a forma mais utilizada de reconhecimento biométrico em sistemas de autenticação.

O objetivo do presente trabalho é analisar e aplicar técnicas de segmentação da íris em vídeos obtidos com uma câmera digital comum, capturados em ambientes com iluminação natural, de modo que a qualidade da segmentação obtida contribua para a construção de sistemas que utilizem esse tipo de imagem.

II. MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização deste trabalho, são utilizados vídeos do olho humano obtidos com a câmera de um iPhone 5 com resolução de 1080 por 1920 pixels.

Foram utilizados 3 vídeos, de indivíduos diferentes; obtidos em ambiente fechado com a incidência de luz natural. Esses vídeos serão chamados de A, B e C. Na figura 1 são apresentados exemplos de frames retirados destes vídeos.

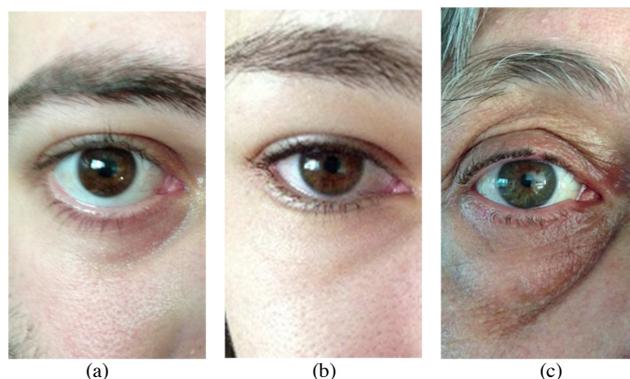


Figura 1: Frames Extraídos de Cada Um dos Vídeos Utilizados

Durante as fases da segmentação o tamanho dos frames dos vídeos sofreu variações dependendo do método utilizado. Os frames em algumas fases foram divididos em canais RGB, em outras foram convertidos para escala de cinza.

Os seguintes passos foram executados para segmentação e normalização:

- A. Detecção do olho;
- B. Detecção da íris e da pupila;
- C. Remoção das pálpebras superiores;
- D. Remoção de reflexos;
- E. Normalização

A. Detecção do olho

A figura 1 mostra que nos vídeos gravados, outras partes do rosto além do olho foram capturadas. Tendo em vista que a detecção da íris nas imagens depende da análise do contraste entre íris, pupila, pálpebras e esclera; a presença de outras regiões de contraste como rugas, sobrancelhas ou até mesmo reflexos na pele podem influenciar negativamente a qualidade da segmentação. Um exemplo disso pode ser observado figura 1c, em que nota-se a presença de várias regiões de alto contraste ao redor do olho.

A remoção dessas regiões indesejadas é necessária para evitar que elas influenciem negativamente na detecção das regiões de interesse. Ao remover essas regiões aumenta-se a

área proporcional da íris em relação às dimensões de altura e largura das imagens, que podem então ser utilizadas como referência para a detecção dessa região. Outra vantagem da redução da área das imagens é de que um número menor de pixels será processado nas diversas etapas que constituem as fases seguintes de segmentação da íris.

1) Transformações nas Imagens

Para o processamento da segmentação do olho, os vídeos foram redimensionados para um tamanho proporcional a 20 % do tamanho original, o que resulta em um tamanho aproximado de 216 x 384 pixels. A quantidade da redução foi ajustada experimentalmente de tal forma que não se perdesse informações necessárias para a detecção e segmentação da região olho. Este redimensionamento não é aplicado nas imagens resultantes, pois o recorte do olho é realizado sobre a imagem com suas dimensões originais.

O processamento realizado nesta fase foi feito exclusivamente no canal vermelho do espaço de cores RGB. Pode-se observar na figura 2 um frame do vídeo C redimensionado decomposto em seus 3 canais de cores.

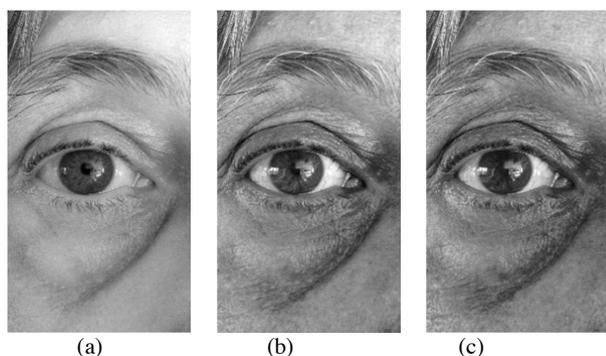


Figura 2: Decomposição da Imagem nos Canais RGB

Pode-se notar que no canal vermelho, figura 2a, a incidência de sombras diminuiu consideravelmente em relação aos outros canais. Existe também uma diminuição grande das áreas de reflexo incidentes sobre a região do olho. A redução destas sombras e dos reflexos faz com que se tenha uma imagem do olho com a região da íris mais bem definida e com um menor grau de intensidade de pixels se comparada às demais regiões da imagem.

2) Técnica Utilizada

Para realizar a segmentação do olho, tomou-se como base o proposto em [3], onde os pixels da imagem são agrupados em níveis de intensidade através do processo conhecido como k-means.

Assume-se a partir dessa técnica que a região que contém o olho é aquela constituída por pixels vizinhos (conectados) pertencentes ao grupo de pixels com menor intensidade e que esteja mais próxima ao centro da imagem. Na figura 1

observa-se que a região do olho nos vídeos capturados está próxima ao centro, logo no presente cenário é possível utilizar esta técnica para detectar o olho nas imagens.

3) Aplicação da Técnica

A aplicação do k-means nas imagens foi realizada através da função k-means fornecida pelo OpenCV, onde os centróides iniciais dos clusters são gerados de maneira aleatória. De posse das informações geradas pelo k-means é possível construir uma nova imagem para cada frame dividindo os pixels de acordo com os seus índices. Na nova imagem, os pixels de um bloco recebem o valor de seu centroide, que guarda a média de intensidade de todos os pixels que constituem aquele bloco. A figura 3 demonstra a técnica para detecção e extração do olho aplicada a cada um dos vídeos analisados. Nela pode-se observar o resultado da divisão dos pixels gerada pelo processamento do k-means.

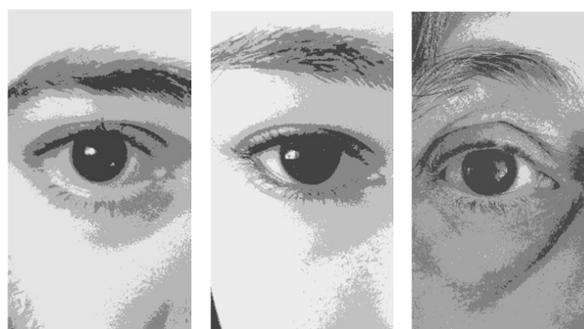


Figura 3: Resultado do k-means em 4 Níveis

Com o objetivo de tornar mais compacto o bloco da íris foram realizados vários experimentos com operações morfológicas nas imagens geradas pelo k-means.

Ao final destes experimentos chegou-se a uma configuração em que as operações morfológicas conhecidas como closing (dilatação seguida de erosão) e opening (erosão seguida de dilatação) são aplicadas em sequência nas imagens. Os resultados dessas operações podem ser observados na figura 4. O tamanho dos elementos estruturantes utilizados nessas operações foi definido experimentalmente como sendo de 9x9.

O conjunto de operações morfológicas reduziu o tamanho do bloco contendo a íris e a maioria dos blocos indesejados resultantes do k-means. A figura 5 demonstra o olho segmentado obtido pela seleção do bloco mais escuro de pixels que está mais próximo ao centro.

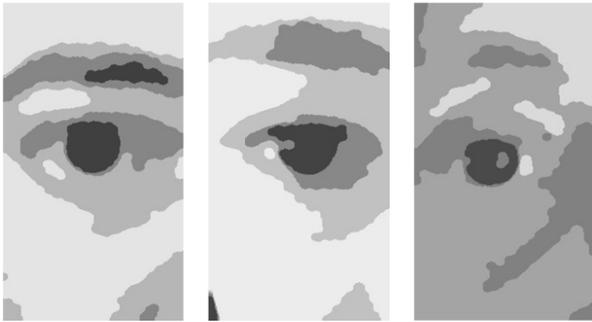


Figura 4: Resultado das Operações Morfológicas

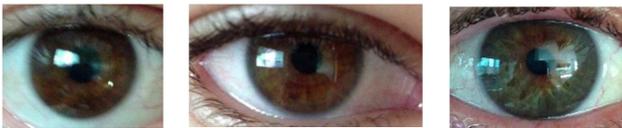


Figura 5: Olhos Recortados com as Modificações

B. Detecção da Pupila e a Íris

Por se tratarem de regiões com características próximas a de uma circunferência, a detecção da íris e da pupila consiste em encontrar um círculo que seja compatível com suas dimensões e localização nas imagens analisadas.

Em [4, 5, 6, 7, 8, 9] foi possível perceber que a localização desses círculos é feita na maioria das vezes através de dois passos básicos: aplicação do filtro de *Canny* [10] para a detecção de bordas seguida da *transformada de Hough* [11] para a detecção dos círculos.

Nas imagens da figura 5 percebemos que o contraste entre a íris e a esclera é em geral maior que o contraste entre a pupila e a íris. Logo, a primeira abordagem utilizada para a detecção da íris e da pupila foi a de se localizar primeiramente o círculo da íris. Entretanto, visto que nesse cenário não foi possível chegar a uma configuração que apresentasse resultados satisfatórios de segmentação para os 3 vídeos; foi testada uma nova forma de detecção da pupila e inversão na ordem de detecção entre íris e pupila. Em ambas as abordagens, as informações do primeiro círculo encontrado foram utilizadas na localização do segundo.

1) Detectando a Pupila

Para detectar a pupila, a suavização e a binarização foram aplicadas nas imagens. Na binarização, o limiar foi definido em 20. O cuidado ao ajustar o valor do limiar foi o de isolar o contorno da região da pupila das outras partes da imagem sem que com isso houvesse uma grande perda deste contorno.

Os contornos foram detectados através da função *findContours* fornecida pelo OpenCV. Diferentemente da função *Canny*, a *findContours* retorna para cada contorno detectado, um vetor com todos os pixels da imagem que o

constitui. A partir desse vetor de pixels é possível obter as suas informações através da aplicação da função *boundingRect* do OpenCV, que retorna um retângulo que envolve a área daquele contorno.

O contorno que representa a pupila é considerado como sendo aquele mais próximo ao centro da imagem. Logo para cada retângulo encontrado essa distância deve ser calculada. O retângulo que possui a menor distância é então selecionado para a construção do círculo que representará a pupila.

A partir do retângulo selecionado é utilizada a função *minEnclosingCircle* fornecida pelo OpenCV para a detecção de um círculo que se aproxime das dimensões daquele retângulo. As imagens da figura 6 demonstram os círculos desenhados juntamente aos retângulos que lhes deram origem.

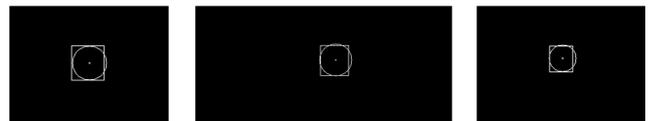


Figura 6: Círculos Desenhados junto aos Retângulos

As imagens da figura 7 demonstram a pupila detectada com estes círculos.

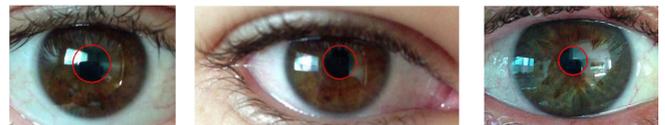


Figura 7: Pupila Detectada

2) Detectando a Íris

Para a detecção do círculo da íris foi aplicado: suavização, binarização, detecção de contornos com *Canny* e busca por círculos através da *transformada de Hough*, utilizando-se as informações da pupila como parâmetros de restrição.

Foi definido através dos experimentos que o raio do círculo da íris deve ter um valor entre duas e cinco vezes o valor do raio do círculo da pupila. A distância máxima entre os centros do círculo da íris e o círculo da pupila foi definida como sendo 15% do valor do raio do círculo da pupila. Com uma restrição maior em relação ao raio e ao posicionamento do círculo da íris, os parâmetros da função *HoughCircles* foram ajustados para que esta retornasse um número menor de círculos candidatos. O menor desses círculos é então escolhido como sendo o círculo que representa a íris. A figura 8 demonstra os círculos gerados pela *transformada de Hough* e aquele selecionado segundo as restrições estabelecidas.

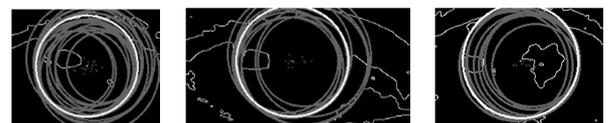


Figura 8: Círculos Gerados pela *transformada de Hough*

A figura 9 mostra a imagem resultante com a íris e a pupila detectadas.

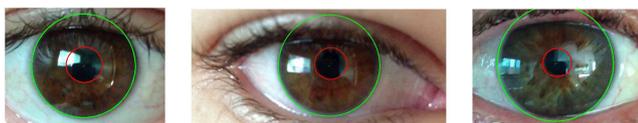


Figura 9: Iris e Pupila Detectadas

C. Detecção da Pálpebra Superior

A pálpebra em uma imagem do olho possui um formato semicircular. Para detectá-la deve-se encontrar o círculo em que este semicírculo está contido. Para detectar este círculo primeiramente detectam-se as bordas da pálpebra nas laterais da íris. Ao detectar as bordas da pálpebra, detectam-se dois pontos que se encontraram no perímetro do círculo desejado.

Para encontrar estes pontos, constroem-se dois retângulos com largura igual a um terço do raio da íris e altura igual ao raio da íris adicionado do raio da pupila. O primeiro retângulo é posicionado à esquerda da íris, tendo como posição da sua base a mesma do círculo da pupila. O segundo retângulo é posicionado a direita da íris, com a base na mesma linha do retângulo anterior. A figura 10 demonstra estes retângulos desenhados nas imagens geradas na segmentação da íris.

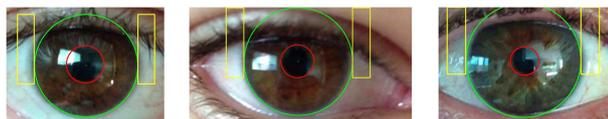


Figura 10: Retângulos Construídos

Para cada retângulo, uma nova imagem será então gerada para que a busca pelas bordas da pálpebra possa ser realizada.

Ao analisar os retângulos gerados nas imagens da figura 11, percebe-se que a região da borda da pálpebra tende a ter um grande contraste com a esclera devido à presença dos cílios. Esse contraste ocorre devido à equalização do histograma.

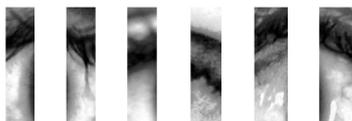


Figura 11: Retângulos Equalizados

O passo seguinte consiste em aplicar a binarização nos retângulos com o objetivo de destacar o limite entre a pálpebra e a esclera. O limiar da binarização foi ajustado entre os três vídeos para haver um equilíbrio entre a eliminação de sombras e ao mesmo tempo a não eliminação dos limites entre a pálpebra e a esclera. O valor encontrado foi o de 115. As Imagens da figura 12 apresentam os resultados da binarização.



Figura 12: Retângulos Binarizados

Observa-se que os procedimentos realizados conseguiram destacar as bordas da pálpebra na maior parte dos frames analisados. A figura 13 apresenta o realce dos pontos identificados como limites entre a pálpebra e a esclera.

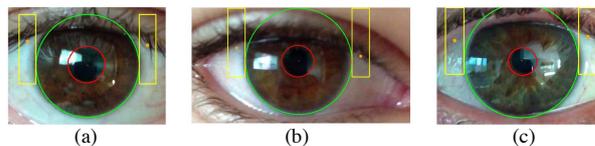


Figura 13: Pontos da Borda das Pálpebras Encontrados

A figura 13(a) mostra que os pontos encontrados estão sobre os cílios presentes nessa região. Este fato ocorreu em outros frames do mesmo vídeo, mas pela proximidade do cílio para a pálpebra isso não se mostrou um problema para o restante do processo.

A partir da localização destes pontos, é possível encontrar o círculo que passa por eles. Define-se que o ponto encontrado a esquerda da íris será chamado de E e que o ponto encontrado localizado a direita será chamado de D. O objetivo final dessa fase é encontrar o centro de um círculo (ponto P) que tenha os pontos E e D em seu perímetro. Um terceiro ponto é utilizado durante o processo para encontrar o centro do círculo, que é o ponto médio entre E e D, chamado de C.

Sahmoud e Abuhaiba em [3] demonstram que entre o ponto P e ponto M existe uma distância de duas vezes o raio do círculo da íris, e que a reta formada pelos pontos C e D é perpendicular a reta formada pelos pontos E e D. Com base nessas informações utiliza-se propriedades da trigonometria para encontrar as coordenadas do ponto P. Chamando-se o raio da íris de R, pela equação de distância entre pontos tem-se que:

$$2R = \sqrt{(M.x - P.x)^2 + (M.y - P.y)^2}. \quad (1)$$

E através da condição de perpendicularidade entre retas tem-se:

$$\left(\frac{Dy - Ey}{Dx - Ex}\right) * \left(\frac{Py - My}{Px - Mx}\right) = -1. \quad (2)$$

Com essas duas equações é possível montar um sistema. Resolvendo esse sistema, tem-se dois valores possíveis para a coordenada Dx e dois valores para a coordenada Dy, que são as raízes da equação de segundo grau gerada.

Os pares de valores (x1,y1) e (x2,y2) encontrados representam pontos que estão na reta perpendicular a reta ED, em uma distancia 2R do ponto M. Logo, entre esses dois pontos seleciona-se aquele que esta abaixo dos demais pontos como sendo o centro do círculo que representa a pálpebra. O raio desse círculo é dado pelo cálculo da distância entre o ponto P encontrado e um dos pontos que estão no perímetro desse círculo, que são A ou B.

A figura 14 demonstra o círculo encontrado desenhado nas imagens. É possível perceber que o método proposto em [3] consegue de fato realizar a detecção das pálpebras superiores.

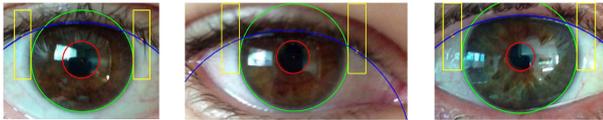


Figura 14: Pálpebras Detectadas

D. Detecção de Reflexos

Um reflexo pode ser definido como um ponto de luz que incida diretamente sobre a região da íris [12].

A técnica proposta por Sahmoud e Abuhaiba [3] para remover reflexos das imagens consiste em realizar uma média dos valores dos pixels para cada canal RGB. Têm-se então três médias, uma para cada canal. Como os pixels nas regiões de reflexo tendem a ser mais claros, estabelece-se um limiar com base nessas médias de modo que se um pixel no canal da imagem tiver valor maior que a média dos valores dos pixels naquele canal mais uma constante, esse pixel é considerado pertencer à região do reflexo. A constante é necessária para evitar que pixels mais claros que compõe a textura da íris sejam considerados parte da região do reflexo. Durante os experimentos o valor dessa constante foi ajustado em 30. A figura 15 demonstra o resultado da detecção de reflexos aplicada nas imagens mascaradas.

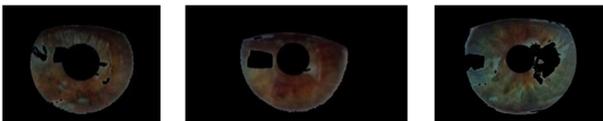


Figura 15: Reflexos Detectados

E. Normalização

O método proposto por Daugman em [1] é o mais utilizado para a normalização de imagens da íris. Neste trabalho foi realizada a segmentação da íris com base na idéia principal deste modelo, conhecido como Rubber Sheet Model, onde é realizada a divisão dos pixels em fatias angulares e radiais em relação ao centro da íris detectada.

Para realizar a normalização, primeiramente é feita a conversão das coordenadas da imagem do plano cartesiano para o plano polar. Na representação polar um pixel deixa de ser identificado por linha e coluna e passa a ser identificado por um ângulo e uma magnitude em relação ao pixel de origem, que foi definido como o pixel do centro da pupila. A magnitude representa então a distância de um pixel para o centro da íris, e o ângulo representa a inclinação da reta formada por aquele ponto e o centro da íris.

Uma vez feita a transformação na representação dos pixels, o próximo passo consiste em dividir os pixels da região da íris em fatias, onde a divisão das fatias toma como base o ângulo que foi atribuído a cada pixel. Na figura 16 tem-se uma ilustração dessa divisão. Observa-se que o centro da íris é a origem do plano polar. Divide-se então a região da íris em k fatias de Θ graus cada uma. Na ilustração percebe-se que existem 8 fatias, logo o Θ é de 45 graus. O número de fatias em que a íris é dividida representa o número de linhas que existirão na imagem normalizada. Foi utilizado um k com

valor igual a 2. Ou seja, a região da íris é dividida em fatias de 2 graus cada uma, resultando em uma imagem normalizada com 180 linhas.

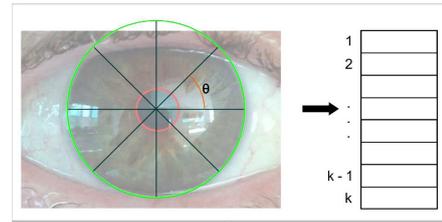


Figura 16: Divisão da Íris em Fatias Angulares

Feita a divisão das fatias, o próximo passo consiste em dividir os pixels de cada fatia em L blocos. A divisão dos blocos toma como base a distância dos pixels para o centro da íris. O número de blocos representa o número de colunas que existirão na imagem normalizada. Na implementação realizada, L recebeu o valor de 50. A figura 17 ilustra este processo de divisão.

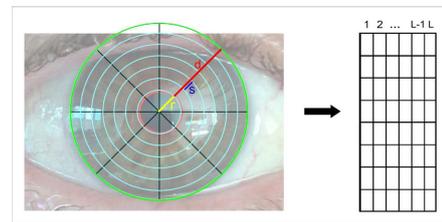


Figura 17: Divisão da Íris em Fatias Radiais

O valor r é dado pela distância do centro da íris para o perímetro da pupila em um dado ângulo e representa a magnitude mínima de um pixel para que este seja normalizado. Pelo fato da íris e da pupila não serem concêntricas o valor de r nem sempre será igual em todos os ângulos. Pensando nisso o círculo da íris foi dividido em 8 novas regiões de 45 graus cada uma, onde cada região possui um valor diferente para r . O cálculo de r para cada região foi feito com base no ângulo de início daquela região. Por exemplo, na região que começa no ângulo 0, r recebeu a distância entre o centro da íris e o perímetro da pupila no ângulo 0. Na região que começa em 45 graus, r recebeu o valor da distância em 45 graus, e assim sucessivamente.

Cada região possui um valor d que é dado pela diferença entre o raio da íris e o valor r . O valor d representa a distância do perímetro da íris para o perímetro da pupila no ângulo de início daquela região. O valor s representa o intervalo de magnitude de pixels que um bloco engloba e é dado pela divisão de d por L . Com base nessas informações os seguintes procedimentos são realizados para determinar a qual fatia, região e bloco um dado pixel pertence:

1. dado o ângulo α de um pixel, descobriu-se a qual fatia f aquele pixel pertence, onde $f = \alpha / \Theta$;
2. para descobrir qual dos 8 valores de r e s utilizar para o pixel, precisa-se localizar à qual região t ele pertence. Tem-se que $t = f / 45$;

3. descoberta a fatia e a região do pixel, resta descobrir em qual bloco daquela fatia o pixel esta localizado. Um pixel pertencerá ao bloco em que sua magnitude estiver entre $r + i * s$ e $r + (i + 1) * s$, onde i varia de 0 a L .

Agora que todos os blocos foram construídos, resta construir a imagem normalizada. Cada bloco da imagem original será transformado em um pixel na imagem normalizada. Essa transformação é feita através do cálculo da média entre todos os pixels que pertencem àquele bloco. Um pixel participará do cálculo da média somente se ele não estiver mascarado. Logo um bloco que contém todos os pixels mascarados resultará um ponto preto na imagem normalizada. A figura 18 ilustra este cálculo das médias e atribuição destes valores na imagem normalizada.

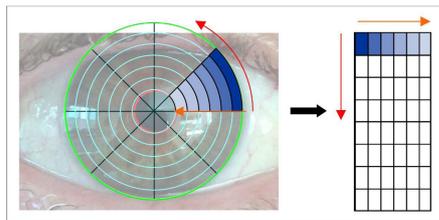


Figura 18: Construção da Imagem Normalizada

A figura 19 demonstra o resultado dessas operações aplicadas nas imagens segmentadas. Com a aplicação da normalização é possível visualizar a região da íris segmentada no mesmo formato utilizado pela maioria dos trabalhos estudados que realizam o reconhecimento biométrico pela íris.

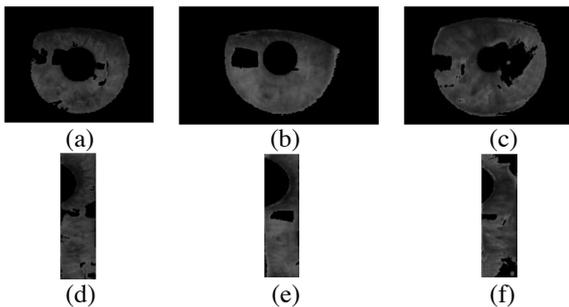


Figura 19: Exemplos de Imagens Normalizadas: (a) (b) (c): Regiões da íris Segmentadas; (d) (e) (f).

III. RESULTADOS

Para realizar os testes de segmentação, foram utilizados 200 frames de cada vídeo, com o objetivo de padronizar os dados gerados em um número fixo de observações que permitissem a análise de seus resultados.

Embora 3 vídeos possam parecer insuficientes para se medir a efetividade do método, na verdade o que se tem são 600 imagens. Dentre as quais existem variações de iluminação, de posicionamento do olho, de diâmetro da íris; movimentações, perdas de foco, diferenças estruturais entre os olhos e outros fatores que geram uma série de cenários interessantes para se testar a precisão do método demonstrado. Fatores esses

difícilmente encontrados em fotos. Pois em geral, ao se capturar uma foto, toma-se o cuidado de posicionar corretamente a câmera, focalizar, controlar iluminação e assim por diante. Fatores que em um vídeo dificilmente são controlados. Desta forma mesmo um fragmento de um vídeo, representa uma diversidade bastante grande de informações.

A. Segmentação do Olho

Para avaliar o desempenho das fases de segmentação do olho, calculou-se a redução média das dimensões das imagens geradas por esse processo. O cálculo foi realizado utilizando a divisão dos pixels da imagem em 4 níveis de intensidade pelo k-means. A tabela 1 demonstra as porcentagens de redução obtidas na largura, altura e área total das imagens.

Tabela 1

Propriedade	Redução Média			
	Video A	Video B	Video C	Média
Altura	80,5%	75,9%	81,1%	79,2%
Largura	56,1%	12,7%	40,3%	40,3%
Área	91,4%	78,9%	90,9%	87,1%

Redução Média da Área das Imagens com o k-means em 4 Níveis.

Os resultados obtidos demonstram uma redução média de 80,5% na área das imagens resultantes. Com base na resolução original dos vídeos de 1080x1920. Esse valor representa em média que 1.670.000 pixels desnecessários para a detecção da íris foram retirados das imagens, o que se mostra bastante interessante tendo em vista os diversos processos iterativos necessários para realizar a segmentação da íris.

Dos 600 frames processados utilizando o k-means, não houve caso onde o olho não tenha sido localizado ou tenha sido recortado de maneira que parte da íris fosse eliminada.

B. Detecção da Íris e da Pupila

Por se tratar de uma análise manual, a precisão da análise não pode ser considerada absoluta, apenas uma aproximação, pois em alguns casos é difícil estabelecer visualmente o sucesso ou não de uma segmentação.

A tabela 3 apresenta os resultados obtidos realizando-se a segmentação partindo da detecção da pupila através das dimensões de seu contorno.

Com essa abordagem a taxa média de acertos foi de cerca de 70%, pois com uma detecção precisa da pupila, foi possível aumentar as restrições de detecção da íris, o que possibilitou uma significativa taxa de segmentações corretas.

Tabela 2

	Segmentação da Íris		
	Video A	Video B	Video B
Nº de frames processados	200	200	200
Círculo da íris e da pupila encontrados	195	195	158

	Segmentação da Íris		
	Video A	Video B	Video B
Segmentações corretas	157	146	118
Erros somente na pupila	1	0	9
Erros somente na íris	38	44	22
Erros em ambos	0	5	9

Resultados da Segmentação da Íris.

C. Detecção das Pálpebras

Nos testes realizados a detecção das pálpebras superiores se mostrou bastante satisfatória. Dos 195 frames gerados na detecção da íris e da pupila no vídeo A a pálpebra foi detectada em 181 destes. No vídeo B a detecção ocorreu em 193 dos 195 frames processados. No vídeo C a pálpebra foi localizada em 156 de 158 frames.

D. Resultado Final

Considerando finalmente os casos em que em um frame houve sucesso na detecção da íris, pupila e pálpebras; tem-se que a taxa média de sucesso de segmentação dos 600 frames analisados foi de 67,6%, valor esse que corresponde às expectativas de se conseguir uma boa qualidade na segmentação da íris em vídeos obtidos em condições naturais de iluminação.

IV. CONCLUSÃO

Através das técnicas e métodos implementadas neste trabalho, foi possível alcançar o objetivo principal de segmentar a região da íris de forma precisa em grande parte dos frames dos 3 vídeos obtidos em condições naturais de iluminação. Dado que métodos tradicionais de segmentação exigem que a imagem da íris processada seja capturada sob iluminação infravermelho, estes resultados encorajam o aprimoramento e desenvolvimento de técnicas de segmentação

que possibilitem que imagens da íris obtidas em condições não ideais de captura e iluminação sejam utilizadas na construção de sistemas mais acessíveis de reconhecimento biométrico.

Possíveis trabalhos futuros poderiam: 1) medir a eficiência de um sistema biométrico que utilize os métodos de segmentação e normalização aqui desenvolvidos; 2) aplicar métodos de fusão de imagens nos frames dos vídeos normalizados, tais como o proposto em [13] para amenizar a perda de informações causadas pelos ruídos presentes sobre a íris; 3) utilizar e aprimorar a técnica de detecção da pupila através das dimensões de seu contorno para a análise dos seus movimentos de contração e dilatação em vídeos; 4) Utilizar os resultados da segmentação como um validador de qualidade de vídeos para pesquisa baseando-se no número de frames segmentados com sucesso.

REFERENCIAS

- [1] Daugman, J. How Iris Recognition Works. 2004.
- [2] Mansfield, T.; Kelly, G.; Chandler, D.; Kane, J. Biometric Product Testing Final Report. Disponível em http://www.sas.el.utwente.nl/open/courses/intro_biometrics/Mansfield01.pdf. Acesso em: Apr 2014
- [3] Sahnoud, S. A.; Abuhaiba, I. S. Efficient iris segmentation method in unconstrained environments. 2013.
- [4] Daugman, J. The importance of being random: statistical principles of iris recognition. 2003.
- [5] Wildes, R. P. Iris recognition: an emerging biometric technology. 1997.
- [6] Santos, G.; Hoyle, E. A fusion approach to unconstrained iris recognition. 2012.
- [7] Li, P.; Liu, X. An incremental method for accurate iris segmentation. 2008.
- [8] Sahnoud, S. A.; Abuhaiba, I. S. Efficient iris segmentation method in unconstrained environments. 2013.
- [9] Hollingsworth, K.; Peters, T.; Bowyer, K.; Flynn, P. Iris Recognition Using Signal-Level Fusion of Frames From Video. 2009.
- [10] Canny, John. A computational approach to edge detection. Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on, n. 6, p. 679-698. 1986.
- [11] Hough, Paul V.; Powell, Brian W. A method for faster analysis of bubble chamber photographs. Il Nuovo Cimento, v. 18, n. 6, p. 1184-1191. 1960.
- [12] Bowyer, K. W.; Hollingsworth, K.; Flynn, P. J. Image understanding for iris biometrics: A survey. 2008.
- [13] Jillela, R.; Ross, A.; Flynn, P. J. Information fusion in low-resolution iris videos using Principal Components Transform. 2011.