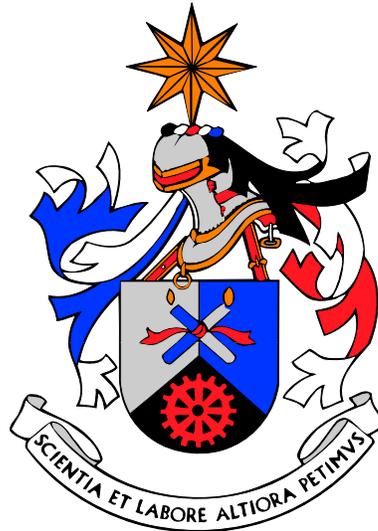


Universidade da Beira Interior

Departamento de Informática



Reconhecimento de íris em dispositivos móveis

Elaborado por:

Tiago André Branco Velho

Orientador:

Prof. Doutor Hugo Proença

Covilhã, Junho 2009

Agradecimentos

É nesta altura necessário olhar para trás e compreender quem foram todos aqueles, que deram o apoio pessoal e profissional necessário, para tornar possível a realização deste projecto.

Quero por isso, agradecer primeiramente, ao Professor Doutor Hugo Proença, que me orientou ao longo de todas as etapas, fornecendo informação e conhecimento científico que se mostraram imprescindíveis na implementação e realização deste projecto. Quero também agradecer todo o apoio, atenção e disponibilidade demonstrada.

Como não poderia deixar de ser, quero agradecer aos meus pais, pela orientação, educação e apoio ao longo de toda a vida e que vêm aqui um culminar de uma etapa importante, atingida com um esforço não só meu.

Uma nota final de agradecimento a todos os membros e colaboradores do grupo Soft Computing and Image Analysis Laboratory (SOCIA Lab), pelo enriquecimento profissional e pela partilha de saberes, em especial atenção ao núcleo de professores que tornou este projecto possível.

Obrigado!

Acrónimos

FAR False Accept Rate

FRR False Reject Rate

MSE Mean Square Error

ROC Receiver Operating Characteristic

CASIA Chinese Academy of Sciences Institute of Automation

ICE Iris Challenge Evaluation

IEEE Institute of Electrical and Electronics Engineers

SOCIA Lab Soft Computing and Image Analysis Laboratory

Glossário

Intra-Class (INTRA) - representa sujeitos da mesma classe, neste caso assinaturas pertencentes a sujeitos devidamente autorizados.

Inter-Class (INTER) - representa sujeitos de classes diferentes, neste caso assinaturas pertencentes a sujeitos diferentes, ou não autorizados.

False Accept Rate (FAR) - probabilidade do sistema incorrectamente declarar acesso autorizado a um intruso. Mede a percentagem de acessos autorizados a intrusos, ou seja, de sujeitos da classe INTER classificados como sendo da INTRA.

False Reject Rate (FRR) - probabilidade do sistema incorrectamente declarar acesso negado a um sujeito autorizado. Mede a percentagem de acessos negados a pessoal autorizado, ou seja, de sujeitos da classe INTRA classificados como sendo da INTER.

Mean Square Error (MSE) - ou erro quadrado médio, representa o valor que divide o erro de forma igual entre classes. Neste caso representa o valor que divide em partes iguais o FAR e o FRR.

Receiver Operating Characteristic (ROC) - ou simplesmente curva ROC é a representação gráfica da taxa de verdadeiros positivos com a taxa de falsos positivos.

Conteúdo

Agradecimentos	i
Acrónimos	iii
Glossário	v
Conteúdo	vii
Lista de Figuras	xi
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Objectivo	1
1.2 Biometria	2
1.3 Globo Ocular	2
1.3.1 Características Relevantes:	3
1.4 Reconhecimento da Íris	4
1.5 Dispositivos Móveis	4
1.6 Estrutura do Relatório	5
2 ESTADO DA ARTE	7
2.1 Métodos Estudados	7
2.1.1 Modelos de John Daugman	8
2.1.2 Modelos de Dal Ho Cho, Kang Ryoung Park e Dae Woong Rhee	8
2.2 Descrição do Método Utilizado	9
2.2.1 Descrição Geral do Método	10
3 LOCALIZAÇÃO	13
3.1 Localização da Pupila	15

3.1.1	Ajustar Contraste e Brilho	15
3.1.2	Binarização da Imagem	16
3.1.3	Abertura da Imagem	17
3.1.4	Localização	18
3.1.5	Testar Resultados	21
3.1.6	Pupila Localizada	22
3.2	Localização da Íris	23
3.2.1	Aplicar Daugman modificado	24
3.2.2	Íris Localizada	24
4	EXTRACÇÃO E CLASSIFICAÇÃO	25
4.1	Normalização da Íris	27
4.2	Aproveitar barra	28
4.3	Resize para 3 assinaturas	28
4.4	Convolução com filtro de Gabor	29
4.5	Recolher amostra das assinaturas	30
4.6	Comparar assinaturas	30
4.7	Classificação	31
5	PARÂMETROS E RESULTADOS	33
5.1	Base de Dados Utilizadas	34
5.1.1	BATH	34
5.1.2	ICE	35
5.1.3	CASIA	35
5.2	Parâmetros extraídos da BATH	36
5.2.1	Parâmetros Ajustáveis para a localização	36
5.2.2	Parâmetros da extracção e classificação	42
5.3	Resultados	43
5.3.1	Resultados na localização com BATH	43
5.3.2	Resultados na localização com ICE	44
5.3.3	Resultados na localização com CASIA	46
5.4	Resultados da Classificação	48
5.4.1	Resultados da Classificação para a BATH	48
5.4.2	Resultados da Classificação para a CASIA	50
6	CONCLUSÕES E MELHORIAS	53
6.1	Conclusões	53
6.2	Melhorias	54

CONTEÚDO ix

Anexos	56
A Manual Do Utilizador	57
B Ambiente de Desenvolvimento	61
B.1 Estudo e Calibração	61
B.2 Implementação do Módulo	61
Bibliografia	63

Lista de Figuras

1.1	Estrutura do Globo Ocular	2
2.1	Algoritmo Global do Método	10
3.1	Algoritmo de Localização	14
3.2	Alteração do contraste e do briho na imagem inicial	15
3.3	Resultado da Binarização	16
3.4	Resultado da Abertura	17
3.5	Linha e coluna com mais pontos a preto	18
3.6	Representação da Fronteira	19
3.7	Método Utilizado na extração do centro	20
3.8	Tabela com parâmetros de validação	21
3.9	Exemplos de Erros Detectados e Recuperados	21
3.10	Resultado final da localização	22
3.11	Ângulo formado pela oclusão	23
3.12	Pontos utilizados em Daugman modificado	24
3.13	Resultado final da localização	24
4.1	Algoritmo de extracção e classificação	26
4.2	Ilustração de Daugman rubber sheet	27
4.3	Representação grafica do processo de normalização	27
4.4	Delimitação da zona aproveitada	28
4.5	Assinaturas resultantes	28
4.6	Filtros de Gabor utilizados	29
4.7	Resultado depois da recolha	30
4.8	Ilustração do processo de ajuste	30
5.1	Exemplos de imagens da Base de Dados BATH	34
5.2	Exemplos de imagens da Base de Dados ICE	35

5.3	Exemplos de imagens da Base de Dados ICE	35
5.4	Tabela com parâmetros ajustáveis na localização	36
5.5	Histograma dos Raios da pupila localizadas correctamente	37
5.6	Histograma das percentagens relativas entres raios	38
5.7	Grafico com correspondência de raios por intervalos	38
5.8	Tabela com dados da correspondência	39
5.9	Calculo dos limites do Raio da Íris	39
5.10	Valores da diferença entre o raio Horizontal e Vertical	40
5.11	Valores da diferença quando bem localizada	40
5.12	Grafico dos valores de Areas preenchidas	41
5.13	Valores da area quando bem localizada	41
5.14	Tabela com parâmetros da classificação	42
5.15	Tabela com parâmetros dos filtros de Gabor	42
5.16	Resultados obtidos na localização utilizando BATH	43
5.17	Percentagem de erros detectados por parâmetros	43
5.18	Resultados obtidos na localização utilizando ICE	44
5.19	Percentagem de erros rejeitados por parâmetros na ICE	44
5.20	Exemplos de Rejeições Correctas para a ICE	45
5.21	Exemplos de Rejeições Erradas para a ICE	45
5.22	Resultados obtidos na localização utilizando CASIA	46
5.23	Percentagem de erros rejeitados por parâmetros na CASIA	46
5.24	Exemplos de Rejeições Correctas para a CASIA	47
5.25	Exemplos de Rejeições Erradas para a CASIA	47
5.26	Ambiente de decisão para BATH	48
5.27	Tabela de resultados da classificação em BATH	48
5.28	Curva de ROC para os resultados da Bath	49
5.29	Ambiente de decisão para CASIA	50
5.30	Tabela de resultados da classificação em CASIA com 0,26	50
5.31	Tabela de resultados da classificação em CASIA com 0,307	51
5.32	Curva de ROC para os resultados da CASIA	51
A.1	Menu incial da aplicação	58
A.2	Janela de escolha da imagem	58
A.3	Janela depois de carregada a imagem	59
A.4	Resultado da verificação: Acesso Negado	59
A.5	Resultado da verificação: Acesso Autorizado	60
A.6	Acesso ao menu opções	60

Capítulo 1

INTRODUÇÃO

Este capítulo contém o objectivo do projecto, uma breve noção de Biometria, as características fisiológicas do globo ocular, uma descrição geral do que é reconhecimento de íris, o enquadramento do projecto com os dispositivos móveis e a estrutura do relatório.

1.1 Objectivo

Este projecto tem como objectivo, a implementação de um módulo para reconhecimento da íris em dispositivos móveis.

Este surge, no encontro de uma necessidade crescente de segurança, sendo os sistemas de reconhecimento da íris, uma solução apetecível devido à sua utilização actual como método de verificação e autenticação, nas mais variadas áreas. Para que este objectivo possa ser atingido, é necessário introduzir conceitos e definições que são descritos neste capítulo, sobre biometria, globo ocular, reconhecimento da íris e características fisiológicas relevantes.

Este projecto enquadra-se no âmbito do projecto PTDC/EIA/69106/2006, "BIOREC: Reconhecimento Biométrico Não-Cooperativo", financiado pela FCT/FEDER e foi desenvolvido no laboratório SOCIA Lab [7], da Universidade da Beira Interior.

1.2 Biometria

[bio (vida) + metria (medida)]

Estudo das características físicas e comportamentais do ser humano.

Sendo estas características mensuráveis, a biometria está também associada a uma forma de identificação única, identificação biométrica. A premissa em que se fundamenta é que, cada indivíduo é único e contém características físicas e comportamentais distintas.

Com base nisso a identificação de um indivíduo, pode agora ser, não só, algo que ele saiba ou tenha, mas também, algo que ele seja. Existem diversas características, que são utilizadas como sistema de identificação, a impressão digital, o reconhecimento facial e o reconhecimento da Íris, são apenas alguns exemplos. Tendo todos os sistemas, como componentes principais, a captura da amostra, a extração da informação e a comparação com os dados previamente guardados. Desta forma, é possível criar um método de identificação fiável, com base em características biométricas.

1.3 Globo Ocular

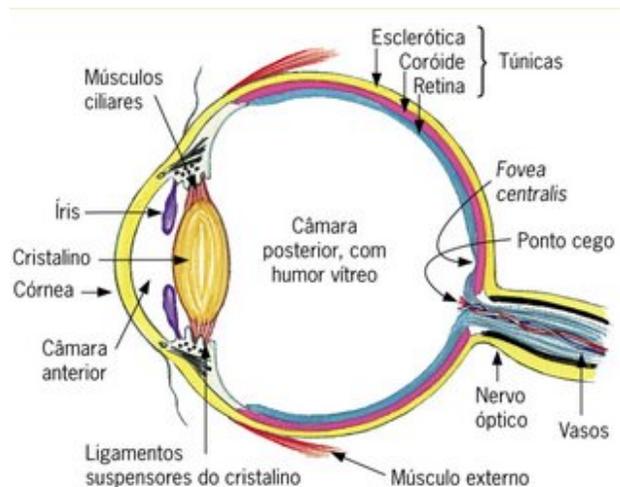


Figura 1.1: *Estrutura do Globo Ocular*

O globo ocular recebe este nome por ter a forma de um globo, que fica acondicionado dentro de uma cavidade óssea e protegido pelas pálpebras.

Entre todos os músculos nervos e membros, que estão presentes no globo ocular, o que nos interessa em termos de reconhecimento biométrico, é a íris, e por consequência a pupila e a esclerótica. A íris, como não poderia deixar de ser, é a que assume o papel de maior importância entre os três, pois é ela que contém a informação biométrica, que permite a identificação inequívoca do indivíduo. Mas por motivos posicionais, a informação sobre a pupila e a esclerótica também é relevante, a pupila porque se encontra no seu interior e a esclerótica porque a rodeia.

1.3.1 Características Relevantes:

Íris: Apesar de não ser exactamente um círculo, pode ser descrita como, um círculo que apresenta cor.

Pupila: Corresponde à parte preta encontrada dentro da íris. A sua função é controlar a quantidade de luz que entra no olho, fechando-se em ambientes iluminados e dilatando em ambientes escuros. Não é concêntrica com a íris, mas localiza-se muito próximo disso.

A percentagem ocupada pela pupila em relação à íris varia entre 10% a 80% dependendo da luminosidade [2].

Como no caso da íris, apesar de apresentar uma forma muito semelhante, a pupila também não é exactamente um círculo, a percentagem entre o diâmetro horizontal e vertical varia entre 80 a 120%, ou seja, se o diâmetro vertical é 100, o horizontal está entre 80 e 120 e vice-versa [2].

Esclerótica: Corresponde à parte branca do olho, apresentando como função a protecção ocular.

1.4 Reconhecimento da Íris

Como já vimos, a íris humana está bem protegida e apesar de ser uma parte visível do corpo, é uma componente interna do olho. Não é determinada geneticamente e acredita-se que as suas características se mantenham durante toda a vida. Características estas, altamente complexas e únicas, o que a torna interessante para a identificação biométrica. Um estudo realizado com 200 mil milhões de íris, de 632.500 indivíduos e pertencentes a 152 países diferentes, mostra que a possibilidade de ocorrer um erro de verificação é de 1 em 200 biliões [5], dependendo do ambiente de decisão. O processo de reconhecimento começa com a aquisição de uma fotografia da íris tirada sob iluminação infra-vermelha. Apesar da luz visível poder ser utilizada, as íris com pigmentação escura revelam maior complexidade, quando iluminadas por luz infra-vermelha. Mas para que seja possível recolher a informação da íris, é necessário realizar uma localização prévia, delimitando assim a região onde se encontra. Tendo a região localizada e o código extraído, já pode ser gerada a assinatura do indivíduo, que será comparada com as guardadas no sistema e classificada como pertencente a um indivíduo autorizado ou não. Em termos computacionais, o problema pode ser dividido em duas fases distintas, a primeira de localização, e a segunda de extracção e classificação. Sendo geralmente a fase de localização, a que apresenta maior débito no processamento.

1.5 Dispositivos Móveis

Com uma posição estabelecida no mercado, os dispositivos móveis (PDA, Pocket PC, Smart Phones) são cada vez mais frequentes nos nossos dias. Com o crescimento da tecnologia que os incorpora tornaram-se uma solução empresarial bastante apetecível, permitindo aceder a recursos em qualquer lugar e com a maior facilidade. Existe por isso, uma necessidade paralela, de garantir uma autenticação segura, quando se trata de operações de risco, ou de acesso a informação confidencial. Só desta forma se pode responder às necessidades impostas pelos utilizadores e pelas empresas. O que se pretende é beneficiar da mobilidade e do acesso rápido à informação sem comprometer a segurança. Na elaboração e desenho do método, é necessário ter presente a taxa de processamento do dispositivo, que são bastante inferiores às utilizadas em sistemas de reconhecimento comuns.

1.6 Estrutura do Relatório

Este relatório encontra-se dividido por capítulos.

No primeiro capítulo foi feita uma introdução ao tema e foram inseridos conceitos e definições necessárias para o acompanhamento do relatório. Foram frisados vários aspectos relacionados com o tema e objectivo do trabalho, bem como o seu enquadramento e utilização.

Capítulo 2 - Estado da Arte

Introdução e referência a métodos existentes, que se reflectiram na implementação ou serviram de referência em alguma parte do algoritmo.

Descrição geral do método implementado, enumeração das diferentes fases do processo e esclarecimento sobre aspectos importantes relacionados com as escolhas efectuadas.

Capítulo 3 - Localização

Descrição pormenorizada da fase de localização, que vai ser subdividida em duas partes, a localização da pupila (limite inferior da íris) e a localização da íris (limite superior). Todo o método é descrito e ilustrado de forma a acompanhar visualmente o processo.

Capítulo 4 - Extracção e Classificação

Neste capítulo é explicado o processo de extracção, realce da informação, criação das assinaturas com o código da íris, comparação e posterior classificação com base em acessos autorizados previamente.

Capítulo 5 - Parâmetros e Resultados

Todos os parâmetros, passíveis de alteração e com repercussões no resultado final estão especificados neste capítulo. Também pode ser consultada, a forma como foram encontrados e a respectiva representação gráfica dos valores que permitiram a sua parametrização. Os resultados obtidos com o método implementado e as respectivas percentagens de erros, nas diferentes fases, também podem ser consultados neste capítulo.

Capítulo 6 - Conclusões e Melhorias

Discussão de resultados, análise dos dados recolhidos, estudo das tomadas de decisão, observações sobre possíveis melhorias e refinamentos nos parâmetros e soluções futuras para maior generalização e fiabilidade.

Capítulo 2

ESTADO DA ARTE

O método implementado surge da fusão de diversos modelos estudados, é por isso necessário referir os respectivos modelos e o porquê da sua utilização. Para isso são enumerados os modelos estudados, feita uma pequena descrição dos mesmos e é explicado num contexto geral o método implementado.

O objectivo da abordagem geral ao método, é a visualização global de todo o processo, antes de descrever e ilustrar pormenorizadamente todas as fases do algoritmo. Torna-se assim mais simples perceber em que fase nos encontramos, qual a ordem de processamento e que etapas a constituem.

2.1 Métodos Estudados

De entre os métodos estudados, os mais significativos dentro da área de reconhecimento da íris, são sem dúvida os de John Daugman, Professor Doutor da Universidade de Cambridge, os seus algoritmos estão presentes em diversos sistemas de identificação, utilizados actualmente, com elevadas taxas de precisão [5][4]. Mas não esquecendo, que o objectivo é a implementação de um método para dispositivos móveis, que como foi referido, apresenta taxas de processamento mais baixas. É necessário analisar e estudar alternativas, principalmente para a fase de localização. É por isso também descrito, parte do método proposto por, Dal Ho Cho, Kang Ryoung Park e Dae Woong Rhee, da Universidade de Sangmyoung, que permite a localização da íris em tempo real nos dispositivos móveis [1].

Partes de outros métodos serão referidas ao longo do documento.

2.1.1 Modelos de John Daugman

Dos modelos por ele apresentados, os aqui resumidamente enumerados, são apenas, os que pelo menos o conceito foi transferido para o modelo implementado. Um dos modelos é o utilizado na localização da íris.

Essa localização é feita com base na diferença de valores presentes em duas circunferências, com raios N e $N+1$, respectivamente.

O objectivo deste método é identificar qual é a circunferência que apresenta maior diferença e qual o seu centro. Em termos visuais, é a circunferência que passar de uma zona com cor, para uma zona branca. Mas isso neste caso em particular, que só se pretende localizar o limite exterior da íris, mas este método também pode ser utilizado para localizar o limite inferior (pupila).

Em termos de processamento de imagens, esta localização é possível porque os pixéis pertencentes à íris apresentam valores mais baixos do que os pixéis da esclerótica.

Outro dos modelos inseridos é o intitulado "Daugman rubber sheet", modelo de normalização da íris, que permite recolher a área entre duas circunferências não concêntricas e transferi-la para um rectângulo de dimensões fixas. Basicamente o que este modelo faz é retirar pontos de uma circunferência, recalculando o centro e o raio, de acordo com o centro e raio da íris e pupila. É descrito pormenorizadamente à frente, aquando da sua utilização.

2.1.2 Modelos de Dal Ho Cho, Kang Ryoung Park e Dae Woong Rhee

O objectivo principal é reduzir o tempo de processamento, de forma a permitir uma localização em tempo real. Surgem dois factores importantes para essa redução, a localização da pupila por binarização e a alteração do modelo de localização de Daugman.

Para que o primeiro modelo seja possível, são alterados os valores de contraste e brilho na imagem inicial, sendo posteriormente binarizada e a pupila localizada.

A alteração ao modelo de Daugman, consiste em reduzir para dez o número

de pontos retirados para calcular a diferença, ao contrário de os utilizar a todos. O objectivo é somente reduzir o tempo de processamento na localização da íris.

2.2 Descrição do Método Utilizado

O método implementado inicia-se com a recolha de uma imagem da íris, que contem a informação necessária para o reconhecimento biométrico. Para que a classificação seja possível é preciso efectuar uma localização da íris, quer do limite superior quer do limite inferior.

Os modelos mais utilizados na localização, requerem maiores taxas de processamento, porque são feitos diversos cálculos e aproximações para no fim devolver apenas uma localização.

Isto é, para cada localização necessária, vão ser efectuadas várias localizações e aproveitada a que apresentar maior probabilidade de ser a pretendida, é um pouco por tentativa erro.

Estes métodos apesar de apresentarem resultados sólidos, não podem ser utilizados em dispositivos móveis, pois impossibilitam um reconhecimento em tempo real.

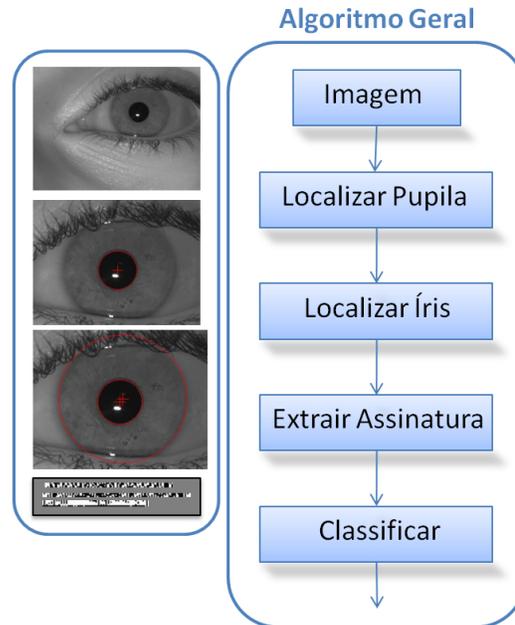


Figura 2.1: *Algoritmo Global do Método*

2.2.1 Descrição Geral do Método

A alternativa aqui implementada, é realizar uma procura inicial à pupila, que por razões fisiológicas, apresenta sempre valores perto do preto, o que torna a sua localização mais fácil e fiável.

Com o objectivo de realçar a diferença de valores entre a pupila e o resto, o valor do contraste e do brilho na imagem inicial, são alterados. Só com este passo se torna possível parametrizar a binarização, pois nos casos em que a íris apresenta pigmentação escura, a diferença entre a pupila e a íris é quase imperceptível. A pupila vai ser então localizada em uma imagem binária, sendo o resultado sujeito a aprovação, de acordo com os critérios de validação, especificados mais à frente. Se essa aprovação não for validada, o processo é reiniciado e a imagem é novamente binarizada, com um factor mais baixo. Se a aprovação for validada, a pupila foi localizada com êxito. A localização do limite superior da íris, não pode ser realizada com o mesmo modelo, mas podemos reduzir algumas etapas com o resultado da pupila. Sabendo que o centro da pupila não varia muito com o da íris, podemos limitar a procura a uma vizinhança. Esta limitação juntamente

com a alteração ao método de Daugman, que utiliza apenas dez pontos da circunferência para efectuar os cálculos, permite o processamento no dispositivo. O limite superior pode então, ser localizado com o método de Daugman aplicado a dez pontos e na vizinhança da pupila. Tendo a localização da íris é criado um rectângulo, com a informação compreendida entre as duas circunferências, o modelo utilizado para a extracção é o "Daugman rubber sheet".

De forma a realçar as características presente na íris, é feita uma convolução utilizando um filtro de Gabor. Deste processo surge uma assinatura binária, que será agora comparada com as guardadas no sistema e classificada. No processo de comparação é preciso ajustar as assinaturas, devido à possível rotação do olho. No método implementado, as assinaturas são ajustadas permitindo uma rotação entre 45 e -45 graus, ou seja, dentro desta gama de valores é retirada a menor distância de Hamming entre as assinaturas. Com o ambiente de decisão configurado, esse valor é agora analisado e classificado como genuíno ou impostor. A configuração do sistema depende do tipo de utilização pretendida, neste caso é de verificação. Dado o Id e a assinatura, o indivíduo é classificado como genuíno (quando a sua assinatura corresponde à do id), ou como impostor (quando não corresponde à guardada).

Capítulo 3

LOCALIZAÇÃO

Esta fase do algoritmo é bastante importante no método implementado. Isto, porque os ganhos de processamento que permitem a implementação, são retirados desta fase e porque a fase de extracção de nada serve se a localização não for efectuada com sucesso.

Como o modelo utilizado para a localização da pupila e da íris são diferentes, esta fase está dividida em duas, a localização da pupila por binarização e da íris por Daugman modificado.

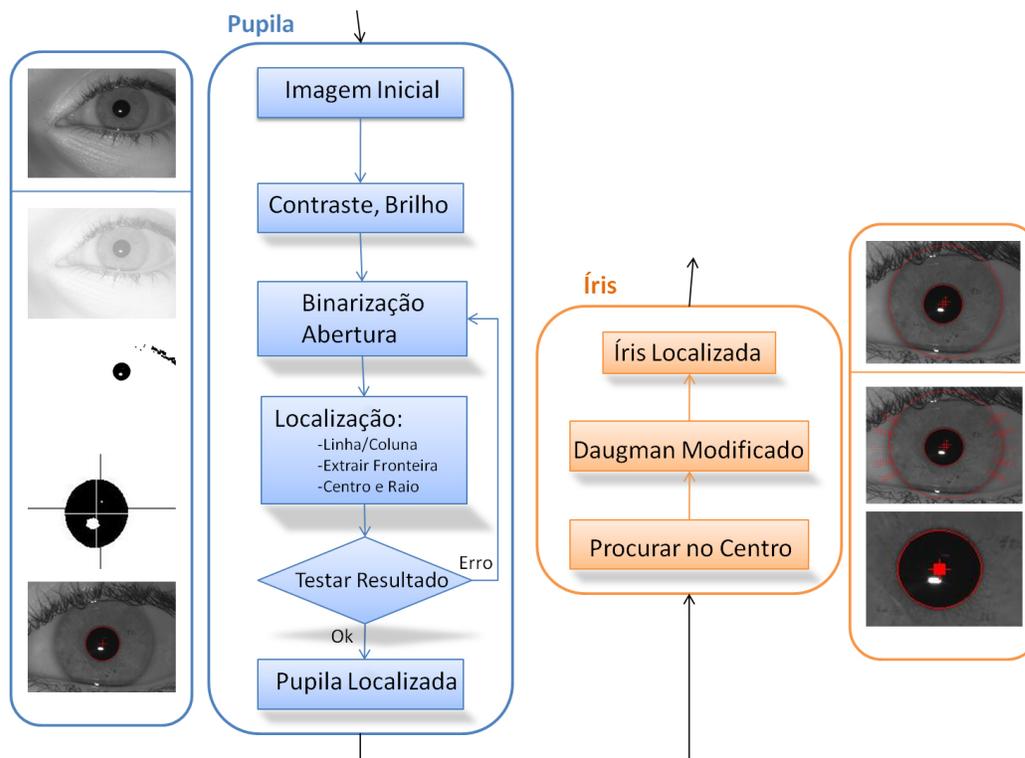


Figura 3.1: *Algoritmo de Localização*

3.1 Localização da Pupila

O que se pretende é localizar a pupila utilizando o menor processamento possível. Como a região da pupila é a que apresenta valores mais baixos quando comparado com a íris ou a esclerótica, pode ser localizada por binarização. De forma a garantir maior eficácia no processo, é necessário alterar o contraste e o brilho e realizar a abertura da imagem depois de binarizada. Desta forma, contornamos os casos em que os olhos são muito escuros e os casos em que as sobrancelhas ou as pestanas, ficam assinaladas na imagem binarizada, o que impossibilita uma localização eficiente.

Como se pode ver na figura 3.1, o algoritmo utilizado para a localização da pupila, é composto por 5 etapas, que são explicadas em pormenor neste capítulo. No final desta fase temos acesso ao centro e ao raio da pupila, ou seja ao limite inferior da Íris.

3.1.1 Ajustar Contraste e Brilho

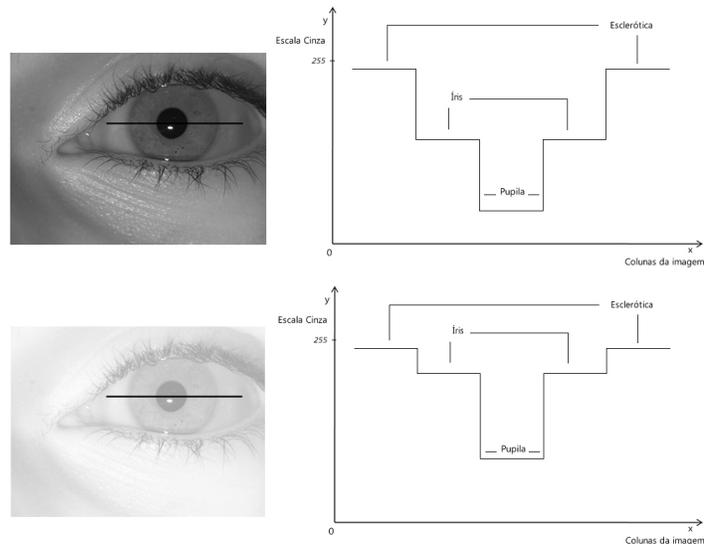


Figura 3.2: Alteração do contraste e do brilho na imagem inicial

Para garantir maior eficácia na binarização, é ajustado o contraste e o brilho da imagem inicial. Desta forma a região da pupila fica com uma

diferença maior de valores em comparação com a região da Íris ou da esclerótica, o que permite uma binarização mais eficiente.

O efeito que se pretende é o mostrado nos gráficos da figura 3.2, que representam os valores da linha assinalada na fotografia, antes e depois do ajuste. De notar que a linha passa nas três regiões, íris, pupila e esclerótica. Este passo toma maior importância quando a diferença entre a pupila e a íris não é tão evidente (olhos escuros), o que tornava o processo de binarização pouco preciso, pois deixa partes da íris na imagem resultante, o que impossibilitava a posterior localização. Este processo é referenciado em [1].

3.1.2 Binarização da Imagem

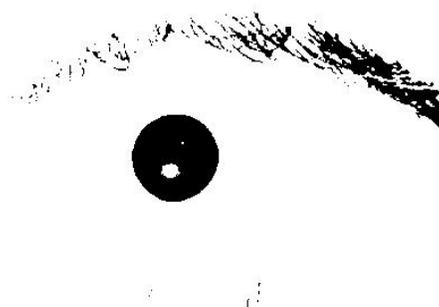


Figura 3.3: *Resultado da Binarização*

Como os valores escuros estão devidamente separados dos claros, devido ao processo anterior. Podemos realizar uma binarização bimodal, passando os valores escuros a estar representados por 0 e os claros por 1, deixando assim a zona da pupila definida.

Este parte do algoritmo é um ponto possível de retorno, quando é encontrado algum erro na localização da pupila.

Isto acontece porque é deixado demasiado "lixo" na imagem resultante, proveniente de sobrancelhas, pestanas ou de olhos muito escuros. Quando isto se verifica a imagem é binarizada novamente, mas agora com um factor mais baixo, para eliminar o maximo possivel do que não é pupila.

3.1.3 Abertura da Imagem

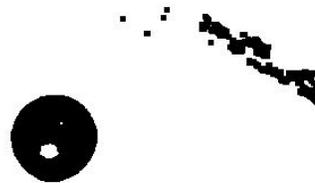


Figura 3.4: *Resultado da Abertura*

De forma a eliminar pequenas partes que não pertençam à pupila, é realizada a abertura da imagem, que corresponde a uma Erosão seguida de uma Dilatação. Basicamente o que se pretende com a erosão, é apagar pequenas partes a preto e com a dilatação, é recuperar o que não foi apagado, desta forma limpamos a imagem sem perder informação. Para o processo foi utilizada uma matriz quadrada de (5x5), o que equivale a 25 vizinhos.

3.1.4 Localização

Encontrar Linha e Coluna com mais pontos a Preto:

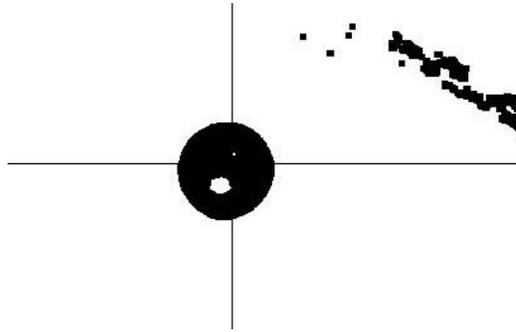
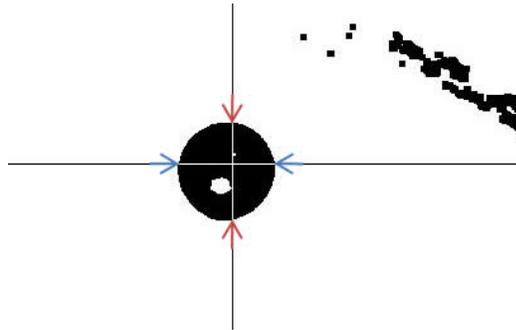


Figura 3.5: *Linha e coluna com mais pontos a preto*

Nesta fase para encontrar a região da pupila, retiramos a linha e a coluna que têm o valor mais pequeno da soma de todos os pixéis. Ou seja, retiramos a linha e a coluna com mais pontos a preto, visto este estar representado por 0 (zero). A linha e a coluna encontrada não corresponde ao centro da pupila, mas como se encontra no seu interior, permite iniciar um processo de extracção, de dentro para fora, que nos leva à sua localização.

Retirar 4 pontos da fronteira da Pupila:**Figura 3.6:** *Representação da Fronteira*

Tendo a pupila parcialmente localizada, temos que tirar o raio horizontal e vertical, visto a pupila não ser exactamente uma circunferência e ter medidas de proporção entre o raio vertical e o horizontal. Que podem ser verificadas como medida de fiabilidade do resultado.

Para ter acesso a essa informação precisamos de retirar quatro pontos da fronteira da pupila. Para isso, partimos do ponto encontrado e percorremos a linha e a coluna em direcção ao exterior da pupila, enquanto os pixels forem pretos actualizamos o limite. Isto iria dar-nos a fronteira da pupila, na maioria dos casos. Mas existe a possibilidade de a linha ou a coluna encontrada, atravessar um reflexo dentro da pupila que esteja marcada a branco. Para contornar esta situação e com base nos dados referidos em [2], existe outro critério que nos permite continuar a actualizar o limite. Se existir apenas uma interrupção e com tamanho máximo de 5 pixels brancos o limite continua a ser actualizado, chegando assim à fronteira da pupila mesmo que a linha ou coluna tenha uma interrupção na continuidade dos pontos pretos. Acabando este processo temos acesso a duas rectas que pertencem à circunferência e que começam e acabam nos seus limites (marcadas a branco na figura 3.6), neste momento já temos dados suficientes para extrair o centro e raio da pupila de forma exacta.

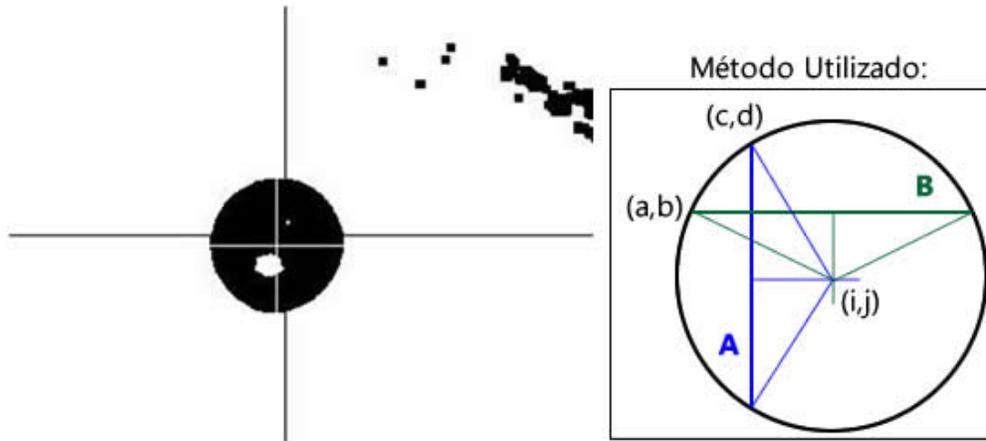
Centro e Raio da Pupila:

Figura 3.7: *Método Utilizado na extração do centro*

O centro da pupila é localizado, dividindo as duas rectas encontradas ao meio, desta forma e independentemente do local em as rectas atravessarem a pupila, conseguimos extrair o seu centro com exactidão. O processo está ilustrado na figura 3.7 e como podemos ver, a linha é encontrada dividindo ao meio 'A' (coluna) e a coluna dividindo 'B' (linha).

Com o centro encontrado, já podemos retirar o raio vertical e horizontal da pupila, sendo o maior dos dois definido como o raio final.

3.1.5 Testar Resultados

Antes de dar seguimento ao algoritmo e passar à próxima fase, existem parâmetros que têm que ser aprovados. Para isso é verificada a proporção entre o raio vertical e o raio horizontal, o tamanho final do raio e a área que a pupila preenche dentro da circunferência encontrada.

Valores de Validação:	
Raio	[25; 67]
Diferença	[0; 10]
Área Preenchida	[73; 100]

Figura 3.8: Tabela com parâmetros de validação

Caso algum destes valores não esteja de acordo com os limites, o algoritmo é reiniciado para a fase de Binarização, com um factor mais baixo. Caso contrário, a aplicação prossegue para a próxima fase. Este controle permite identificar e recuperar erros na binarização.

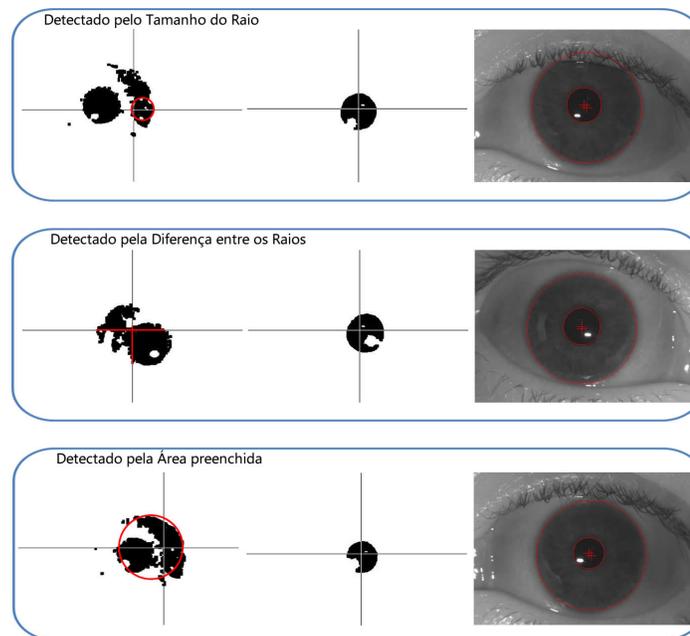


Figura 3.9: Exemplos de Erros Detectados e Recuperados

Como podemos verificar na figura 3.9, o resultado da primeira binarização leva a uma localização errada. Isto acontece porque os olhos são demasiado escuros, deixando parte da Íris assinaladas na imagem binaria. No primeiro caso, o erro é detectado porque o raio final da pupila é demasiado pequeno, já no segundo caso a medida do raio horizontal tem quase o dobro da vertical, o que é não fisiologicamente possível quando a fotografia é retirada de forma frontal e com oclusão dita normal. O último caso, é detectado pela percentagem preenchida a preto dentro da circunferência, como se pode verificar, existem muitos pixels a branco dentro da circunferência, dando uma percentagem baixa de ocupação.

Em todos os casos a imagem é novamente binarizada e a pupila encontrada com sucesso na imagem resultante dessa segunda binarização. Isto acontece porque o factor da segunda binarização é mais baixo, havendo assim mais pixels com valor superior ao factor, que serão marcados a branco. Na capitulo parametros e resultados pode ser consultada a tabela de erros recuperados e detectados nesta fase do algoritmo, assim como as suas percentagens.

3.1.6 Pupila Localizada

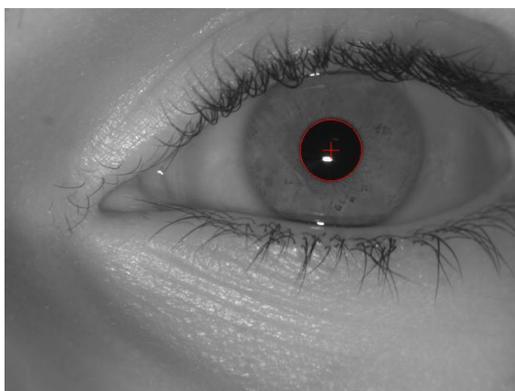


Figura 3.10: *Resultado final da localização*

No final desta fase do algoritmo, temos o centro e o raio da pupila, podendo então continuar e localizar a íris.

3.2 Localização da Íris

A localização é feita utilizando uma adaptação do método de Daugman, com o objectivo de reduzir o tempo de processamento.

Com a prévia localização da pupila, a área de procura pode ser restringida a uma pequena vizinhança do centro encontrado. Pois o centro da pupila não varia muito com o da íris. O intervalo de valores aceitáveis para o raio da Íris também pode ser parametrizado de acordo com a percentagem que a pupila pode ocupar da totalidade da íris. Existe ainda, outra característica importante que nos permite reduzir o tempo.

Ao contrário do método original de Daugman que calcula a diferença utilizando todos os pixéis pertencentes a circunferência de raio N e $N+1$, aqui são utilizados apenas dez pontos.

De forma a afectar o mínimo, a fiabilidade do método, esses dez pontos são escolhidos da zona que geralmente se encontra fora da oclusão provocada pelas pálpebras. Com base no artigo [2], e como podemos ver na figura 3.11, o ângulo formado do centro ate à oclusão superior é de 30 graus e à inferior é de -45. De forma a apresentar o mesmo comportamento no olho direito e esquerdo a gama de valores foi alterada para 30° e -30°.

Correlacionando estas características com o método de Daugman chegamos a um método aqui intitulado de "Daugman modificado".

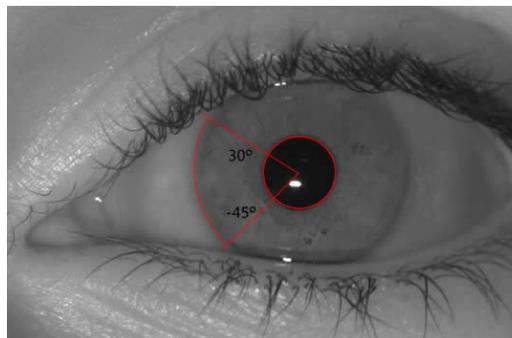


Figura 3.11: Ângulo formado pela oclusão

3.2.1 Aplicar Daugman modificado

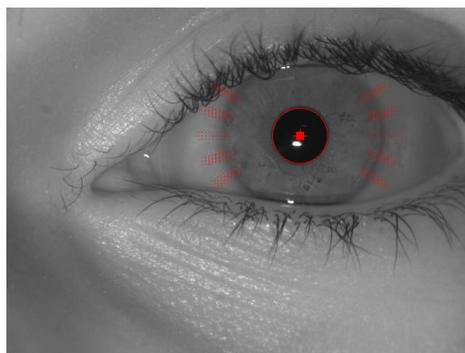


Figura 3.12: Pontos utilizados em Daugman modificado

A localização da íris é feita pelo método modificado de Daugman. A vizinhança foi limitada a uma diferença máxima de cinco pixéis, com um total de nove possíveis centros. Desses nove pontos o que apresentar maior diferença entre raios é o centro da íris. A procura do raio da íris, encontra-se limitado ao intervalo [100; 135].

3.2.2 Íris Localizada

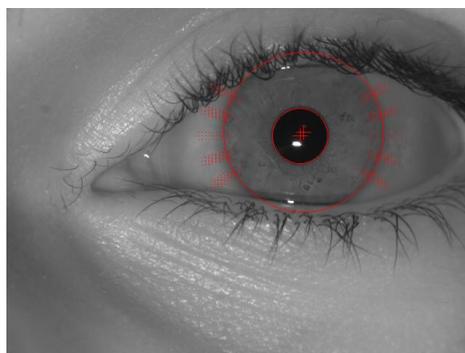


Figura 3.13: Resultado final da localização

Imagem resultante do processo de localização, com os limites superior e inferior, definidos.

Capítulo 4

EXTRACÇÃO E CLASSIFICAÇÃO

No processo de extracção e classificação, o objectivo principal é gerar uma assinatura com o código binário da íris, de forma a tornar possível a classificação, por comparação. Para que a assinatura seja classificada como pertencente a um indivíduo autorizado, é necessário que lhe tenha sido atribuído previamente o acesso, estando assim a sua assinatura guardada e pronta para comparação.

Todo o processo está descrito e ilustrado neste capítulo.

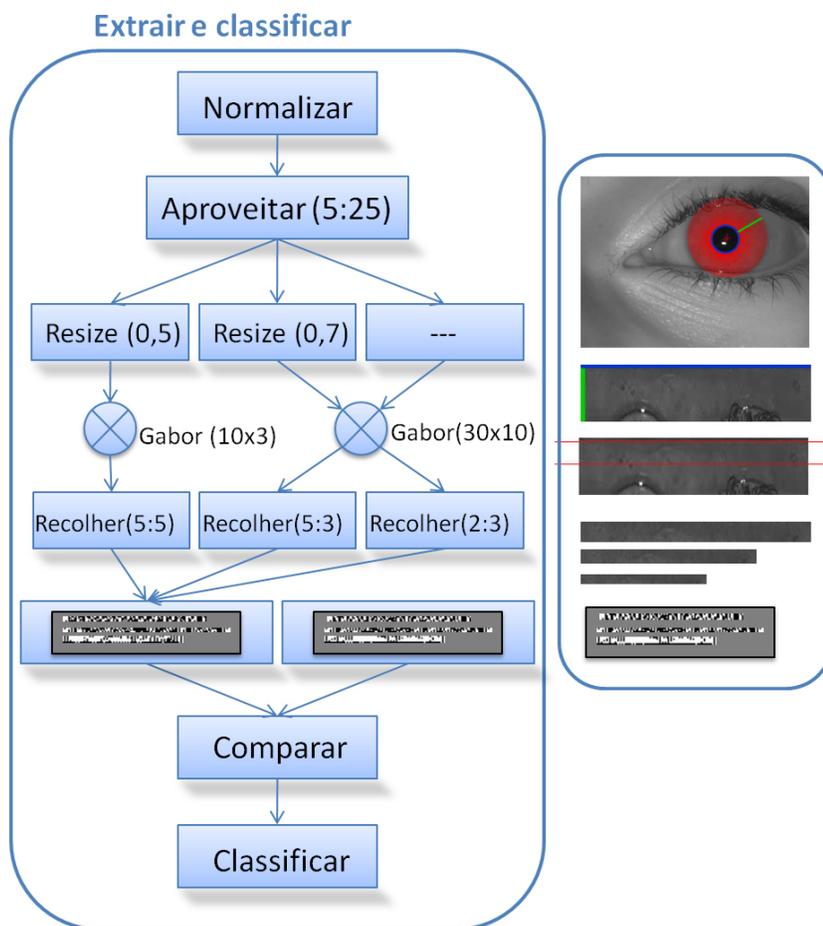


Figura 4.1: Algoritmo de extracção e classificação

4.1 Normalização da Íris

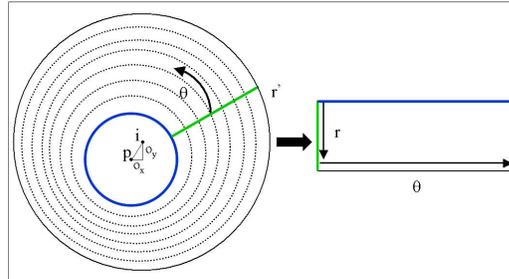


Figura 4.2: Ilustração de Daugman rubber sheet

Normalização da íris utilizando o modelo "Daugman rubber sheet". Na figura 4.2, "i" e "p" representam o centro da íris e da pupila e (O_x, O_y) a diferença entre os dois centros. O processo de normalização é feito no sentido contrário ao dos ponteiros do relógio, retirando um número fixo de pontos das circunferências, com raios consecutivamente maiores, para um retângulo de tamanho predefinido, que no final vai conter a imagem normalizada [11].

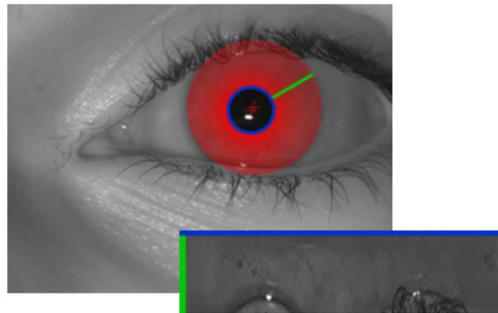


Figura 4.3: Representação gráfica do processo de normalização

A figura 4.3, mostra o resultado da normalização, os pontos marcados a vermelho, são os retirados para o preenchimento do retângulo. Neste caso em particular o retângulo vai ter 64 linhas e 256 colunas, por isso vão ser retirados 256 pontos (linha azul) de 64 circunferências (linha verde) com raios compreendidos entre o da pupila e o da íris.

4.2 Aproveitar barra

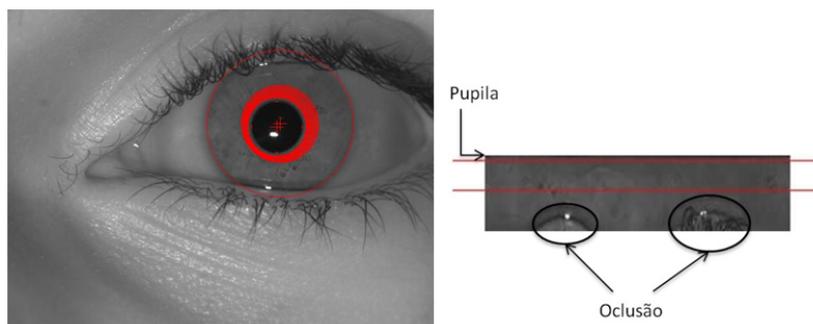


Figura 4.4: *Delimitação da zona aproveitada*

De forma a fugir à oclusão e a retirar parte que possa estar presentes da pupila, da imagem normalizada só é aproveitada da linha 5 à 25. Que corresponde à parte assinalada a vermelho na figura 4.4. Permite escolher a zona mais rica em informação, retirar linhas que possam estar preenchidas pela pupila e eliminar as partes com maior probabilidade de oclusão. Este passo só poderia ser preterido, se houve outro tratamento para a oclusão, como por exemplo o uso de uma máscara.

4.3 Resize para 3 assinaturas



Figura 4.5: *Assinaturas resultantes*

Para melhorar a precisão no processo de comparação, são geradas três assinaturas de diferentes tamanhos. A primeira tem aproximadamente $\frac{3}{4}$ do tamanho original e a segunda metade do tamanho.

4.4 Convolução com filtro de Gabor

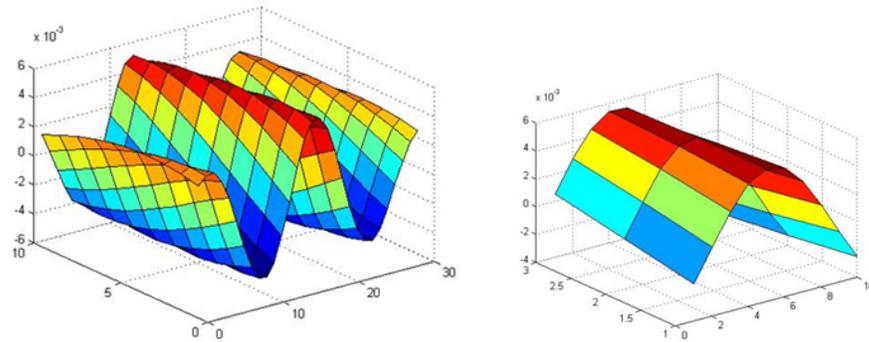


Figura 4.6: *Filtros de Gabor utilizados*

Com o objectivo de realçar a informação presente na íris, é feita uma convolução com um filtro de Gabor. Devido à diferença de tamanhos nas três imagens, são utilizados dois filtros de tamanhos diferentes. O primeiro tem 10 linhas e 30 colunas e é aplicado as duas primeiras assinaturas e o segundo com 3 linhas e 10 colunas e é aplicado a última assinatura (tamanho 128x13). Os filtros de Gabor são compostos por números imaginários, por isso no processo de convolução, cada pixel fica representado por dois bits, o primeiro indica o sinal da parte real do número resultante (0 se negativo e 1 se positivo), o segundo com o sinal da parte imaginária. Por exemplo, se o resultado da convolução fosse "1-2i", o pixel correspondente ficaria representado pelo par (1, 0). Para que o código gerado na altura da validação seja idêntico ao gerado na atribuição de acesso, antes de representar cada pixel por dois bits, é retirada a média a todos os valores. O resultado da convolução, são três assinaturas binárias, com o dobro das colunas iniciais. Isto vem da representação de dois bits para cada pixel, sendo inseridos um a seguir ao outro na nova assinatura, ficando cada coluna com correspondência a duas.

4.5 Recolher amostra das assinaturas



Figura 4.7: Resultado depois da recolha

O resultado da convolução não vai ser todo utilizado na comparação, das assinaturas geradas apenas alguns pixels vão estar presentes nas assinaturas finais. Da primeira assinatura, que tinha inicialmente (256x20) e agora (512x20), resulta uma assinatura final com 103 colunas e 4 linhas. Isto acontece porque é retirada uma amostra de 5 em 5 pixels, tanto nas linhas como nas colunas. A amostragem para a segunda assinatura é retirada de 5 em 5 linhas e de 3 em 3 colunas e para a terceira de 2 em 2 linhas e de 3 em 3 colunas.

4.6 Comparar assinaturas

Para classificar a assinatura é necessária uma comparação com a assinatura guardada, neste caso com três assinaturas. Cada assinatura é comparada com a sua correspondente individualmente.

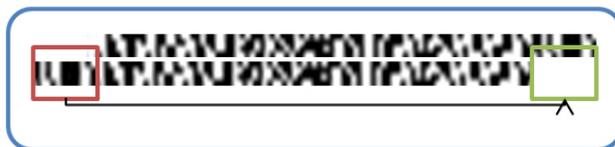


Figura 4.8: Ilustração do processo de ajuste

De forma a acertar possíveis rotações do olho, é feita uma deslocação às assinaturas que estão a ser comparadas. No método implementado são aceites rotações máximas de 45 graus e mínimas de -45. Na prática, consiste em trocar colunas da esquerda para a direita, ou ao contrário, obtendo a melhor combinação. Como se pode ver na figura 4.8, para que a assinatura corresponda à guardada é preciso mover, parte da mesma para o fim.

Depois de ajustadas é calculada a distância de Hamming entre as duas, basicamente é calcular a diferença entre os valores e dividir pelo total de pontos analisados.

4.7 Classificação

A fase final do algoritmo é bastante simples, tendo a distância de Hamming calculada e o ambiente de decisão calibrado para o tipo de utilização pretendida, a classificação não é mais do que um operador lógico.

Se a distancia for superior ao valor estipulado como máximo, a assinatura é classificada como falsa. Se inferior ao máximo é classificada como genuína e o acesso concedido.

Neste caso, o ambiente de decisão está calibrado para o MSE que toma o valor de 0,26. Então, se o valor proveniente da distância for superior ou igual a 0,26 o acesso é negado e se inferior o acesso é concedido.

Capítulo 5

PARÂMETROS E RESULTADOS

Ao longo da implementação do método foram tomadas decisões e foram estipulados limites e factores. Existem alguns que surgiram do estudo ao tipo de imagens a processar e das suas características. São por isso discriminados neste capítulo todos os factores que levaram às tomadas de decisões e suas conclusões, bem como os resultados obtidos quer na fase de localização quer na fase de classificação.

5.1 Base de Dados Utilizadas

5.1.1 BATH

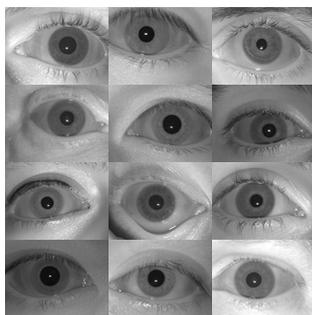


Figura 5.1: Exemplos de imagens da Base de Dados BATH

A maioria das imagens presentes nesta base de dados, foi tirada a estudantes da Universidade de Bath [8], oriundos de 100 países diferentes, formando assim uma base de dados representativa e variada.

As imagens foram capturadas com uma definição de 1280x960 pixels, sob iluminação infra-vermelha e com condições parametrizadas. No total a base de dados é constituída por 2000 fotografias de 100 sujeitos diferentes. Antes de utilizadas as imagens foram redimensionadas para 640x480 pixels, tamanho comumente utilizado nos sistemas de reconhecimento.

Para extracção dos resultados foram utilizados dois conjuntos de imagens diferentes, o primeiro para localização, com a totalidade da base de dados (500 para treino e 1500 para teste) e o segundo para a classificação, com 435 fotografias de 23 sujeitos, para teste, o que perfaz um total de aproximadamente 190.000 casos e 145 fotografias para treino.

Esta é a base de dados principal, porque das três é a que apresenta características mais próximas das ideais em um sistema cooperativo. Sendo o factor de variação da luminosidade mais baixo e a oclusão mais controlada.

5.1.2 ICE



Figura 5.2: *Exemplos de imagens da Base de Dados ICE*

Base de dado utilizada no concurso ICE "Iris Challenge Evaluation"[9], organizado pelo Instituto Nacional da Tecnologia dos Estados Unidos, e que tem como objectivo promover o desenvolvimento e avanço da tecnologia de reconhecimento da íris. Esta Base de dados foi utilizada para estudar o comportamento do algoritmo na fase de localização, pois apresenta uma variedade maior de situações. Para esse efeito foram utilizadas 435 fotografias, 35 para calibrar os factores de binarização e 400 para teste.

5.1.3 CASIA

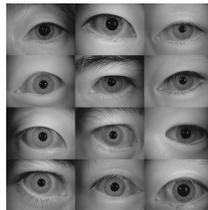


Figura 5.3: *Exemplos de imagens da Base de Dados ICE*

A versão utilizada da base de dados CASIA[6], "Chinese Academy of Sciences Institute of Automation", foi a IrisV3-Lamp. As imagens são recolhidas através de um sensor de mão da OKI, a lâmpada de iluminação é ligada e desligada de forma a criar variações intra-classes. Utilizada para estudar o comportamento da fase de localização e de classificação. Para a localização foram utilizadas 400 fotografias para teste e 35 para a calibração da binarização, enquanto para a classificação foram utilizadas 205 fotografias.

5.2 Parâmetros extraídos da BATH

5.2.1 Parâmetros Ajustáveis para a localização

<i>Parâmetros</i>	<i>Valores</i>	
Contraste	Contraste = 9 \in [0; 9];	Valores ajustáveis de acordo com o tipo de imagens recolhidas. Estes valores são os utilizados no Matlab.
Brilho	Brilho = 0.9 \in [-1; 1];	
1ª Binarização	Factor = 0.7	
2ª Binarização	Factor = 0.67	
Erosão Dilatação	25 Vizinhos	
Limite Branco	5 Pixéis	Factor que permite localizar a fronteira, mesmo que haja uma interrupção de pixéis pretos nas rectas encontradas.
Procura da Fronteira	1:90	O raio de procura da pupila varia entre [1; 90], dando esta liberdade ao método é mais fácil identificar possíveis erros na localização.
Raio da pupila	[25;67]	Consultar 1ª análise
Diferença entre Raio Vertical e Horizontal	[0;10]	Consultar 3ª análise
Área Preenchida	[73; 100]	Consultar 4ª análise
Raio da Íris	[100; 135]	Consultar 2ª análise
Vizinhança do Centro	(10x10)	Devido às condições de captura das imagens, a variação do centro da pupila e da íris é reduzida.

Figura 5.4: Tabela com parâmetros ajustáveis na localização

Tabela de parâmetros utilizados e definidos para o método de localização. Estes valores são passíveis de alteração, caso seja necessário analisar outro tipo de imagens, diferentes das utilizadas para a calibração.

1ª Análise

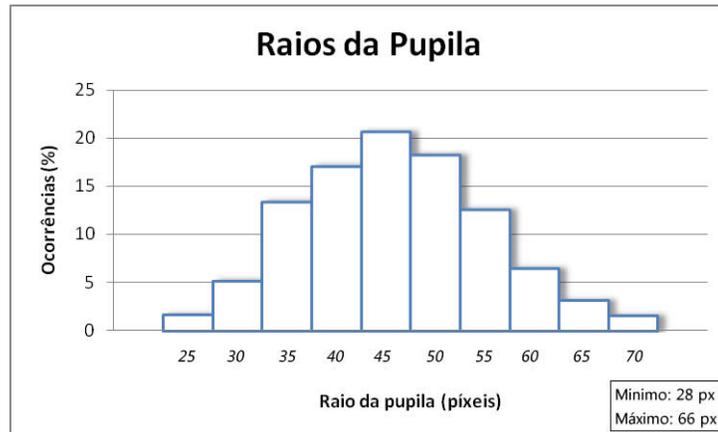


Figura 5.5: *Histograma dos Raios da pupila localizadas correctamente*

Com base no gráfico da figura 5.5, podemos verificar que os valores tomados pelo raio da pupila, apresentam uma distribuição normal. Desta forma pode ser estabelecido um intervalo de valores possíveis, acima do mínimo e abaixo do máximo.

2ª Análise

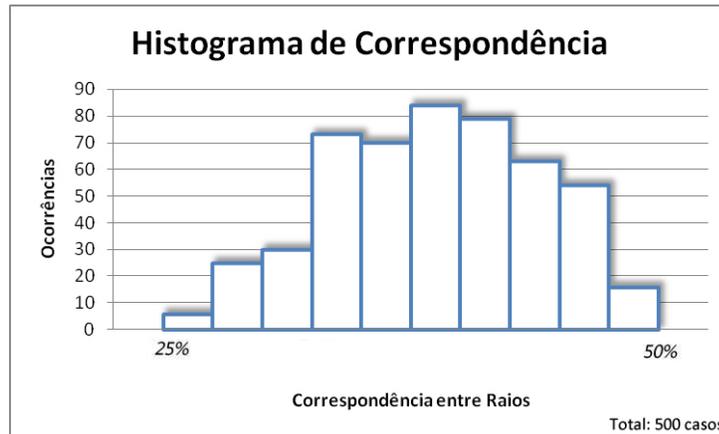


Figura 5.6: Histograma das percentagens relativas entres raios

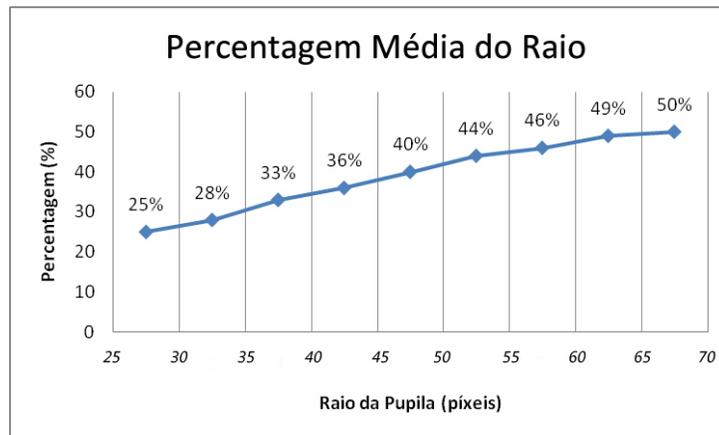


Figura 5.7: Grafico com correspondência de raios por intervalos

<i>Raio da pupila</i>	<i>Percentagem Media do Raio</i>
[25;70]	38%
[28;30]	25%
[60;66]	50%

Figura 5.8: Tabela com dados da correspondência

Analisando o histograma da percentagem média do raio da pupila em relação ao da íris, notam-se semelhanças com o histograma dos raios da pupila. O que abre a hipótese de haver uma correspondência mais ou menos directa, entre o raio da pupila e o da íris. Analisando então a correspondência, obtemos o gráfico da figura 5.7, que nos mostra, que à medida que o raio da pupila aumenta, a percentagem em relação ao raio da íris também aumenta.

Isto é, se o raio da pupila é de 25 pixéis (raio mínimo) a percentagem é em média 25% e se é de 65 pixéis é de 50%, não havendo casos extremos, como por exemplo, 25 pixéis correspondem a 50% do raio da íris.

Também podemos concluir que o tamanho da íris pouco se altera, isto provem do facto de as imagens serem todas tiradas, mais ou menos, à mesma distância.

$$\begin{aligned} RI_{\min} &= (RP_{\min} * 100) / PM \\ RI_{\min} &= (25 * 100) / 25 = 100 \\ \\ RI_{\max} &= (RP_{\max} * 100) / PM \\ RI_{\max} &= (67 * 100) / 50 = 134 \end{aligned}$$

Figura 5.9: Calculo dos limites do Raio da Íris

Com tudo isto como base, podemos estipular um intervalo para os raios da íris entre [100; 135]. Este limite é obtido calculando o raio da íris nos dois extremos, quando a pupila é máxima ou mínima.

3ª Análise

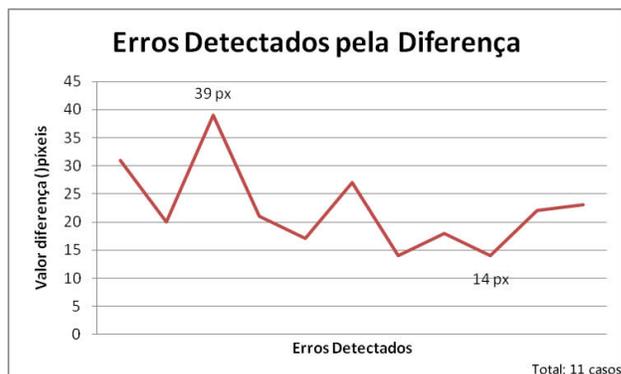


Figura 5.10: Valores da diferença entre o raio Horizontal e Vertical

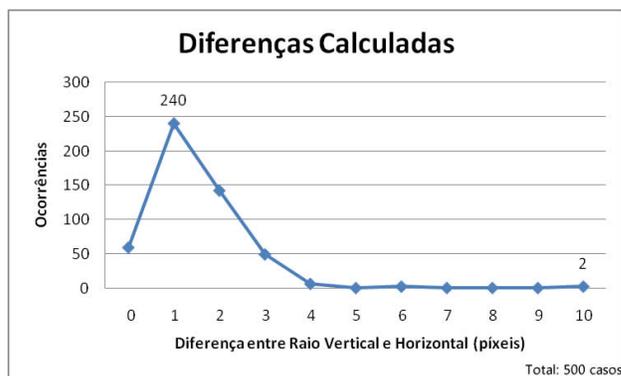


Figura 5.11: Valores da diferença quando bem localizada

O objectivo desta análise, é encontrar um limite para a diferença entre o raio vertical e o horizontal, que permita distinguir as localizações efectuadas correctamente, das localizações incorrectas. Para isso foram retirados os valores da diferença depois de todas as pupilas localizadas correctamente e nos casos em que a pupila não estava devidamente localizada. Como podemos verificar, quando as pupilas estão localizadas correctamente, o valor máximo registado para a diferença é de 10 pixels, e quando estão localizadas incorrectamente o valor mínimo é de 14 pixels. Tendo assim uma separação possível entre]10;14[.

4ª Análise

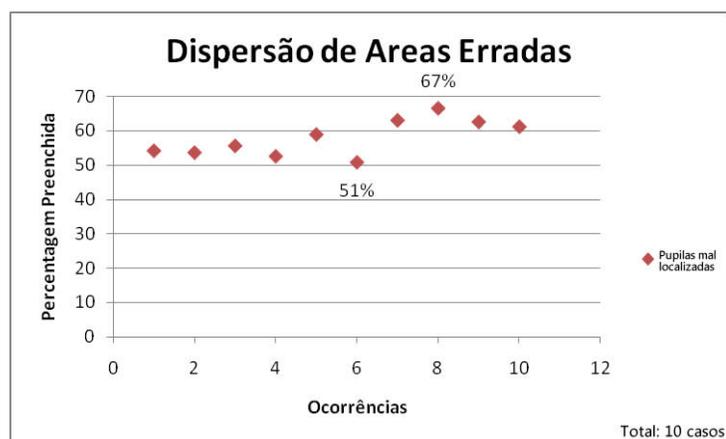


Figura 5.12: Gráfico dos valores de Areas preenchidas

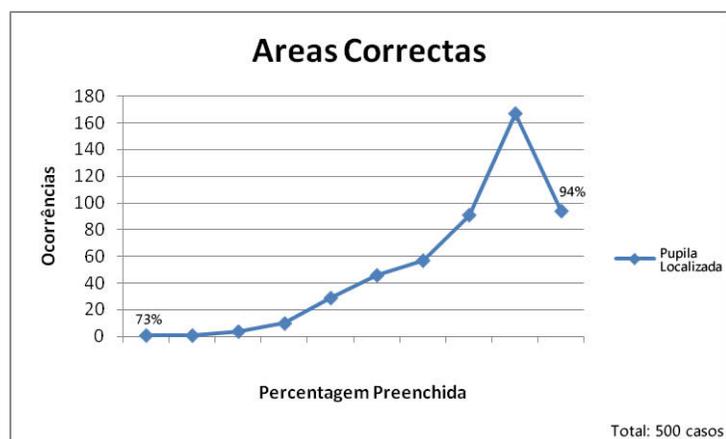


Figura 5.13: Valores da area quando bem localizada

Análise idêntica à anterior, mas neste caso para a área preenchida a preto, dentro da pupila localizada. O intervalo possível de classificação é entre $]70;73[$, pois quando a pupila está localizada incorrectamente a percentagem máxima ocupada é de 70% e quando está localizada correctamente é de no mínimo 73%.

5.2.2 Parâmetros da extracção e classificação

<i>Parâmetros</i>	<i>Valores</i>	
Tamanho da Assinatura	(256x64)	Tamanho final da íris normalizada.
Resize	0,7 e 0,5	Valores do Matlab.
Recolha da amostra	5 em 5 linhas 5 em 5 colunas	Amostra geral
	5 em 5 linhas 3 em 3 colunas	Amostra mais regular ao longo das colunas, define padrões horizontais
	2 em 2 linhas 3 em 3 colunas	Amostra mais regular ao longo das linhas, define padrões verticais
Filtros de Gabor	(30x10)	Utilizado nas 2 primeiras assinaturas
	(10x3)	Utilizado na ultima assinatura, que tem tamanho menor

Figura 5.14: Tabela com parâmetros da classificação

Tabela de parâmetros utilizados na fase de extracção e classificação. Independentemente do tamanho da fotografia e das variações de luminosidade, estes parâmetros não necessitam de alteração. A necessidade de alteração só deverá vir, se for adicionada a componente Cor às fotografias a processar, ao invés das condições actuais.

<i>Variáveis</i>	<i>Valor</i>
Delta	$(\pi^{i^2} * \pi^{i^2})$
Kmax	π
U	3
V	1
F	6.7

Figura 5.15: Tabela com parâmetros dos filtros de Gabor

5.3 Resultados

5.3.1 Resultados na localização com BATH

	Total de 1500 imagens	Porcentagem (%)
Erro Inicial	19 Casos	1,3%
Erro Recuperado	19 Casos	1,3%
Rejeitadas	-	-
Erro Final	-	0%

Figura 5.16: Resultados obtidos na localização utilizando BATH



Figura 5.17: Percentagem de erros detectados por parâmetros

5.3.2 Resultados na localização com ICE

Calibração:

Devido as diferenças na iluminação e no próprio dispositivo de recolha, os factores de binarização precisam ser calibrados. Para isso foram utilizadas 35 fotografias aleatórias para identificar e estudar os factores possíveis. O novo factor para a primeira binarização é igualmente de 0.7, mas foi necessário baixar o segundo factor de 0.67 para 0.65.

Existe um novo conceito introduzido com os resultados obtidos, o conceito de localização rejeitada, que mesmo após as duas binarizações a pupila não consegue ser localizada correctamente.

	Total de 400 imagens	Percentagem (%)
Erro Inicial	52 Casos	13%
Erro Recuperado	39 Casos	9,75%
Rejeitadas	10 Casos bem rejeitado 3 Casos rejeição errada	2,5% 0,75%
Erro Final	-	3,25%

Figura 5.18: Resultados obtidos na localização utilizando ICE



Figura 5.19: Percentagem de erros rejeitados por parâmetros na ICE

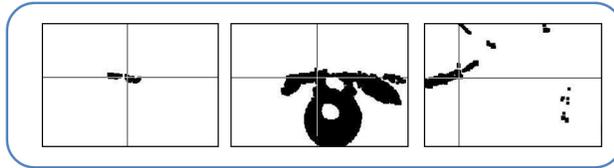


Figura 5.20: *Exemplos de Rejeições Correctas para a ICE*

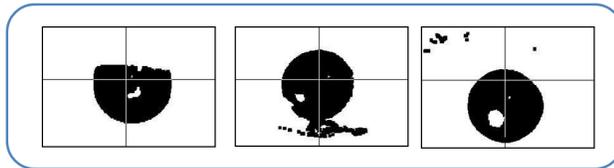


Figura 5.21: *Exemplos de Rejeições Erradas para a ICE*

Observações:

Como se pode verificar pelos resultados, há uma necessidade de ajustar alguns parâmetros de validação devido as variações da oclusão.

Existem casos em que devido à oclusão presente na pupila, o resultado mesmo estando "correcto", é rejeitado.

5.3.3 Resultados na localização com CASIA

Calibração:

Os novos factores de binarização são 0,75 para a primeira e de 0,7 para a segunda. O que mostra que as imagens são mais claras que as presentes na BATH e na ICE, necessitando por isso de um factor mais alto. Para a calibração foram utilizadas 35 fotografias e para teste 400 fotografias.

	Total de 400 imagens	Percentagem (%)
Erro Inicial	168 Casos	42%
Erro Recuperado	141 Casos	35,25%
Rejeitadas	12 Casos bem rejeitado 15 Casos rejeição errada	3% 3,75%
Erro Final	-	6,75%

Figura 5.22: Resultados obtidos na localização utilizando CASIA



Figura 5.23: Percentagem de erros rejeitados por parâmetros na CASIA

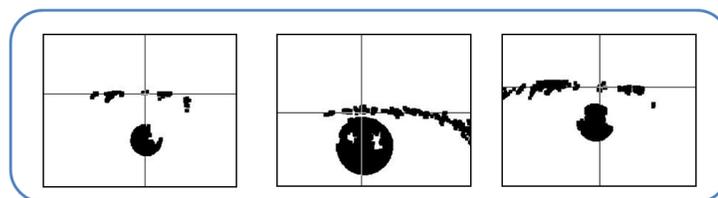


Figura 5.24: Exemplos de Rejeições Correctas para a CASIA

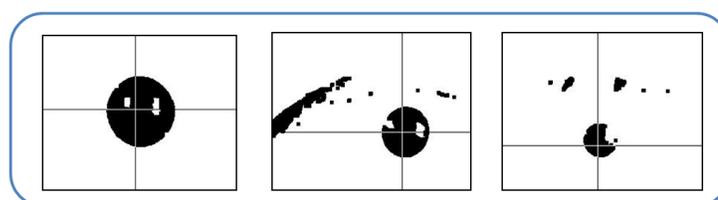


Figura 5.25: Exemplos de Rejeições Erradas para a CASIA

Observações:

O objectivo da utilização desta base de dados, é verificar o resultado da localização quando se encontra mais reflexo na pupila. Na BATH existia apenas um pequeno reflexo no interior da pupila, o que deixava uma marcação clara da pupila na imagem binarizada, neste caso no interior da pupila existem vários reflexos provenientes da lâmpada utilizada na iluminação, o que resulta em uma marcação fragmentada da pupila no final da binarização. O parâmetro de validação mais afectado é a diferença entre o raio vertical e o horizontal, que como podemos ver é o que rejeita mais localizações.

Este é um problema que nasce na verdade do limite de pixéis brancos (5px) na procura da fronteira, como este limite é demasiado pequeno para este caso, a localização pára precocemente, provocando uma diferença maior entre raios. Os casos de rejeição errada provêm principalmente da falta de ajuste neste limite.

5.4 Resultados da Classificação

5.4.1 Resultados da Classificação para a BATH

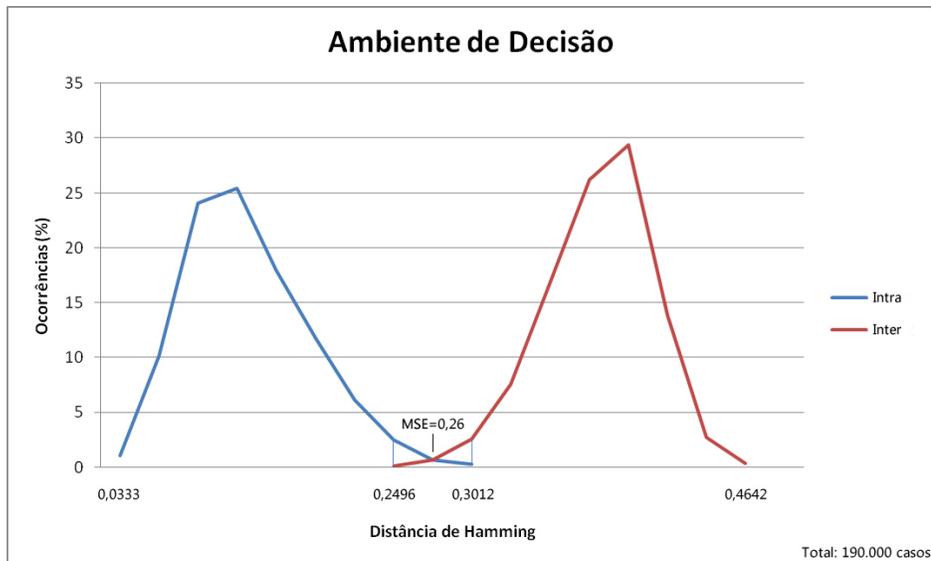


Figura 5.26: Ambiente de decisão para BATH

	Total de ≈190.000 casos	Percentagem (%)
FRR	36 Casos	0,019%
FAR	34 Casos	0,018%
Precisão	-	99,96%

Figura 5.27: Tabela de resultados da classificação em BATH

Curva de ROC

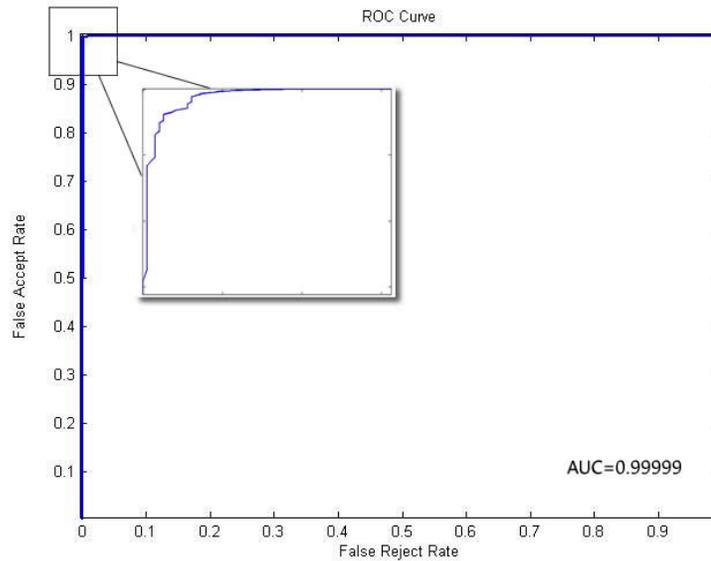


Figura 5.28: Curva de ROC para os resultados da Bath

Observações:

Com uma precisão de 99,96% na decisão e com a área da ROC igual a 0.99999, a classificação apresenta resultados bastante sólidos para a BATH, permitindo uma distinção praticamente exacta.

5.4.2 Resultados da Classificação para a CASIA

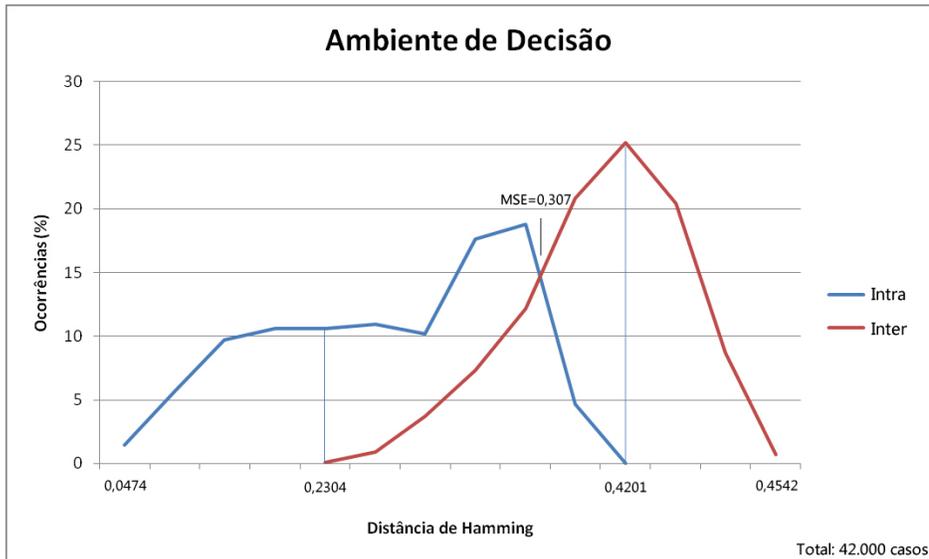


Figura 5.29: Ambiente de decisão para CASIA

<i>Resultados</i>		
<i>com 0,26</i>	Total de ≈42.000 casos	Percentagem (%)
FRR	3446 Casos	8,24%
FAR	68 Casos	0,16%
Precisão	-	91,6%

Figura 5.30: Tabela de resultados da classificação em CASIA com 0,26

<i>Resultados com MSE</i>	Total de ≈ 42.000 casos	Percentagem (%)
FRR	2614 Casos	6,25%
FAR	2624 Casos	6,27%
Precisão	-	87,48%

Figura 5.31: Tabela de resultados da classificação em CASIA com 0,307

Curva de ROC

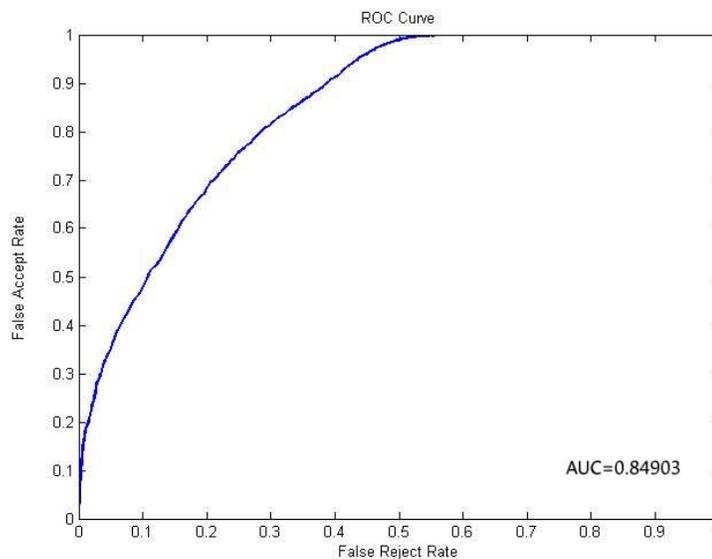


Figura 5.32: Curva de ROC para os resultados da CASIA

Observações:

Neste caso a classificação apresenta valores incertos, havendo "Intras" com valores demasiado altos. Mostra uma precisão de 91,6% utilizando o factor de decisão encontrado com a BATH e de 87,48% utilizando MSE, tem uma área de 0.84903 na curva de ROC.

Não tendo havido qualquer ajuste ou calibração, estes resultados reflectem não só essa falta, mas também o facto de haver maior oclusão nas imagens recolhidas, havendo por isso a necessidade de implementar um método mais robusto para a tratar.

Capítulo 6

CONCLUSÕES E MELHORIAS

6.1 Conclusões

Os objectivos propostos foram atingidos com êxito, todas as fases do método foram estudadas e implementadas com sucesso. De forma a obter uma conclusão mais precisa dos resultados, foi dividida de acordo com a base de dados utilizada.

Em conclusão aos resultados obtidos com a Base de Dados BATH, podemos afirmar que sendo a base de dados principal, de onde todos os parâmetros foram recolhidos e testados, é sem dúvida a que apresenta melhores resultados. Sendo bastante sólidos quer na fase de localização, com precisão de 100% quer na de classificação com 99.96%. Se as condições de captura no dispositivo de aproximarem das presentes na base de dados, o sistema é implementável com taxas de eficácia recomendáveis como sistema de verificação.

Com os resultados obtidos na fase de localização para a base de dados ICE, podemos concluir que mesmo com situações excepcionais, como o caso do fora de ângulo ou demasiada oclusão, o comportamento do algoritmo é aceitável, mostrando uma precisão 96.75%.

Sendo o núcleo de todo o processo a localização da pupila por binarização, é interessante estudar o comportamento do algoritmo quando a pupila não se apresenta em condições ideais. É aqui que os resultados obtidos com a

CASIA se mostram importantes, como podemos ver a precisão na localização baixou para 93.25%, mas como vimos no gráfico da figura 5.23 muito desse erro vem da falta de ajuste nos parâmetros, o que mostra que mesmo em condições de pupila fragmentada a localização continua a ser possível. O estudo feito para a classificação utilizando a CASIA era meramente ilustrativo, mas mostrou uma lacuna possível nesta fase, proveniente de uma oclusão elevada, para a qual o algoritmo se mostra ineficiente e não está preparado para tratar.

Contudo apresenta uma precisão de 91,6% utilizando o MSE = 0,26 proveniente do ajuste feito com a BATH.

Em jeito de conclusão global, podemos afirmar que o método implementado e estudado apresenta resultados bastante satisfatórios em condições de captura variadas e mostra-se um sistema de autenticação eficiente apesar de haver ainda melhorias possíveis.

6.2 Melhorias

Do ponto de vista global do projecto, de acordo com o objectivo principal e o seu enquadramento, uma das melhorias, seria transpor o método para fotografias capturadas sob espectro de luz visível, do género da UBIRIS [10] mas para um sistema cooperativo. Haveria por isso outra melhoria possível, criar uma base de dados de treino de um sistema cooperativo sob luz visível.

De um ponto de vista mais específico, outra melhoria seria um tratamento da oclusão por um método próprio, eliminando todos os pixéis que não fossem íris da comparação reduzindo assim o erro na classificação.

Há também a possibilidade de melhorar os parâmetros de validação, criando novos ou alterando o processo de decisão, por exemplo em vez de todos terem o mesmo peso haver pesos diferentes para os parâmetros. Além disso, o processo de localização da íris também pode ser melhorado bem como a utilização de outros filtros para a fase de extracção.

Um dos parâmetros de maior importância em todo o processo é o de binarização e por consequência o de alteração do contraste e brilho na imagem inicial, os factores utilizados foram retirados do conjunto de treino.

Outra das melhorias possíveis do ponto de vista autónómico era o cálculo automático do factor binarização, contraste e brilho de acordo com a imagem capturada. Desta forma imagens diferentes teriam tratamentos diferentes, ajustando assim os parâmetros de uma forma personalizada, melhorando o resultado proveniente da binarização. Caso esta medida se mostre demasiado complexa ou errática, outra solução é criar um número fixo de factores para a segunda binarização e apenas decidir qual é o melhor de acordo com o resultado da primeira binarização. Se o resultado da primeira binarização for uma imagem praticamente branca, o factor tem que descer, se acontecer o contrário o factor terá que subir. Medidas simples que se devidamente estudadas se podem apresentar bastante úteis para a precisão do método.

Apêndice A

Manual Do Utilizador

O método estudado foi implementado em C# [3], para ser executado em dispositivos móveis com Windows Mobile. Devido à incapacidade de recolher as fotografias através do dispositivo, estas foram inseridas previamente e são lidas dos ficheiros.

A aplicação é utilizada como sistema de verificação, sendo introduzido um ID e uma fotografia do sujeito, de onde será gerada a assinatura e posteriormente comparada com a guardada.

Para esta demonstração foram inseridas duas fotografias de dois sujeitos, a fotografia `Img_1_1_1B` e a `Img_2_1_1B`, com ID 1 e 2, respectivamente. Desta forma, para o ID = 1 ter acesso terá que introduzir o seu ID e uma fotografia correspondente, diferente da utilizada para gerar a guardada.



Figura A.1: Menu inicial da aplicação

Menu Principal:

Aspecto geral da aplicação, esta é a área de funcionamento de todo o processo. Carregando no botão Fotografia irá abrir o menu seguinte.



Figura A.2: Janela de escolha da imagem

Inserir Fotografia:

Caixa de diálogo que permite escolher a fotografia que se pretende inserir no teste. Neste caso foi escolhida a fotografia *Img_1_1_6B*, simulando o acesso do sujeito ID = 1.



Figura A.3: Janela depois de carregada a imagem

Fotografia Carregada:
Depois de escolhida, a fotografia é carregada para memória para o posterior processamento. A próxima acção do utilizador é inserir o seu ID.



Figura A.4: Resultado da verificação: Acesso Negado

1ª Tentativa:
O sujeito com ID=1 inseriu por engano o ID=2, e carregou verificar. A sua assinatura foi comparada com a do sujeito 2 e o acesso foi negado.



Figura A.5: Resultado da verificação: Acesso Autorizado

2ª Tentativa:

Introduzindo o ID correcto o sujeito 1 recebe acesso autorizado, isto porque a assinatura já foi comparada com a sua correspondente.



Figura A.6: Acesso ao menu opções

Menu Opções:

Neste menu podemos remover acesso a sujeitos autorizados, atribuir novos acessos, abrir o relatório gerado no processo de verificação e consultar informação sobre a aplicação.

Apêndice B

Ambiente de Desenvolvimento

B.1 Estudo e Calibração

Para a fase de estudo e calibração, o método foi implementado utilizando o software MATLAB [12], bastante popular no processamento de imagens, visto ser destinado a cálculos com matrizes (Matlab = MATrix LABoratory) e conter uma Toolbox disponível para o processamento de imagens. A linguagem utilizada é MATLAB, denominada muitas de M-código.

B.2 Implementação do Módulo

Para a implementação do módulo foi utilizado o Microsoft Visual Studio [3], aplicação de desenvolvimento de Software, especialmente dedicado ao .NET Framework.

Neste caso em particular e para a programação em dispositivos móveis é utilizada a .NET Compact Framework, o que possibilita que a aplicação criada, seja executada em Windows Mobile.

A linguagem utilizada foi "C#" (c-sharp), linguagem de programação orientada a objectos criada pela Microsoft, e faz parte da plataforma .Net.

É baseada na linguagem C++ e Java e é considerada a linguagem símbolo do .NET, porque foi criada praticamente do zero para funcionar na nova plataforma sem preocupações de compatibilidade com código existente, o compilador C# foi o primeiro a ser desenvolvido e a maior parte das classes do .NET Framework foram desenvolvidas em C#.

A principal dificuldade encontrada na implementação do método nesta

linguagem, é a falta de bibliotecas standard do C# para .NET Framework o que impossibilita a utilização de qualquer biblioteca disponível para o processamento de imagens na versão Compact, como é o exemplo da AForge.

Bibliografia

- [1] Dal Ho Cho, Kang Ryoung Park, and Dae Woong Rhee. Real-time localization for iris recognition in cellular phone. In *SNPD/SAWN*, pages 254–259, 2005.
- [2] Dal Ho Cho, Kang Ryoung Park, and Dae Woong Rhee. A study on pupil and iris segmentation for mobile environment. In *The Fourth Berc Biometrics, Workshop*, pages 99–102, 2006.
- [3] Microsoft Corporation. Microsoft visual studio c#, 2008 <http://msdn.microsoft.com>.
- [4] John G. Daugman. How iris recognition works. In *IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Technology*, vol.14, No.1, pages 21–29, 2004.
- [5] John G. Daugman. Probing the uniqueness and randomness of iriscodes: Results from 200 billion iris pair comparisons. In *Proceedings of the IEEE*, vol. 94, no. 11, pages 1927–1935, 2006.
- [6] Chinese Academy of Sciences. Institute of Automation. Casia iris image database, 2004 <http://www.sinobiometrics.com>.
- [7] SOCIA Lab. Soft computing and image analysis laboratory, 2006 <http://socia-lab.di.ubi.pt/>.
- [8] University of Bath. University of bath iris image database, 2004 www.bath.ac.uk/elec-eng/pages/sipg/.
- [9] The National Institute of Standards and Technology (NIST). Iris challenge evaluation, 2005 <http://iris.nist.gov/ICE/faq.htm>.

- [10] H. Proença and L.A. Alexandre. UBIRIS: A noisy iris image database. In *13th International Conference on Image Analysis and Processing - ICIAP 2005*, volume LNCS 3617, pages 970–977, Cagliari, Italy, September 2005. Springer.
- [11] Hugo Proença and Luís A. Alexandre. Iris recognition: An analysis of the aliasing problem in the iris normalization stage. In *IEEE Proceedings of the 2006 International conference on CIS*, pages 1771–1774, 2006.
- [12] Inc The MathWorks. Matlab, the language of technical computing, 2007 <http://www.mathworks.com/>.