

PATRICK FRANCIS GOMES ROCHA

**APLICATIVO PARA ARMAZENAMENTO E TRATAMENTO DE
IMAGENS DE FACES HUMANAS**

2011

Assis

PATRICK FRANCIS GOMES ROCHA

**APLICATIVO PARA ARMAZENAMENTO E TRATAMENTO DE
IMAGENS DE FACES HUMANAS**

Trabalho de Conclusão do Programa de Iniciação Científica (PIC) do Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis– IMESA.

Aluno: Patrick Francis Gomes Rocha

Orientadora: Profa. Dra. Marisa Atsuko Nitto

Linha de Pesquisa: Informática

2011

Assis, SP

FICHA CATALOGRÁFICA

ROCHA, Patrick Francis Gomes

Aplicativo Para Armazenamento e Tratamento de Imagens de Faces Humanas/
Patrick Francis Gomes Rocha. Fundação Educacional do Município de Assis –Fema
: Assis, 2011

47p.

Orientadora: Profa. Dra. Marisa AtsukoNitto
Projeto de Iniciação Científica (PIC) – Ciência da Computação - Instituto
Municipal de Ensino Superior de Assis

1. Java 2. Reconhecimento de padrões. 3. Biometria

CDD: 001.6
Biblioteca da FEMA

RESUMO

O reconhecimento facial é uma das mais promissoras das tecnologias biométricas e tem sido um dos temas mais estudados nas áreas da visão artificial e da inteligência artificial. A biometria já está bastante disseminada, sendo os equipamentos de reconhecimento de impressões digitais os mais conhecidos e já amplamente comercializados. A grande vantagem do reconhecimento da face é que a identificação pode ser feita sem qualquer contato físico.

Neste projeto foi desenvolvido um aplicativo para armazenamento e tratamento de imagens faciais humanas, onde foram utilizados os métodos e técnicas de processamento digital de imagens. A implementação do aplicativo foi feita utilizando as tecnologias Java. Será criado um banco de dados para o armazenamento das imagens faciais capturadas por uma câmera e desenvolvido um aplicativo responsável pelo processamento e tratamento dessas imagens armazenadas. Este protótipo será utilizado como base para o desenvolvimento de um aplicativo para reconhecimento de faces.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Etapa inicial do processo de Visão Computacional	12
Figura 2 – Etapa final do processo de Visão Computacional	13
Figura 3 – Alguns tipos de padrões biométricos	18
Figura 4 – Sistema Biométrico Padrão	20
Figura 5 – Exemplo de visão de uma imagem	22
Figura 6 – Fases do Processamento e Análise Digital de Imagens	23
Figura 7 – Aquisição de Imagens	24
Figura 8 – Pré-Processamento de Imagens.....	25
Figura 9 – Segmentação da Imagem	26
Figura 10 – Extração de Atributos.....	27
Figura 11 – Reconhecimento e Interpretação	28
Figura 12 – Ilustração de Operação de Imagens	29
Figura 13 – Exemplo de Operação Matemática de Soma com Imagem	30
Figura 14 – Exemplos de Operações Lógicas com Imagens	31
Figura 15 – Representação da Vizinhança do pixel P	31
Figura 16 – Tipos de Reconhecimento	33
Figura 17 – Arquitetura de um sistema Biométrico	34
Figura 18 – Tipos de Padrões Biométricos	35
Figura 19 – Arquitetura Java	36
Figura 20 – Modelagem do problema	40
Figura 21 – Interface principal do aplicativo	41

Figura 22 – Interface de Cadastro.....	42
Figura 23 – Interface de Busca Avançada	43
Figura 24 – Interface de Processamento de Imagens	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –Padrões Biométricos para a identificação	17
--	----

SUMÁRIO

1 – INTRODUÇÃO	10
1.1 – OBJETIVO	14
1.2 – JUSTIFICATIVA	14
1.3 – MOTIVAÇÃO	15
1.4 – ESTRUTURA DO TRABALHO	15
2 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA BÁSICA	16
2.1 – RECONHECIMENTO DE PADRÕES	16
2.1.1 – Sistemas Biométricos	19
2.2 – PROCESSAMENTO E ANÁLISE DIGITAL DE IMAGENS	21
2.2.1 – Etapas da Análise e Processamento Digital de Imagens	23
2.2.1.1 – <i>Aquisição de Imagens</i>	23
2.2.1.2 – <i>Pré-Processamento</i>	24
2.2.1.3 – <i>Segmentação</i>	25
2.2.1.4 – <i>Extração de atributos</i>	27
2.2.1.5 – <i>Reconhecimento e Interpretação</i>	27
2.3 – OPERAÇÕES COM IMAGENS	29
2.4 – BIOMETRIA	32
2.4.1 – Tipos de Reconhecimento	32
2.4.1.1 – <i>Autenticação (um pra um)</i>	32
2.4.1.2 – <i>Identificação ou Busca Exaustiva (um para vários)</i>	33
2.5 – LINGUAGEM JAVA	36

2.5.1 – Características da Linguagem	37
2.6 – BANCO DE DADOS HSQLDB	38
2.6.1 – Características do Banco	38
3 – DESENVOLVIMENTO DO PROJETO	39
3.1 – DESCRIÇÃO DO PROBLEMA	39
3.2 – MODELAGEM DO PROBLEMA	40
3.3 – IMPLEMENTAÇÃO	40
4 – CONCLUSÃO	45
REFERÊNCIAS	46

1 – INTRODUÇÃO

A visão computacional permite aos sistemas digitais informações de imagens. Diversas informações podem ser extraídas, as quais podem ser utilizadas para o reconhecimento de padrões complexos, como texturas, objetos, textos, padrões biométricos, entre outros (JAIN; DUIN; MAO, 2000). Essa capacidade de reconhecer padrões proporciona aos sistemas digitais um sistema de visão artificial ainda não tão eficiente quanto o humano, mas que já possui algumas características superiores, como visão noturna e *zoom*. Diversos sistemas fazem uso da visão computacional. Eles podem ser encontrados na robótica, onde a visão computacional permite que robôs decidam seus próprios movimentos, e no uso militar, permitindo que aviões de guerra e mísseis acertem seus alvos com maior precisão. Sistemas de reconhecimento de padrões biométricos são largamente utilizados na área de segurança. Esses sistemas utilizam características humanas singulares, como impressões digitais, íris, voz e face, permitindo a diferenciação entre seres humanos.

A área de análise de faces pode ser dividida em diversas subáreas, como reconhecimento de face, detecção ou localização de face, reconhecimento de expressões faciais e análise de poses (ZHAO et al., 2003). É importante diferenciar detecção e reconhecimento. O reconhecimento de face consiste em identificar um indivíduo por intermédio da análise de sua face, comparando-a com outras faces pré-rotuladas. A detecção ou localização de faces é a determinação da presença e posição espacial de cada face existente em uma imagem. A detecção de face freqüentemente é utilizada como uma etapa inicial para o reconhecimento.

A operação de reconhecimento de faces pode ser abordada de duas formas: identificação e autenticação (ABATE et al. 2007). Na emergente busca por sistemas automáticos que realizem o reconhecimento de faces humanas, pesquisadores têm agrupado diferentes técnicas para obterem resultados que possam ser cada vez mais robustos e ágeis. Essa preocupação não se restringe aos meios acadêmicos, também existe interesse legal e comercial em

utilizar sistemas que reconheçam faces humanas como, por exemplo, locais em que seja difícil a identificação de pessoas pelos seres humanos.

O reconhecimento de faces humanas é um problema bastante complexo para ser implementado de forma automática, devido a diversos fatores como: diferentes variações de orientação e tamanho da imagem, condições de iluminação do ambiente, diferenças na aparência, na expressão facial e na cor da pele, entre outros fatores que influenciam a extração de características (SUNG; POGGIO, 1998). Pesquisas também vêm sendo desenvolvidas por cientistas da computação no campo de reconhecimento de expressões faciais, para o emprego em interfaces homem x máquina. Sistemas capazes de interpretar expressões de raiva, tristeza ou alegria de seus usuários teriam grande aplicabilidade nos estudos de interação Homem x Computador (TIAN et al., 2001). Esse tipo de técnica exige algoritmos robustos para poderem reconhecer as faces em diferentes tipos de condições de iluminação, expressões faciais e outros empecilhos que dificultam o processo.

Teoricamente, quaisquer características humanas, comportamentais ou físicas, podem ser utilizadas para a identificação de pessoas, desde que satisfaçam os seguintes requisitos:

- **Universalidade:** significa que todas as pessoas devem possuir a característica;
- **Singularidade:** indica a característica não pode ser igual em pessoas diferentes;
- **Permanência:** significa que a característica não deve variar com o tempo;
- **Mensurabilidade:** indica que a característica pode ser medida quantitativamente.

Devido à grande variedade existente de rostos humanos é muito difícil realizar um casamento perfeito de padrões para o efetivo reconhecimento de um rosto, seguindo a metodologia clássica usada em reconhecimento de padrões.

Dificuldades como as transformações a que um rosto pode estar sujeito, (óculos, maquiagem, barba, bigode, etc.) interferem na confiabilidade das respostas dadas. A solução para o problema de reconhecimento de rostos pode englobar desde uma correlação simples de um modelo facial *versus* o rosto em questão, até sofisticados sistemas baseados em características (MANJUNATH et al., 1992).

Muitos sistemas de reconhecimento de face utilizam um computador com uma câmera para capturar as imagens da face. Dois padrões de tecnologia são aplicados: o escaneamento da imagem num padrão bidimensional, baseado na medida de ângulos e o de distâncias entre traços da fisionomia como olhos, nariz, queixo, boca e linha dos cabelos como meio de verificação.

Para solucionar parte desses problemas, o processo de Visão Computacional se divide em duas etapas distintas: etapa inicial e etapa final, segundo (MARR, 1982). A figura 1 mostra a aquisição da imagem pode ser feita usando um *scanner* ou uma câmera. A imagem adquirida pode ser submetida a um pré-processamento, através de técnicas de Processamento Digital de Imagens, (FU; GONZALES; LEE, 1987 e GONZALES; WINITZ, 1992) com a finalidade de filtrar ruídos, ajustar níveis de iluminação, entre outros detalhes. A etapa de segmentação visa localizar os objetos e ponto relevante presentes na imagem, selecionando estas regiões de interesse.

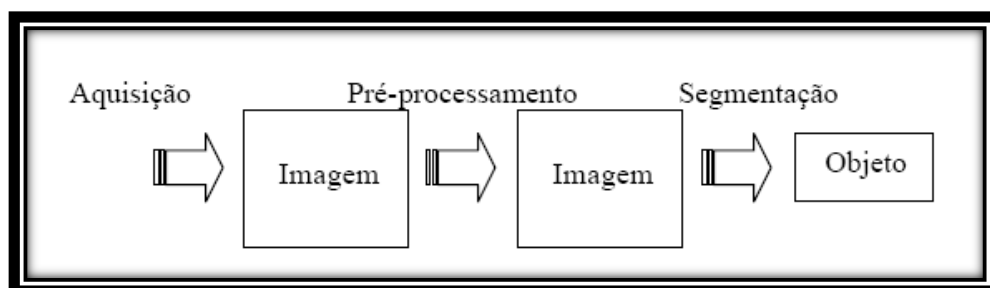


Figura 1 - Etapa inicial do processo de Visão Computacional (In: OLIVEIRA, 1997)

A partir da aquisição destas regiões, passa-se a trabalhar de forma comum aos problemas clássicos de reconhecimento de padrões, como mostra a Figura 2.

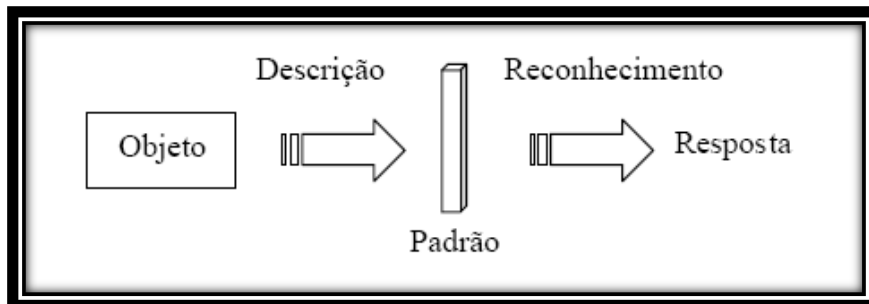


Figura 2 - Etapa final do processo de Visão Computacional(In: OLIVEIRA, 1997)

Após a etapa de segmentação tem-se a imagem do objeto, necessitando então da determinação dos critérios para sua descrição de forma representativa. É preciso definir quais as métricas e as relações entre elas, para que seja possível identificar o objeto. Finda a etapa de descrição, o objeto é codificado em um vetor numérico denominado de padrão ou vetor de características. Estes padrões, representando o objeto em questão, são analisados um a um por um algoritmo de reconhecimento, que os separará em grupos seguindo um determinado critério especial, definido na fase de descrição. A última etapa do processo corresponde se o objeto em questão (um rosto humano) foi reconhecido ou não pelo sistema, e ainda qual a sua classificação em relação aos objetos de mesma natureza.

Neste projeto de pesquisa foi desenvolvido um aplicativo de armazenamento e tratamento de imagens faciais humanas, utilizando os métodos e técnicas de visão computacional e processamento digital de imagens. As imagens faciais serão capturadas por uma câmera e serão armazenadas em um banco de dados que foi criado exclusivamente para esta finalidade. Essas imagens faciais armazenadas no banco de dados serão processadas e tratadas por um aplicativo desenvolvido em Java.

Este protótipo será utilizado em um projeto futuro, com o objetivo de desenvolver um aplicativo para reconhecimento de faces. Este aplicativo já está sendo desenvolvido, utilizando para a comparação das imagens das faces as técnicas de casamento de padrões (SERRANO; NITTO, 2010; SERRANO, 2010 e BRUNELLI; POGGIO, 2004).

1.1 - OBJETIVO

O objetivo neste projeto de pesquisa é adquirir habilidades em desenvolvimento de aplicativos para armazenamento e tratamento de imagens faciais, utilizando tecnologias sobre visão computacional, processamento digital de imagens e aprendizagem automática. Neste protótipo serão utilizadas técnicas e métodos amplamente divulgados na literatura, as quais têm a finalidade de manipular e processar imagens capturadas por uma câmera. Aquisição de conhecimento sobre tecnologias Java e que esta pesquisa possa servir de base, futuramente, para o desenvolvimento de aplicativos para reconhecimento de faces, bastante utilizada na área de segurança.

1.2 - JUSTIFICATIVA

O desenvolvimento deste projeto deu-se pelo fato da biometria ser uma dos métodos mais eficazes para a segurança nos tempos de hoje, com isso a tecnologia vem crescendo e a demanda para o mercado de trabalho na área da segurança, ser cada vez mais prospera principalmente na área de tecnologia da informação. A escolha do padrão facial biométrico vem pelo fato de ser um dos mais eficazes, entre os tipos de *padrões biométricos*. Ele vem sendo muito estudado e pesquisado, sendo padrão biométrico usado “como protótipo” na próxima Copa do Mundo de 2014, aqui no Brasil, e também nas olimpíadas de 2016, aqui no Brasil, no Rio de Janeiro.

Outro tipo ponto significativo para a escolha deste tipo de biometria, foi a gama de possibilidades de pesquisa e estudos, aprofundando em outras áreas, como armazenamento de imagens em banco de dados, processamento digital de imagens, entre outros.

1.3 - MOTIVAÇÃO

A motivação para desenvolver este projeto de pesquisa, consiste no fato da biometria ser uma área que está em crescimento. E o reconhecimento facial é um dos padrões utilizados na biometria. Tendo em vista, que o projeto foi executado no segundo ano do curso bacharelado em ciência da computação, a preocupação inicial foi adquirir conhecimento em processamento digital de imagens e banco de dados. Este enfoque é de suma importância, pois servirá de base para o desenvolvimento de aplicativos nesta área. A possibilidade de adquirir conhecimento sobre tecnologias Java também contribuiu para o interesse no desenvolvimento deste projeto.

1.4 – ESTRUTURA DO TRABALHO

A estrutura do trabalho foi dividida em capítulos:

Capítulo 1: Introdução

Capítulo 2: Fundamentação Teórica Básica

Capítulo 3: Desenvolvimento do Projeto

Capítulo 4: Conclusão

Capítulo 5: Referências Bibliográficas

2 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA BÁSICA

Neste capítulo será abordada toda a fundamentação teórica das tecnologias e ferramentas utilizadas para o desenvolvimento do projeto.

2.1 - RECONHECIMENTO DE PADRÕES

O Reconhecimento de Padrões (RP) é o estudo das classificações de objetos em categorias ou classes. Há tempos existem pesquisas feitas para a implementação e elaboração de algoritmos que resolvam esses estudos. (SERRANO, 2010).

Esta área apresenta inúmeras opções de aplicações em varias áreas, principalmente na área tecnológica. Como exemplo, pode ser citada a classificação de documentos na *internet* (buscadores), sendo classificados por semântica, por categorias; classificação de dados multimídia (por exemplo, o *Windows Media Player*), que classifica as mídias por gênero, título, autor; e classificações biométricas, que são características físicas ou comportamentais, sendo individuais e pessoais que são capturadas de cada indivíduo e usadas também como forma classificatória. A tabela 1 mostra alguns tipos de reconhecimento de padrões.

Domínio do Problema	Aplicação	Padrão de Entrada	Classes de Padrão
Bioinformática	Análise de Sequência	DNA/Sequência de proteínas	Tipos conhecidos de genes/padrões
Mineração de dados	Busca por padrões significantes	Pontos em um espaço multidimensional	Compactar e bem separar grupos
Classificação de documentos	Busca na Internet	Documento texto	Categorias semânticas (negócios, esportes e etc.)
Análise de documentos de imagem	Máquinas de leitura para cego	Documento de imagem	Palavras e caracteres alfanuméricos
Automação industrial	Inspeção de circuito impresso em placas	Intensidade ou alcance de imagem	Produto defeituoso/não defeituoso
Recuperação de base de dados multimídia	Busca na Internet	Vídeo clipe	Gêneros de vídeos
Reconhecimento biométrico	Identificação pessoal	Face, íris, impressão digital	Usuários autorizados para controle de acesso
Sensoriamento remoto	Prognóstico da produção de colheita	Imagem multiespectral	Categorias de aproveitamento de terra, desenvolvimento de padrões de colheita
Reconhecimento de voz	Inquérito por telefone sem assistência de operador	Voz em forma de onda	Palavras faladas

Tabela 1 – Padrões Biométricos para Identificação (Adaptado de SERRANO, 2010)

Os sistemas de reconhecimento, usando padrões biométricos, vêm alavancando e motivando pesquisadores para estudo de algoritmos e formulas, para a melhora na logica e desempenho destes sistemas. Conseqüentemente iniciou-se um novo estudo de padrões biométricos, chamado computação afetiva, que dá a um computador a capacidade de reconhecer e expressar emoções e empregar mecanismos que contribuem para a tomada de decisão racional (JAIN; DUIN; MAO, 2000).

Para um ser humano reconhecer algo, é muito simples e automático. O individuo captura características e compara com características armazenadas no cérebro, sendo assim retorna e identifica que tipo de objeto esta tratando,

ou observando. Computacionalmente é da mesma maneira, captura-se características, do indivíduo em questão, armazena-se em um banco de dados todas as características, e ao receber outras características, realiza comparações, retornando satisfatório se coincidirem as características ou insatisfatório se não coincidirem as características. A figura 3 mostra alguns tipos de padrões.

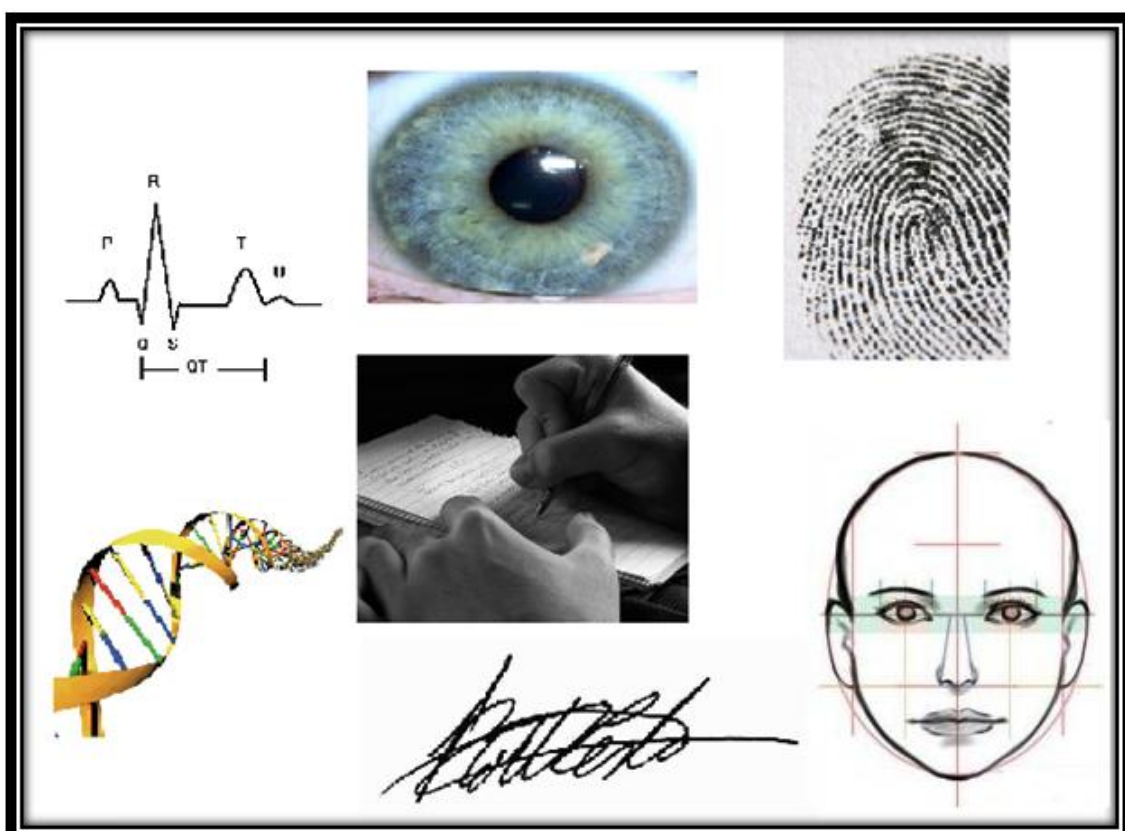


Figura 3 – Alguns tipos de padrões biométricos

2.1.1 Sistemas Biométricos

Um sistema biométrico é, essencialmente, um sistema de reconhecimento de padrões que busca extrair o padrão mais distintivo de uma pessoa, armazená-lo para depois comparar com novas amostras e determinar a identidade de cada amostra dentro de uma população (CANEDO, 2011). Assim sendo, um sistema biométrico típico tem pelo menos cinco componentes principais:

- **componente de apresentação e captura de dados biométricos:** o traço biométrico precisa ser apresentado a um sensor, que irá transformar a informação em uma representação digital (foto, vídeo, áudio, etc);
- **componente de processamento do dado biométrico e extração do *template*:** esse componente transforma a representação digital do traço biométrico em um *template*. Normalmente isso é feito através da segmentação da representação digital, avaliação (e melhoria) da qualidade e extração de características únicas. O processo usado para extração é muitas vezes patenteado e sempre mantido em segredo pelas empresas;
- **componente de armazenamento do *template*:** o armazenamento do *template* é um componente que apresenta crescente desafio e muitas opções de implementação. Os templates podem ser armazenados de três formas em sistemas biométricos: no sensor ou computador local, repositório central e cartão.
- **componente de comparação de *templates* e decisão:** na comparação de *templates* os valores matemáticos das características extraídas dos traços biométricos são comparados para determinar o seu grau de correlação ou similaridade, num processo chamado de *matching* (comparação);
- **canal de transmissão:** o canal de transmissão é um componente comum a todos os outros sistemas de informação. E assim como em

outros sistemas, nos sistemas biométricos ele é muito importante para definir a arquitetura do sistema, a política de segurança e privacidade.

A figura 4 mostra um sistema biométrico padrão.

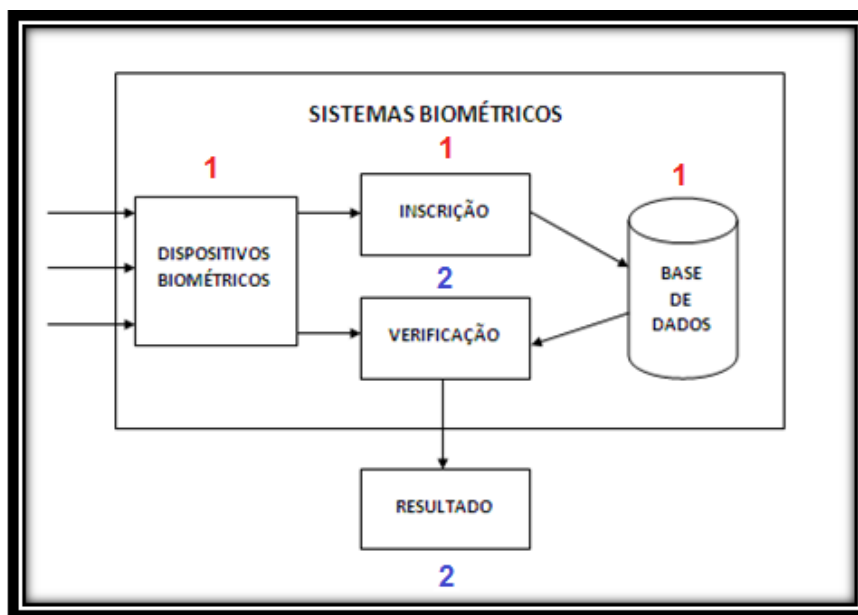


Figura 4 – Sistema Biométrico Padrão

Esse mesmo sistema tem dois processos importantes: processo de cadastro e tratamento de imagens e o processo de identificação. Na figura 4, o processo de cadastro e tratamento de imagens pode ser identificado pelo número 1 e o processo de identificação pelo número 2.

Os dispositivos biométricos são sensores que capturam e digitalizam a informação biométrica. Para que a pessoa faça parte do sistema, inicialmente a informação é processada na etapa de inscrição (ou registro), por uma ou mais vezes, e armazenada na base de dados.

Na etapa de verificação, a mesma pessoa deve fornecer sua informação Biométrica através dos mesmos dispositivos biométricos para que seja comparada com a armazenada na base de dados e, assim, possa fornecer o resultado (identificação).

Neste projeto será desenvolvido o processo de cadastramento e tratamento de imagens capturadas por uma *web cam*.

2.2 - PROCESSAMENTOS E ANALISE DIGITAL DE IMAGENS

Processar uma imagem consiste em transformá-la sucessivamente com o objetivo de extrair mais facilmente a informação nela presente (ALBUQUERQUE; ALBUQUERQUE, 2004).

O Processamento Digital de Imagens (PDI) parte da imagem (de uma informação inicial que é geralmente captada por uma câmera) ou de uma sequência de imagens para a obtenção da informação. Caso a imagem seja analógica, é necessário primeiramente convertê-la para digital, e em seguida, realizar todo o processamento da imagem.

A visão que um computador tem de uma imagem é de “quadrinhos”, isto é, *pixel*, o menor elemento num dispositivo de exibição (por exemplo, o monitor), ao qual é possível atribuir-se uma cor, sendo que o conjunto de milhares de pixels forma a imagem inteira.

Cada *pixel* é composto por um conjunto de três pontos: verde, vermelho e azul (*RGB*). Em imagens de alta definição, cada um destes três pontos podem ter uma variação de 256 cores (0 a 255), o equivalente a 8 bits, e combinando as tonalidades dos pontos é possível exibir um pouco mais de 16.7 milhões de cores diferentes. Uma imagem de resolução 800 x 600 tem 480.000 pixels, ou seja, mais de 8,1 bilhões de cores.

Sendo assim, cada *pixel* é formado por números pelo qual corresponde a sua cor (uma matriz de números), consequentemente usando operações matemáticas ou lógicas, pode-se alterar o valor dos *pixels* de uma ou mais imagens. A figura 5 mostra como a máquina enxerga um *pixel*.

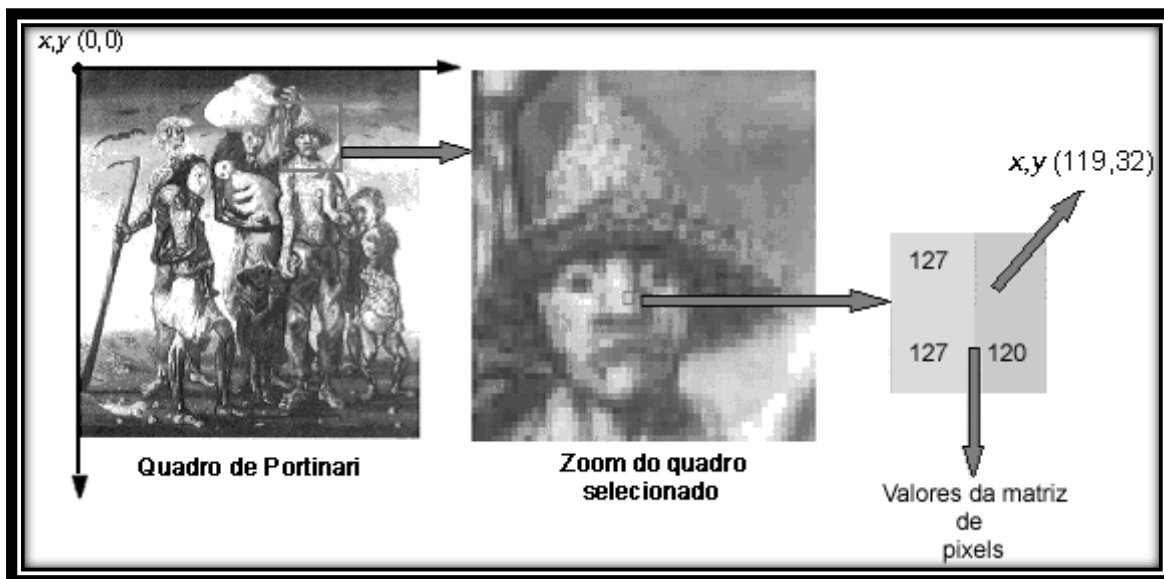


Figura 5 – Exemplo de visão de uma imagem (VASCONCELOS, 2001)

Uma imagem em escala cinza ou monocromática, os valores de *pixel* representam a luminosidade ou brilho da imagem, quanto mais próximo de 0 *pixel* tende a ser mais escuro, e quanto mais próximo de 255 o *pixel* tende a ser mais claro.

Além de terem seus valores de cor ou luminosidade, cada *pixel* é representado (no monitor) com coordenadas espaciais, como no plano cartesiano dado em matemática, usando a função $f(x,y)$. Sendo assim, cada *pixel*, tem seu valor x e y e todos alinhados em seus devidos lugares formam uma imagem digital.

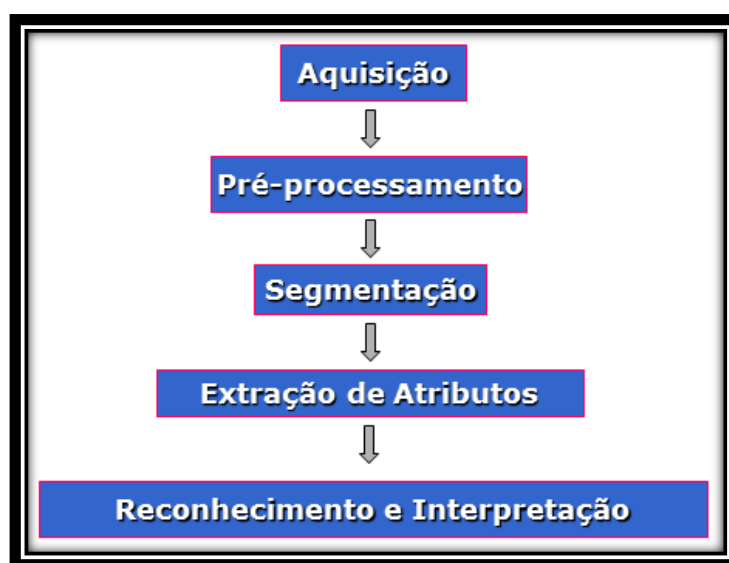
Já a Análise Digital de Imagens (ADI) consiste na extração e tratamento de dados quantitativos a partir de imagens digitais. Apesar do ser humano ser muito mais competente em tarefas de reconhecimento, a ADI pode realizar medições mais rápidas, precisas e acuradas (NETO et al., 2003).

A ADI possibilita ainda a realização de diversas medidas impossíveis de se executar manualmente, com mais precisão, velocidade e eficácia.

2.2.1 - Etapas da Análise e Processamento Digital de Imagens

Nesta seção serão apresentadas as etapas da análise e processamento digital de imagens. Cada uma dessas etapas é de suma importância no tratamento de uma imagem, dependendo do tipo de aplicação que se pretende realizar.

A figura 6 ilustra as fases do processamento e análise digital de uma imagem.



**Figura 6 – Fases do Processamento e Análise Digital de Imagens
(VASCONCELOS, 2001)**

2.2.1.1 - Aquisição de Imagens

Para obter uma imagem digital é necessário um dispositivo físico, no caso do projeto foi utilizado uma *web cam*, para capturar a imagem e armazená-la em algum local previamente delimitado. Se a imagem for uma imagem analógica, uma imagem convencional que foi revelada, ela deve ser convertida para digital. Para este tipo de conversão, usa-se *scanners*, que transformam um sinal totalmente contínuo, para binário (0 ou 1).

O conversor analógico/digital (ACD ou A/D) converte o sinal elétrico que produz o foto-sensor em pulsos digitais em formato binário, que são entendidos pelo computador. Os *softwares* embarcados nos dispositivos conversores fazem o tratamento e armazenam no computador em um local específico. A figura 7 mostra o processo de aquisição de imagens.

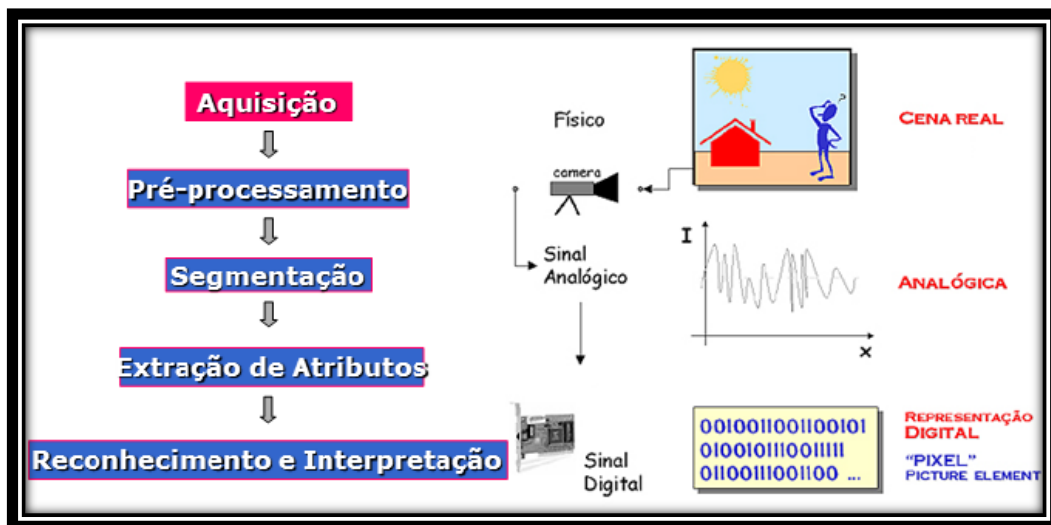


Figura 7 – Aquisição de Imagens (VASCONCELOS, 2001)

2.2.1.2 - Pré-Processamento

O Pré-Processamento, nada mais é que melhorar a imagem de forma a aumentar as chances para o sucesso dos processos seguintes (BASTOS, 1999). Para este caso, o pré-processamento envolveu técnicas para monocromaticização da imagem (transforma-la em escala cinza) e a binarização que consiste em transformar a imagem em preto e branco para diminuir o número de possibilidades das cores de cada pixel de quase 17 milhões para 2 (0 ou 1). A figura 8 mostra a etapa de pré-processamento de imagens.

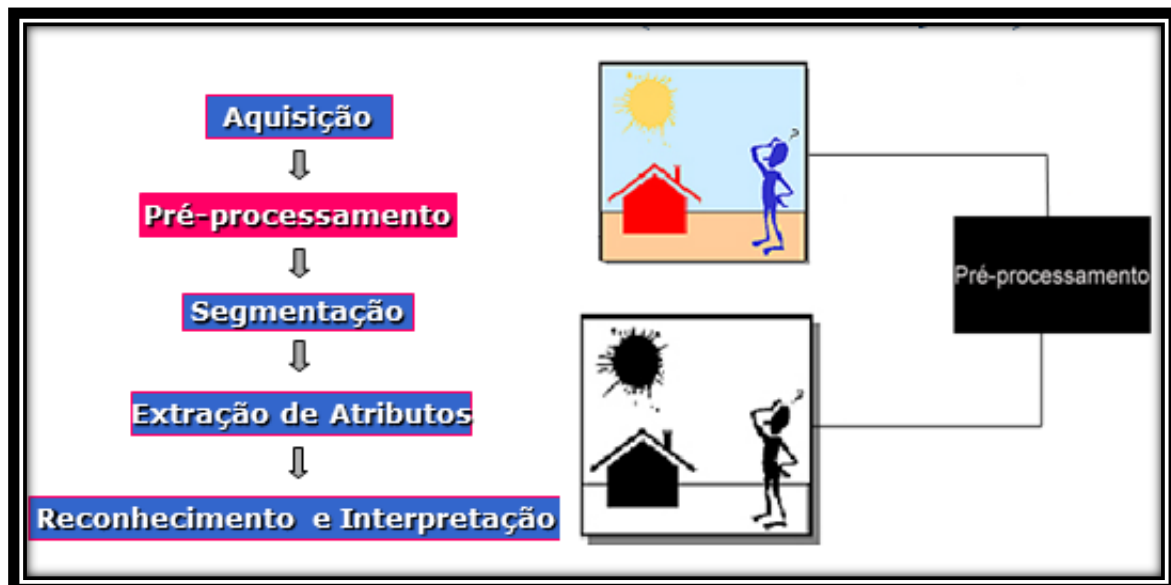


Figura 8 – Pré-Processamento de Imagens (VASCONCELOS, 2001)

2.2.1.3 – Segmentação

A segmentação consiste no processo de separar na imagem os objetos a serem analisados. É usual denominar objetos da imagem os grupos de *pixels* de interesse, ou que fornecem alguma informação para o processamento digital de imagem (SERRANO, 2010).

Para analisar uma imagem no PDI, é comum desprezar o “fundo” da imagem, ou seja, só trabalhar com os objetos, ou grupos de *pixel* da imagem, não importando o fundo em questão. Seguindo o conceito de que a imagem já foi totalmente preparada no pré-processamento, obtém-se uma imagem onde foi corrigido seu brilho, contraste, iluminação e também sem ruídos. Com isso, fica fácil anular seu fundo, já que a imagem pré-processada é totalmente uniforme (com o mesmo valor). Existem dois tipos de segmentação: baseados em pixel, ou baseados em formatos.

- **Baseados em Pixel**
 - Segmentação de Intensidade;
 - Segmentação de Cores.
- **Baseados em Formatos**
 - Detecção de bordas;
 - Detecção de descontinuidades;
 - Detecção de pontos;
 - Detecção de linhas.

A etapa da segmentação é a etapa do PDI que deve ser mais eficiente, pois a partir dela que é feita a extração de atributos da (FILHO; NETO, 1999). A figura 9 mostra a etapa de segmentação.

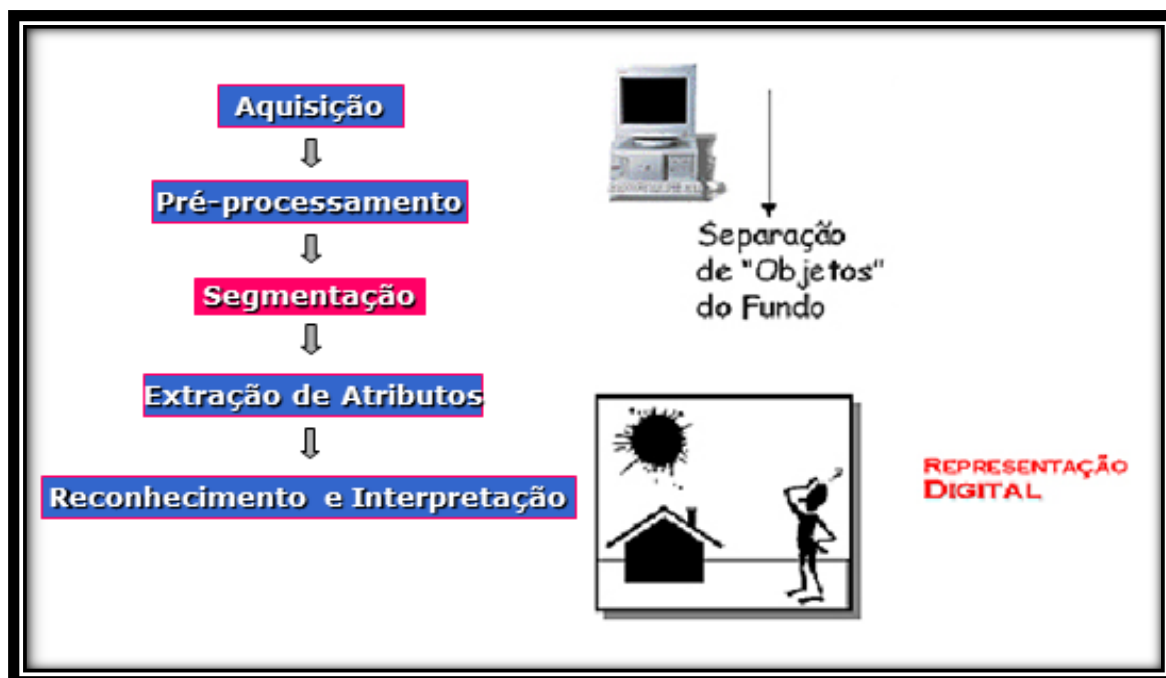


Figura 9 – Segmentação da Imagem (VASCONCELOS, 2001)

2.2.1.4 - Extração de atributos

A etapa da extração de atributos é a fase do PDI que consiste em retirar características (informações) da imagem. Esta etapa retira da imagem informações como: tamanho de uma região, distância entre um *pixel* a outro, altura, área, perímetro, entre outros. A figura 10 mostra a etapa de extração de atributos.

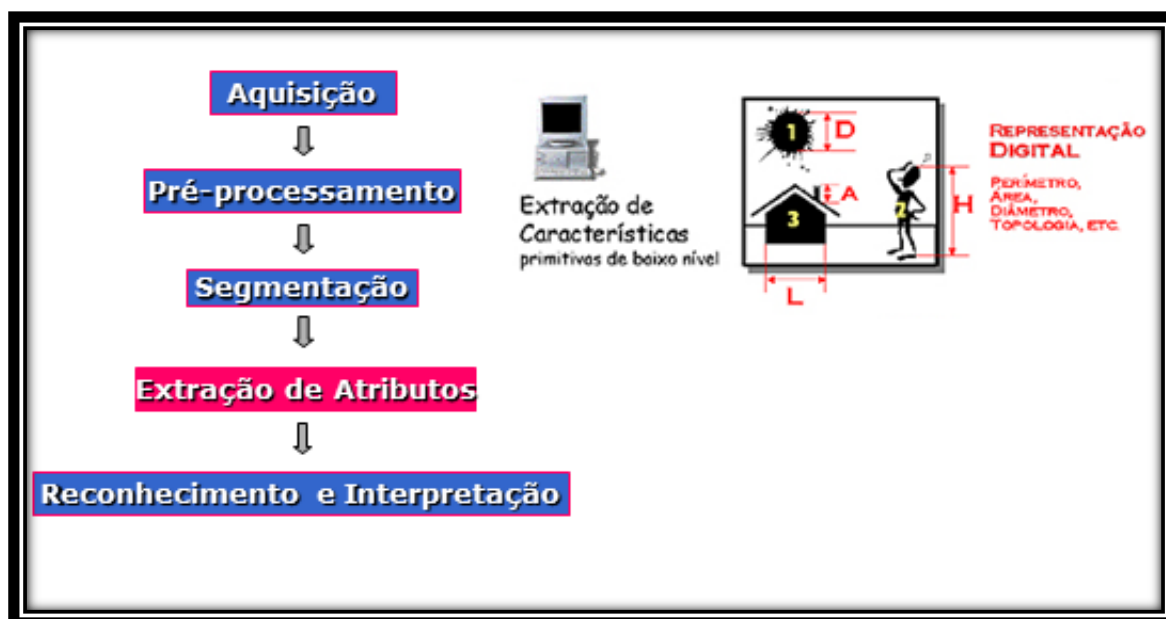


Figura 10 – Extração de Atributos (VASCONCELOS, 2001)

2.2.1.5 - Reconhecimento e Interpretação

A etapa de reconhecimento e interpretação é a fase que consiste em comparar de maneira “automática” todos os atributos retirados na fase de extração de atributos, onde são armazenados em um banco de dados. Nesta

fase, a imagem já passou por todo processamento. A partir da comparação, é feito o reconhecimento, resultando numa resposta satisfatória se for encontrado características similares existentes na imagem processada com alguma armazenada em banco, ou insatisfatória se não encontrar nenhum resultado. Existem dois tipos de reconhecimento: autenticação (um para um) e a busca exhaustiva (um para vários).

A partir do reconhecimento pode ser feita uma interpretação, dependendo do objetivo do projeto, e da maneira que ele foi implementado. Existem aplicativos que não só reconhece o usuário, mais também verifica o estado que ele se encontra, feliz, triste, emotivo, doente, dependendo de qual padrão biométrico é utilizado, e aplicativos que reconhecem objetos, ambientes ou cenas. A figura 11 mostra a etapa de interpretação e reconhecimento.



Figura 11 – Reconhecimento e Interpretação (VASCONCELOS, 2001)

2.3 - OPERAÇÕES COM IMAGENS

A habilidade para executar operações é uma das principais vantagens do processamento digital de imagens sobre a fotografia convencional (MÜLLER; DARONCO, 2000).

A partir do conceito dos *pixels* serem pontos pequenos de uma imagem, localizados em posições $f(x,y)$, e guardarem informações numéricas referentes as cores e brilho, é possível realizar operações matemáticas ou lógicas em uma imagem. Existem também as operações chamadas de “operações *pixel a pixel*”, ou seja, operações locais que envolvem os *pixels* das imagens que tem correspondência espacial na cena, também chamadas de “operações orientadas a vizinhança”.

O resultado dessas operações é sempre uma nova imagem digital. A Figura 12 ilustra a operação entre um *pixel* de uma imagem x com o *pixel* localizado da imagem y gerando o *pixel* correspondente na imagem z .

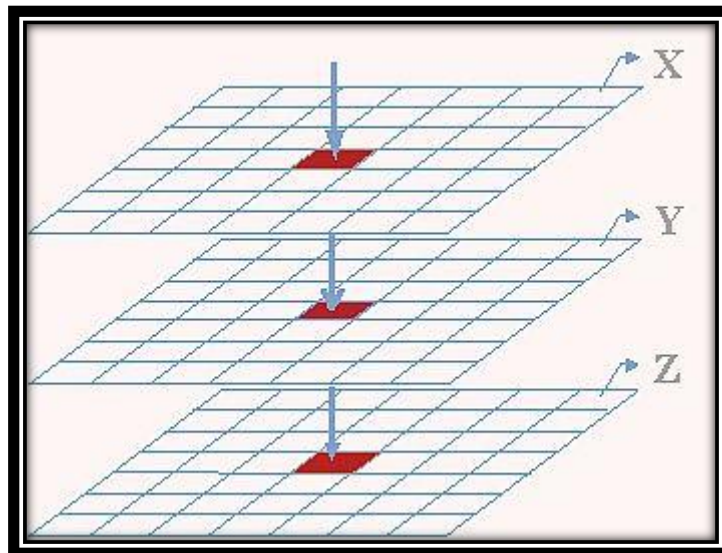


Figura 12 – Ilustração de Operação de Imagens(BASTOS, 1999).

O objetivo de realizar operação em imagens é para melhorar a imagem visual em geral e realces em objetos contidos na cena da imagem para êxito no aproveitamento da extração de atributos.

As operações aritméticas (ou matemáticas) em imagem são as operações básicas da matemática realizadas nos *pixels* de uma imagem para realçar, retirar ruídos, dar contraste, isto é, melhorar a imagem. A figura 13 mostra uma operação matemática.

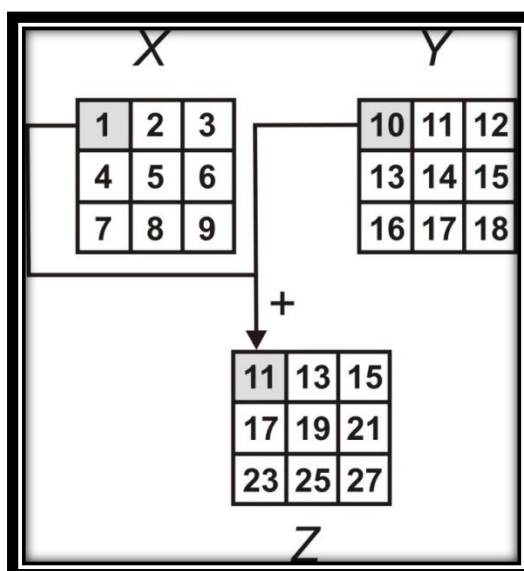


Figura 13 – Exemplo de Operação Matemática de Soma com Imagem

As operações lógicas seguem o mesmo conceito de realizar a operação com duas imagens, resultando em uma terceira *imagemR* (Resultante), com a diferença de que neste caso são utilizados os operadores lógicos. A Figura 14 mostra uma operação lógica com imagem.

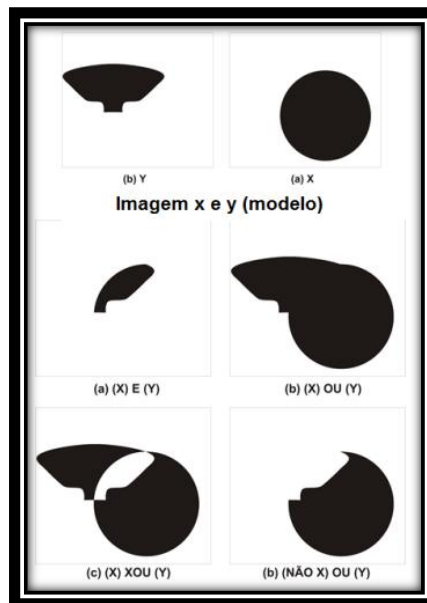


Figura 14 – Exemplos de Operações Lógicas com Imagens (FILHO, NETO, 1999).

Nas operações *pixel a pixel* ou orientadas a vizinhança são utilizados os *pixels* vizinhos para definir um resultado, ou valor para o *pixel* central. Neste método são utilizados os conceitos padrões de sistemas cartesianos, que é o posicionamento do *pixel*, e o uso de um conjunto de *pixels* (*vizinhos*) para realizar a operação. Para facilitar a manipulação dos *pixels* da imagem, os mesmos são armazenados em uma matriz (FILHO, NETO, 1999). A figura 15, mostra uma matriz 3 x 3 com o uso de uma operação lógica de imagem.

$(x-1, y-1)$	$(x-1, y)$	$(x-1, y+1)$
$(x, y-1)$	$P(x, y)$	$(x, y+1)$
$(x+1, y-1)$	$(x+1, y)$	$(x+1, y+1)$

Figura 15 – Representação da Vizinhança do pixel P

2.4 – BIOMETRIA

A Biometria é um estudo que está dentro do Reconhecimento de Padrões, é o termo utilizado para designar a ciência que estuda as características físicas ou comportamentais dos seres vivos, a fim de que estes possam ser manuseados (SERRANO, 2010).

Na área de segurança da informação, é o estudo para a utilização de métodos automatizados para identificação de pessoas com base em suas características biométricas (físicas ou aspectos comportamentais) a fim de identificá-las e abolir o uso de senhas ou cartões magnéticos (MAGALHÃES, SANTOS, 2003).

A Biometria tem a característica de dispensar o uso de qualquer objeto, ou que memorize algo para identificar-se. Partindo do princípio de que cada indivíduo tem sua característica biométrica única, a identificação do indivíduo é feita através dessas características em questão.

2.4.1 – Tipos de Reconhecimento

Os sistemas biométricos realizam o reconhecimento de forma automática e pessoal de duas maneiras: a Autenticação e a Identificação (conhecida como Busca Exaustiva).

2.4.1.1 - Autenticação (um para um)

É um tipo de comparação que é feito a partir da imagem processada com somente uma imagem de dentro do banco. Este processo é muito utilizado para pontos eletrônicos, pelo qual o usuário antes de realizar a comparação digita seu código. Ao digitar seu código, se previamente cadastrado no sistema, já retornará todos seus dados, inclusive a imagem a ser comparada. Em seguida, o usuário fornece seu padrão biométrico (digital, face, íris, entre

outros) capturado por algum dispositivo, esse padrão que o usuário forneceu, passa por todo processamento e é comparado somente com o padrão biométrico do código que ele forneceu (somente com o seu próprio padrão).

2.4.1.2 -Identificação ou Busca Exaustiva (um para vários)

É o tipo de comparação em que o usuário não fornece nenhum código antes da comparação, fornecendo somente o padrão biométrico. A partir daí, realiza-se uma busca entre o padrão biométrico fornecido, com todos os existentes e armazenados dentro do banco. A busca é feita de duas formas: insatisfatório (se chegar ao fim e não encontrar nenhuma característica do padrão fornecido, com os salvos em banco) ou satisfatório (se encontrar alguma característica semelhante). A figura 16 mostra os dois tipos de reconhecimento.

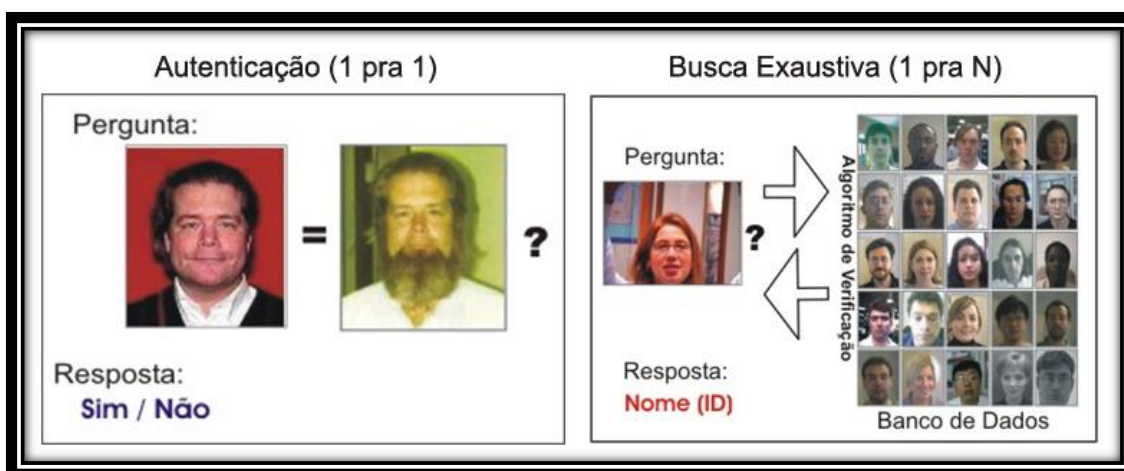


Figura 16 – Tipos de Reconhecimento (Valois e Nunes, 2007)

O processo de um sistema biométrico consiste em duas fases principais: a Coleta de Dados (ou registro) e o Reconhecimento. A coleta de dados é um processo minucioso que não pode haver erros, pois será com os dados coletados e armazenados no banco que serão feitas as comparações. A coleta é feita com o preenchimento dos dados do usuário (nome, idade, sexo,

telefone), juntamente com a captura do padrão biométrico feita por algum sensor. A fase do Reconhecimento é feita, quando o usuário passar outra vez pelo sistema e se identificar com seu padrão biométrico, fazendo a comparação com o padrão armazenado em banco. A figura 17 ilustra a arquitetura de um sistema biométrico.

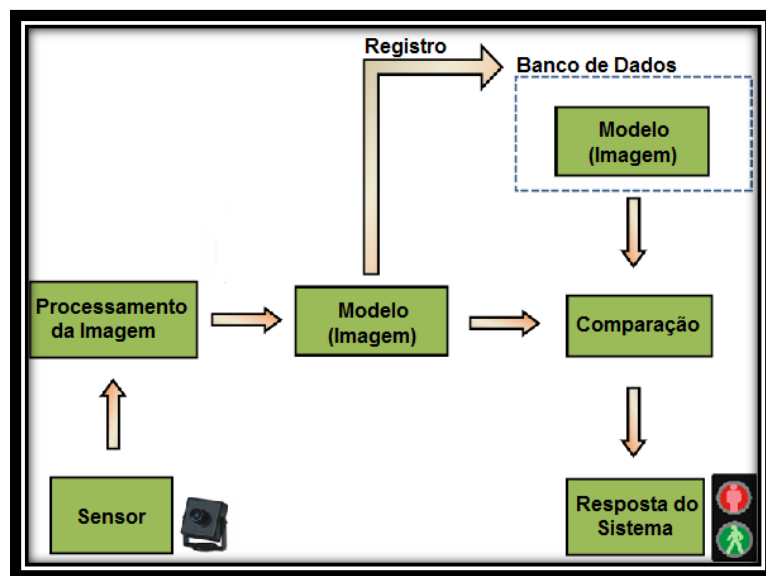


Figura 17 – Arquitetura de um sistema Biométrico

Teoricamente, quaisquer características humanas, comportamentais ou físicas, podem ser utilizadas para a identificação de pessoas, desde que satisfaçam os cinco principais requisitos:

- **Universalidade:** significa que todas as pessoas devem possuir a característica;
- **Unicidade:** indica a característica não pode ser igual em pessoas diferentes;
- **Permanência:** significa que a característica não deve variar com o tempo;
- **Coleta:** indica que a característica pode ser medida quantitativamente;
- **Aceitação:** significa que o padrão biométrico a ser usado pelo sistema, deve ser de fácil captura e aceitação pelos usuários.

Existe também outra característica, que devido à evolução tecnológica, ela vem sendo vista como mais um requisito: a *Proteção*, referindo-se que o padrão biométrico e o sistema a serem utilizados, dificultem a forma de fraudar. Na prática nenhum padrão, atende com perfeição todos os requisitos, mas consegue se resultados positivos e vem sendo muito utilizado para dar mais segurança, em todos os setores que o utilizam.

Dentre as características biométricas existentes algumas são mais utilizadas devido ao melhor custo/benefício e também pela facilidade de utilização devido a vários aplicativos no mercado. A figura 18 mostra um gráfico dos tipos de padrões biométricos mais utilizados.

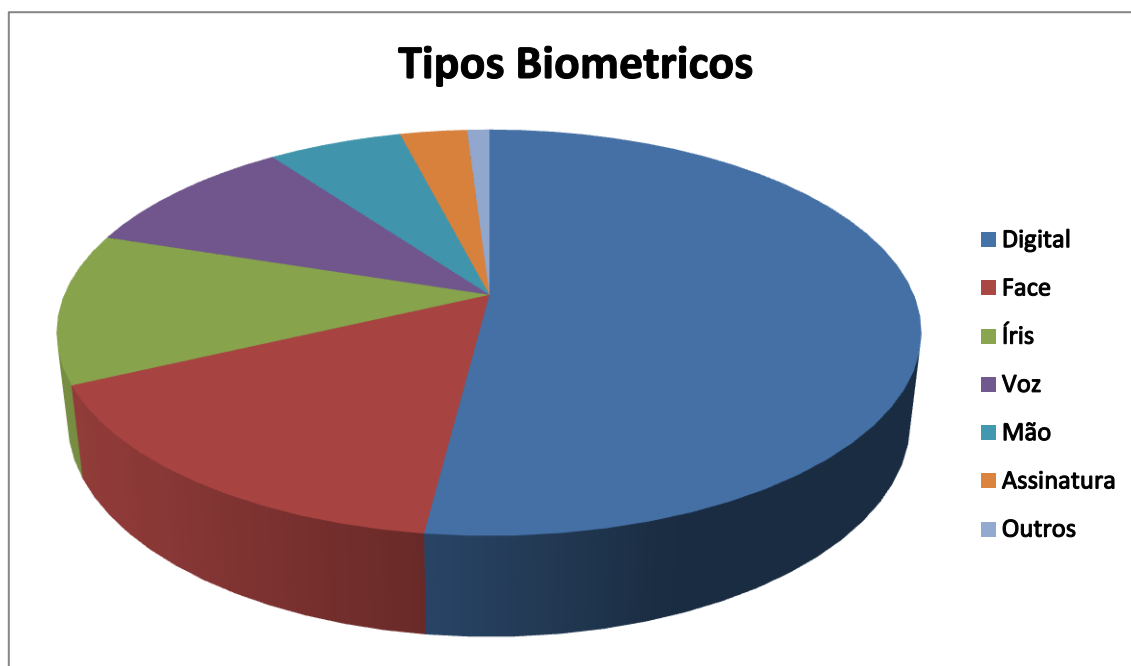


Figura 18 – Tipos de Padrões Biométricos (SERRANO, 2010).

2.5 - LINGUAGEM JAVA

Desenvolvida por uma equipe de programadores na década de 90 e chefiada por James Gosling, da empresa Sun Microsystems, Java é uma linguagem orientada a objeto, tendo uma sintaxe similar a linguagem C/C++, e diferente de outras linguagens convencionais, que são compiladas para código nativo “.exe”. A linguagem Java é compilada para um bytecodes “.class” que é totalmente interpretado e em seguida executado pela máquina virtual, chamada de *Java Virtual Machine* (JVM). A linguagem é executada em mais de 850 milhões de computadores pessoais e em bilhões de dispositivos por todo mundo, bem como, *smartphones*, telefones celulares e dispositivos embarcados. A figura 19 mostra a arquitetura da linguagem Java.

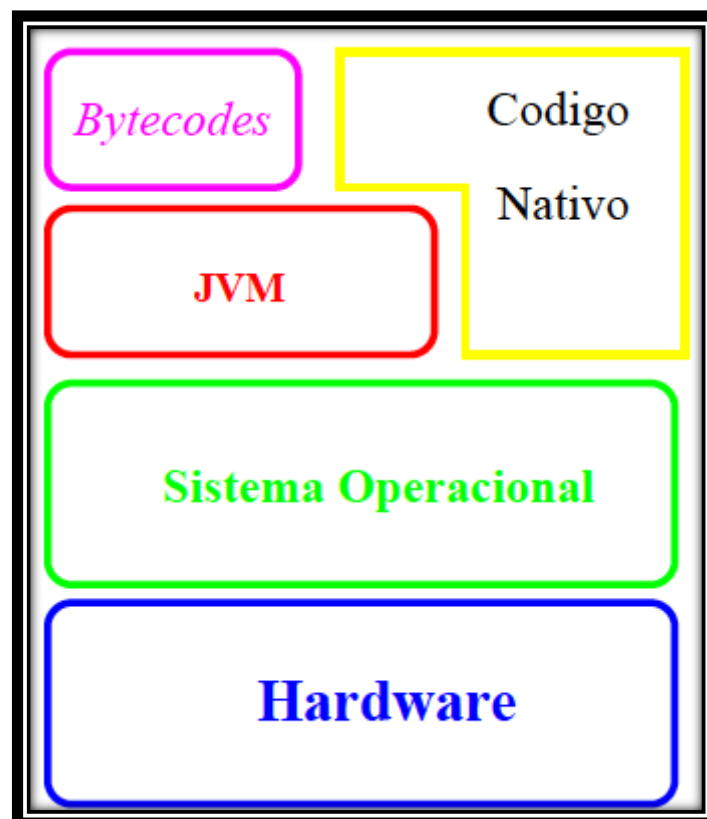


Figura 19 – Arquitetura Java

A arquitetura ou plataforma Java tem basicamente dois componentes: a JVM e a interface de programação de aplicações (*API – Application Programming Interface*). A JVM emula o ambiente computacional e é a responsável pela portabilidade da linguagem, pois, uma vez instalado na máquina, pode-se executar qualquer sistema em Java, independente de sistema operacional. Os “*bytecodes*” são uma espécie de código *assembler* para a JVM. Este código é otimizado pela JVM, que o interpreta, gerando e passando ao *hardware* em que esta instalada, os comandos necessários. Por isso que se diz que os sistemas Java são compilados e interpretados (GRADVOHL, 2008).

Existe ainda a possibilidade de executar junto ao código Java códigos nativos, como mostra a figura 19, mais esse tipo de programação não é muito recomendado, pois tiraria a principal característica Java que é a *portabilidade*.

2.5.1 - Características da Linguagem

Segundo (H.M, 2003), a linguagem Java foi arquitetada tendo em vista as seguintes características e vantagens:

- **Orientação a objeto:** baseado no modelo de Simula67;
- **Portabilidade:** independência de plataforma, *writeonce, run anywhere*, ou seja, independe de sistema operacional, implementou-se uma vez, roda em qualquer lugar;
- **Recursos de Rede:** possui inúmeras bibliotecas que interagem por cooperação com protocolos TCP/IP, como HTTP e FTP;
- **Segurança:** pode executar programas via rede com restrições de execução.

Além dessas quatro principais características da linguagem, existem outras que não deixam de ser menos importantes:

- **Sintaxe:** similar a Linguagem C/C++.
- **Facilidades de Internacionalização:** suporta nativamente caracteres Unicode;
- **Simplicidade na especificação:** tanto da linguagem como do "ambiente" de execução (JVM);
- **Distribuição:** é distribuída com um vasto conjunto de bibliotecas (ou APIs);
- **Multitarefa:** possui facilidades para criação de programas distribuídos e multitarefa (múltiplas linhas de execução num mesmo programa);
- **Desalocação:** possui um sistema de desalocação automática de memória por processo de coletor de lixo (*garbage collector*);
- **Carga Dinâmica de Código:** programas em Java são formados por uma coleção de classes armazenadas independentemente e que podem ser carregadas no momento de utilização.

2.6 - BANCO DE DADOS HSQLDB

Criado em 1998, o *Hypersonic SQL Database* (HSQLDB), é um projeto de banco de dados livre, escrito totalmente em Java, que permite a manipulação de banco de dados em uma arquitetura cliente-servidor ou *standalone*. Uma das vantagens de utilizar o HSQLDB é a possibilidade de agregar o banco de dados ao pacote das aplicações.

É uma tecnologia muito flexível, que manipula muito bem os dados, e ainda tem a possibilidade de manipulação em disco, em memória ou em formato texto, além de ocupar um pequeno espaço em disco.

2.6.1 - Características do Banco

Segundo (SEVERO, 2008), as principais características do banco de dados são:

- Suporte à linguagem SQL básica, incluindo junções, *triggers* e visões;
- Portabilidade em virtude de sua implementação ser feita em Java;
- Repositórios acessíveis através de tecnologia JDBC;
- Criação de bancos de dados em arquivo texto, banco de dados e em memória;
- Recurso de *dump* para *backups* facilitados;
- Ocupa pouco espaço em disco;
- Praticamente dispensa configurações para operar.

3 - DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

Neste capítulo serão apresentados à definição e modelagem do problema, bem como a sua implementação. A implementação foi feita utilizando as tecnologias Java e os conceitos básicos de processamento digital de imagens.

3.1 – DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

Neste projeto será desenvolvido um aplicativo de armazenamento e tratamento de imagens faciais capturadas por um *webcam*. Este aplicativo será desenvolvido em Java, utilizando o banco de dados HSQLDB. O tratamento das imagens será feita de acordo com as etapas de processamento e análise de imagens. As imagens capturadas serão armazenadas em um banco de dados criado especificamente para esta finalidade e será integrado ao aplicativo de tratamento dessas imagens.

3.2 – MODELAGEM DO PROBLEMA

A figura 20 mostra a modelagem do problema que será desenvolvido no projeto.

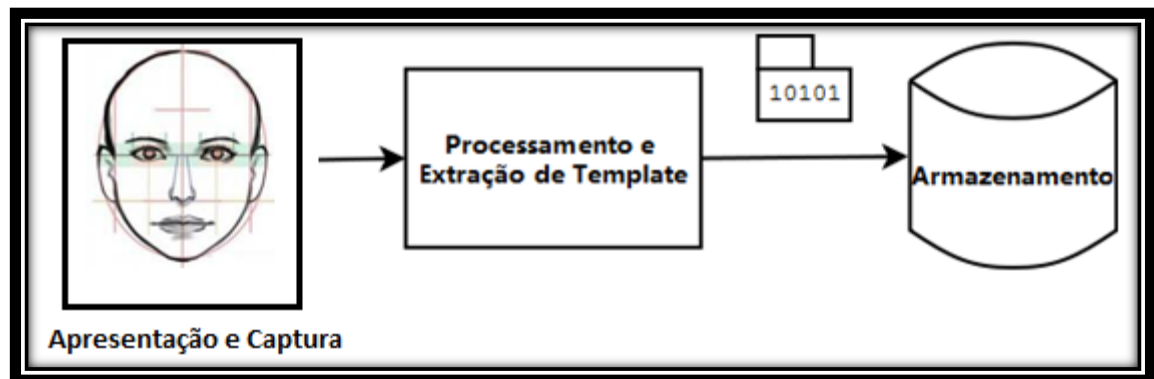


Figura 20 – Modelagem do problema.

O desenvolvimento do projeto foi dividido em dois módulos:

- Módulo 1: Criação do banco de Dados;
- Módulo 2: Desenvolvimento do Aplicativo de Tratamento das Imagens.

3.3 – IMPLEMENTAÇÃO

Nesta seção será feita a descrição da implementação do projeto. Foi escolhida a linguagem Java por ter muitos recursos e ser totalmente livre (open source), ou seja, sem nenhum custo. O protótipo foi criado no ambiente integrado de desenvolvimento (IDE – Integrated Development Environment) NetBeans 7.0.1. O banco HSQLDB foi escolhido por ser um banco de dados open source,

totalmente feito em Java e atrativo para armazenamento e manipulação de imagens. A figura 21 mostra a interface principal do aplicativo, e que será denominado de Find Faces.



Figura 21 – Interface principal do aplicativo

O dispositivo utilizado para a captura biométrica foi uma web cam. A inscrição é feita pelo sistema, o usuário cadastra todos seus dados, informa o padrão biométrico e ao salvar é feito todo o processamento de imagens, armazenando os dados e as imagens processadas no banco de dados.

Na interface inicial (MENU), o usuário terá opções de realizar um cadastro, fazer uma busca dos usuários previamente cadastrados, e visualizar o resultado das fases do processamento de Imagens. As opções oferecidas pelo

usuário são: Cadastrar, Buscar, Processamento das Imagens, Autenticar e Sair.

A figura 22 mostra a interface de cadastro ao selecionar a opção Cadastrar na interface principal.




Figura 22 – Interface de Cadastro

Na interface de cadastro o usuário tem uma opção de Busca Simples, no qual ao optar por ela, informará um código que deseja buscar, existindo o código digitado o sistema retorna o usuário com aquele código, não existindo o sistema retorna uma mensagem informando que não existe usuário com o código digitado. A busca sendo satisfatória, o usuário poderá fazer alteração de dados na opção Alterar, ou a exclusão do usuário da opção Deletar.

Ainda na interface de cadastro, ao optar em Inserir, o usuário automaticamente ativará todos os campos para serem preenchidos com seus dados. O próprio sistema informa o código do usuário, para não haver erro de duplicação de

chaves. Logo após fornecer todos os dados o usuário tem a opção de Abrir Face, no qual deverá previamente já ter em disco uma foto de sua face (somente da face), para armazená-la em banco. Essa opção de Abrir Face, o usuário terá que informar o caminho por onde está armazenada sua face, para processá-la e salvar em banco.

Após todos os dados e faces informados, o usuário deverá clicar no botão Salvar. Essa opção realizará todo processamento da imagem e armazenará em banco, o processamento e a imagem que o usuário forneceu. A opção de Busca Avançada, no qual o usuário optando por este tipo de busca abrirá outra interface, como mostra a figura 23.

The screenshot shows a software window titled "Find Faces - Busca Avançada". The window is divided into two main panels. The upper panel is a form for user management, containing fields for "Código:", "Nome:", "Nas.:", "Tel.:", "Cidade:", "UF", "Sexo:" (with radio buttons for "Masculino" and "Feminino"), and "Obs.". Below these fields are buttons for "Alterar", "Deletar", "Cancelar", and "Sair". To the right of the form is a large image placeholder showing a white silhouette of a person's head and shoulders against a black background, with a large question mark in the center. Below the image are buttons for "Abrir Face" and "Salvar". The lower panel is titled "Busca Avançada" and contains search fields for "Código:" and "Nome:", a "Buscar" button with a magnifying glass icon, and a table with columns for "Código", "Nome", "Cidade", and "UF".

Figura 23 – Interface de Busca Avançada

A interface de Busca Avançada retorna todos os usuários, podendo ser feita uma filtragem, por código ou nome, para melhorar a busca. Essa opção foi

criada a fim de manutenção, isto é, caso o usuário queira realizar alguma alteração de dados e não sabe o código de alguém armazenado, esta opção retornara a ele todos os usuários, sendo assim é possível logo após a busca, é possível a alteração dos dados da face, ou a exclusão do usuário. Lembrando também que esta opção de Busca Avançada, em um software comercial, somente o administrador do sistema terá acesso a essa opção.

A figura 24 mostra a interface do processamento de imagens.

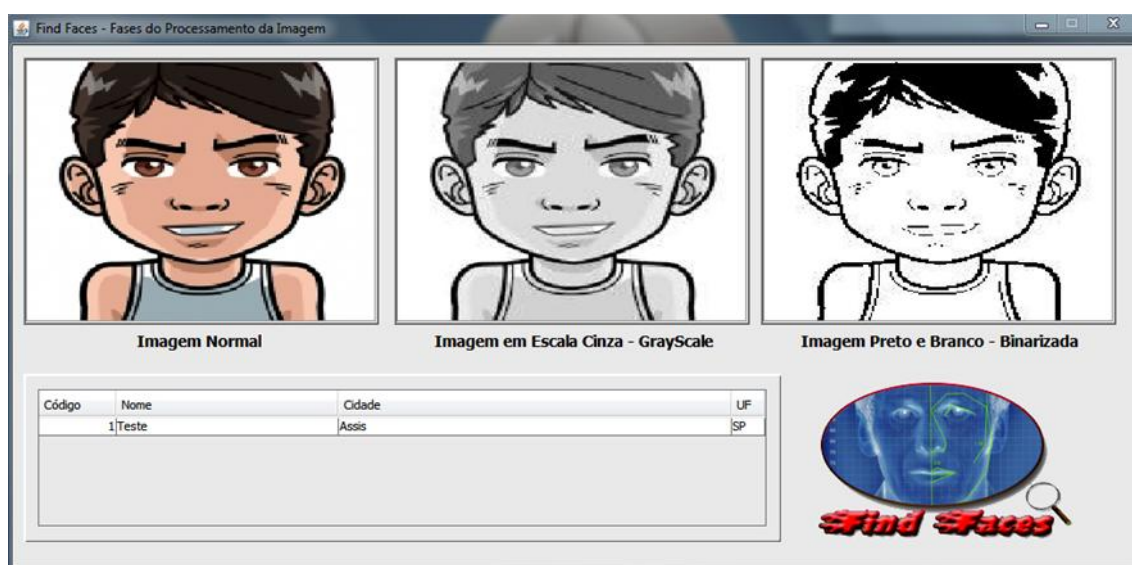


Figura 24 – Interface de Processamento de Imagens

Os métodos utilizados para realização do Processamento Digital das Imagens foram: Conversão em tons de Cinza, e a Binarização (Imagem em Preto e Branco). Foi implementado uma interface para ilustrar o resultado das imagens após cada processo. Lembrando que essa interface não realiza o processamento digital da imagem, somente demonstra o resultado de cada filtro logo após o seu processo. Um sistema comercial, não existe essas opção, a mesma foi implementada somente a fins acadêmicos. Lembrando também, que para a continuação deste projeto, deverá ser feito mais filtros, como detecção de bordas, extração de ruídos, entre outros.

4 – CONCLUSÃO

No início do desenvolvimento do projeto, devido ao pouco conhecimento na área de processamento de imagens e linguagem Java, as dificuldades foram muitas e com o decorrer do tempo foi possível solucioná-las.

O desenvolvimento deste projeto trouxe uma experiência muito grande na formação acadêmica e uma visão de multidisciplinaridade, já que envolveram muitos conceitos vistos no primeiro e segundo ano do curso.

Este projeto servirá de base para desenvolver a segunda parte de um sistema biométrico, que é a parte do reconhecimento de faces.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, Márcio Portes de; ALBUQUERQUE, Marcelo Portes de. **Processamento de Imagens: Métodos e Análises**, Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas CBPF, 2004.

BARBALHO, José ValneyMelo. **NetBeans: Java, Swing**

BASTOS, Vanessa Padores. **Técnicas de Segmentação de Imagens para Recuperação de Informações Visuais**. Disponível em: <<http://paginas.ucpel.tche.br/~vbastos/index.htm>> Acesso em Julho de 2011.

CAELLUUM, Ensino e Inovação. **Algoritmos e Estruturas de Dados Java** Disponível em: <www.caelum.com.br/apostilas> Acesso em Maio de 2011.

CANEDO, J. A. Visão Geral de Um Sistema Biométrico. Disponível em <http://www.forumbiometria.com/fundamentos-de-biometria/129-visao-geral-de-um-sistema-biometrico.html>. Acesso em julho de 2011.

FILHO, Ogê Marques; NETO, Hugo Vieira. **Processamento Digital de Imagens**, Brasport, 1999.

GONZALES, R. e WINITZ, P., **Digital Image Processing**. Addison- Wesley Publishing Company, 1992.

GRADVOHL, André Leon S. **Introdução a Linguagem de Programação JAVA**, Universidade Estadual de Campinas UNICAMP, 2008.

H.M, Deitel. **Java como Programar**, Bookman, 2003.

JUNIOR, Ademar de Souza Reis; FILHO, Milton Soares. **Aplicações de Processamento de Imagens a Sistemas de Segurança**, Universidade Federal do Paraná, 2002.

MAGALHÃES, Paulo; SANTOS, Henrique. **Biometria e Autenticação**, Universidade do Minho, Portugal, 2003.

MARIN, Luciene de Oliveira; BARRETO, Jorge Muniz. **Reconhecimento de Faces**, Universidade Federal de Santa Catarina, 2003.

MÜLLER, Daniel Nehme; DARONCO, Everaldo Luis. **Operações Aritméticas em Imagens**, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2000.

SERRANO, Tiago Barquilha. **Padrões Biométricos Para Identificação**, Fundação Educacional do Município de Assis FEMA Assis, 2010.

SEVERO, Carlos Emilio Padilla. **HSQLDB: um banco de dados livre escrito em Java**, Grupo de Usuários Java GUJ, 2008.

VASCONCELOS, C. M. **Introdução ao Processamento Digital de Imagens**, Centro Brasileiro de pesquisas Físicas, 2001