

# EXPLORANDO AS TÉCNICAS DE RECONHECIMENTO DE IMPRESSÕES DIGITAIS

Ana Gabriella Freitas Hoffmann, Bruna Michelly de Oliveira Silva, Sandrerley Ramos Pires  
Universidade Federal de Goiás, Escola de Engenharia Elétrica, Mecânica e de Computação, Goiânia - Goiás,  
hoffmann.agf@gmail.com , michelly16brunna@gmail.com, sandrerley@hotmail.com

**Resumo** – O estudo dos processos algorítmicos para o reconhecimento de impressão digitais envolve um significativo número de assuntos. Considerando que entre os processos ligados à biometria um dos mais utilizados atualmente é exatamente o reconhecimento de impressões digitais, este trabalho se propõe a apresentar uma sequência de tópicos que facilitam que o leitor possa se inteirar rapidamente do tema e prosseguir estudo sobre de forma mais ágil. Mesmo ciente de que existem inúmeras abordagens para tratar o tema, este artigo busca apresentar de forma genérica um conjunto de técnicas que são utilizadas em grande parte das abordagens de tratamento de reconhecimento de digitais utilizadas atualmente. Os temas abordados são ligados a uma visão introdutória, às técnicas de pré-processamento da imagem e, finalmente, as técnicas de reconhecimento.

**Palavras-Chave** – Reconhecimento de Impressão Digital, Processamento de Imagens, Minúcia.

## EXPLORING THE TECHNICS TO FINGERPRINT RECOGNITION

**Abstract** – The study of algorithms process to recognize fingerprint involves many subjects. Considering that among the process related to biometry, the fingerprint recognition is the most common, this article proposes to present a sequence of topics who will help the reader understand quickly the context and go on with the study. We know that exist several approaches about this theme, so this paper aims to show a generic set of technics, which are used in much of texts about the theme nowadays. The reported themes are about the biometry introduction, image processing technics of image, and finally, technics to recognition of fingerprint.

**Keywords** – Fingerprint Recognition, Image Processing, Minutia.

### I. INTRODUÇÃO

Dentre os recursos oferecidos pela biometria o reconhecimento por impressões digitais [1] é um dos mais difundidos hoje em dia. Eles são utilizados em diversas

aplicações, sempre partindo do princípio que a impressão digital é única e que somente a pessoa dona da digital pode passar ao sistema a imagem dela, embora falsificações sejam possíveis de serem feitas. Essa característica permite que o reconhecimento da pessoa por sua impressão digital possa ser utilizado em portas de segurança, autoatendimento bancário, controle de acessos a empresas e residências etc.

Dada essa difusão do uso do reconhecimento de impressões digitais, surge o interesse em entender como que funciona o processo de reconhecimento a partir da captura da imagem da impressão digital de uma pessoa. Diversos são esses processos, mas usualmente eles partem da imagem de uma impressão digital, conforme mostrado na Figura 1.0 (a), e procuram determinar as minúcias que identificam unicamente a impressão digital, conforme mostrado na Figura 1.0 (b). Na figura estão ilustrados os diversos tipos de minúcias, letras “A” até “F” em azul, as quais serão melhor detalhadas adiante no corpo do artigo.

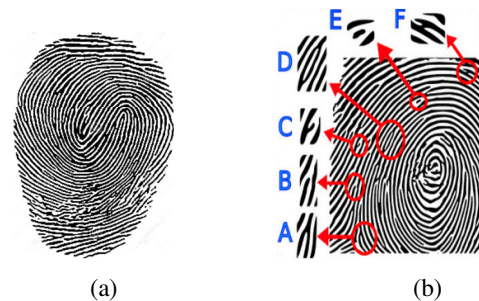


Fig. 1. Em (a) imagem de uma impressão digital. Em (b) a relação de minúcias utilizadas para reconhecimento da digital.

Os algoritmos de reconhecimento de impressões digitais são um dos mais utilizados na área de reconhecimento por imagem. Embora complexos e existentes em um grande número de diferentes abordagens, esses algoritmos utilizam-se de várias técnicas comuns do processamento de imagem (PDI) [2]. Desde a captura da imagem até a determinação das características da impressão que garantirá a sua unicidade existem diversos passos

Este artigo apresenta um estudo exploratório a respeito das técnicas de PDI utilizadas nas abordagens de reconhecimento de impressões digitais. Desde filtragens para realce, para remoção de ruídos até os processos de esqueletização dos



traçados das impressões serão tratados de forma exploratória neste trabalho [2]. O objetivo do artigo é prover um aparato de informações organizadas que permita uma rápida percepção dos procedimentos mais usuais para a realização de reconhecimento de impressões digitais.

Além desta introdução, este trabalho apresenta uma visão geral das técnicas de processamento de imagem utilizadas no reconhecimento de impressões digitais na seção II, após isso serão apresentados na seção III uma visão geral do Processamento Digital de Imagens, na seção IV alguns processos genéricos que se utilizam das técnicas mostradas na seção anterior para o reconhecimento. Na seção V estão as conclusões obtidas com este trabalho exploratório.

## II. REFERENCIAL TEÓRICO

Esta seção apresenta uma visão geral de diversos temas envolvidos nos processos de reconhecimento de impressões digitais.

### A. *Biometria*

Do grego Bios = vida, Metron = medida, podemos refinar a definição de biometria como uso das características fisiológicas como Impressões Digitais, Voz, Retina, Íris, Reconhecimento de Face, Imagem Térmica, Análise de Assinatura, Palma da Mão e outras técnicas, para atividades de autenticação, identificação de indivíduo, nas mais diversas áreas de atuação como Identificação Criminal e Civil, Controle de acesso e atendimento, Autenticação em pontos de vendas, Autenticação telefônica e comércio eletrônico, Vigilância [3].

A biometria como técnica de identificação já existe há séculos. O estudo da biometria data da Antiguidade da China. O uso da impressão digital para assinar documentos foi praticado entre os antigos Assírios, Babilônicos, Japoneses e Chineses. No Leste da Ásia artesões da cerâmica usavam a impressão digital como marca/assinatura de seus produtos, negociantes do vale do Nilo no Egito antigo eram identificados pela altura, cor dos olhos, cicatrizes. Esse conjunto de informações ajudavam a identificar negociantes e mercadores.

O cientista Francis Galton é considerado um dos fundadores do que conhecemos hoje como biometria, ou seja, a aplicação de métodos estatísticos para fenômenos biológicos [4]. Após a abertura de seu Laboratório de Antropométrica na Exibição Internacional de Saúde, coletou estatísticas de milhares de pessoas inventando assim o primeiro sistema de identificação biométrica por digital, com isso os departamentos de polícia em todo o mundo iniciaram o uso da impressão digital, que foi considerado a forma mais confiável de identificação, até a descobertas da tecnologia do DNA no século XX.

O avanço tecnológico permitiu que a comunicação e interação entre pessoas e tecnologia aumentasse, junto deste surgiu uma nova forma de interagir com os diversos tipos de serviços, em destaque os relacionados ao setor de finanças,

logo faz-se necessário uma busca pela segurança de informações.

Casando a definição de biometria com segurança e comodidade do usuário, acreditasse que a identificação biométrica não será substituída assim tão rápido, fazendo parte do dia a dia das pessoas cada vez mais.

### B. *Impressão Digital*

A pele é o maior órgão de nosso corpo. Sua espessura varia de 0,5 a 6 mm e funciona como um envoltório protegendo órgãos internos, composta pela epiderme, camada visível formada de células mortas, e derme, localizada abaixo da derme contendo raiz dos pelos, terminações nervosas e vasos sanguíneos, conforme apresentado na Figura 2.

O encontro entre derme e epiderme é irregular o que forma ondulações as papilas dérmicas, estas são formadas por cristas papilares e sulcos interpapilares, que se formam de seis a oito semanas antes do nascimento permanecendo imutáveis por toda a vida.

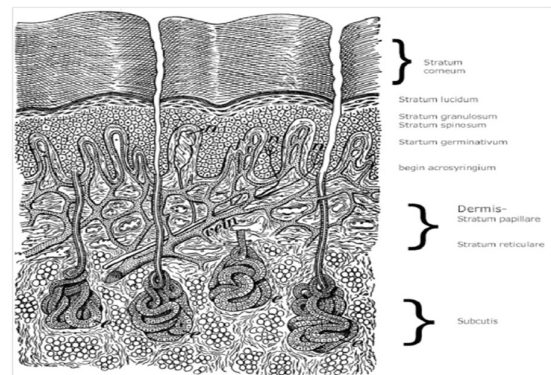


Fig. 2. A pele humana e suas divisões.

A identificação humana por meio da análise das impressões digitais é denominada de papiloscopia, que é original da mistura greco-latina, papilla = papila, bolha e skopêin = examinar. Abrangendo um área de estudo que inclui a datiloscopia (identificação da impressão digital), quiroscopia (identificação das impressões das palmas das mãos), podoscopia (identificação das impressões das plantas dos pés), a poroscopia (identificação dos poros da epiderme) e a critascopia (identificação das cristas papilares).

### C. *Minúcias*

As minúcias da impressão digital são características dadas como padrão de uma digital. Todavia isso não significa que uma digital terá todas as características.

Nos processos de identificação de digital as principais características observadas estão mostradas na Tabela I,

Tabela I – Tipos de Minúcias encontradas nas digitais.

Minúcia	Estrutura	Imagem
---------	-----------	--------

Ponto	Ponto de crista observado entre duas cristas paralelas.	
Ilha	Possui a mesma característica de localização que um ponto, porém chega a ser até 4 vezes maior.	
Cortada	Pequeno pedaço de linha, pode chegar a ser 4 vezes maior que uma ilha em comprimento.	
Extremidade	É todo final de linha.	
Bifurcação	Observando uma linha no sentido horário, esta é bifurcada se ela se abre em outras duas linhas.	
Haste ou Espora	Quando um seguimento de linha apresenta um pequeno seguimento de linha, um apêndice.	
Bolha	É quando uma linha abre e fecha logo em seguida, diferentemente de uma bifurcação.	
Delta	Figuras de forma triangular	

Os diferentes desenhos das papilas contribuem para a importância das características, que são:

- Unicidade: não existem dois indivíduos diferentes com impressões idênticas;
- Imutabilidade: a característica da impressão se mantém igual desde o nascimento até a decomposição após a morte;
- Praticabilidade: os desenhos papilares podem ser obtidos com grande facilidade e rapidez;
- Classificabilidade: os desenhos papilares, apesar de sua infinita variedade nas minúcias, atendem a um limitado número de tipos fundamentais, tornando possível classificá-los;

### III. Processamento Digital de Imagem

O crescimento da busca por informação e o desenvolvimento de tecnologias, enraizaram, respectivamente, a necessidade por melhoria da informação visual para a interpretação humana e processamento de dados a partir de imagens afim de realizar armazenamento, transmissão e representação de informação também para as máquinas, proporcionando assim o interesse e pelo Processamento Digital de Imagem (PDI).

Este processamento digital de imagem é referenciado pelo processo/manipulação de uma imagem realizada por

computador de forma que a informação de entrada e de saída desde processo sejam imagens digitais, o que permite ao PDI ter como base de origem de imagem todo o espectro eletromagnético, ou seja a variação de ondas permitem o processo de informação que até não estava visível ao olho humano, ampliando as áreas de abrangência que se pode utilizar o processamento digital de imagem, o que demonstra a natureza interdisciplinar do Processamento de Imagens.

#### A. Origem Da Imagem

O espectro eletromagnético é o intervalo de todas as possíveis frequências da radiação eletromagnética, a Figura 3 apresenta algumas das características do espectro como a variação de baixas até altas frequências, o que inclui a luz visível, provado em 1865 por Maxwell, que a luz é um componente do espectro eletromagnético.

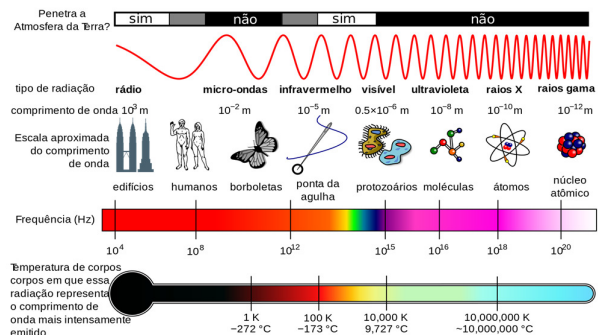


Fig. 3. Características de ondas eletromagnéticas.

#### B. Imagem Digital

Uma imagem pode ser tratada como uma função bidimensional  $f(x,y)$ , onde suas dimensões são as coordenadas no plano  $(x,y)$  e a função  $f$  é intensidade ou nivelamento de cinza da imagem no ponto. Quando  $x$ ,  $y$  e  $f(x,y)$  assumem quantidades finitas e discretas a imagem é definida como digital, onde os elementos de localização do ponto e seu valor são definidos comumente como pixel. A Figura 4 ilustra essas características citadas.



Fig. 4. Representação de pontos e eixos de uma imagem.

### C. Passos Fundamentais em PDI

O processamento digital de imagem é apresentado na forma de passos fundamentais, os quais estão ilustrados na Fig. 5 e detalhados a seguir:

- a) **Domínio e Resultado do problema:** Identificação do que se deseja solucionar e seu possível resultado, no aspecto da identificação biométrica o domínio do problema é a identificação do indivíduo e o resultado é uma informação se a identidade pertence ou não ao indivíduo avaliado.

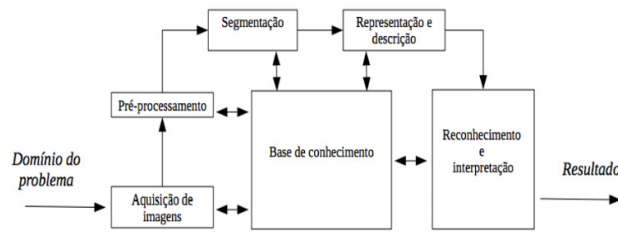


Fig. 5. Passos para o processamento digital de imagens.

- b) **Aquisição de imagem:** forma com que a imagem é obtida, natureza do sensor que capta a imagem e sua estrutura. O sensor óptico é amplamente utilizado para a captura da imagem da impressão digital. A Figura 6 apresenta dois modelos, de sensores biométricos.



Fig. 6. Dispositivos aquisitores de imagem de biometria digital - Leitor Biométrico Digital Persona Are U (à esquerda) Scanner biométrico GT-511C1R (à direita).

- c) **Pré-processamento:** melhorar a imagem de forma a aumentar as chances para o sucesso dos processos seguintes. Alguns métodos são realce de contraste, diminuição de ruído divisão regiões de interesse.
- d) **Segmentação:** Particiona a imagem em partes constituintes ou objetos. Fundo e borda por exemplo.
- e) **Representação e Descrição:** normalmente está associada ao resultado da segmentação, a representação é a forma como deseja representar os objetos que está analisando e descrição é a seleção de características ou atributos que irão resultar em alguma informação quantitativa de interesse, ou será base para diferenciar uma classe de outras classes de objetos.
- f) **Reconhecimento e interpretação:** Processo de rotulação do objeto identificado, com base em seus descritores.
- g) **Base de conhecimento:** Conhecimento e interação com o problema a ser resolvido. Proporciona um direcionamento para o funcionamento de cada etapa e permite a comunicação entre cada etapa do processamento.

## IV. TÉCNICAS PARA O RECONHECIMENTO DE DIGITAL

### A. Pré-processamento de Imagem

O pré-processamento da impressão digital segue um fluxo de processamentos de imagem afim de remover ruídos da imagem, informações que não auxiliem na identificação da digital, permanecendo apenas as minúcias de uma digital.

### B. Normalização

A finalidade de uma normalização é uniformizar a imagem que possui desequilíbrio nos índices de iluminação, na Figura 7 notasse as diferenças entre a digital original e aplicada a normalização.

A correção dos níveis de cinza de uma imagem, tem como base a normalização dos pixels. A Equação (1) a seguir substitui o pixel pelo seu valor corrigido, onde  $\underline{\mu}$  é o valor médio,  $v$  variância do pixel,  $v_o$  e  $\mu_o$  são valores desejados para média e variância.

$$I'[x, y] = \begin{cases} \mu_o + \sqrt{(I[x, y] - \underline{\mu})^2 \cdot v_o / v_o}, & \text{se } i[x, y] > \underline{\mu} \\ \mu_o - \sqrt{(I[x, y] - \underline{\mu})^2 \cdot v_o / v_o}, & \text{caso contrário.} \end{cases} \quad (1)$$



Fig. 7. (a) Imagem original e (b) imagem normalizada.

### C. Frequência de cristas

Se ampliarmos uma impressão digital e observássemos a forma das cristas tridimensionalmente, podemos abstrair um comportamento de variação senoidal, com vales e picos. No plano bidimensional essa abstração nos mostra linhas paralelas, qualquer ponto fora destas linhas nos informam locais de minúcias da digital.

Outro dado abstraído do bi dimensionamento das cristas e vales é a variação dentre as linhas, distância entre cristas, o que denominamos frequência de cristas. Observa-se na Figura 8 a abstração das cristas e vales em duas dimensões e a distância entre as cristas.

### D. Filtragem

As técnicas de filtragem são transformações da imagem pixel a pixel, considerando o nível dos pixels no entorno do pixel a ser filtrado[3]. Alguns dos filtros mais utilizados são:

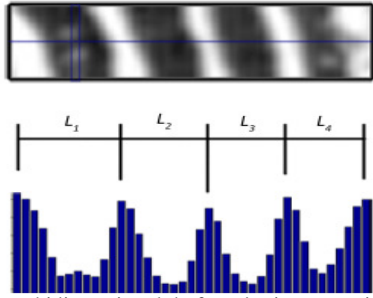


Fig. 8. Visão bidimensional da frequência entre cristas.

- a) **Filtro Gaussiano:** O filtro Gaussiano é do tipo passa-baixa, ou seja, proporciona a atenuação de diferenças da frequência na imagem são atenuadas, eliminando componentes irrelevantes no processamento da imagem.

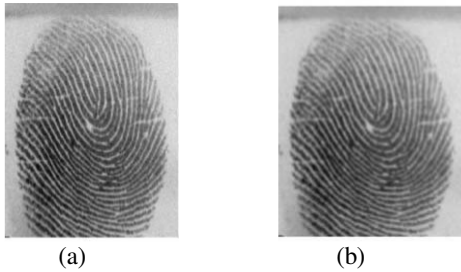


Fig. 9. Comparação entre imagem digital original (à esquerda) e digital aplicado o filtro Gaussiano (à direita).

- b) **Filtro de Gabor:** O filtro de Gabor é do tipo espacial linear, onde sua resposta ao impulso é definida por uma função harmônica, que pode ser seno ou cosseno ou a forma exponencial complexa, multiplicada por uma função Gaussiana.

Utilizando a função de Gabor em uma impressão digital irá gerar uma matriz binária da digital destacando apenas cristas e vales de forma monocromática, removendo as escalas de cinza. Como pode-se observar na Figura 10.

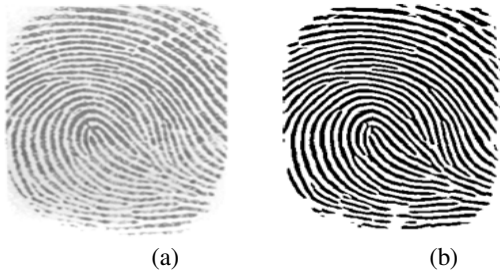


Fig. 10. Comparação entre digital original (à esquerda) e digital aplicado o filtro de Gabor (à direita).

### E. Mapa de Orientação

O Mapa de Orientação é definido por uma matriz de dados  $D(i, j)$ , onde cada elemento representa a orientação, ou seja o ângulo  $\theta_{i,j}$  entre o segmento de crista e o eixo horizontal, que corresponde ao valor do dado  $D(i, j)$ . A Figura 11 representa

em azul o segmento de crista que tem seu ângulo  $\theta_{i,j}$  entre 0 e 180 graus.

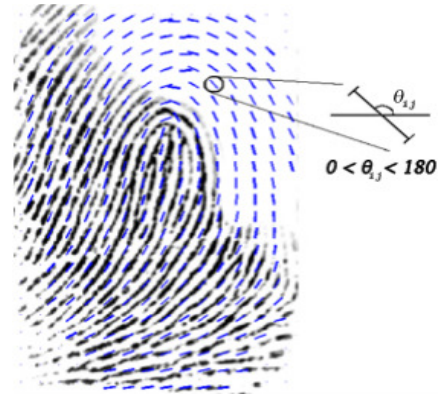


Fig. 11. Representação de um mapa de orientações.

### F. AFINAMENTO

O afinamento de imagens é o processo de remoção de pixels sem alteração da estrutura básica, produzindo um esqueleto da imagem com o mínimo de pixels possível.

No afinamento de uma digital, as cristas têm suas larguras aproximada para um pixel, todavia é preservado as linhas. Como apresentado na Figura 12.

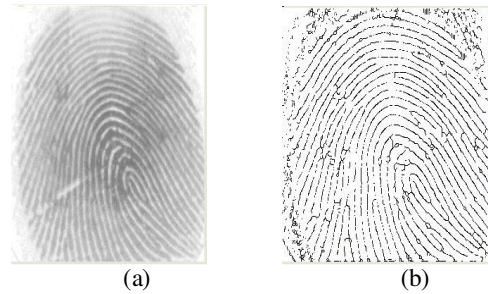


Fig. 12. Comparação de imagem de digital original (à esquerda) e esqueleto da digital (à direita).

### G. Identificação de Dados

Após passar pelos métodos de pré-processamento obtemos uma imagem afinada, que facilita a identificação de parâmetros de uma digital.

### H. Mapa de Minúcias

Mapa de Minúcias utiliza de algoritmos que possuem como princípio encontrar os pontos característicos de uma digital, (bifurcações, delta, terminações).

O algoritmo *Crossing Number* [5], por exemplo, utiliza técnica de análise dos pixels em sua vizinhança, a variação de pixel para branco ou preto do próximo pixel permite por exemplo identificar se o pixel possui três pixels vizinhos, logo este é uma bifurcação, se possui apenas um pixel é uma crista. Na Figura 13 o pixel central de (a) tem como pixel vizinhos à esquerda e acima e a direita abaixo o que identifica uma continuidade da linha, em (b) o pixel central só possui um

vizinho identificando assim uma terminação e em (c) o pixel central possui três vizinhos identificando uma bifurcação.

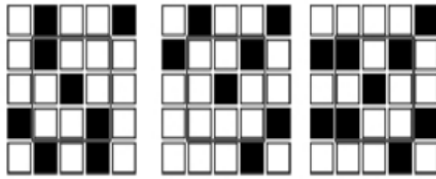


Fig. 13. Exemplos de identificação de minúcias pelos pixels no entorno. Crista simples (à esquerda), Terminação (centro), Bifurcação (à direita).

### I. Reconhecimento de padrões

A partir da obtenção dos dados da localização das minúcias, depende do desenvolvedor a escolha da técnica para a comparação de minúcias. Deixando a seu cargo quais parâmetros contaram como medida de desempenho do algoritmo, quase sempre se busca algoritmos que tenham velocidade e precisão nas suas análises.

### J. Comparação de Minúcias (Matching)

Uma impressão digital de referência é comparada com todas as impressões digitais de teste, quando os pontos são coincidentes, ou seja, estão localizados na mesma posição, pertencerem ao mesmo tipo e tem a mesma direção, a digital de teste é classificada de acordo com a quantidade de atributos próximos ao da digital de referência. Quanto maior essa classificação, mais provável a imagem de teste ser a digital procurada.

### K. Redes Neurais Artificiais

Um dos ramos da inteligência artificial, as redes neurais artificiais podem ser aplicadas para o reconhecimento de padrões [6], [7]. Logo em seu processo de aprendizagem reconhecerá os padrões das minúcias de uma digital, até o momento que terá a habilidade de realizar distinção entre um grupo de digitais.

## V. CONCLUSÕES

Este trabalho permitiu a compreensão dos aspectos que circundam o reconhecimento por impressão digital, como a estrutura biológica da digital e seu fator primordial que é a unicidade, os estudos sobre o processamento de imagens, desde o conceito de imagem para um sistema computacional, as etapas básicas para a obtenção de informações de uma imagem e de alguns métodos para análise e comparação de informações.

O conjunto de técnicas de Processamento de Imagem apresentados são suficientes para auxiliar o leitor em grande parte das abordagens de reconhecimento de impressões digitais existentes atualmente.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAPEG (Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado de Goiás) pelo patrocínio financeiro ao projeto que tornou possível a elaboração deste artigo.

## REFERÊNCIAS

- [1] Silva M. S da, Filho V. S., *Biometria Através de Impressão Digital. Cadernos UniFOA*. Volta Redonda, Ano VI, n. 15, abril 2011. Disponível em: <http://web.unifoa.edu.br/cadernos/edicao/15/19.pdf>.
- [2] Gonzales R. C., Woods R. E., *Processamento Digital de Imagens*. Ed. Pearson, 3ª Edição - 2011.
- [3] Castro T. da S., *Identificação de Impressões Digitais Baseada na Extração de Minúcias*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Juiz de Fora, 2008.
- [4] Silva C. H. M., *Segurança Através de Controles Biométricos*, Monografia para o Programa de pós-graduação Lato Sensu em Auditoria em Tecnologia da Informação, Universidade Estácio de Sá, Rio de Janeiro, 2008.
- [5] Carneiro R. F. L., *Processo de extração de minúcias, Trabalho de Conclusão de Curso 2007*. Disponível em <https://sites.google.com/site/romuloferrer/projects-1/digital-image-processing/algoritmo-de-minucias>.
- [6] Mazi R. C, Júnior A. dal P., *Identificação Biométrica Através da Impressão Digital Usando Redes Neurais Artificiais*. Anais do XIV ENCITA 2008, ITA, Outubro, 19-22, 2009. Disponível em: <http://www.bibl.ita.br/xvencita/FUND05.pdf>.
- [7] Silva, A. S. da, *Protótipo de Software para Classificação de Impressão Digital*. Trabalho de Conclusão de Curso de Ciências da Computação, Universidade Regional de Blumenau, 1999.