

DANIEL WEINGAERTNER

**AQUISIÇÃO DE IMPRESSÕES PALMARES EM FORMATO
DIGITAL PARA A IDENTIFICAÇÃO BIOMÉTRICA DE
RECÉM-NASCIDOS**

**CURITIBA
2007**

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

DANIEL WEINGAERTNER

**AQUISIÇÃO DE IMPRESSÕES PALMARES EM FORMATO
DIGITAL PARA A IDENTIFICAÇÃO BIOMÉTRICA DE
RECÉM-NASCIDOS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Saúde da Criança e do Adolescente, Setor de Ciências da Saúde, Universidade Federal do Paraná como requisito parcial à obtenção do grau de Doutor em Saúde da Criança e do Adolescente, área de concentração em Informática em Saúde – Processamento de Imagens.

Orientadora na área de Pediatria:
Professora Doutora Mônica Nunes Lima Cat

Orientadora na área de Informática:
Professora Doutora Olga Regina Pereira Bellon

**CURITIBA
2007**

DEDICATÓRIA

À Lísia, minha amada esposa,
e à Isabela, nossa linda filha.

AGRADECIMENTOS

Às minhas orientadoras, Professora Dra. Olga Regina Pereira Bellon, que me acompanha e orienta desde a graduação, e Professora Dra. Mônica Nunes Lima Cat, que tão bem me recebeu no Departamento de Pediatria, pelos desafios lançados, pelo direcionamento no trabalho e pela cumplicidade no projeto;

Ao Professor Dr. Luciano Silva, colega de longa data, pela ajuda e apoio, e aos Professores Dr. Marcos Sfair Sunye e Marcos Castilho por me incentivarem a iniciar o doutorado na UFPR;

Ao meu irmão, Marcos Weingaertner, pela ajuda e sugestões no projeto dos diversos protótipos construídos para esta pesquisa;

Aos meus pais, por tanta coisa... e por ajudarem a cuidar da Isabela nos finais de semana;

Às mães, anônimas, que gentilmente cederam seus bebês para a coleta dos dados deste trabalho;

À equipe de enfermagem do Alojamento Conjunto e da Unidade Neonatal do Hospital de Clínicas da Universidade Federal do Paraná, e da Maternidade Victor Ferreira do Amaral, pela disposição e auxílio;

Aos colegas do Grupo de Pesquisa Imago, pela ajuda na solução de problemas e pela descontração no ambiente de trabalho;

A todos que me incentivaram e acompanharam ao longo destes anos;

Muito Obrigado!

EPÍGRAFE

Sê bom, tolera o mal.
Tolera, pois para isto nasceste.
Tolera, pois tu mesmo estás sendo tolerado.
Se sempre foste bom,
tem misericórdia;
Se ocasionalmente foste mau,
não te falhe a memória.
E quem é sempre bom?
Assim, a erva daninha deve ser tolerada.
Agora não é tempo de separar,
e sim, de tolerar.

– Aurelius Augustinus
(354–430 d.C.)

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE TABELAS	xi
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	xii
LISTA DE SÍMBOLOS	xiii
RESUMO	xiv
ABSTRACT	xv
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 OBJETIVOS	2
1.1.1 Objetivos Secundários	2
2 REVISÃO DA LITERATURA	3
2.1 DERMATOGLIFOS	3
2.1.1 Histórico	4
2.1.2 Formação	5
2.1.3 Desenvolvimento	7
2.2 IMPRESSÕES PAPILOSCÓPICAS	8
2.2.1 Impressões Digitais	9
2.2.2 Impressões Palmares	10
2.2.3 Impressões Plantares	11
2.3 A IMPRESSÃO DIGITAL COMO MEIO DE IDENTIFICAÇÃO	11
2.3.1 Sensores de Impressão Digital	13
2.3.1.1 Sensores óticos	14
2.3.1.2 Sensores de estado sólido	16
2.3.1.3 Sensores de ultra-som	16
2.4 OUTROS SISTEMAS DE IDENTIFICAÇÃO BIOMÉTRICA	16
2.4.1 Reconhecimento Facial	16
2.4.2 Reconhecimento de Voz	17

2.4.3	Geometria da Mão	18
2.4.4	Íris	18
2.4.5	Assinatura	19
2.4.6	Veias das Mãos	19
2.4.7	Formato da Orelha	19
2.5	IDENTIFICAÇÃO DE RECÉM-NASCIDOS	21
2.5.1	Métodos de Identificação	21
2.5.2	Identificação por Impressões Digitais	22
2.5.3	Identificação por Impressões Palmares	22
2.5.4	Identificação por Impressões Plantares	23
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	28
3.1	LOCAL DO ESTUDO	28
3.2	POPULAÇÃO DE ESTUDO	28
3.3	CRITÉRIOS DE INCLUSÃO	28
3.4	CRITÉRIOS DE EXCLUSÃO.....	28
3.5	PROTOCOLO DE ESTUDO	28
3.6	AVALIAÇÃO DE MÉTODOS DE COLETA DE IMPRESSÕES DATILOSCÓPI- CAS EM RECÉM-NASCIDOS	29
3.6.1	Tinta e Papel	29
3.6.2	Sensores de Impressão Digital	30
3.6.3	Sensor Ótico FootScanAge	31
3.6.4	Escaneamento	32
3.6.5	Fotografia Digital.....	32
3.7	DESENVOLVIMENTO DO SENSOR ImagoRnId PARA RECÉM-NASCIDOS	33
3.8	COLETA DE IMPRESSÕES PALMARES E PLANTARES COM O SENSOR ImagoRnId	33
3.9	ANÁLISE DAS IMAGENS	34
3.9.1	Avaliação dos Papiloscopistas	34
3.9.2	Avaliação pelos Critérios de Legibilidade.....	35
3.10	TESTE DE EMPARELHAMENTO	35
3.11	ÉTICA EM PESQUISA	37
3.12	FOMENTOS, FINANCIAMENTOS E PARCERIAS	37
3.13	PEQUISA BIBLIOGRÁFICA	38
3.14	ANÁLISE ESTATÍSTICA	38

4	RESULTADOS.....	39
4.1	AVALIAÇÃO DE MÉTODOS DE COLETA DE IMPRESSÕES DATILOSCÓPICAS EM RECÉM-NASCIDOS	39
4.1.1	Tinta e Papel	39
4.1.2	Sensores de Impressão Digital	40
4.1.3	Sensor Ótico FootScanAge	41
4.1.4	Escaneamento	42
4.2	SENSOR ImagoRnId	43
4.2.1	Correção da Distorção Trapezoidal	43
4.2.2	Características das Imagens Adquiridas com o Sensor ImagoRnId	44
4.3	COLETA DE IMPRESSÕES PALMARES E PLANTARES COM O SENSOR ImagoRnId	44
4.3.1	Impressões Palmares	44
4.3.2	Impressões Plantares	46
4.3.3	Problemas na Coleta	47
4.4	ANÁLISE DAS IMPRESSÕES PALMARES E PLANTARES.....	48
4.4.1	Avaliação pelos Papiloscopistas	48
4.4.2	Avaliação pelos Critérios de Legibilidade.....	49
4.5	TESTE DE EMPARELHAMENTO	50
5	DISCUSSÃO.....	52
5.1	O PROBLEMA DA IDENTIFICAÇÃO NEONATAL	52
5.2	DESENVOLVIMENTO DO SENSOR ImagoRnId.....	53
5.2.1	Análise dos Requisitos	53
5.2.2	Avaliação do Sensor ImagoRnId	53
5.3	IMPRESSÕES PALMARES DE RECÉM-NASCIDOS	54
5.3.1	Problemas na Coleta	55
5.3.2	Análise dos Dermatoglifos	56
5.4	AVALIAÇÃO DAS IMPRESSÕES PALMARES	58
5.5	TESTE DE EMPARELHAMENTO	59
5.6	TRABALHOS FUTUROS	61
6	CONCLUSÃO	63
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	64
	APÊNDICE A – CORREÇÃO DA DISTORÇÃO TRAPEZOIDAL.....	69

APÊNDICE B – IMPRESSÕES PALMARES PARA O TESTE DE EMPARELHAMENTO P1	72
APÊNDICE C – ATIVIDADES NO DEPARTAMENTO DE PEDIATRIA.....	103
C.1 Participação em Projetos de Pesquisa	103
C.2 Implantação da Rede Acadêmica de Pediatria	103
APÊNDICE D – PRODUÇÃO BIBLIOGRÁFICA	104
Anexo A – APROVAÇÃO NO COMITÊ DE ÉTICA	120

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Estrutura dos dermatoglifos com cristas papilares e poros	4
Figura 2	Formação dos dermatoglifos na ponta dos dedos	7
Figura 3	Principais tipos de minúcias em impressões digitais	7
Figura 4	Impressão digital do indicador de um recém-nascido e de um adulto	8
Figura 5	Padrões de classificação de impressões digitais	9
Figura 6	Principais regiões da impressão palmar	10
Figura 7	Principais regiões da impressão plantar	12
Figura 8	Identificação automatizada de impressões digitais	13
Figura 9	Sensor de impressão digital baseado em FTIR	15
Figura 10	Identificação por reconhecimento facial	17
Figura 11	Comparação de características da voz para identificação	17
Figura 12	Identificação pela geometria da mão	18
Figura 13	Identificação por reconhecimento da íris	18
Figura 14	Identificação pela assinatura	19
Figura 15	Identificação pelo padrão das veias na mão	20

Figura 16	Identificação pelo formato da orelha	20
Figura 17	Tinta, papel e rolo para coleta de impressões plantares de recém-nascidos ..	30
Figura 18	Sensores de impressão digital testados em recém-nascidos	31
Figura 19	Sensor FootScanAge para impressões plantares de recém-nascidos	32
Figura 20	Sensor ótico ImagoRnId desenvolvido para captura impressões plantares e palmares de recém-nascidos	33
Figura 21	Exemplo das Classificações de Legibilidade da Impressão Palmar	36
Figura 22	Impressões plantares consecutivas do pé direito de um mesmo recém-nascido, obtidas com tinta e papel	39
Figura 23	Região halucal das impressões plantares da Figura 22	40
Figura 24	Região halucal e 1º artelho de um recém-nascido, obtidos com o sensor Biopod™	40
Figura 25	Palma da mão, região halucal e 1º artelho de um recém-nascido, obtidos com o sensor Hamster™	41
Figura 26	Impressão plantar de um recém-nascido obtida pelo sensor FootScanAge ...	42
Figura 27	Detalhe da região interdigital da palma da mão e da planta do pé de um recém-nascido, escaneada a 1200 <i>dpi</i>	42
Figura 28	Correção da distorção trapezoidal no sensor ImagoRnId	43
Figura 29	Impressões palmares de um recém-nascido coletadas em dias subsequentes .	45
Figura 30	Ampliação da região interdigital das impressões palmares na Figura 29	45

Figura 31	Cristas papilares e poros nítidos na impressão palmar	46
Figura 32	Impressões plantares de um recém-nascido coletadas em dias subsequentes	46
Figura 33	Ampliação da região interdigital das impressões plantares da Figura 29	47
Figura 34	Problemas mais comuns com impressões palmares	48
Figura 35	Dermatoglifos com excesso e falta de umidade	56
Figura 36	Problemas mais comuns com dermatoglifos nas impressões palmares	58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Desenvolvimento das cristas papilares nos dedos	8
Tabela 2	Avaliação A2 da melhor impressão plantar e palmar de cada recém-nascido .	49
Tabela 3	Avaliações da melhor impressão palmar e plantar coletada em P1	49
Tabela 4	Avaliação da legibilidade da melhor impressão palmar e plantar coletada em T24h	49
Tabela 5	Avaliação da legibilidade da melhor impressão palmar e plantar de cada recém-nascido	50
Tabela 6	Resolução necessária para captura de impressões datiloscópicas em recém-nascidos	53

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AFIS	Sistema Automatizado de Identificação de Impressões Digitais (<i>Automated Fingerprint Identification System</i>)
CCD	Dispositivo de Carga Acoplada (<i>Charge-Coupled Device</i>), utilizado em câmeras digitais
dpi	Pontos/ <i>pixels</i> por polegada (<i>dots per inch</i>)
EUA	Estados Unidos da América
FBI	<i>Federal Bureau of Investigation</i>
FTIR	Reflexão Interna Total Frustrada (<i>Frustrated Total Internal Reflection</i>)
IIPR	Instituto de Identificação do Paraná
ImagoRnId	Sensor desenvolvido para coleta de impressões datiloscópicas de recém-nascidos
LED	Diodos emissores de luz (<i>Light-emitting diodes</i>)
OpenCV	Biblioteca de Visão Computacional de Código Aberto (<i>Open Source Computer Vision Library</i>)
pixel	Abreviação de <i>picture element</i> , cada ponto em uma imagem digital.
RFID	Identificação por rádio frequência (<i>Radio-frequency Identification</i>)

LISTA DE SÍMBOLOS

- A1* Primeira avaliação das impressões palmares e plantares, feita pelos papiloscopistas do IIPR.
- A2* Segunda avaliação das impressões palmares e plantares, feita pelos papiloscopistas do IIPR.
- P1* Primeiro período de coleta de impressões palmares e plantares.
- P2* Segundo período de coleta de impressões palmares e plantares.
- T24h* Referência às impressões palmares e plantares coletadas durante as primeiras 24h de vida do recém-nascido.
- T48h* Referência às impressões palmares e plantares coletadas depois das primeiras 24h e antes de 48h de vida do recém-nascido.

RESUMO

A identificação dos recém-nascidos é uma das principais atribuições da equipe médica na hora do parto, e tem por objetivo evitar a troca de bebês, bem como possibilitar uma futura confirmação da identidade da criança e de seus pais. Além disso, a coleta de material que possibilite a identificação da criança pode servir de instrumento para evitar o tráfico ou adoções ilegais, e também para a confecção de documentos de identidade para recém-nascidos. A maioria das maternidades utiliza pulseiras de identificação, colocadas logo após o nascimento, e coleta a impressão plantar do recém-nascido. Entretanto, a pulseira não é um método seguro, por ser facilmente adulterada, e a utilização da impressão plantar para fins de identificação é, na absoluta maioria dos casos, inviável devido a problemas de legibilidade, conforme comprovado por diversos estudos. O objetivo deste trabalho é propor um novo método de identificação de recém-nascidos, baseado em suas impressões palmares. Para tanto, foi desenvolvido um equipamento digital capaz de fornecer imagens de alta definição das palmas das mãos e planta dos pés de recém-nascidos. Estas imagens, coletadas ao nascimento, podem ser utilizadas por um perito para comparação em caso de dúvida sobre a identidade do bebê, e para o desenvolvimento de sistemas automatizados de verificação de identidade. Assim, demonstrou-se que, com o uso de equipamentos de imageamento digitais de alta resolução, é possível obter boas impressões palmares e plantares de recém-nascidos, com dermatoglifos suficientemente nítidos para um processo de identificação. Demonstrou-se ainda que as impressões palmares produzem imagens significativamente melhores do que as impressões plantares, utilizadas atualmente em todos os processos de identificação neonatal, levando à recomendação de se utilizar as impressões palmares para a identificação de recém-nascidos.

Palavras-chave: Identificação; recém-nascido; impressão palmar; impressão plantar; dermatoglifo.

ABSTRACT

One of the main tasks of the medical team following a birth is the identification of newborns. Identification procedures are crucial to avoid baby swaps, combat child trafficking and/or illegal adoptions. They also enable the issuance of identity cards for newborns. At present, most maternity wards use footprints of newborns as well as identification bracelets, which are attached to the child's arm after birth. It is well known, however, that bracelets are not a safe method, since they can easily be tampered with. Moreover, several studies have shown that the use of footprints for identification is often not viable due to legibility problems. This study proposes and develops a new palmprint-based identification method for newborns. The palmprint-method uses a high resolution optical sensor capable of producing high definition images of palm and footprints of newborns. The images are collected following birth and can be used by experts for comparison purposes in case of doubts about the baby's identity, or to develop automated identification systems for newborns. This thesis shows that by using high-resolution digital imaging equipment it is possible to obtain high quality palm and footprint images for newborns, with sufficient ridge minutiae to uniquely identify the baby. Furthermore, it shows that palmprints produce significantly better images than footprints. It therefore argues that the current practice of collecting footprints for identification purposes should be replaced by the use of palmprints.

Key-words: Identification; newborn; palmprint; footprint; dermatoglyph.

1 INTRODUÇÃO

Notícia publicada no jornal Folha de São Paulo, em 20 de outubro de 2007, intitulada “Falsa enfermeira seqüestra bebê em hospital no Espírito Santo” (FALSA... , 2007), evidencia um problema que infelizmente ainda ocorre com bastante freqüência no Brasil: o roubo ou seqüestro de bebês em maternidades.

Além deste tipo de ocorrência, outro bem mais freqüente é a adoção ilegal de crianças. De acordo com palestra proferida pela papiloscopista Sra. Nilma Azevedo (AZEVEDO, 2005), o Instituto de Identificação de Pernambuco vêm tentando coibir a prática de venda e adoção ilegal, através de controles mais rígidos das impressões digitais das mães e das impressões plantares dos recém-nascidos nas maternidades. Procuram assim evitar prática relativamente comum, em que as mães dão entrada na maternidade portando documentos falsos, em nome da pessoa que futuramente vai comprar ou adotar a criança, de forma que a Declaração de Nascido Vivo seja emitida em nome desta pessoa, sem que haja possibilidade de futura verificação do ocorrido.

E há ainda o problema da troca de crianças na maternidade, que muitas vezes só vem a ser descoberto depois de alguns anos, e gera grandes traumas tanto para as famílias, quanto para as crianças envolvidas.

Estas situações estão todas associadas à dificuldade de se identificar adequadamente um recém-nascido, e à inexistência de um método de fácil utilização que possa comprovar sua identidade. Daí a importância de se criar um método biométrico apropriado tanto para o controle interno da circulação dos recém-nascidos, como para realizar a identificação após a alta ou retirada destes da maternidade. Especialmente em países como o Brasil, em que o roubo e a venda de crianças para adoção ilegal ocorre com certa freqüência, a identificação biométrica baseada em dados coletados no momento do parto teria papel muito importante.

Neste sentido, é surpreendente a pequena quantidade de pesquisas envolvendo o desenvolvimento de métodos biométricos para identificação de recém-nascidos. Embora a identificação biométrica de adultos e crianças em idade escolar seja uma área em franca expansão, com muitas pesquisas com resultados consistentes e diversos sistemas disponíveis comercialmente, a questão do recém-nascido praticamente não é abordada. A maioria dos artigos sobre

este assunto é do início do século XX, e restringe-se à avaliação de impressões plantares obtidas com tinta e papel, sem propostas e/ou avaliações de novos métodos de identificação neonatal.

A maioria dos estudos conclui que a impressão plantar tomada na hora do parto não serve para fins de identificação. Nos poucos casos em que ela foi utilizada com sucesso, a identificação correta se deveu à comparação das linhas de flexão, que se alteram nos primeiros meses de vida do bebê, e não aos dermatoglifos, perenes, mas não visíveis em impressões com tinta e papel.

A pesquisa e desenvolvimento de equipamentos de imageamento digitais de alta resolução, para possibilitar a obtenção de impressões palmares e plantares de recém-nascidos, com dermatoglifos nítidos o suficiente para um processo de identificação, é assim, fundamental. Trata-se de um estudo pioneiro de desenvolvimento de um sistema biométrico de fácil utilização, que possa ser utilizado tanto para o controle da circulação de recém-nascidos em maternidades, quanto possibilitar identificação em locais críticos como aeroportos e rodoviárias, considerando a seriedade que representa a segurança neonatal em todos os seus âmbitos.

1.1 OBJETIVOS

- Desenvolver um equipamento digital para aquisição de impressões palmares e plantares de recém-nascidos, a fim de substituir o método atual que consiste na impressão da impressão plantar com tinta.
- Comparar a qualidade das impressões palmares e plantares para a identificação neonatal, de forma a permitir a identificação na maternidade, e também de obter dados que sejam perenes e definitivos, tal como os obtidos com as impressões digitais em adultos.

1.1.1 Objetivos Secundários

- Possibilitar o armazenamento digital das impressões palmares e plantares dos recém-nascidos.
- Criar um banco de imagens com impressões palmares e plantares de recém-nascidos para posterior desenvolvimento de sistemas de identificação automatizados.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 DERMATOGLIFOS

A superfície palmar e plantar dos seres humanos é coberta por uma pele diferente da que recobre o resto do corpo. É uma pele corrugada, com cristas e vales bastante próximos uns aos outros, na qual não existem glândulas sebáceas nem pêlos, mas há uma grande quantidade de poros sudoríparos. São os dermatoglifos (*derma*, pele + *glyphê*, escultura), termo que descreve literalmente a superfície esculpida da pele nas regiões volares.

A especialização da pele plantar e palmar, com sua superfície corrugada, umedecida por suor, e sem pêlos, funciona aumentando a resistência friccional destas regiões. Esta resistência é ainda mais eficiente devido aos padrões formados pelos dermatoglifos, que dificultam o deslizamento, independentemente de sua direção, devido aos desenhos multidirecionais formados pelas cristas papilares.

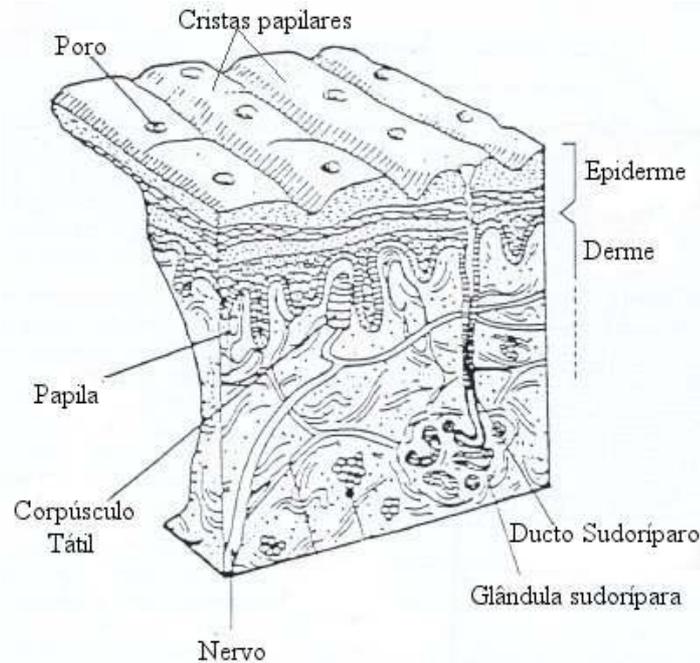
Além disso, os dermatoglifos também aumentam a sensibilidade ao toque. As abundantes terminações nervosas presentes nas superfícies palmares e plantares são fortemente estimuladas pelos movimentos das cristas papilares quando friccionadas de um lado para outro sobre objetos (CUMMINS; MIDLO, 1943).

A pele das regiões volares é composta por duas camadas principais: a epiderme e a derme. A epiderme é a camada superficial, e seu extrato periférico (extrato córneo) é constituído por células mortas, queratinizadas, as quais se acham em constante descamação, sendo substituídas pelas subjacentes. Nas regiões volares, o extrato córneo é mais espesso do que em outras regiões e é modelado em cristas e vales.

A derme, por sua vez, é composta principalmente por tecido conjuntivo denso, e ligada à epiderme através de uma superfície cheia de pregas, as papilas dermais. Através destas papilas passam os ductos das glândulas sudoríparas, as veias capilares que irrigam a epiderme e as terminações nervosas, sendo estas mais numerosas nas regiões volares do que em outras regiões (CUMMINS; MIDLO, 1943; CASTELLANOS, 1953).

A Figura 1 apresenta um corte seccional da pele numa região volar, indicando as principais estruturas presentes na epiderme e na derme nesta região: cristas papilares, poros, glândulas e ductos sudoríparos, papilas dermais, corpúsculos táteis e terminações nervosas.

FIGURA 1: ESTRUTURA DOS DERMATOGLIFOS MOSTRANDO SUAS CRISTAS PAPILARES E OS POROS CONECTADOS ÀS GLÂNDULAS SUDORÍPARAS.



Fonte: Adaptado de (LENNARD; PATTERSON, 2007)

2.1.1 Histórico

Um dos primeiros estudos anômicos dos dermatoglifos foi realizado pelo grande anatomista Marcello Malpighi, no ano de 1686^a (apud CUMMINS; MIDLO, 1943), que descreveu as cristas papilares, suas formas e poros. A partir desta época, diversos estudos anômicos passaram a se dedicar ao tema, inclusive mencionando a unicidade dos desenhos e descrevendo as diferentes morfologias que ocorrem em mãos e dedos.

Em 1823, John E. Purkinje^b (apud CUMMINS; MIDLO, 1943) classificou sistematicamente, pela primeira vez, os diversos padrões dos dermatoglifos nos dedos, criando 9 categorias principais. Henry Faulds, em uma breve nota na revista *Nature* de 1880^c (apud CASTELLANOS, 1953), sugeriu o uso de impressões digitais deixadas em cenas de crime para identificação do criminoso. William Hershel respondeu, na mesma revista, que já utilizava impressões digitais com finalidade de identificação há mais de 20 anos, na Índia (CASTELLANOS, 1953).

Na segunda metade do século XIX, Henry Faulds, William Hershel, Francis Galton e Juan Vucetich, entre outros, dedicaram-se à criação de métodos práticos para que se pudesse efetuar a identificação a partir de impressões digitais. Surgiram assim diversos sistemas de classificação, sendo que o sistema de Galton (GALTON, 1892), com trinta e oito tipos de im-

^aMALPIGHI, M. *De Externo Tactuso Organo*. London, 1686.

^bPURKINJE, J. E. *Commentatio de Examine Physiologico Organi Visus et Systematis Cutanei*. Breslau, 1823.

^cFAULDS, H. The Skin Furrows of the Hand. *Nature*, jan. 1880.

pressões digitais classificados em três grupos: arcos, presilhas e verticilos, foi o grande divisor de águas que permitiu a utilização das impressões digitais em larga escala. Foi Galton também o primeiro a demonstrar cientificamente a perenidade dos dermatoglifos e a fazer estudos com gêmeos (CUMMINS; MIDLO, 1943; CASTELLANOS, 1953).

Juan Vucetich, antropologista e criminalista argentino, estendeu o sistema de classificação de Galton, criando o Sistema Decadactilar de Vucetich, adotado também no Brasil, e utilizado até os dias de hoje. Foi Vucetich quem realizou, pela primeira vez, a identificação positiva de um criminoso, valendo-se da impressão digital deixada no local do crime, no ano de 1892 (TAVARES JÚNIOR, 1991; ASHBAUGH, 2004).

Se Galton pode ser considerado o maior expoente na ciência dos dermatoglifos no século XIX, Harold Cummins é considerado o “pai” do estudo de dermatoglifos. Além de ter cunhado o termo, ele estudou os mais diversos aspectos dos dermatoglifos: antropológicos, genéticos, embriológicos, aplicações na criminalística e ligação com síndromes genéticas, como a Síndrome de Down. Sua principal obra, *Finger prints, palms and soles* (CUMMINS; MIDLO, 1943), estabeleceu um marco na história dos estudos de dermatoglifos, sendo que a maioria dos autores depois dele valeu-se das metodologias e conceitos por ele criados.

2.1.2 Formação

Após Cummins, muitos cientistas passaram a se dedicar ao estudo dos dermatoglifos, especialmente na sua utilização para diagnóstico de doenças e síndromes, e na compreensão de sua formação e embriogênese. Provavelmente, a discussão mais completa sobre a formação dos dermatoglifos pode ser creditada a Mulvihill e Smith (MULVIHILL; SMITH, 1969), que detalham exaustivamente o histórico do estudo sobre a formação dos dermatoglifos e apresentam a versão mais atualizada de como os dermatoglifos se formam. Pouco se alterou até hoje.

Os dermatoglifos dos dedos, palma das mãos e planta dos pés do feto formam-se entre a 10ª e a 19ª semana de gestação, sendo que seu surgimento inicia-se na ponta dos dedos e palma das mãos, e um pouco mais tarde, na sola dos pés. A partir da 20ª semana de vida intra-uterina, o feto tem as cristas papilares completamente formadas e elas se tornam visíveis na superfície da epiderme (CUMMINS; MIDLO, 1943; CASTELLANOS, 1953; MULVIHILL; SMITH, 1969; HOLT, 1973).

A configuração dos dermatoglifos não se repete em diferentes indivíduos e nem em regiões volares distintas de um mesmo indivíduo. Isto se deve à maneira com que as regiões volares são formadas no embrião: embora sua forma geral seja fortemente determinada geneticamente, seus detalhes surgem aleatoriamente, influenciados pelas tensões à que a pele é submetida durante o crescimento das mãos e pés (CUMMINS; MIDLO, 1943).

Entre a 6ª e a 8ª semana após a concepção, formam-se os acolchoados volares (saliên-

cias de tecido mesenquimal) nos dedos, palmas das mãos e planta dos pés. Por volta da 10ª semana, os acolchoados volares param de crescer, mas as mãos e pés continuam crescendo. Como resultado, ao longo das semanas seguintes, os acolchoados volares são reabsorvidos nas mãos e pés, e sofrem a ação de forças de tensão no sentido do crescimento destas extremidades. Durante este estágio crítico, surgem os primeiros sinais de cristas na pele das regiões volares. Mais precisamente, a camada interna da epiderme, na transição com a derme, chamada de camada basal, torna-se ondulada devido às pressões sofridas pelo crescimento das mãos e pés. As ondulações ficam proeminentes e formam pregas da epiderme para dentro da derme, chamadas de cristas primárias.

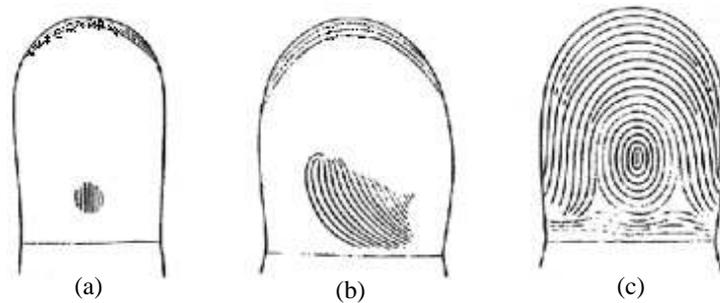
O espaçamento e os detalhes destas cristas primárias são determinados aleatoriamente, mas são conduzidos pela forma geral e topografia do acolchoado volar, que é determinada geneticamente. Se as cristas primárias surgem enquanto o acolchoado volar ainda é bastante saliente, então nesta região forma-se um padrão de verticilo. Se as cristas surgem um pouco mais tarde, quando o acolchoado volar já foi um pouco absorvido, forma-se o padrão de presilha. Finalmente, se as cristas primárias surgirem quando o acolchoado volar estiver praticamente absorvido, forma-se o padrão de arco (MULVIHILL; SMITH, 1969; KÜCKEN; NEWELL, 2005).

O sincronismo destes dois eventos (a regressão do acolchoado volar e o surgimento das cristas primárias) é um processo guiado geneticamente, de forma que o padrão dos dermatoglifos tem um forte componente genético. A forma exata das cristas, seus detalhes e variações, entretanto, são aleatórios, e dependem de circunstâncias não determinadas por genes (e, portanto, não são hereditárias). Daí a unicidade dos dermatoglifos inclusive entre gêmeos univitelinos (HOLT, 1973; KÜCKEN; NEWELL, 2005).

As cristas papilares não surgem simultaneamente em toda superfície volar. No caso dos dedos, surgem primeiro numa área ao centro da região volar e numa região próxima à unha e, um pouco mais tarde, ao longo da linha de flexão da falange distal (KÜCKEN; NEWELL, 2005). Desta forma, há três sistemas de cristas (uma a partir do centro, uma a partir da unha, e outra a partir da linha de flexão) que vão se espalhando pela ponta do dedo, conforme ilustrado na Figura 2. Os locais do encontro destes sistemas dão origem à formação denominada de *trirrádios*.

As cristas papilares não são contínuas e uniformes, mas possuem direções irregulares, descontinuidades e bifurcações, características estas conhecidas como detalhes de Galton, pontos de identidade ou minúcias. As principais minúcias encontradas estão ilustradas na Figura 3. Uma *ilha* é uma crista papilar contendo apenas um poro. A união de duas ou três ilhas forma as *cristas curtas*. Uma terminação abrupta da crista é chamada de *fim de linha*, e sua divisão

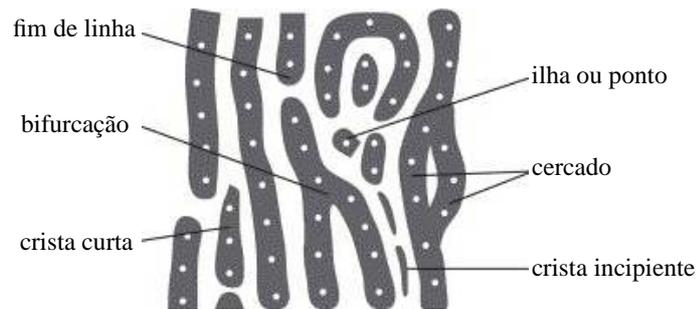
FIGURA 2: (a) FORMAÇÃO DAS CRISTAS PAPILARES INICIA-SE PELO CENTRO E PRÓXIMO À UNHA; (b) DEPOIS PRÓXIMO À FLEXÃO DA FALANGE; E ESPALHA-SE A PARTIR DESTES PONTOS, (c) ATÉ COBRIR A PONTA DO DEDO.



Fonte: (KÜCKEN; NEWELL, 2005).

recebe o nome de *bifurcação*. Quando as duas cristas bifurcadas se unem novamente após uma curta distância, forma-se o *cercado* ou *ilhó* (GALTON, 1892; CUMMINS; MIDLO, 1943).

FIGURA 3: PRINCIPAIS TIPOS DE MINÚCIAS EM IMPRESSÕES DIGITAIS.



Fonte: (CUMMINS; MIDLO, 1943).

As bordas das cristas papilares não são totalmente retas ou lisas, mas sim sinuosas. Num corte seccional pode-se observar que em algumas regiões as cristas possuem uma inclinação, dando-lhes uma aparência de dentes de serrate. Cristas de uma mesma região têm esta inclinação para o mesmo lado, aumentando assim a resistência friccional (CASTELLANOS, 1953).

2.1.3 Desenvolvimento

Embora plenamente formadas e imutáveis quanto ao número de linhas, seus desenhos, ou minúcias, as cristas papilares mudam de tamanho ao longo do crescimento da criança, tornando-se mais espessas e separando-se umas das outras. A posição dos poros também é alterada pois eles se afastam uns dos outros à medida que as papilas crescem (CUMMINS; MIDLO, 1943; CASTELLANOS, 1953).

De acordo com Castellanos (1953), as cristas papilares dos dedos dos recém-nascidos de termo são 2,5 a 3 vezes menores do que em adultos, e são muito frágeis, deformando-se

facilmente ao contato. A Figura 4 ilustra esta diferença de tamanho, mostrando lado a lado a impressão digital de um recém-nascido de termo e de um adulto.

FIGURA 4: IMPRESSÃO DIGITAL DO INDICADOR DE UM RECÉM-NASCIDO E DE UM ADULTO.



Fonte: autor.

Nota: imagem ampliada duas vezes.

Cummins e Midlo (1943) e Gómez (1943)^d (apud CASTELLANOS, 1953) analisaram cristas papilares nos dedos de indivíduos de diferentes idades. A Tabela 1 sumariza estes dados indicando a espessura das cristas para cada faixa etária. De acordo com Castellanos (1953), um recém-nascido apresenta em torno de 3 a 4 cristas/mm; aos 8 anos, 2,5 cristas/mm e aos 20 anos, pouco menos de 2 cristas/mm. Há que se considerar, entretanto, que isto depende diretamente do tamanho da mão e da largura dos dedos, e que as mulheres possuem as cristas mais próximas umas das outras do que os homens.

TABELA 1: DESENVOLVIMENTO DAS CRISTAS PAPILARES NOS DEDOS, DO NASCIMENTO À VIDA ADULTA.

FAIXA ETÁRIA	ESPESSURA DAS CRISTAS (mm)	
	Gómez (1943) ^d	Cummins e Midlo (1943)
Prematuros	—	0,15
Recém-nascidos	0,21	0,10 a 0,22
6 meses	0,25	—
1 ano	0,31	—
10 anos	0,43	0,30 a 0,35
Adultos	0,50	0,43 a 0,48

Fonte: (CASTELLANOS, 1953; CUMMINS; MIDLO, 1943).

2.2 IMPRESSÕES PAPILOSCÓPICAS

A forma que os dermatoglifos assumem é tão variável, que não se repete em diferentes regiões das mãos, dedos ou pés do mesmo indivíduo, ou em indivíduos distintos (pos-

^dGÓMEZ, J. C. *La Identificación del Recién Nacido*. Buenos Aires, 1943

tulado da variabilidade). Não obstante, esta variação ocorre dentro de limites que permitem uma classificação sistemática (classificabilidade). Sua forma e minúcias são imutáveis (imutabilidade) e permanentes, do nascimento à morte (perenidade). E são estas características – variabilidade, classificabilidade, imutabilidade e perenidade – os postulados da datiloscopia (termo que se refere aos dermatoglifos nos dedos) que estimularam o uso das impressões dos dermatoglifos para fins de identificação (CUMMINS; MIDLO, 1943; KEHDY, 1968).

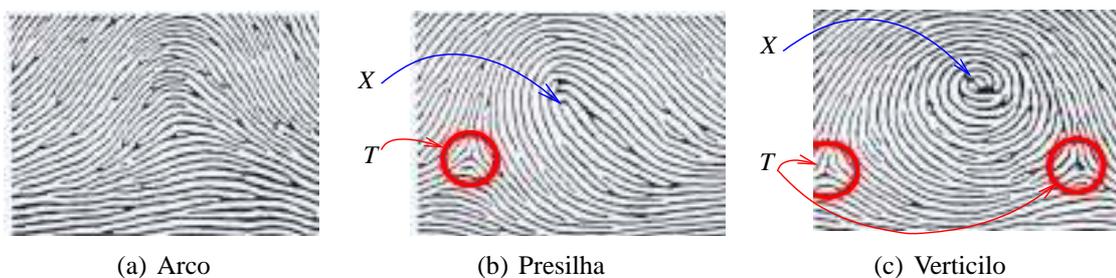
O método mais tradicional de obtenção da impressão digital, palmar ou plantar consiste na aplicação de uma fina camada de tinta sobre a região volar, que em seguida é pressionada sobre um papel, deixando impressos os padrões dos dermatoglifos. Estas impressões são utilizadas especialmente para finalidades de identificação, mas também para diagnóstico ou verificação de predisposição a doenças, e do potencial no desenvolvimento de atividades esportivas ou intelectuais (CUMMINS; MIDLO, 1943).

Impressões dos dermatoglifos são também geradas involuntariamente, a todo instante. A maioria dos materiais, quando tocados, retém pequenas quantidades de água e gordura expelidos pelos poros sudoríparos e presentes nas cristas papilares, deixando uma “impressão latente”. Estas impressões podem ser visualizadas através da aplicação de processos químicos, físicos ou eletrônicos, e constituem uma das principais fontes de evidência criminalística (LENNARD; PATTERSON, 2007).

2.2.1 Impressões Digitais

As impressões digitais são classificadas em função do número e da localização de seus trirrádios. Há diversos sistemas de classificação de impressões digitais em uso atualmente, mas todos são baseados nas três formações básicas descritas por Galton e Vucetich (GALTON, 1892; KEHDY, 1968): o arco (*arch*), que não possui trirrádios; a presilha (*loop*), com um trirrádio; e o verticilo (*whorl*) com dois trirrádios, ilustrados na Figura 5.

FIGURA 5: PRINCIPAIS PADRÕES DE IMPRESSÕES DIGITAIS COM TRIRRÁDIOS (T) E NÚCLEOS (X) INDICADOS.



Fonte: (LENNARD; PATTERSON, 2007).

Os indivíduos geralmente possuem diversos padrões nos diferentes dedos, com alguma correlação entre as mãos direita e esquerda. A presilha é o padrão mais comum (70%), seguido

do verticilo (25%) e do arco (5%) (CUMMINS; MIDLO, 1943). A classificação de indivíduos através do padrão ordenado das impressões em seus dez dedos serve como uma primeira linha de diferenciação não sendo, entretanto, uma classificação única.

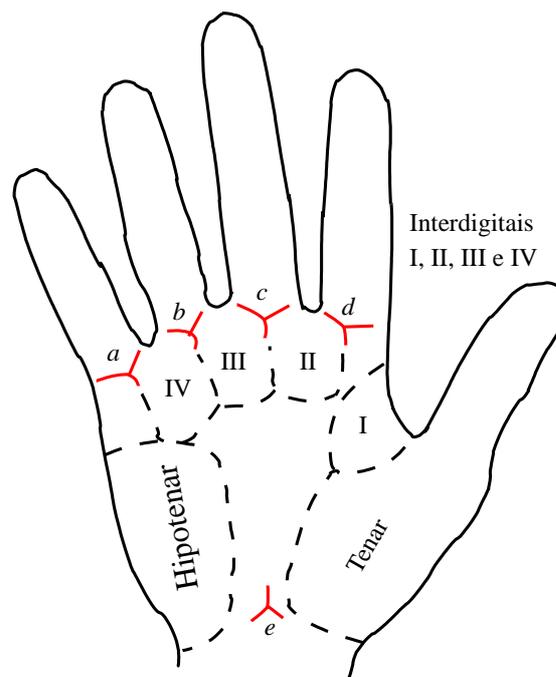
Uma única impressão digital pode conter mais de 100 minúcias, e sua quantidade varia de acordo com a localização. Regiões mais próximas do trirrádio ou do núcleo da impressão digital têm mais minúcias do que as regiões periféricas do dedo (LENNARD; PATTERSON, 2007).

2.2.2 Impressões Palmares

Impressões palmares possuem muito mais minúcias do que impressões digitais pelo simples fato de serem muito maiores. Além disso, as cristas papilares nesta região são, em média, 18% maiores do que nos dedos (CUMMINS; MIDLO, 1943).

Para efeito de classificação, a impressão palmar é subdividida em seis regiões principais (Figura 6): quatro regiões interdigitais (I, II, III e IV), região tenar e região hipotenar (CUMMINS; MIDLO, 1943). Cada região é uma unidade topográfica, conformando suas cristas papilares em desenhos relativamente definidos e classificáveis, de maneira similar a uma impressão digital. A divisão das regiões é feita a partir dos trirrádios (*a*, *b*, *c*, *d* e *e*) e fronteiras por eles definidos, conforme ilustrado na Figura 6.

FIGURA 6: PRINCIPAIS REGIÕES DA IMPRESSÃO PALMAR: REGIÕES INTERDIGITAIS (I, II, III E IV), REGIÃO TENAR E REGIÃO HIPOTENAR. PONTOS *a*, *b*, *c*, *d* E *e* INDICAM A LOCALIZAÇÃO DOS TRIRRÁDIOS.



Fonte: adaptado de (CUMMINS; MIDLO, 1943).

Em diversos países, entre eles o Brasil e Estados Unidos, impressões palmares de ambas as mãos, de pessoas envolvidas ou condenadas por crimes, são coletadas, passando a integrar uma base de dados para futura identificação de impressões latentes, e para confirmação da identidade de suspeitos. Para fins legais, a impressão palmar, em conjunto com a decadactilar, é o método de identificação mais utilizado, por sua facilidade de aquisição, reconhecida confiabilidade e abundância de evidências geradas por impressões latentes desta região em locais de crime.

2.2.3 Impressões Plantares

As impressões plantares também possuem muitas minúcias e são classificáveis de acordo com os padrões das cristas papilares, em regiões definidas. Geralmente, possuem menos nitidez do que impressões palmares ou digitais por ser o pé área de contato e fricção constante, especialmente em pessoas que andam descalças.

A Figura 7 ilustra as oito principais regiões da impressão plantar: quatro regiões interdigitais (*I, II, III e IV*), região tenar, região hipotenar e região calcânea (CUMMINS; MIDLO, 1943). A região interdigital *I* e a região halucal são unidas topograficamente (não há trirrádio dividindo-as), e constituem, em conjunto com o primeiro artelho, as partes mais utilizadas para reconhecimento de impressões plantares, por produzirem impressões mais nítidas (PURITA, 1969; MAMEDE; PELÁ; SILVEIRA, 1978; LOHNES, 1986; STAPLETON, 1994). A divisão das regiões plantares também é feita a partir dos trirrádios (*a, b, c, d, e e p*) e fronteiras por eles definidas.

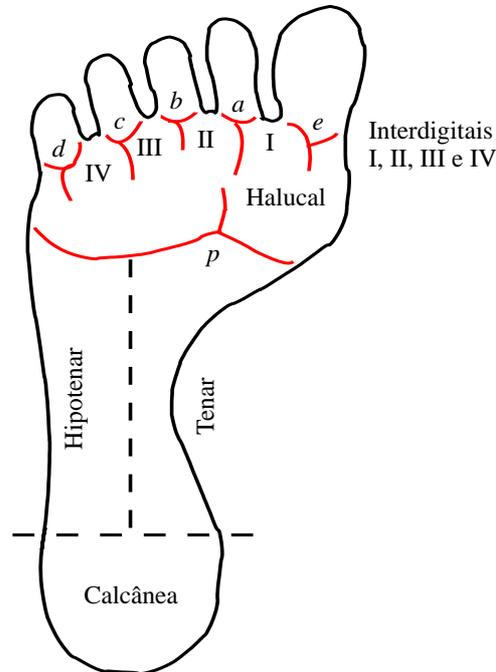
O uso de impressões plantares é bastante restrito, pois sua coleta em adultos é bem mais difícil do que a impressão palmar, além de não oferecer nenhuma vantagem em relação àquela. Como as pessoas geralmente andam calçadas, dificilmente são encontradas impressões latentes desta região. Geralmente, a tomada de impressões plantares só é feita em recém-nascidos, devido à facilidade de coletá-las nestes indivíduos, se comparada à impressão palmar ou digital.

2.3 A IMPRESSÃO DIGITAL COMO MEIO DE IDENTIFICAÇÃO

Identificação através de impressões digitais é, provavelmente, o método biométrico mais antigo. Há registros chineses do século III a.C. no qual um selo de cera anexado a um documento possuía uma impressão digital, bem como contratos do século XVIII d.C., nos quais a assinatura consistia da impressão digital (CUMMINS; MIDLO, 1943; ASHBAUGH, 1999; RUGGLES, 2002).

O processo de identificação a partir das impressões digitais inicia-se pela classificação da forma geral ou padrão das impressões, seguida pela contagem de cristas papilares entre os

FIGURA 7: PRINCIPAIS REGIÕES DA IMPRESSÃO PLANTAR: REGIÕES INTERDIGITAIS (I, II, III E IV), REGIÃO TENAR, REGIÃO HIPOTENAR E REGIÃO CALCÂNEA. PONTOS *a*, *b*, *c*, *d*, *e* E *p* INDICAM A LOCALIZAÇÃO DOS TRIRRÁDIOS.



Fonte: adaptado de (CUMMINS; MIDLO, 1943).

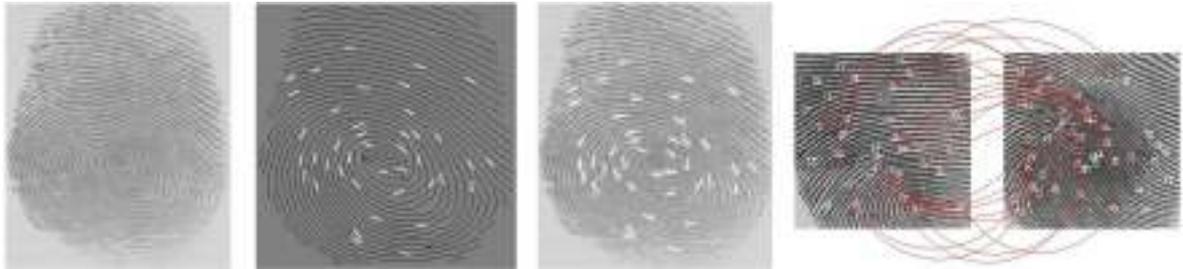
trirrádios e os núcleos e, finalmente, pela detecção das minúcias. Enquanto a classificação geral serve apenas para reduzir o espaço de busca, a localização das minúcias é que determina a identidade de uma impressão digital. A posição relativa destas minúcias, sua quantidade e tipo, são comparadas entre as duas imagens que suspeita-se serem da mesma impressão digital e, em coincidindo, determinam sua identidade. A localização dos poros muitas vezes é fundamental neste processo, especialmente se os fragmentos de impressão digital possuem poucas minúcias.

A análise manual de impressões digitais é bastante demorada, e a busca por possíveis autores de impressões latentes, encontradas em cenas de crime, pode ser tarefa impossível quando não se têm os suspeitos conhecidos. Por isso foram desenvolvidos diversos Sistemas Automatizados de Identificação de Impressões Digitais (AFIS), nos quais programas de computador procuram identificar as semelhanças entre duas impressões digitais ao efetuar milhares de comparações, ininterruptamente.

De forma geral, os AFIS funcionam da mesma maneira que a busca manual, ou seja, baseiam-se nas minúcias, mas o procedimento costuma ser um pouco diferente. Na maioria dos sistemas, inicialmente a impressão digital é subdividida em pequenas regiões para as quais é calculado o ângulo de inclinação das cristas papilares. Esta é a primeira etapa de classificação. As impressões similares seguem para o próximo passo, no qual as minúcias são localizadas e emparelhadas (HONG; WAN; JAIN, 1998), conforme ilustrado na Figura 8. Quando as impressões

digitais são obtidas com sensores de alta resolução, e apresentam poros nítidos, a localização destes no entorno das minúcias também pode ser utilizado para determinar a identidade com maior precisão e confiança (JAIN; CHEN; DEMIRKUS, 2006).

FIGURA 8: IDENTIFICAÇÃO AUTOMATIZADA DE IMPRESSÕES DIGITAIS.



Fonte: <http://biometrics.cse.msu.edu/fingerprint.html>.

A automatização do processo de identificação por impressões digitais fez com que este se tornasse o identificador biométrico mais comum, passando a ser utilizado para atividades cotidianas como: abertura de portas, acesso a computadores, senha de cartão bancário, entre outros. Há diversos sistemas e equipamentos comercialmente disponíveis para estas e outras aplicações da identificação datiloscópica (MALTONI et al., 2003).

2.3.1 Sensores de Impressão Digital

Durante muitos anos a forma mais utilizada para coleta de impressões palmares, digitais e plantares consistiu na impressão com tinta. Este método ainda é bastante utilizado, mas vem sendo gradativamente substituído por tecnologias digitais de imageamento, baseadas principalmente em sensores óticos, sensores de silício e sensores ultra-sônicos. Os sensores de impressões palmares, em geral, são sensores óticos, devido à necessidade de uma grande área de captura, mas o princípio de funcionamento que se aplica aos sensores de impressões digitais é utilizado tanto para a palma das mãos, quanto para a planta dos pés.

Os principais parâmetros que caracterizam imagens de impressões digitais são (MALTONI et al., 2003):

- a) Resolução: Indica o número de pontos ou *pixels*¹ por polegada da imagem (*dpi*). Os AFIS compatíveis com os padrões da Polícia Federal Americana (FBI), adotado também por outros países, exigem uma resolução mínima de 500 *dpi*.
- b) Área: O tamanho da área retangular em que as impressões digitais são capturadas é muito importante na determinação da qualidade do sistema de identificação. Quanto maior a área, maior a quantidade de cristas e vales capturados, facilitando o processo de identificação.

¹*Pixel*: Abreviação de *picture element*, cada ponto em uma imagem digital.

Para sistemas homologados pelo FBI exige-se uma área de $25,4 \times 25,4$ milímetros, que permite a captura de uma impressão digital plana completa.

- c) Número de *pixels*: Quantidade de *pixels* da imagem, que pode ser determinado a partir da resolução e área do sensor.
- d) Profundidade: Denota o número de *bits* usado para codificar as variações de intensidade da imagem. A cor não é considerada uma informação importante para a impressão digital, de forma que os sensores geralmente utilizam até 8 bits de profundidade, com os quais representam a imagem em até 256 tons de cinza.
- e) Precisão geométrica: Especifica qual a maior distorção geométrica introduzida pelo dispositivo de aquisição da imagem. A maioria dos sensores óticos introduz distorções geométricas que, se não corrigidas, alteram a impressão digital, dependendo da posição do dedo no sensor.
- f) Qualidade da Imagem: É muito difícil definir critérios precisos para a qualidade de uma impressão digital, especialmente porque ela depende muito das características do dedo em questão. Dedos com cristas pouco salientes, muito secos ou muito úmidos, e quando inadvertidamente posicionados, geralmente produzem imagens de má qualidade.

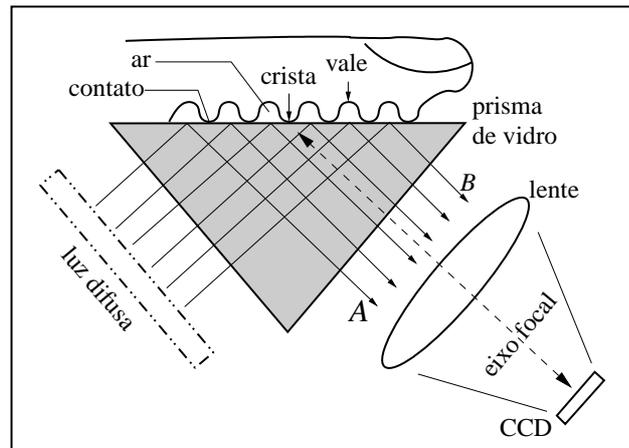
2.3.1.1 Sensores óticos

Os sensores óticos baseados no fenômeno de Reflexão Interna Total Frustrada (FTIR), são os mais antigos e mais utilizados (MALTONI et al., 2003). Neles, o dedo toca a face superior de um prisma reto de vidro, de forma que as cristas papilares entram em contato com o vidro e os vales permanecem a uma certa distância (Figura 9). O lado esquerdo do prisma é iluminado por uma luz difusa geralmente obtida por uma cadeia de Diodos Emissores de Luz (LED). A luz entra no prisma, é refletida nos vales, e aleatoriamente espalhada (absorvida) nas cristas papilares. A falta de reflexão nestes pontos permite a discriminação das cristas (que aparecem escuras na imagem) dos vales (que aparecem claros). Os raios de luz que saem no lado direito do prisma são focalizados através de uma lente sobre um Dispositivo de Carga Acoplada (CCD)².

Um dispositivo como o ilustrado na Figura 9 causa deformações geométricas na imagem. A mais evidente é conhecida como distorção trapezoidal. Como o plano sobre o qual é posicionado o dedo não é paralelo ao plano do CCD, os raios de luz *A* e *B* possuem comprimentos diferentes, resultando numa ampliação ou compressão das regiões da imagem, em função

²CCD: *Charge-Coupled Device* ou Dispositivo de Carga Acoplado é um sensor para a gravação de imagens formado por um circuito integrado contendo uma “tabela” de capacitores ligados (acoplados). Os CCDs são usados em fotografia digital, imagens de satélites, equipamentos médico-hospitalares e astronomia.

FIGURA 9: SENSOR DE IMPRESSÃO DIGITAL BASEADO EM FTIR.



Fonte: adaptado de (MALTONI et al., 2003).

da sua distância do eixo focal. Esta distorção pode ser corrigida através de lentes, ou através de um programa de computador, utilizando técnicas de calibração e transformadas geométricas (HARRINGTON, 1987; ROGERS; ADAMS, 1990).

Apesar de produzir imagens de melhor qualidade e permitir uma área de captura maior, este tipo de sensor não pode ser miniaturizado, como em outras técnicas de captura ótica, pois o eixo ótico é proporcional à área de captura. Para conseguir sensores menores com grande área de captura, uma alternativa tecnológica consiste em substituir o prisma por diversos pequenos prismas posicionados lado a lado, mas a qualidade da imagem fica bastante deteriorada. Outro tipo de sensor ótico substituiu o prisma e a lente por uma placa de fibra ótica, que está em contato direto com o CCD. O problema desta abordagem é que o CCD precisa ter o mesmo tamanho da área de captura, o que encarece muito o sensor (MALTONI et al., 2003).

Há também alguns sensores óticos de leitura direta. Nestes, o dedo não toca nenhuma superfície, mas o sensor possui um suporte sobre o qual o dedo é apoiado, e uma ou mais câmeras fotografam o dedo diretamente. Há a vantagem de a impressão digital não ser tão suscetível a borrões, mal posicionamentos e deformações na pele, mas há uma grande dificuldade em focalizar corretamente as cristas papilares, e em conseguir imagens com alto contraste (CHEN et al., 2006).

Shiratsuki et al. (2005) criaram um sensor de leitura direta que ilumina o dedo pelo lado da unha com luz infra-vermelha, e a imagem da impressão digital é capturada na face inferior do dedo, a partir de diferentes intensidades desta luz, quando passa pelas cristas ou vales. É uma tecnologia bastante promissora, por não ser vulnerável à umidade do dedo e nem mesmo à espessura das cristas papilares.

2.3.1.2 Sensores de estado sólido

Os sensores de estado sólido, também conhecidos por sensores de silício, foram propostos e patenteados já na década de 80, mas só se tornaram disponíveis a partir da década de 90. Seu custo não é menor do que o de sensores óticos, especialmente para áreas de captura maiores, mas eles permitem uma boa miniaturização. Consistem de uma matriz de *pixels* em que cada *pixel* é um sensor. O usuário toca diretamente uma superfície de silício, sem necessidade de componentes óticos ou CCDs. Há quatro principais tipos de sensores utilizados para transformar a informação física (cristas e vales) em sinais elétricos (e a partir deles em imagens): capacitivo, térmico, de campo elétrico e de pressão (MALTONI et al., 2003; MAINGUET, 2007).

2.3.1.3 Sensores de ultra-som

A leitura da impressão digital através de ultra-som funciona de maneira similar a uma ecografia convencional. Sinais acústicos são enviados em direção à ponta do dedo, capturando-se o sinal de eco. A diferença no tempo de retorno do eco nas cristas e vales permite a composição de uma imagem da impressão digital (SCHNEIDER; WOBSCHELL, 1991; BICZ; GUMIENNY; PLUTA, 1995). É um método muito robusto e produz imagens de boa qualidade pois produz uma imagem da epiderme, de forma que não é afetado por elementos como sujeira, cristas pouco elevadas, umidade, etc. Pode coletar impressões até através de luvas finas. No entanto, a impressão digital leva alguns segundos para ser capturada, o sensor é relativamente grande e caro, de forma que esta tecnologia ainda não está desenvolvida o suficiente para utilização em larga escala.

2.4 OUTROS SISTEMAS DE IDENTIFICAÇÃO BIOMÉTRICA

Com o advento das técnicas computadorizadas de identificação biométrica, foram criados sistemas informatizados baseados em diversos identificadores biométricos, sendo os principais: (i) impressões digitais, (ii) face, (iii) voz, (iv) geometria da mão, (v) íris, e (vi) assinatura (BOLLE et al., 2003). Outro identificador crescentemente utilizado são os padrões vasculares da mão, visíveis através de iluminação infra-vermelha. Nas seções seguintes estas técnicas de identificação são brevemente apresentadas (RUGGLES, 2002; MAINGUET, 2007; DUNLAP, 2007).

2.4.1 Reconhecimento Facial

O reconhecimento facial é o sistema de identificação mais natural de todos, sendo uma habilidade inerente aos humanos. Entretanto, é um método com pouca capacidade discrimi-

natória e de difícil automatização quando comparado a impressões digitais, por exemplo. Alguns fatores como expressões faciais, cabelo, posição da cabeça, ângulo da câmera e iluminação podem variar muito, dificultando o reconhecimento. Não obstante, há muita pesquisa na área de reconhecimento facial utilizando imagens seqüenciais em vídeo [Figura 10(a)], imagens tridimensionais [Figura 10(b)] e descritores de características faciais. Uma das principais aplicações é a identificação de sujeitos em vídeos de vigilância e em fotografias.

FIGURA 10: IDENTIFICAÇÃO POR RECONHECIMENTO FACIAL (a) EM SEQÜÊNCIAS DE VÍDEO E (b) COM IMAGENS TRIDIMENSIONAIS.

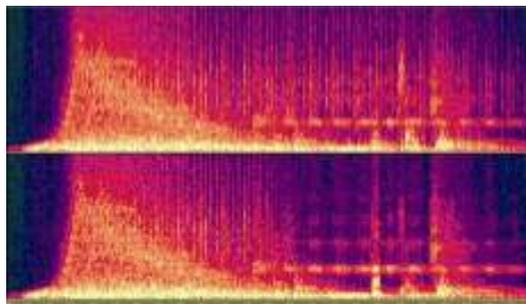


Fonte: (a) (FIOR et al., 2007), (b) (QUEIROLO et al., 2007).

2.4.2 Reconhecimento de Voz

Um dos sistemas mais simples para o usuário é o reconhecimento por voz. Nestes sistemas, o usuário fala em um microfone uma determinada palavra ou frase, que é então analisada por um *software* quanto a determinadas medidas (energia, formato das ondas, etc.) e comparado com amostras previamente armazenadas (Figura 11). Apesar da facilidade de uso, é um método pouco utilizado por sua baixa eficácia, devida a fatores como: ruído externo, doenças que alteram a voz e facilidade de falsificação (basta um gravador).

FIGURA 11: COMPARAÇÃO DE CARACTERÍSTICAS DA VOZ PARA IDENTIFICAÇÃO.

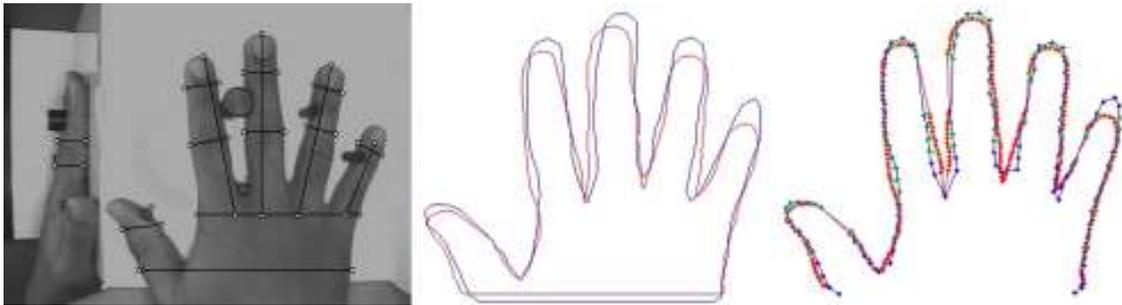


Fonte: http://www.thealarmclock.com/euro/archives/2006/03/german_voice_recognition_tech.html

2.4.3 Geometria da Mão

A geometria da mão baseia-se no fato de que a forma da mão das pessoas é diferente, e não se altera significativamente após certa idade. Assim, pode-se utilizar dezenas de medidas como: o tamanho dos dedos, sua largura, distância entre eles, entre outros, para fins de identificação (Figura 12). Apesar de ser um método de autenticação com taxa de erro bastante elevada, é largamente empregado devido à sua grande aceitação pelo usuário.

FIGURA 12: IDENTIFICAÇÃO PELA GEOMETRIA DA MÃO.



Fonte: (JAIN; ROSS; PANKANTI, 1999)

2.4.4 Íris

A identificação pela íris é um dos métodos de identificação biométrica mais eficientes. Imagens da íris podem ser facilmente adquiridas [Figura 13(a)], é um método rápido, não invasivo e pode ser aplicado até sem a colaboração do indivíduo (WILDES, 1997). O reconhecimento é feito através da transformação das diversas características da íris em um código matemático [Figura 13(b)], processo este desenvolvido e patenteado pelo Dr. John Daugman, da Universidade de Cambridge (DAUGMAN, 1993, 2004).

FIGURA 13: IDENTIFICAÇÃO POR RECONHECIMENTO DA ÍRIS: (a) CAPTURA DA IMAGEM E (b) ÍRIS COM SEU RESPECTIVO CÓDIGO.



Fonte: <http://www.cl.cam.ac.uk/~jgd1000/>.

Esta patente é também um dos principais empecilhos para a utilização da íris em larga

escala, uma vez que está licenciada para apenas uma empresa, e até hoje continua sendo o melhor método existente. Outros problemas envolvem a possibilidade de oclusão com óculos, lentes de contato, problemas na córnea e a mobilidade da íris (um olho móvel, numa cabeça móvel, num corpo móvel. . .).

2.4.5 Assinatura

Sistemas de identificação por assinatura analisam duas diferentes áreas da assinatura de um indivíduo: a) características específicas da assinatura (aparência, forma dos contornos, etc.); e b) características da maneira com que a assinatura é efetuada (pressão, velocidade, pausas, etc.). É um dos métodos biométricos menos efetivos, mas bastante promissor e muito investigado por sua grande aceitação pelo usuário e por sua aquisição ser de baixo custo (Figura 14).

FIGURA 14: IDENTIFICAÇÃO PELA ASSINATURA.



Fonte: <http://www.ucti.edu.my/products.htm>

2.4.6 Veias das Mãos

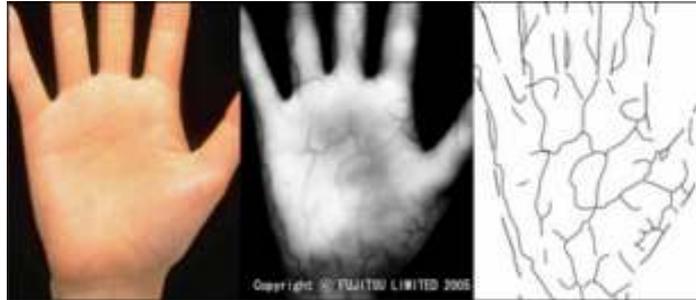
O uso do formato das veias para fins de identificação foi sugerido pela primeira vez por Rice, há cerca de 20 anos (RICE, 1994), e utiliza uma imagem dos padrões subcutâneos das veias das mãos ou dos dedos, obtida através de iluminação infravermelha (Figura 15). É um método bastante efetivo e rápido, mas não despertou o interesse da indústria durante muito tempo, pois deu-se preferência à impressão digital. Entretanto nos últimos anos passou a ser muito utilizado, especialmente em países asiáticos, devido à resistência dos usuários daquele continente em fornecer impressões digitais (KHAN, 2006).

2.4.7 Formato da Orelha

Em 1959, Alfred V. Iannarelli^e (apud KLASEY, 2006) sugeriu a utilização do formato da orelha para identificação de recém-nascidos, por ser esta uma característica de fácil

^eIANNARELLI, A. Deputy Devises Identity System Based On Ears. *Oakland Tribune*, 28 jun. 1959.

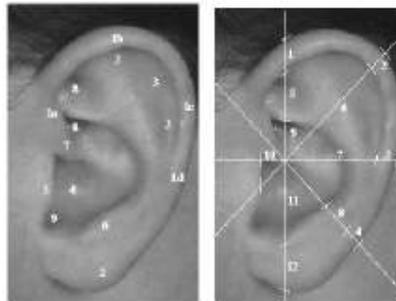
FIGURA 15: IDENTIFICAÇÃO PELO PADRÃO DAS VEIAS NA MÃO.



Fonte: Fujitsu Limited (KHAN, 2006)

aquisição. De acordo com Iannarelli, o tamanho da orelha se altera durante a infância, mas preserva características individuais que permitiriam uma identificação (Figura 16), podendo servir de complemento à impressão digital.

FIGURA 16: IDENTIFICAÇÃO PELO FORMATO DA ORELHA: PONTOS DE MEDIDAS ANTROPOMÉTRICA UTILIZADOS NO “SISTEMA IANNARELLI”.



Fonte: (MAINGUET, 2007)

Não foram encontrados relatos de que esta idéia tenha sido realmente utilizada em recém-nascidos, mas há grupos de pesquisa trabalhando no desenvolvimento desta tecnologia de identificação para adultos (VICTOR; BOWYER; SARKAR, 2002; CHANG et al., 2003). Os resultados do reconhecimento ainda são inferiores ao obtido utilizando apenas faces, mas, quando combinados, têm produzido bons resultados, especialmente em sistemas de vigilância à distância, pois a oclusão parcial da face pode ser compensada pela imagem da orelha e vice-versa.

Há ainda muitas outras características do corpo utilizadas para fins de identificação, quer seja em sistemas comerciais, quer em pesquisas. Mainguet (2007) mantém uma página da internet bastante atualizada com informações sobre sistemas e sensores biométricos que pode auxiliar interessados em adquirir ou implantar tais sistemas (<http://perso.orange.fr/fingerchip/biometrics/biometrics.htm>).

2.5 IDENTIFICAÇÃO DE RECÉM-NASCIDOS

A identificação dos recém-nascidos é uma das principais atribuições da equipe médica na hora do parto, e tem por objetivo evitar a troca de bebês, bem como possibilitar uma futura confirmação da identidade da criança e de seus pais. Além disso, a coleta de material que possibilite a identificação da criança pode servir de instrumento para evitar o tráfico ou adoções ilegais, e também para a confecção de documentos de identidade para recém-nascidos.

2.5.1 Métodos de Identificação

O principal método de identificação utilizado em maternidades é a colocação de pulseiras ou tornozeleiras com códigos de identificação, logo após o nascimento. Há diversos sistemas de pulseiras, desde simples fitas adesivas ou esparadrapos, até pulseiras dotadas de *microchips* com informações acessíveis eletronicamente. As bases de patente possuem dezenas de métodos e materiais patenteados para este fim.

Sullivan (2005) ressalta a crescente utilização da identificação por rádio frequência (RFID) desde a popularização desta tecnologia. RFID consiste em um *chip* que responde à uma rádio frequência e pode ser consultado à distância (RADIO-FREQUENCY...), . Desta forma, se o recém-nascido possui uma pulseira com RFID, é possível monitorar sua movimentação nas dependências hospitalares.

O grande problema deste método de identificação é que ele pode ser facilmente fraudado (alterando-se ou removendo-se a pulseira de identificação), além de ter validade apenas no interior da maternidade, não servindo para os casos em que o bebê foi seqüestrado e posteriormente encontrado.

Além das pulseiras de identificação, frequentemente são empregados métodos de identificação baseados na retirada de material genético para exame de DNA, considerado por muitos como o método biométrico definitivo. Rodríguez-Alarcón Gómez et al. (1996) patentearam um método que permite a utilização do sangue colhido em papel cartão no momento do nascimento e armazenado, durante muitos anos, sem maiores cuidados. Eles analisaram 40 amostras de sangue coletado há 13 anos de 20 recém-nascidos e foram capazes de identificar todos (um deles por exclusão) através de testes laboratoriais, em 24h, a um custo cinco vezes menor do que a técnica tradicional de análise de DNA.

No entanto, a utilização do DNA ainda é um procedimento demorado, que demanda sofisticados instrumentos laboratoriais, não é capaz de diferenciar gêmeos univitelinos, e é potencialmente invasivo, pois contém informações sobre predisposição à doenças, condição médica, raça e paternidade (BOLLE et al., 2003).

Dadas as limitações destes e de outros métodos de identificação, a idéia de se poder

utilizar a impressão dos dermatoglifos continua sendo muito atrativa, pois é um método não invasivo, de fácil e rápida aplicação, alta disponibilidade e aceitação, além de efetivamente utilizado há mais de 100 anos.

2.5.2 Identificação por Impressões Digitais

De acordo com Vaesken (2006), Juan Vucetich foi o primeiro a sugerir a identificação sistemática de recém-nascidos através de suas impressões digitais coletadas no momento do parto, em 1915. Galton (1899), entretanto, relata que foi consultado quanto à possibilidade de se coletar a impressão digital de bebês, para poder reconhecê-los caso fossem seqüestrados e recuperados passado algum tempo. Galton analisou as impressões digitais de um recém-nascido, inicialmente coletadas diariamente, e depois em intervalos maiores. Concluiu que as imagens obtidas de 9 dias de vida até 17 meses eram ilegíveis e não serviam para identificação, enquanto as impressões tomadas a partir dos 30 meses eram muito mais nítidas, e permitiam a identificação.

2.5.3 Identificação por Impressões Palmares

Morgan e Pauls apresentaram a técnica desenvolvida por Gilbert Pond^f (apud MORGAN; PAULS, 1939) para coleta de impressões palmares de recém-nascidos utilizando rolo e tinta. Eles argumentam que as impressões palmares são melhores porque a superfície plantar apresenta muitas linhas de flexão que acabam por encobrir ou esconder as cristas papilares. Para a coleta da impressão, a mão deve ser segurada aberta, entintada, e então, pressionada contra o papel. A pele deve estar limpa e seca, devendo-se remover o verniz caseoso entre as cristas papilares, preferencialmente em até 15 minutos após o nascimento. Esta remoção pode ser feita esfregando-se uma gaze seca ou, caso o verniz já tenha secado, com peróxido de hidrogênio e/ou benzina. Se a pele estiver muito úmida pode ser um pouco desidratada com álcool. Afirmam ser possível obter imagens legíveis das impressões palmares de recém-nascidos de termo e prematuros, desde que efetuadas por pessoal experiente. Não há, entretanto, análise objetiva das imagens e nem testes de emparelhamento para comprovar tal afirmação.

Não foram encontrados relatos posteriores sobre a utilização de impressões digitais ou palmares de recém nascidos, e a dificuldade de coletar estas impressões fez com que se optasse pela coleta de impressões plantares, o que passou a ser feito de forma rotineira, a partir do início do século XX, nas maternidades de diversos países (QUINTANILHA, 1933; VAESKEN, 2006).

^fPOND, G. P. *The Palm Print Method of Infant Identification*. Chicago: Physician's Record Company, 1938.

2.5.4 Identificação por Impressões Plantares

No Brasil, o Estatuto da Criança e do Adolescente (lei 8.069/90) estabelece no artigo 10º que:

“Os hospitais e demais estabelecimentos de atenção à saúde de gestantes, públicos e particulares, são obrigados a: ... II – identificar o recém-nascido mediante registro de sua impressão, plantar e digital e da impressão digital da mãe, sem prejuízo de outras formas normatizadas pela autoridade administrativa competente; ...”.

Atendendo à lei, ao nascimento é tomada a impressão plantar do recém-nascido, utilizando a técnica de Kakuda (1977) ou similar, com a impressão em tinta anexada ao prontuário médico. A técnica prevê que a superfície plantar do pé direito do recém-nascido seja inicialmente submetida à limpeza gentil com algodão embebido em substâncias lipossolúveis (benzina ou toluol). Posteriormente, deve ser aplicada à toda superfície plantar, desde o calcanhar até a extremidade dos artelhos, tinta pastosa apropriada para impressões digitais através de rolo tipográfico para obter distribuição uniforme da tinta. Papel específico (papel *couchet* ou papel acetinado) deve ser colocado em prancheta ou placa de acrílico para a tomada da impressão plantar do recém-nascido, colocado em decúbito dorsal sobre a mesa de recepção, segurando-se firmemente a perna do recém-nascido com os dedos polegar, médio, anular e mínimo, ao nível da região tíbio-társica, e o dedo indicador exercendo pressão sobre o dorso do pé, para que fique em extensão.

Entretanto, a utilização destas impressões plantares para fins de identificação é, na absoluta maioria dos casos, inviável devido a problemas de legibilidade. De acordo com diversos estudos (QUINTANILHA, 1933; CASTELLANOS, 1953; WIERSCHEM, 1965; SHEPARD; ERICKSON; FROMM, 1966; PELÁ; MAMEDE; TAVARES, 1975; THOMPSON et al., 1981; LOHNES, 1986; LOMUTO; DUVERGES, 1995; CAT, 2003), as principais causas para impressões plantares ilegíveis são:

- Utilização de materiais inadequados (tinta, rolo, papel);
- Falta de treinamento da equipe de saúde, inobservância ou desconhecimento dos procedimentos corretos de coleta;
- Pele coberta por verniz caseoso³;
- Reduzida espessura da epiderme do recém-nascido, o que deforma as cristas papilares ao contato, preenchendo os vales com tinta;

³Verniz caseoso: (*vernix caseosa*) substância gordurosa, que consiste de células epiteliais descamadas e substância sebácea, e recobre a pele do feto (STEDMAN, 1979).

- Reduzido tamanho das cristas papilares dos recém-nascidos, que são de 3 a 4 vezes menores do que em adultos.

Montgomery (1926) é o único autor encontrado que afirma conseguir impressões plantares com cristas papilares nítidas, utilizando uma técnica (não descrita) que dispensa o uso de tinta, desenvolvida pelo professor J. H. Mathews, da Universidade de Wisconsin. Ele coletou diversas impressões plantares de 191 recém-nascidos com idade variando de um a sete dias. A maioria das impressões obtida permitia uma nítida visualização das cristas papilares e sua classificação em categorias por ele criadas, embora alguns bebês (não menciona quantos) tinham impressões ilegíveis. Infelizmente, esta técnica de coleta não foi encontrada na revisão bibliográfica aqui realizada, de forma que não pôde ser avaliada. Também não foi encontrada nenhuma referência posterior a esta técnica.

Após o início do século XX, não se encontram novas pesquisas no sentido de obter boas impressões datiloscópicas de recém-nascidos. Todos os trabalhos limitam-se a avaliar ou melhorar a aquisição de impressões com tinta. Embora tenham surgido materiais especiais para coleta de impressões digitais de adultos (novas tintas, papéis especiais, sensores digitais, etc.), não foram encontrados estudos avaliando sua aplicabilidade ou eficácia em recém-nascidos. Há, assim, um grande hiato histórico no que tange publicações de pesquisas visando a identificação de recém nascidos.

Wierschem (1965) descreveu um estudo com impressões plantares de recém-nascidos efetuado pelo Departamento de Polícia de Chicago e pelo Conselho de Saúde de Chicago (EUA). Este estudo indicou que, quando o Departamento de Polícia avaliou as impressões plantares submetidas pela maioria dos hospitais de Chicago, 98% não serviam para identificação. Entretanto, em um segundo estudo, após a aquisição de material adequado e treinamento dos profissionais de saúde, as impressões plantares coletadas evidenciaram a possibilidade de identificação positiva em 99% dos casos. Esta identificação não se baseou em cristas papilares, mas sim nas linhas de flexão, que se alteram ao longo dos primeiros meses de vida do bebê.

Shepard, Erickson e Fromm (1966) coletaram impressões plantares de 51 recém-nascidos, uma ao nascimento e outra 5 ou 6 semanas depois, enviando as 102 impressões resultantes ao Departamento de Investigação Criminal e Identificação da Justiça Estadual da Califórnia (EUA) para análise. Lá, peritos em papiloscopia compararam as imagens e foram capazes de identificar apenas 10 bebês, resultando em aproximadamente 20% de impressões plantares identificáveis. Entretanto, a maioria dessas 20 impressões corretamente emparelhadas não era nítida o suficiente para permitir a emissão de um laudo judicialmente aceitável.

Gleason, em 1968, em carta ao editor da revista *Pediatrics*, relatou o caso em que um recém-nascido seqüestrado de um hospital no Texas (EUA) foi recuperado dois dias de-

pois e identificado positivamente graças às suas impressões plantares coletadas ao nascimento. Afirmou que as conclusões a que chegaram Shepard, Erickson e Fromm (1966) se deveram exclusivamente à coleta inapropriada de impressões plantares, conforme afirmação do chefe do Departamento de Investigação Criminal e Identificação, responsável pela análise das imagens daquele trabalho. Recomenda, assim, a continuidade da coleta de impressões plantares.

Não obstante, Gleason não considerou que a identificação positiva no caso do Texas ocorreu através da análise das linhas de flexão, que pouco se alteram em dois dias, mas não servem quando o intervalo de tempo entre as coletas é maior. Isto pode ter influenciado os resultados de Shepard, Erickson e Fromm (1966), uma vez que a segunda impressão plantar foi tomada de 5 a 6 semanas após o nascimento.

Quando questionada por Concklin a comprovar a possibilidade de coleta de boas impressões plantares diante da situação de estresse, e muitas vezes, de risco ao neonatal (CONCKLIN; GLEASON, 1969), Gleason respondeu que a devida técnica pode sim fornecer boas impressões plantares, e descreveu sucintamente como isto poderia ser feito. Citou o trabalho de Wierschem (1965), no qual se obteve bons resultados após o treinamento da equipe de saúde e uso do material adequado.

Alguns anos mais tarde, em 1973, Gleason voltou a abordar o tema da identificação neonatal, apresentando uma ficha de registro para o recém-nascido, na qual constavam suas informações e de sua mãe, bem como as duas impressões plantares e a impressão digital da mãe. Gleason fez recomendações quanto ao procedimento correto de coleta das impressões plantares, mas o principal método ainda utilizado para o controle durante o internamento é a colocação de pulseiras devidamente identificadas, na mãe e no recém-nascido.

Pelá, Mamede e Tavares (1975) avaliaram uma grande quantidade de impressões plantares a fim de verificar sua qualidade e utilidade para fins de identificação. Foram analisadas 1917 impressões coletadas durante um ano em uma maternidade de Ribeirão Preto (SP), e concluiu-se que 100% constituíam-se de borrões, dos quais 9,5% apresentavam vestígios de cristas papilares, insuficientes, entretanto, para a identificação dos recém-nascidos.

Em outro trabalho, Mamede, Pelá e Silveira (1978) avaliaram a eficácia do uso de cinco substâncias desengordurantes para a retirada do verniz caseoso antes da coleta da impressão plantar: benzina, metanol, éter etílico, toluol e clorofórmio. Das 205 impressões plantares analisadas quanto à legibilidade, apenas uma (0,49%) foi considerada ótima, 57,07% foram consideradas boas, 22,93% regulares e 19,51% péssimas ou borrões, indicando que o uso de substâncias desengordurantes produz melhores impressões. Das substâncias analisadas, a benzina e o toluol foram as que lograram melhor resultado para o desengorduramento do pé, sendo o metanol a menos recomendada. Concluíram que se deve utilizar uma substância desengordu-

rante antes do procedimento de coleta da impressão plantar.

Thompson et al. (1981) coletaram 100 impressões plantares de 20 recém-nascidos de termo em 5 maternidades, e verificaram que apenas 11% eram tecnicamente aceitáveis, e apenas uma impressão (1%) tinha os elementos necessários para uma identificação legal. Eles também coletaram impressões plantares de 20 bebês prematuros, pesando menos de 1500g ao nascimento. Diversas impressões de cada bebê foram adquiridas: ao nascimento e 4 a 8 semanas depois, e o melhor par foi escolhido para uma tentativa de emparelhamento, levando à conclusão de que nenhuma servia para fins de identificação. Das mais de 400.000 impressões plantares coletadas nestes 5 hospitais, desde que a coleta havia sido instituída como rotina, nenhuma foi utilizada para estabelecer a identidade de um recém-nascido, levando os autores a concluir que, apesar da importância da correta identificação dos recém-nascidos, a impressão plantar não serve para este fim e deveria ser abandonada por gerar um custo desnecessário.

Lohnes mencionou, em 1986, casos em que as linhas de flexão de impressões plantares de recém-nascidos foram utilizadas na solução de dúvidas de identidade. Mas estas linhas alteram-se durante as primeiras semanas de vida do bebê e podem ser utilizadas, no máximo, durante seu primeiro ano de vida. Recomendou, ainda, que as impressões sejam concentradas na região halucal e no do grande artelho, pois está ali a maior chance de se conseguir cristas papilares.

Na mesma linha, Burgess e Lanning (2003) analisou 119 casos de seqüestro de recém-nascidos nos EUA, dos quais 81 ocorreram em maternidades ou hospitais. Dos bebês recuperados, 25% foram positivamente identificados através de suas impressões plantares, quando retornaram ao hospital.

Lam e Lee (1997) enviaram questionários a 13 hospitais de Hong Kong sobre os métodos utilizados para a identificação de recém-nascidos. Todos utilizavam pulseiras como o principal método, e 12 hospitais também utilizavam impressões plantares. A fim de verificar sua validade, foram coletadas impressões plantares de 30 bebês, ao nascimento e após 48h, que foram enviados para peritos policiais para que estes fizessem o reconhecimento. Os peritos foram capazes de identificar 40% dos pares baseados nas linhas de flexão. Os peritos forneceram, então, treinamento e material adequado aos profissionais de saúde responsáveis, após o que o estudo foi repetido, com o diferencial de que se tomaram duas impressões plantares em cada seção. Desta vez os peritos foram capazes de identificar todos os 30 bebês, levando à conclusão de que impressões plantares podem ser utilizadas para identificação dos recém-nascidos, recomendando-se a tomada de duas impressões de cada vez.

Mas, de acordo com Cat (2003), que forneceu treinamento e material adequado aos profissionais responsáveis pela coleta de impressões plantares na maternidade do Hospital de

Clínicas da UFPR, avaliando posteriormente as 1145 impressões plantares de recém-nascidos colhidas no período da pesquisa:

Todo o tipo de inobservância da técnica preconizada foi encontrado, como papel inapropriado, utilização de tinta e almofada de carimbo de escritório, ausência de limpeza da superfície plantar, aplicação inadequada de tinta e aplicação inadequada da superfície plantar sobre o papel; gerando imagens com borramento e duplicidade de contornos.

O erro da tomada de impressões plantares é sistemático e crônico e fica evidente a falta de importância dada a este procedimento por todos os profissionais de saúde envolvidos no atendimento de recém-nascidos.

Das impressões plantares coletadas, apenas 49,91% apresentavam as linhas de flexão nítidas e sem borrões. E embora não haja informações quanto à presença de cristas papilares, é possível inferir que sua visualização ocorreu no máximo em uma pequena fração das melhores impressões.

É fato, portanto, que as impressões plantares coletadas atualmente não satisfazem os requisitos necessários para a identificação do recém-nascido, servindo apenas para satisfazer as demandas legais, ou dar uma falsa sensação de segurança aos pais da criança, que vêem na impressão plantar uma garantia de que seu bebê não foi trocado. Na realidade, a impressão constante no prontuário ou na carteirinha do bebê acaba por ser apenas mais uma “lembrancinha”, havendo casos em que a impressão de meninos é feita com almofada de carimbo azul, e de meninas com almofada vermelha.

Uma recente discussão por *email* entre pesquisadores na área de biometria⁴, mostrou que considera-se impossível obter impressões dos dermatoglifos (com cristas papilares visíveis) de recém-nascidos, devido à formação incompleta das cristas, sua fragilidade, e sua superfície estar coberta pelo verniz caseoso. Um pesquisador relata, inclusive, que trabalhou durante dois anos num projeto da empresa NEC⁵ para o desenvolvimento de um sistema automatizado de identificação de recém-nascidos, que foi abandonado por ser considerado inviável.

Desta forma, a grande maioria dos autores conclui que a coleta de impressões plantares não serve para propósitos de identificação, e que a aquisição destas impressões deveria ser abandonada pois apenas gera custos desnecessários. Muitos autores também afirmam que mesmo com pessoal altamente qualificado, bons materiais e técnica adequada, é impossível obter boas impressões plantares. A coleta efetuada nas melhores condições produz imagens nas quais é possível visualizar as linhas de flexão, mas não se obtém nitidez suficiente para analisar as cristas papilares. E como as linhas de flexão se alteram já durante o primeiro ano de vida do indivíduo, estas imagens não servem para a fins de identificação (SHEPARD; ERICKSON; FROMM, 1966).

⁴Grupo de Discussão do *Biometric Consortium* (biometrics@peach.ease.lsoft.com) em maio/2005.

⁵Página na internet: <http://www.nec.com/>

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 LOCAL DO ESTUDO

O estudo foi realizado na Maternidade do Hospital de Clínicas da Universidade Federal do Paraná e na Maternidade Vitor Ferreira do Amaral, em Curitiba – PR. A análise e processamento das imagens ocorreu nos laboratórios do Grupo de Pesquisas Imago, Departamento de Informática da UFPR, e parte dos testes de emparelhamento foi realizado nas dependências do Instituto de Identificação do Paraná (IIPR).

3.2 POPULAÇÃO DE ESTUDO

Foram sujeitos do estudo alguns recém-nascidos, das referidas maternidades, nascidos no período *P1* – de 07/02–16/03/2007; e *P2* – de 05–20/07/2007. Nos dias de coleta, todos os bebês satisfazendo os critérios de inclusão e exclusão tiveram suas impressões palmares e plantares tomadas, sendo que a coleta não ocorreu em todos os dias durante estes períodos, havendo interrupções.

3.3 CRITÉRIOS DE INCLUSÃO

Recém-nascidos de termo, saudáveis, com até 24h de vida, internados no Alojamento Conjunto das maternidades nos dias em que foram efetuadas as coletas.

3.4 CRITÉRIOS DE EXCLUSÃO

Foram excluídos recém-nascidos prematuros, neomortos ou natimortos, e com mais de 24h de vida no momento da primeira coleta.

3.5 PROTOCOLO DE ESTUDO

A metodologia de estudo consistiu de algumas etapas:

- a) Avaliação de métodos e equipamentos;
 - Tinta e papel;

- Sensores de Impressão Digital (Biopod e Hamster);
- Sensor FootScanAge;
- Escaneamento;
- Fotografia digital.

b) Desenvolvimento de um sensor;

- O sensor ImagoRnId consiste de uma máquina fotográfica digital, acoplada a um prisma de vidro, capaz de gerar imagens com resolução de 1400 *dpi*.

c) Coleta de impressões palmares e plantares;

- Foram coletadas impressões da mão e do pé direitos de recém-nascidos de termo;
- A pele nestas regiões foi lavada e umedecida antes da coleta;
- A coleta foi realizada em dois períodos de tempo, num intervalo de dois meses.

d) Análise das Imagens;

- Avaliação por três papiloscopistas;
- Avaliação de acordo com critérios de legibilidade.

e) Teste de emparelhamento.

- Em duas ocasiões, 30 pares de impressões palmares aleatoriamente numeradas foram entregues aos papiloscopistas, para que estes encontrassem os respectivos pares.

3.6 AVALIAÇÃO DE MÉTODOS DE COLETA DE IMPRESSÕES DATILOSCÓPICAS EM RECÉM-NASCIDOS

Foram efetuados alguns experimentos com diferentes equipamentos e materiais. Em todos experimentos, a superfície plantar e palmar dos recém-nascidos foi lavada com água e sabão antes da coleta, para a remoção do verniz caseoso (QUINTANILHA, 1933), mas não foram utilizadas substâncias desengordurantes (MAMEDE; PELÁ; SILVEIRA, 1978). Os recém-nascidos já haviam tomado o primeiro banho no momento da coleta.

3.6.1 Tinta e Papel

O primeiro método testado foi a coleta com tinta e papel, da qual participaram os papiloscopistas do IIPR, ajudando na escolha do material e na aplicação da metodologia correta para coleta da impressão. O material utilizado (Figura 17) consistiu de:

- Tinta *Perfect Print*¹,
- Papel Opaline 180g/m² (um papel relativamente espesso e liso),
- Rolo de borracha e prancheta de aço inox para espalhar a tinta,
- Prancheta para apoiar o papel na hora da coleta.

FIGURA 17: TINTA, PAPEL E ROLO PARA COLETA DE IMPRESSÕES PLANTARES DE RECÉM-NASCIDOS.



Fonte: autor.

Para a coleta foram efetuados os seguintes passos:

- a) Lavagem das mãos e os pés do bebê com água e sabão e posterior secagem;
- b) Colocação de uma gota de tinta na prancheta de aço espalhando-a uniformemente com o rolo;
- c) Aplicação da tinta com o rolo no pé do recém-nascido, sempre na mesma direção, do calcanhar para os dedos, tomando o cuidado de não colocar muita tinta;
- d) Imobilização firme do pé e impressão sobre o papel apoiado na prancheta, feita com todo o pé de uma vez, num movimento único, similar à ação de carimbar um papel.

3.6.2 Sensores de Impressão Digital

Foram testados dois sensores utilizados para aquisição de impressões digitais em adultos, um capacitivo e um ótico (Seção 2.3.1) ilustrados na Figura 18.

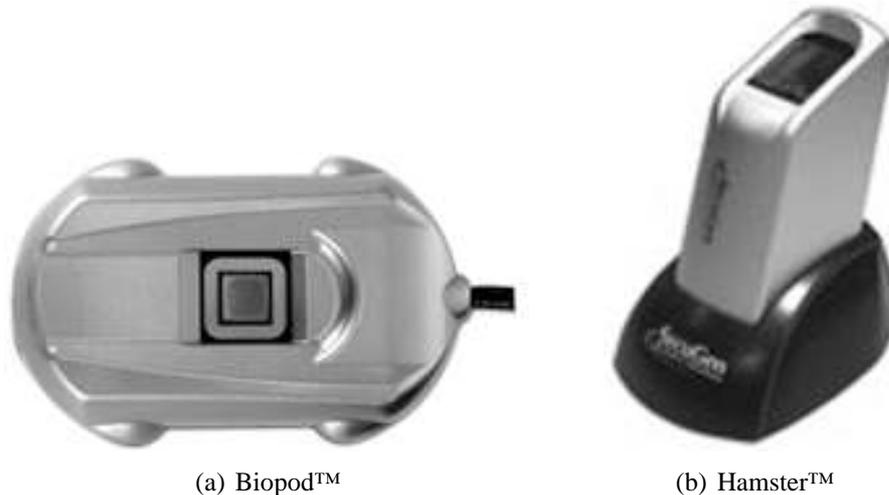
Biopod™ Sensor capacitivo produzido pela APC^{®2}, com área de captura de 12,5 × 12,5mm e resolução de 250 dpi.

¹Id do produto: PP-4T, www.identicatorinc.com

²Página na internet: <http://www.apc.com>

Hamster™ Sensor óptico baseado em FTIR produzido pela Nitgen^{®3}, com área de captura de $15 \times 20mm$ e resolução de 500 *dpi*.

FIGURA 18: SENSORES DE IMPRESSÃO DIGITAL TESTADOS EM RECÉM-NASCIDOS.



(a) Biopod™ (b) Hamster™
Fonte: (a) <http://www.apc.com>, (b) <http://www.nitgen.com>

O procedimento de coleta consistiu nos seguintes passos:

- a) Lavagem das mãos e dos pés do bebê com água e sabão, com posterior secagem dos mesmos;
- b) Limpeza da superfície do sensor com álcool 70%;
- c) Umedecimento da superfície a ser fotografada com uma gaze umedecida ou com um lenço umedecido, a fim de aumentar o contraste da imagem, uma vez que a pele dos recém-nascidos é muito seca.
- d) Posicionamento do pé/mão sobre a área de captura, disparando o sensor com transferência da imagem para o computador.

3.6.3 Sensor Ótico FootScanAge

A empresa Griaule^{®4} desenvolveu um sensor óptico baseado em FTIR (Seção 2.3.1.1) para o projeto FootScanAge⁵ (BELLON et al., 2005; CAT, 2003), consistindo de um prisma acoplado a uma máquina fotográfica digital, capaz de capturar a impressão plantar de recém-nascidos em uma área útil de $50 \times 80mm$ com uma resolução de 500 *dpi*. Este sensor, ilustrado na Figura 19, foi utilizado para a coleta de impressões plantares e palmares dos recém-nascidos, seguindo o mesmo procedimento de coleta descrito na Seção 3.6.2.

³Página na internet: <http://www.nitgen.com>

⁴Página na Internet: <http://www.griaule.com.br>

⁵Registro BANPESQ n° 2003012825, financiado pela FINEP (Edital MCT/FINEP/CT-INFO-01/2003 - Software Livre)

FIGURA 19: SENSOR FOOTSCANAGE PARA IMPRESSÕES PLANTARES DE RECÉM-NASCIDOS.



Fonte: autor.

3.6.4 Escaneamento

A fim de obter imagens de alta resolução, utilizou-se um *scanner* de mesa capaz de adquirir imagens de até 2400 *dpi*. O procedimento de coleta consistiu em:

- a) Lavagem dos pés do bebê com água e sabão, com posterior secagem dos mesmos;
- b) Limpeza da superfície do *scanner* com álcool 70%;
- c) Posicionamento do pé/mão sobre a área de captura, segurando-os firmemente durante o tempo de aquisição e transferência da imagem para o computador.

3.6.5 Fotografia Digital

Também foi testada a fotografia direta da planta do pé. Para tal utilizou-se uma câmera digital de 8 *megapixels* com uma lente que permitia a aproximação a até 30mm do sujeito. Foi utilizado um *flash* circular para prover a iluminação correta, e também desenvolvido um sistema de iluminação circular com LEDs. As fotos foram tiradas com uma pessoa segurando o pé do bebê e outra manuseando o equipamento fotográfico.

Os testes com fotografia direta não apresentaram bons resultados, com dificuldades na focalização das cristas papilares, especialmente devido à impossibilidade de imobilizar a mão/pé do recém-nascido e de prover uma iluminação correta.

3.7 DESENVOLVIMENTO DO SENSOR ImagoRnId PARA RECÉM-NASCIDOS

Foi desenvolvido um sensor ótico baseado em FTIR (vide Figura 9), denominado ImagoRnId, consistindo de uma máquina fotográfica digital de 8 *megapixels*, com uma lente supermacro, capaz de fotografar objetos a 30mm da lente, acoplada a um prisma de vidro óptico através de uma estrutura de acrílico (Figura 20).

FIGURA 20: SENSOR ÓTICO IMAGO RnID DESENVOLVIDO PARA CAPTURA IMPRESSÕES PLANTARES E PALMARES DE RECÉM-NASCIDOS.



Fonte: autor.

A iluminação é provida por uma matriz de LED distante 50mm do prisma, sendo que a luz é tornada difusa através da colocação de uma camada de papel vegetal entre a fonte de luz e o prisma. O foco é ajustado automaticamente pela câmera. O tempo de captura de cada impressão é de aproximadamente 1s, incluindo o tempo necessário para o auto-foco.

O sensor ImagoRnId é capaz de gerar imagens de aproximadamente 1400 *dpi*, para uma área de captura de 35 × 45mm. As imagens são armazenadas na memória da máquina fotográfica e posteriormente transferidas para o computador.

3.8 COLETA DE IMPRESSÕES PALMARES E PLANTARES COM O SENSOR ImagoRnId

Impressões palmares e plantares dos recém-nascidos foram coletadas durante as primeiras 24h de vida (*T24h*), e novamente antes de os bebês completarem 48h (*T48h*) nos períodos *P1* e *P2* (vide Seção 3.2). Os bebês já haviam tomado o primeiro banho.

A cada coleta, duas imagens da palma da mão direita e duas da planta do pé direito

foram obtidas, havendo o cuidado de limpar a superfície do sensor com álcool 70% após a coleta de cada imagem, a fim de remover resquícios do contato no vidro, bem como forçar um reposicionamento da mão ou do pé.

O procedimento de coleta consistiu nos seguintes passos:

- a) Lavagem das mãos e os pés do bebê com água e sabão, com posterior secagem dos mesmos;
- b) Limpeza da superfície do sensor com álcool 70%;
- c) Umedecimento da superfície a ser fotografada com uma gaze umedecida ou com um lenço umedecido, a fim de aumentar o contraste da imagem, uma vez que a pele dos recém-nascidos é muito seca;
- d) Para coletar a impressão palmar, posicionamento do recém-nascido em decúbito lateral com o lado direito para cima e o sensor posicionado na altura de sua mão, com o braço estendido;
- e) Para coletar a impressão plantar, posicionamento do bebê em decúbito dorsal com o sensor posicionado na altura do pé, com o joelho flexionado;
- f) Posicionamento da mão ou o pé sobre a área de captura, disparando a câmera fotográfica;
- g) Transferência das imagens para o computador, após preenchimento do espaço disponível no cartão de memória;
- h) Processamento das imagens pelo programa responsável pela remoção da distorção trapezoidal (Apêndice A).

3.9 ANÁLISE DAS IMAGENS

3.9.1 Avaliação dos Papiloscopistas

As impressões palmares e plantares foram avaliadas por três papiloscopistas do IIPR, que escolheram a melhor dentre as quatro impressões palmares, e a melhor dentre as quatro impressões plantares de cada recém-nascido, classificando-as em uma de três categorias:

- Boa: a imagem apresenta minúcias suficientes para a identificação e emissão de laudo;
- Média: a imagem permite identificação, mas não apresenta minúcias suficientes para emissão de laudo;
- Ruim: a imagem não serve para identificação.

Esta avaliação ocorreu em duas ocasiões: a primeira (A1), foi realizada logo após o período *P1*, e incluiu as impressões coletadas neste período. A segunda avaliação (A2) foi realizada logo após o período *P2*, e incluiu todas as impressões, tanto as coletadas em *P1*, quanto as coletadas em *P2*. Desta forma, as imagens obtidas em *P1* foram avaliadas duas vezes, pelos mesmos papiloscopistas, a fim de se determinar o grau de subjetividade da avaliação qualitativa. As impressões obtidas em *P2* foram avaliadas apenas uma vez.

3.9.2 Avaliação pelos Critérios de Legibilidade

A avaliação feita pelos papiloscopistas utilizou critérios considerados muito subjetivos e, por essa razão, optou-se por avaliar cada impressão palmar e plantar utilizando os critérios definidos por Mamede, Pelá e Silveira (1978), que avaliaram a região halucal e o primeiro artelho de impressões plantares.

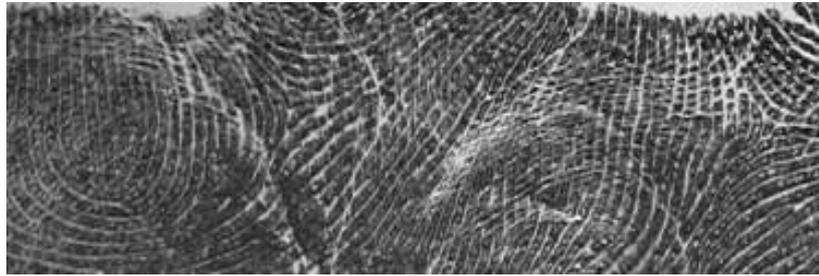
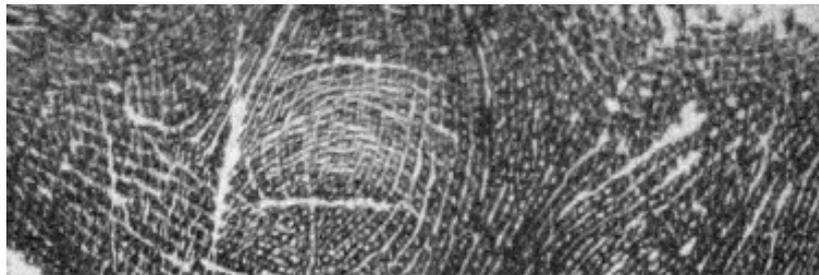
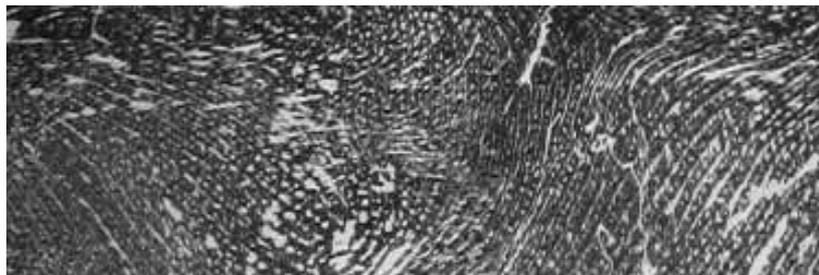
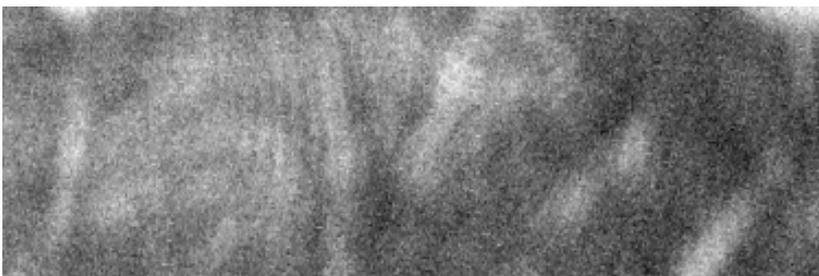
Cada impressão palmar e plantar foi avaliada simultaneamente por dois observadores, que visualizaram as imagens diretamente na tela do computador, ampliando-as quando necessário. Nas impressões palmares foram consideradas as regiões interdigitais, e nas impressões plantares foram consideradas as regiões interdigitais e a região halucal. O primeiro artelho não foi avaliado por não estar presente na maioria das impressões plantares. O critério de avaliação utilizado foi o seguinte:

- Ótima: a) Quando se identifica a(s) figura(s) ou forma(s) (arco, presilha ou verticilo); b) identifica-se a disposição das linhas dermatoglíficas; c) localizam-se o(s) trirrádio(s); e d) identificam-se os pontos característicos ou minúcias [Figura 21(a)].
- Boa: a) Quando se identifica a(s) figura(s) ou forma(s); b) identifica-se a disposição das linhas dermatoglíficas; e c) localizam-se o(s) trirrádio(s) [Figura 21(b)];
- Regular: a) Quando se identifica a(s) figura(s) ou forma(s) e b) identifica-se a disposição das linhas dermatoglíficas; ou c) localizam-se o(s) trirrádio(s) [Figura 21(c)];
- Péssima: Quando se identificam as linhas dermatoglíficas [Figura 21(d)];
- Borrão: Não se identifica nada [Figura 21(e)].

3.10 TESTE DE EMPARELHAMENTO

O teste de emparelhamento consistiu na numeração aleatória de impressões plantares coletadas em dias subseqüentes (*T24h* e *T48h*), que foram então impressas e entregues aos papiloscopistas, para que eles encontrassem os respectivos pares. Este teste foi efetuado por

FIGURA 21: EXEMPLO DAS CLASSIFICAÇÕES DE LEGIBILIDADE DA IMPRESSÃO PALMAR.

(a) *Ótima*(b) *Boa*(c) *Regular*(d) *Péssima*(e) *Borrão*

Fonte: autor.

Nota: imagens ampliadas oito vezes.

duas vezes, com conjuntos distintos de imagens, primeiro logo após o período *P1*, e novamente após o período *P2*. As imagens também foram disponibilizadas em formato eletrônico para comparação na tela do computador.

Para o emparelhamento ocorrido após *P1* foram selecionadas as duas melhores impressões palmares de cada recém-nascido (considerando critérios de nitidez e posicionamento da mão no sensor), uma de *T24h* e outra de *T48h*, que foram aleatoriamente numeradas e entregues aos papiloscopistas. Estas impressões palmares foram incluídas no Apêndice B (pág. 73–102).

Para o emparelhamento ocorrido após *P2*, as impressões palmares de 30 recém-nascidos aleatoriamente selecionados (duas *T24h* e duas *T48h*) foram utilizadas, sendo que as imagens foram aleatoriamente numeradas de 1 a 60 (*1a, 1b, 2a, 2b, ..., 60a, 60b*). As duas impressões tomadas num mesmo dia (*T24h* ou *T48h*), de um mesmo recém-nascido, receberam o mesmo número, sendo diferenciadas pela letra *a* e *b*.

3.11 ÉTICA EM PESQUISA

O projeto intitulado “FootScanId: Um Sistema Digital para Identificação de Recém-nascidos” foi encaminhado ao Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos, sob protocolo CEP: 1055.093/2005-06, CAAE: 0067.0.208.000-05, e aprovado no dia 25 de junho de 2005 (Anexo A).

3.12 FOMENTOS, FINANCIAMENTOS E PARCERIAS

A CAPES financiou parcialmente a pesquisa através da concessão de bolsa de doutorado ao autor. A compra do material e equipamentos foi financiada em parte pelo CNPq⁶, e principalmente pelo projeto FINEP *FootScanId*⁷, coordenado pela Prof^a. Dra. Olga Regina Pereira Bellon, professor adjunto do Departamento de Informática da UFPR. A Universidade Federal do Paraná, através dos Departamentos de Informática e de Pediatria é a executora do projeto. O Hospital de Clínicas é parceiro, fornecendo suporte médico e de enfermagem, e acesso aos recém-nascidos de sua maternidade. E a Secretaria de Segurança Pública do Estado do Paraná entrou na parceria através do Instituto de Identificação do Paraná, que disponibilizou os papiloscopistas Ademir J. Menegazzo, Márcia L.H. Thomaz e Vivian C. Ruzik para auxiliarem na coleta e avaliação das imagens.

⁶Edital Universal do CNPq 19/2004.

⁷Chamada Pública MCT/ Finep/ CT-INFO – Software 01/2005, projeto intitulado “FootScanId: Um Sistema para Identificação de Bebês”.

3.13 PEQUISA BIBLIOGRÁFICA

A pesquisa bibliográfica foi realizada utilizando principalmente as seguintes bases indexadoras de artigos:

- PubMed: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/sites/entrez/>;
- Bireme: <http://www.bireme.br/>;
- JSTOR: <http://www.jstor.org/>;
- Science Direct: <http://www.sciencedirect.com>;
- IEEEExplore: <http://ieeexplore.ieee.org/>;
- SPIE Digital Library: <http://spiedl.org/>;
- Google: <http://www.google.com/> e <http://scholar.google.com/>;
- Citeseer: <http://citeseer.ist.psu.edu/>.

As buscas nestas bases foram realizadas com diversas combinações dos seguintes termos principais:

- Impressão digital, impressão palmar, impressão plantar ou podoscópica, dermatoglifo, dactiloscopia, *fingerprint* ou *finger print*, *footprint* ou *foot print*, *palmprint* ou *palm print*, *dermatoglyph(ic)*, *dactiloscopia*;
- Recém-nascido, neonato ou neonatal, *newborn* ou *newly born*, *infant*;
- Identificação, reconhecimento, *identification*, *recognition*;
- Verniz caseoso, *vérnix caseosa*;
- *Fingerprint formation*, *volar pad*;
- *Trapezoidal distortion*, *FTIR*, *image distortion*;

3.14 ANÁLISE ESTATÍSTICA

A análise dos dados foi realizada de forma observacional e exploratória, não sendo aplicados testes estatísticos.

4 RESULTADOS

4.1 AVALIAÇÃO DE MÉTODOS DE COLETA DE IMPRESSÕES DATILOSCÓPICAS EM RECÉM-NASCIDOS

4.1.1 Tinta e Papel

Foram coletadas diversas impressões plantares de recém-nascidos no Alojamento Conjunto e na UTI Neonatal do Hospital de Clínicas – UFPR. A Figura 22 ilustra duas impressões plantares consecutivas, tomadas do pé direito de um mesmo recém-nascido. São impressões bastante nítidas, sem borrões, nas quais é possível visualizar as linhas de flexão, mas não se obtém um detalhamento suficiente para permitir a visualização das cristas papilares.

FIGURA 22: IMPRESSÕES PLANTARES CONSECUTIVAS DO PÉ DIREITO DE UM MESMO RECÉM-NASCIDO, OBTIDAS COM TINTA E PAPEL.

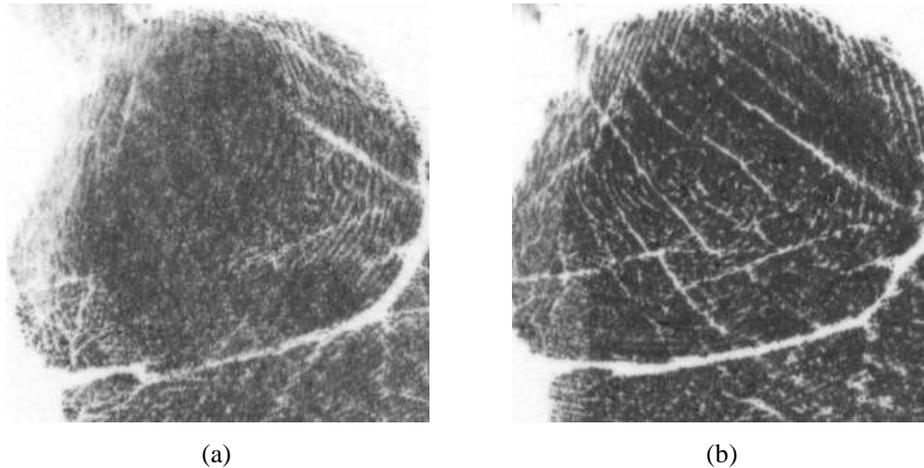


Fonte: autor.

Nota: imagem ampliada 1,5 vezes.

A Figura 23 mostra a região halucal de cada uma das impressões da Figura 22. É possível identificar algumas cristas papilares, o que raramente ocorre nas imagens com tinta tiradas no dia-a-dia da maternidade. Mas há muito pouca coincidência entre as cristas visíveis nas duas imagens, evidenciando a difícil reprodutibilidade do método de impressão com tinta.

FIGURA 23: REGIÃO HALUCAL DAS IMPRESSÕES PLANTARES DA FIGURA 22, MOSTRANDO ALGUMAS CRISTAS PAPILARES, RARAMENTE VISÍVEIS EM IMPRESSÕES TOMADAS COM TINTA E PAPEL.



Fonte: autor.

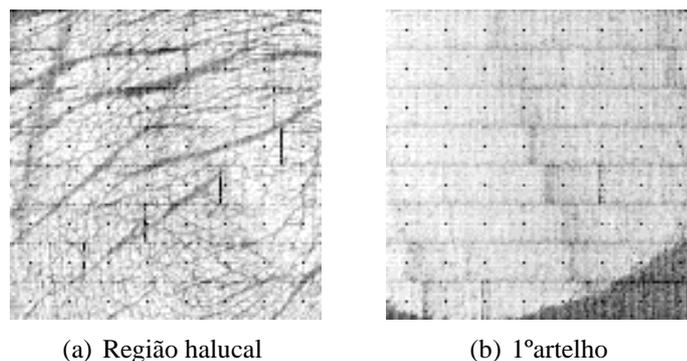
Nota: imagem ampliada cinco vezes.

Não foram efetuados testes com a palma das mãos devido à dificuldade de entintamento e correta impressão em papel, uma vez que os recém-nascidos mantêm a mão cerrada.

4.1.2 Sensores de Impressão Digital

O sensor Biopod™ possui apenas uma pequena área de captura, e foi testado em quatro recém-nascidos de termo. Foram tomadas imagens da região halucal e do primeiro artelho, exemplificadas na Figura 24. Na região halucal pode-se ver as linhas de flexão mas em nenhuma é possível diferenciar cristas papilares.

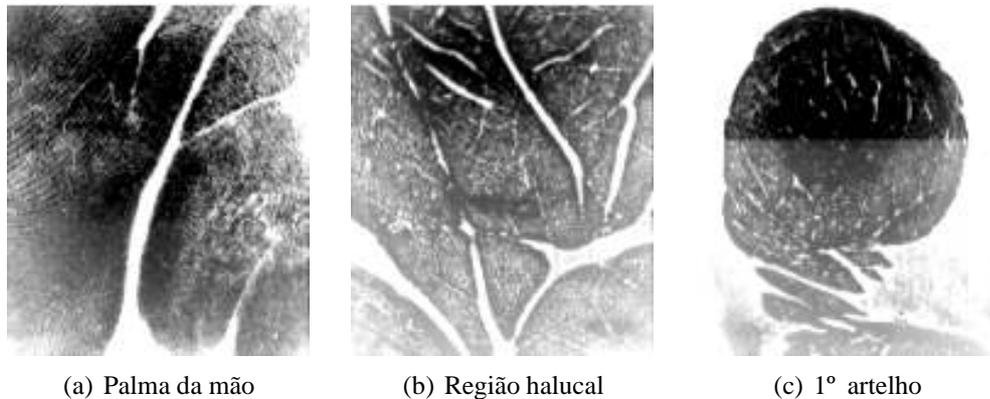
FIGURA 24: REGIÃO HALUCAL E 1º ARTELHO DE UM RECÉM-NASCIDO, OBTIDOS COM O SENSOR BIOPOD™.



Fonte: autor.

O sensor Hamster™ produz imagens de melhor qualidade, por utilizar um sistema ótico e possuir uma resolução de 500 *dpi*, mas não permite a visualização nítida de cristas papilares. Este sensor foi testado na palma da mão (região interdigital I), região halucal e no primeiro artelho de sete recém-nascidos, com diferentes substâncias umectantes (água, óleo e gel), e com diferentes configurações de iluminação. A Figura 25 é um exemplar das melhores imagens obtidas em cada uma destas regiões, e mostra claramente as linhas de flexão, inclusive com maior nitidez do que no sensor Biopod™, mas não permite a visualização das cristas papilares.

FIGURA 25: PALMA DA MÃO, REGIÃO HALUCAL E 1º ARTELHO DE UM RECÉM-NASCIDO, OBTIDOS COM O SENSOR HAMSTER™.



Fonte: autor.

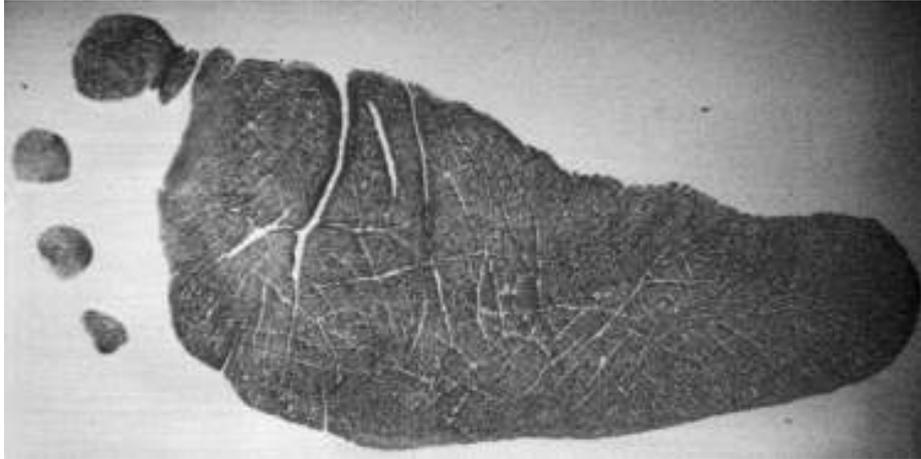
4.1.3 Sensor Ótico FootScanAge

O sensor FootScanAge foi utilizado em diversos recém-nascidos, para a coleta de impressões plantares, no âmbito do projeto FootScanAge de determinação da idade gestacional. As imagens obtidas com este sensor (Figura 26) mostraram-se semelhantes às melhores obtidas com papel e tinta em termos de definição, ou seja, mostram nitidamente as linhas de flexão, mas não possibilitam a visualização dos dermatoglifos.

Durante o uso, o sensor apresentou problemas de focalização, pois a máquina digital utilizada não permite a fixação adequada do foco, e problemas de deslocamento da imagem, pois a câmera se desloca por não estar apropriadamente afixada à estrutura. Além disso, o sensor é muito grande para ser manuseado, de forma que deve ficar sobre uma mesa, e o recém-nascido precisa ser levado até o sensor, segurado no colo, para então ter sua mão ou pé posicionado sobre a superfície de vidro. Esta operação torna-se especialmente delicada para prematuros.

Não obstante, a coleta das impressões desta forma é muito mais fácil e rápida do que no método com tinta, pois não é necessário entintar o pé do recém-nascido, nem se corre o risco de borrar a imagem. Além disso, é possível obter imagens da palma das mãos, uma vez que

FIGURA 26: IMPRESSÃO PLANTAR DE UM RECÉM-NASCIDO OBTIDA PELO SENSOR FOOTSCANAGE.



Fonte: autor.

esta fica apoiada, com os dedos abertos sobre o vidro.

4.1.4 Escaneamento

As Figuras 27(a) e 27(b) mostram, respectivamente, uma parte da região interdigital da palma da mão da planta do pé de um recém-nascido, escaneados por um *scanner* de mesa com uma resolução de 1200 *dpi*. Nelas, é possível observar as cristas papilares, comprovando que elas estão de fato visíveis na epiderme.

FIGURA 27: (a) DETALHE DA REGIÃO INTERDIGITAL DA PALMA DA MÃO E (b) DA PLANTA DO PÉ DE UM RECÉM-NASCIDO, ESCANEADA A 1200 *dpi*.



(a)



(b)

Fonte: autor.

A dificuldade de visualização das cristas nestas imagens deve-se ao seu baixo contraste, e não à falta de resolução. O baixo contraste é típico de qualquer escaneamento direto das

superfícies volares (também em adultos), razão pela qual os sensores de impressão digital geralmente utilizam-se do fenômeno de reflexão total (FTIR). A pressão que tem de ser aplicada sobre a mão ou pé do recém-nascido, para mantê-lo imobilizado, causa o esvaziamento dos vasos sanguíneos superficiais da pele, reduzindo ainda mais o contraste entre cristas e vales.

Outro problema com a utilização de *scanners* é o tempo necessário para a obtenção da imagem: o processo de escaneamento em altas resoluções leva mais de 2 minutos, tempo durante o qual o bebê não pode mover sua mão ou seu pé, sob pena de corromper a imagem.

4.2 SENSOR ImagoRnId

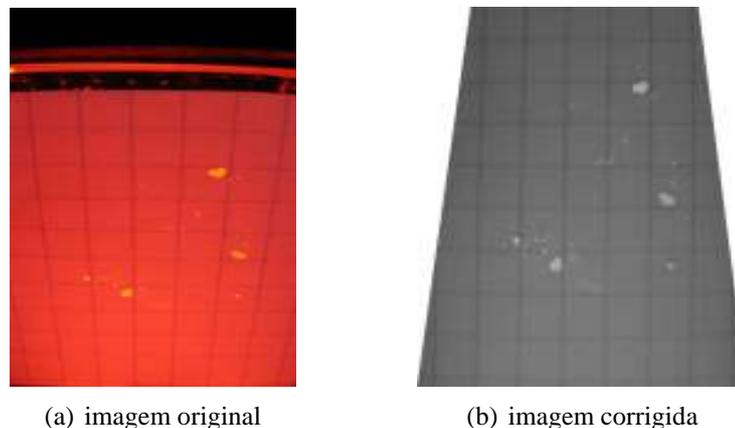
4.2.1 Correção da Distorção Trapezoidal

As imagens adquiridas com o sensor ImagoRnId apresentam uma distorção trapezoidal, típica dos sensores FTIR, conforme mencionado na Seção 2.3.1.1. A fim de corrigir esta distorção e recortar da imagem apenas a região de interesse, foi desenvolvido um programa de computador (Apêndice A) baseado em técnicas de correção de distorção de imagens (HARRINGTON, 1987; ROGERS; ADAMS, 1990).

A imagem obtida pelo sensor possui 1704 *pixels* de largura e 2272 *pixels* de altura. São então removidas algumas linhas da imagem, a fim de eliminar regiões de ruído do sensor, e ela é processada para correção da distorção, resultando em uma imagem de 2154×2514 *pixels*.

Os parâmetros necessários para a correção da distorção trapezoidal (escala, rotação, etc.), são ajustados empiricamente com o auxílio de um papel quadriculado, com quadrados de mesmo tamanho, posicionado de maneira que as linhas estejam paralelas às bordas do sensor. Conforme se pode ver na Figura 28(a), a imagem original do papel quadriculado mostra as distorções. Ao processar esta imagem, deixando todos os quadrados do padrão quadriculado com a mesma altura e largura, obtém-se uma imagem livre de distorções [Figura 28(b)].

FIGURA 28: PADRÃO QUADRICULADO UTILIZADO NA CORREÇÃO DA DISTORÇÃO TRAPEZOIDAL.



Fonte: autor.

4.2.2 Características das Imagens Adquiridas com o Sensor ImagoRnId

As características das imagens produzidas pelo sensor ImagoRnId, após remoção de regiões com ruído e correção da distorção trapezoidal, consistiram de:

- a) Área: $35 \times 45\text{mm}$;
- b) Resolução: 1400 dpi , ou $61,5 \times 56\text{ pixels/mm}$;
- c) Número de *pixels*: $2154 \times 2514\text{ pixels}$;
- d) *Pixels* por crista papilar: aproximadamente 15 pixels de uma crista papilar à outra;
- e) Tamanho: $1,6\text{ megabytes (MB)}$.

4.3 COLETA DE IMPRESSÕES PALMARES E PLANTARES COM O SENSOR ImagoRnId

O sensor ImagoRnId foi testado na aquisição de impressões palmares e plantares de recém nascidos em dois períodos:

Período P1: foram coletadas impressões palmares e plantares de 30 recém-nascidos de termo na maternidade do Hospital de Clínicas, totalizando 120 impressões palmares (duas em $T24h$ e duas em $T48h$ para cada bebê), e 120 impressões plantares. Destas imagens, 12 impressões palmares e 12 impressões plantares, de 6 recém-nascidos, obtidas em $T48h$, foram perdidas devido a um problema na memória da câmera, restando portanto 108 impressões plantares e 108 impressões palmares.

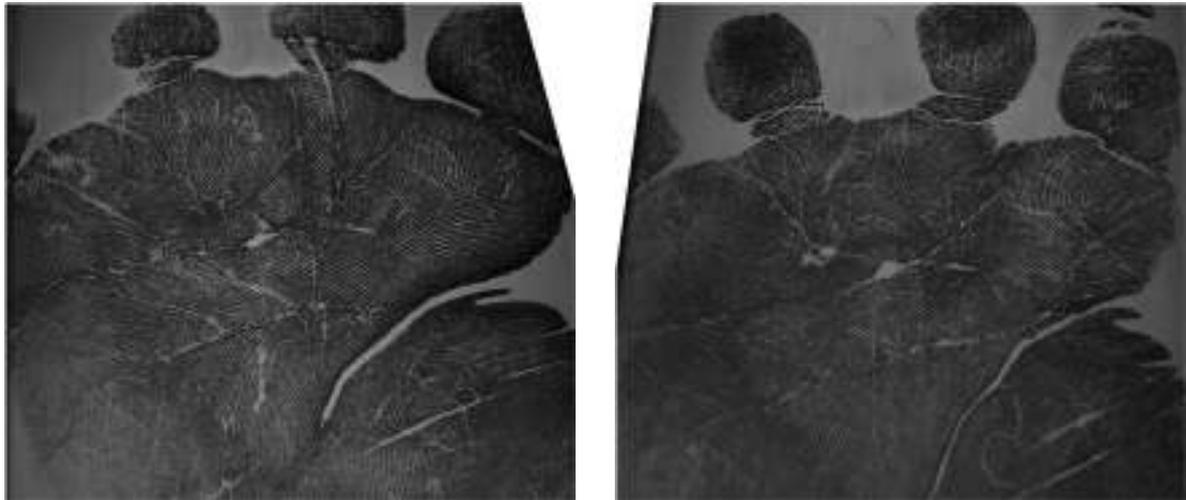
Período P2: foram coletadas impressões palmares e plantares de 50 recém-nascidos na maternidade do Hospital de Clínicas e de 26 recém-nascidos na maternidade Victor Ferreira do Amaral, totalizando 76 recém-nascido, 304 impressões palmares (duas em $T24h$ e duas em $T48h$ para cada bebê), e 304 impressões plantares.

As impressões palmares e plantares foram armazenadas na sua forma original, e também após a correção da distorção trapezoidal, sendo que apenas estas últimas foram utilizadas.

4.3.1 Impressões Palmares

A Figura 29 mostra duas impressões palmares, tiradas em $T24h$ e $T48h$ de um mesmo recém-nascido, e avaliadas como *Ótimas* de acordo com os critérios de legibilidade estabelecidos na Seção 3.9.2. A Figura 30 é uma ampliação da região interdigital destas duas impressões, e permite uma melhor visualização dos dermatoglifos.

FIGURA 29: IMPRESSÕES PALMARES DE UM RECÉM-NASCIDO COLETADAS EM DIAS SUBSEQUENTES.



(a) *T24h*

(b) *T48h*

Fonte: autor.

Nota: imagem ampliada 2,5 vezes.

FIGURA 30: AMPLIAÇÃO DA REGIÃO INTERDIGITAL DAS IMPRESSÕES PALMARES NA FIGURA 29.



(a) *T24h*



(b) *T48h*

Fonte: autor.

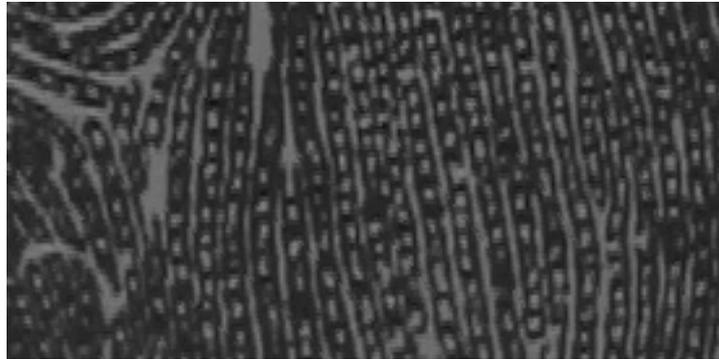
Nota: imagem ampliada cinco vezes.

As imagens possuem o alto contraste tipicamente obtido pelos sensores FTIR, sendo possível identificar os quatro trirádios que separam as regiões interdigitais, e os desenhos formados pelas cristas papilares nestas regiões.

Numa ampliação ainda maior (Figura 31), é possível observar cristas papilares bem

definidas e inclusive os poros, com uma qualidade de imagem equivalente à obtida para impressões digitais de adultos, nos melhores sensores disponíveis no mercado.

FIGURA 31: CRISTAS PAPILARES E POROS NÍTIDOS NUMA IMPRESSÃO PALMAR DE UM RECÉM-NASCIDO.



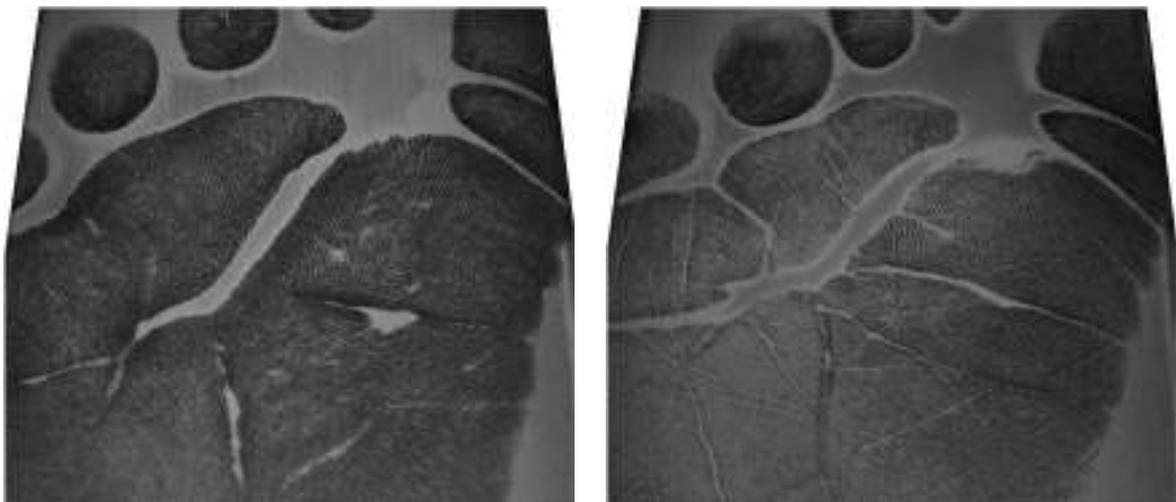
Fonte: autor.

Nota: imagem ampliada vinte vezes.

4.3.2 Impressões Plantares

A Figura 32 mostra duas impressões plantares tiradas em *T24h* e *T48h* do pé direito de um mesmo recém-nascido, também avaliadas como *Ótimas*, de acordo com os critérios estabelecidos na Seção 3.9.2. A Figura 33 é uma ampliação da região interdigital destas duas impressões, e permite uma melhor visualização dos dermatoglifos na região halucal.

FIGURA 32: IMPRESSÕES PLANTARES DE UM RECÉM-NASCIDO COLETADAS EM DIAS SUBSEQUENTES.



(a) *T24h*

(b) *T48h*

Fonte: autor.

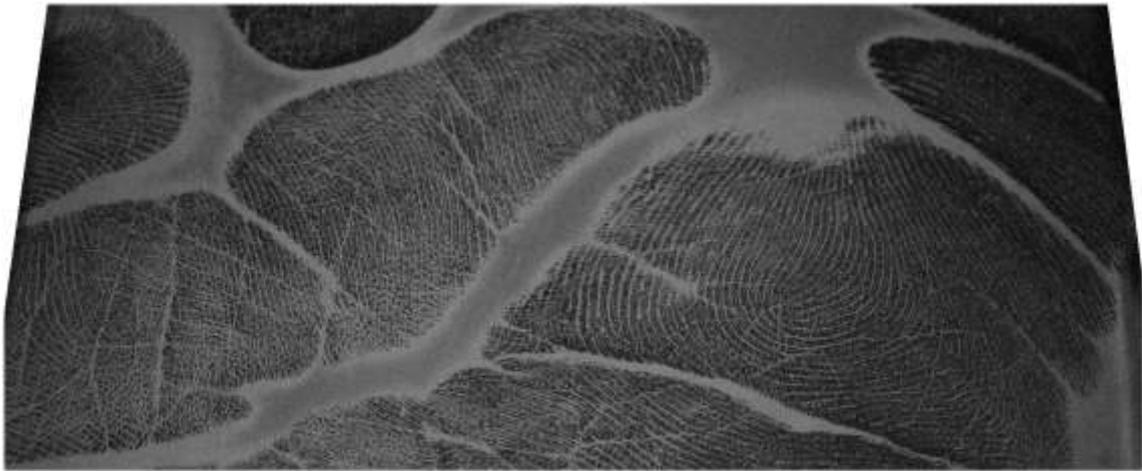
Nota: imagem ampliada 2,5 vezes.

As impressões plantares não incluem o primeiro artelho, concentrando-se nas regiões

FIGURA 33: AMPLIAÇÃO DA REGIÃO INTERDIGITAL DAS IMPRESSÕES PLANTARES DA FIGURA 29.



(a) *T24h*



(b) *T48h*

Fonte: autor.

Nota: imagem ampliada cinco vezes.

interdigitais e halucal. Pode-se observar que a região halucal é bastante nítida, mas as outras regiões interdigitais não apresentam a mesma qualidade. Além disso, é grande a área “perdida” devido às linhas de flexão, especialmente se comparadas às impressões palmares.

4.3.3 Problemas na Coleta

As imagens apresentadas nas Seções anteriores são exemplos de boas impressões obtidas com o sensor. Mas algumas imagens apresentaram problemas devido à limitações do sensor ou a erro no procedimento de coleta. Os principais problemas encontrados foram: problemas de foco, posicionamento incorreto, pressão excessiva ou insuficiente e umidade excessiva ou insuficiente.

Das 412 impressões palmares coletadas, 5 (1,2%) apresentaram problemas de foco, 21 (5%) estavam mal posicionadas, 6 (1,4%) foram incorretamente pressionadas, e 4 (1%)

estavam excessivamente úmidas. A Figura 34 mostra um exemplo de cada um dos problemas mencionados.

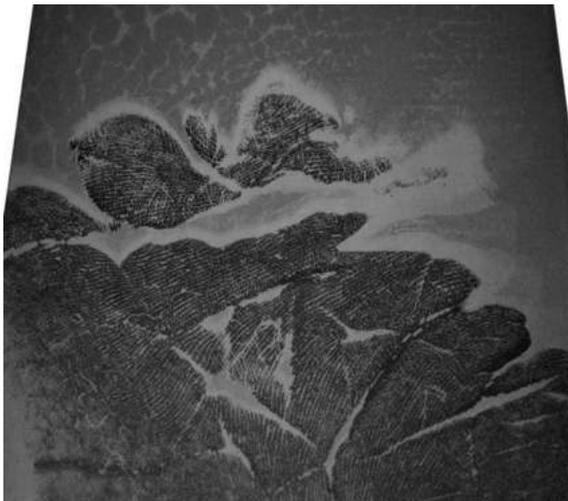
FIGURA 34: PROBLEMAS MAIS COMUNS COM IMPRESSÕES PALMARES.



(a) Foco



(b) Posicionamento



(c) Pressão



(d) Excesso de umidade

Fonte: autor.

Nota: imagem ampliada duas vezes.

4.4 ANÁLISE DAS IMPRESSÕES PALMARES E PLANTARES

4.4.1 Avaliação pelos Papiloscopistas

A melhor impressão palmar e plantar de cada recém-nascido foi classificada por três papiloscopistas, na avaliação A2, de acordo com os critérios estabelecidos na Seção 3.9.1, e o resultado é apresentado na Tabela 2.

A melhor impressão palmar e plantar de cada recém-nascido, coletada no período P1, foi classificada por duas vezes, nas avaliações A1 e A2, de acordo com os critérios descritos na

TABELA 2: AVALIAÇÃO A2 DA MELHOR IMPRESSÃO PLANTAR E PALMAR DE CADA RECÉM-NASCIDO.

QUALIDADE DAS IMPRESSÕES	2ª AVALIAÇÃO (A2)			
	PALMARES		PLANTARES	
Boa	18	17,0%	30	28,3%
Média	36	34,0%	34	32,1%
Ruim	52	49,0%	42	39,6%
Total	106	100,0%	106	100,0%

Seção 3.9.1. O resultado das duas classificações mostrou-se bastante discrepante, e é apresentado na Tabela 3.

TABELA 3: AVALIAÇÕES A1 E A2 DA MELHOR IMPRESSÃO PALMAR E PLANTAR DE CADA RECÉM-NASCIDO, COLETADA EM P1.

QUALIDADE DAS IMPRESSÕES	1ª AVALIAÇÃO (A1)				2ª AVALIAÇÃO (A2)			
	PALMARES		PLANTARES		PALMARES		PLANTARES	
Boa	19	63,3%	13	43,3%	4	13,3%	9	30,0%
Média	9	30,0%	5	16,7%	11	36,7%	10	33,3%
Ruim	2	6,7%	12	40,0%	15	50,0%	11	36,7%
Total	30	100,0%	30	100,0%	30	100,0%	30	100,0%

4.4.2 Avaliação pelos Critérios de Legibilidade

Todas impressões palmares e plantares foram avaliadas e classificadas de acordo com os critérios de legibilidade descritos na Seção 3.9.2. Considerando-se apenas a melhor impressão dentre as duas coletada em $T24h$ (que seriam as impressões existentes caso o procedimento fosse implementado na sala de parto), obteve-se o resultado apresentado na Tabela 4.

TABELA 4: AVALIAÇÃO DA LEGIBILIDADE DA MELHOR IMPRESSÃO PALMAR E PLANTAR COLETADA EM $T24h$.

QUALIDADE DAS IMPRESSÕES	PALMARES		PLANTARES	
	Ótima	25	23,6%	14
Boa	56	52,8%	22	20,8%
Regular	12	11,3%	61	57,5%
Péssima	13	12,3%	9	8,5%
Borrão	0	0,0%	0	0,0%
Total	106	100,0%	106	100,0%

Ainda considerando as mesmas impressões (melhores de $T24h$), foram encontrados em média $1,65 \pm 1,4$ trirrádios, e $1,92 \pm 1,15$ figuras nas impressões palmares, enquanto que nas impressões plantares estas médias foram de $0,57 \pm 1,03$ trirrádios, e $1,74 \pm 1,09$ figuras.

Esta grande diferença no número de trirrádios entre impressões palmares e plantares vem confirmar a hipótese de que as impressões palmares fornecem mais subsídios para a

identificação do recém-nascido. Além disso, as cristas papilares (inclusive os trirrádios) são muito mais nítidos e com contornos melhor definidos nas impressões palmares.

Se consideradas as melhores impressões palmares e plantares dentre as quatro coletadas de cada recém-nascido (melhor de $T24h$ e $T48h$), os resultados são ainda melhores, conforme demonstra a Tabela 5.

TABELA 5: AVALIAÇÃO DA LEGIBILIDADE DA MELHOR IMPRESSÃO PALMAR E PLANTAR DE CADA RECÉM-NASCIDO.

QUALIDADE DAS IMPRESSÕES	PALMARES		PLANTARES	
	Ótima	33	31,1%	16
Boa	55	51,9%	24	22,6%
Regular	10	9,4%	57	53,8%
Péssima	8	7,5%	9	8,5%
Borrão	0	0,0%	0	0,0%
Total	106	100,0%	106	100,0%

4.5 TESTE DE EMPARELHAMENTO

O primeiro teste de emparelhamento foi efetuado após o período $P1$, utilizando as duas melhores impressões palmares, uma de $T24h$ e outra de $T48h$, de cada um dos 30 recém-nascidos incluídos neste período. No caso dos 6 recém-nascidos cujas imagens de $T48h$ foram perdidas, utilizou-se ambas imagens de $T24h$.

As imagens foram aleatoriamente numeradas (de 1 a 60, vide Apêndice B), e os papiloscopistas foram capazes de identificar corretamente 19 pares de 30 (pág. 73–91), um escore de 63,3%. Dos 11 pares incorretamente classificados, 2 foram considerados erros de classificação pelos próprios papiloscopistas (pág. 92–93), pois analisando novamente as imagens consideraram que eram boas o suficiente para uma comparação. Desta forma, pode-se considerar que 21 bebês em 30 (70%) apresentaram duas imagens que permitiram sua identificação. Dos 9 pares restantes, 7 tinham pelo menos uma impressão considerada *Boa* ou *Média* (pág. 94–100), e apenas dois pares (pág. 101–102) tinham ambas imagens classificadas como *Ruim* (conforme 1ª classificação da Tabela 3).

Para o segundo teste de emparelhamento, ocorrido após o período $P2$, foram coletadas impressões palmares de 76 recém-nascidos. Destes, 4 foram excluídos por apresentarem uma imagem com problema de foco [vide Figura 34(a)], e outros 4 por apresentarem duas ou mais imagens com problema de posicionamento ou pressão incorreta [vide Figura 34(b) e Figura 34(c)]. A opção por excluir estes bebês se deveu à avaliação de que tais problemas são diretamente decorrentes do fato de o sensor ser apenas um protótipo, não devendo ocorrer caso se utilize um sensor com foco fixo e que permita uma visualização da imagem logo após sua

aquisição.

Dos 68 recém-nascidos restantes, foram selecionados aleatoriamente 30, e suas impressões palmares foram aleatoriamente numeradas de 1 a 60 ($1a, 1b, 2a, 2b, \dots, 60a, 60b$). As duas impressões tomadas num mesmo dia ($T24h$ ou $T48h$), de um mesmo recém-nascido, receberam o mesmo número, sendo diferenciadas pela letra a e b . Assim, os papiloscopistas tinham à sua disposição duas impressões palmares que freqüentemente eram complementares na nitidez das regiões interdigitais. Dos 30 pares, os papiloscopistas emparelharam corretamente 20 (66,7%).

5 DISCUSSÃO

5.1 O PROBLEMA DA IDENTIFICAÇÃO NEONATAL

A coleta de impressões plantares de recém-nascidos tornou-se rotina em maternidades do mundo inteiro a partir do início do século XX e, apesar de repetidos estudos demonstrando sua inadequação para fins de identificação (QUINTANILHA, 1933; WIERSCHEM, 1965; SHEPARD; ERICKSON; FROMM, 1966; PELÁ; MAMEDE; TAVARES, 1975; THOMPSON et al., 1981; LOMUTO; DUVERGES, 1995; CAT, 2003), continua sendo recomendada e aplicada até os dias de hoje (STAPLETON, 1994; RABUN, 2005).

Isto se deve basicamente a dois fatores: o primeiro é que realmente há casos em que impressões plantares, tomadas com devido cuidado, serviram ou poderiam servir para a identificação de neonatos (GLEASON, 1968; LOHNES, 1986; STAPLETON, 1994; WIERSCHEM, 1965; LOMUTO; DUVERGES, 1995; LAM; LEE, 1997; BURGESS; LANNING, 2003). Esta identificação, entretanto, é feita a partir das linhas de flexão, que se alteram ao longo dos primeiros meses de vida do bebê, ao contrário dos dermatoglifos, que são perenes e imutáveis.

O segundo fator é que não existe um método seguro, barato e amplamente aceito que possa substituir a impressão plantar, de forma que opta-se por continuar a utilizá-la, até mesmo para não evidenciar a dificuldade em realizar uma identificação adequada do bebê no momento do seu nascimento. Serve para satisfazer obrigações legais, e dá aos pais uma sensação de segurança neste momento delicado que é o nascimento de um filho.

Mesmo nos casos em que uma identificação positiva através da impressão plantar é possível, esta só seria útil quando surge uma dúvida, quer por suspeita de troca ou um caso de seqüestro. O controle da circulação dos recém-nascidos é feito principalmente através de pulseiras e da vigilância constante por parte dos profissionais de saúde e pais, métodos estes bastante propensos a erros e fraudes.

5.2 DESENVOLVIMENTO DO SENSOR ImagoRnId

5.2.1 Análise dos Requisitos

O desenvolvimento do sensor ImagoRnId, e o teste com impressões palmares de recém-nascidos, levaram ao estabelecimento de alguns requisitos que devem ser atendidos a fim de que se possa obter impressões palmares de boa qualidade.

Os sistemas AFIS, homologados pelo FBI para o uso em adultos, exigem uma resolução mínima de 500 *dpi* (MALTONI et al., 2003). Analisando as dimensões das cristas papilares de recém-nascidos apresentadas na Tabela 1 (pág. 8), pode-se estimar a resolução mínima necessária para um sensor de impressões digitais de recém-nascidos. Como as cristas de um adulto medem em média 0,45mm, então para um recém-nascido cujas cristas medem 0,15mm, faz-se necessária uma resolução de pelo menos 1500 *dpi*. Há, no entanto, recém-nascidos menores e/ou prematuros cujas cristas papilares medem até 0,10mm de espessura (CUMMINS; MIDLO, 1943), elevando a necessidade de resolução do sensor para até 2250 *dpi*.

Os sensores com resolução de 500 *dpi* fornecem imagens com aproximadamente 8,86 *pixels* entre duas cristas papilares de impressões digitais de adultos. A Tabela 6 mostra estimativas da resolução necessária para se alcançar a mesma quantidade de *pixels* entre cristas papilares para recém-nascidos, se considerado o tamanho destas cristas de acordo com a Tabela 1.

TABELA 6: COMPARAÇÃO DA ESPESSURA DAS CRISTAS PAPILARES E DA RESOLUÇÃO NECESSÁRIA PARA CAPTURA DE IMPRESSÕES DIGITAIS EM ADULTOS E RECÉM-NASCIDOS.

FAIXA ETÁRIA	ESPESSURA DA CRISTA (mm)	RESOLUÇÃO (dpi)	PIXELS/CRISTA
Adultos	0,45	500	8,86
Recém-nascidos	0,15	1500	8,86
Prematuros	0,10	2250	8,86

Entretanto, as impressões palmares obtidas com o sensor ImagoRnId, com uma resolução de 1400 *dpi*, apresentaram aproximadamente 15 *pixels* entre cristas papilares (conforme Seção 4.2.2). Este valor é superior ao obtido nas impressões digitais de adultos, com os sensores homologados pelo FBI, e superior também ao esperado a partir da análise da Tabela 6. Isto provavelmente se deve ao fato de que os recém-nascidos avaliados eram todos de termo, tendo um desenvolvimento mais avançado, e portanto cristas papilares maiores e mais espaçadas do que mencionado na literatura (CUMMINS; MIDLO, 1943; CASTELLANOS, 1953).

5.2.2 Avaliação do Sensor ImagoRnId

O comprimento da palma da mão de um recém-nascido de termo é de aproximadamente 30mm (HALDER; DHARAP; THAN, 1999), sendo a largura geralmente um pouco

menor. O pé tem em torno de $70mm$ de comprimento, e sua largura na região interdigital é semelhante à largura palmar. Daí pode-se estabelecer uma área mínima de $30 \times 30mm$ para que se possa capturar impressões datiloscópicas das regiões interdigitais palmares e plantares de recém-nascidos.

A área de captura de $35 \times 45mm$ do sensor ImagoRnId mostrou-se suficiente para adquirir imagens das regiões interdigitais, tanto das mãos quanto dos pés, e o formato da superfície de captura do sensor também foi adequada para o posicionamento da mão e pé do recém-nascido, sendo de fácil manuseio. No entanto, entre os aspectos do sensor passíveis de melhora pode-se destacar:

- A área de captura do sensor é menor do que a superfície do prisma (que mede $45 \times 63mm$), devido a dificuldades no ajuste da câmera e do prisma na estrutura de acrílico. Uma área de captura maior permitiria a aquisição de impressões palmares e plantares mais completas (incluindo outras regiões além das interdigitais).
- O sensor é um pouco grande e pouco ergonômico. O fato de a câmera ficar aparente e ter de ser manuseada dificulta a aquisição. O ideal seria que todo conjunto ótico fosse embutido, como ocorre em sensores de impressão digital. Além disso, um formato mais arredondado e sem orifícios permitiria uma melhor esterilização do sensor.
- As impressões datiloscópicas coletadas só podem ser visualizadas após sua transferência para um computador, num processo manual e relativamente demorado. Isto dificulta a avaliação da qualidade da imagem na hora da coleta, e impossibilita que se repita o procedimento caso a imagem não seja nítida o suficiente. Seria importante que a visualização ocorresse imediatamente após a captura.

5.3 IMPRESSÕES PALMARES DE RECÉM-NASCIDOS

A coleta de impressões palmares de acordo com a técnica descrita neste trabalho é mais fácil e menos propensa a erros do que a coleta de impressões plantares como feita atualmente, com tinta e papel. Assim, dá-se um passo importante no sentido de modernizar a identificação biométrica de recém-nascidos, e caminha-se no sentido de permitir a criação de sistemas automatizados que possam ser utilizados em postos de controle intra e extra-hospitalares.

O armazenamento de impressões palmares em mídia digital evita que a impressão perca qualidade com o passar do tempo, facilita o acesso a ela, seu compartilhamento com bases de dados policiais ou de crianças desaparecidas, e também permite o desenvolvimento de sistemas automatizados de identificação. A impressão palmar também pode ser impressa no

prontuário ou na carteirinha do neonato, bastando para isso uma impressora laser de resolução média (1200 *dpi*), facilmente encontrada no mercado.

5.3.1 Problemas na Coleta

Os principais problemas encontrados nas impressões palmares: problemas de foco, posicionamento incorreto, pressão excessiva ou insuficiente e umidade excessiva ou insuficiente, devem-se especialmente ao fato de o sensor utilizado ser apenas um protótipo, e poderiam ser solucionados, ou ao menos minimizados, com melhorias no equipamento. Destacam-se os seguintes aspectos com relação aos problemas:

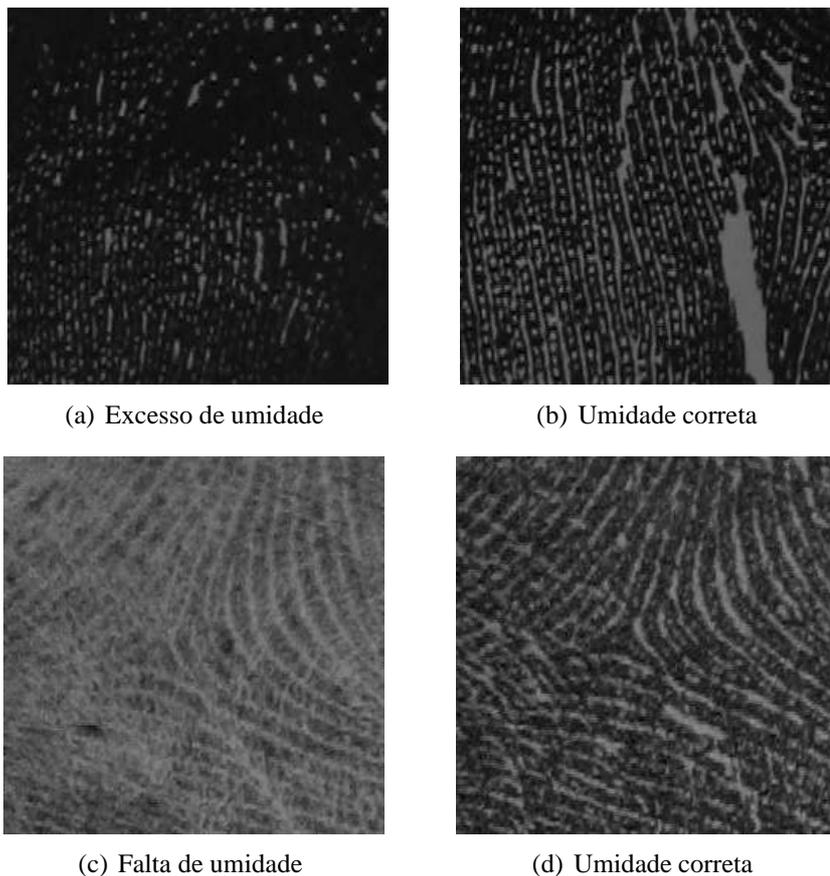
- a) Foco: Ocorre quando a imagem aparece toda borrada por não ter sido corretamente focalizada [Figura 34(a)]. Em geral, o auto-foco da câmera digital precisa de um a dois segundos para focalizar corretamente as cristas papilares. Mas em alguns casos, o obturador disparou antes de o foco estar completo, ocasionando o erro. Isto pode ser resolvido utilizando-se uma câmera com foco fixo, uma vez que a distância focal é sempre a mesma, bastando focalizar a superfície inclinada do prisma, na qual se apóia a palma e/ou sola do recém-nascido. Além disso, a câmera do sensor ImagoRnId não é capaz de focalizar com a mesma qualidade toda a superfície do prisma. A região inferior da imagem tem uma qualidade de foco reduzida, e isto é devido à limitação do sistema ótico utilizado.
- b) Posicionamento: Este erro é devido ao mau posicionamento da mão ou pé no sensor, de forma que a região interdigital não aparece no centro do foco [Figura 34(b)]. Ocorre devido à movimentação do membro por parte do recém-nascido ou por erro do operador. Pode ser minimizado demarcando-se no sensor linhas limítrofes superior e inferior para posicionamento da mão ou pé do bebê, e/ou pela melhoria do sistema de foco, de forma que toda superfície do prisma esteja devidamente focada. Além disso, uma área de captura maior permitiria a captura de toda a palma da mão, reduzindo os problemas com o deslocamento.
- c) Pressão: A mão ou pé do recém-nascido deve ser uniformemente pressionada sobre a superfície de captura para que toda região entre em contato com o prisma. Quando isto não ocorre, as regiões que não encostam no prisma não aparecem na imagem, deixando um vazio na impressão dos dermatoglifos [Figura 34(c)]. Por outro lado, quanto maior a pressão exercida, maior a deformação das cristas papilares.
- d) Umidade: O excesso de umidade na região plantar ou palmar faz com que a imagem pareça borrada, com cristas papilares unidas umas às outras e os vales não aparecem [Figura 34(d)]. Por outro lado, quando a pele é muito seca a imagem não aparece ou fica muito “fraca”, com baixo contraste.

5.3.2 Análise dos Dermatoglifos

Analisando ampliações de partes das impressões palmares, nas regiões interdigitais, pode-se observar detalhadamente os dermatoglifos, e inclusive delinear os poros, conforme ilustrado na Figura 31 (página 46). Imagens desta qualidade, obtidas de recém-nascidos, são possivelmente inéditas, e fornecem subsídios bastante robustos para um processo de verificação de identidade.

Entretanto, nem todas impressões palmares possuem esta qualidade, e o efeito de alguns problemas de captura pode ser melhor observado nas imagens ampliadas. A Figura 35 mostra o efeito do excesso e da falta de umidade nos dermatoglifos de uma impressão palmar. O ajuste deste parâmetro mostrou-se bastante difícil, por ser subjetivo. A melhor maneira de conseguir a umidificação correta é avaliando a imagem logo após a aquisição.

FIGURA 35: DERMATOGLIFOS COM EXCESSO E FALTA DE UMIDADE.



Fonte: autor.

Nota: imagens ampliadas dez vezes.

Além dos problemas devidos a deficiências no sensor e no procedimento de coleta, há algumas características encontradas nos dermatoglifos dos recém-nascidos que dificultam o processo de reconhecimento, especialmente o desenvolvimento de sistemas automatizados:

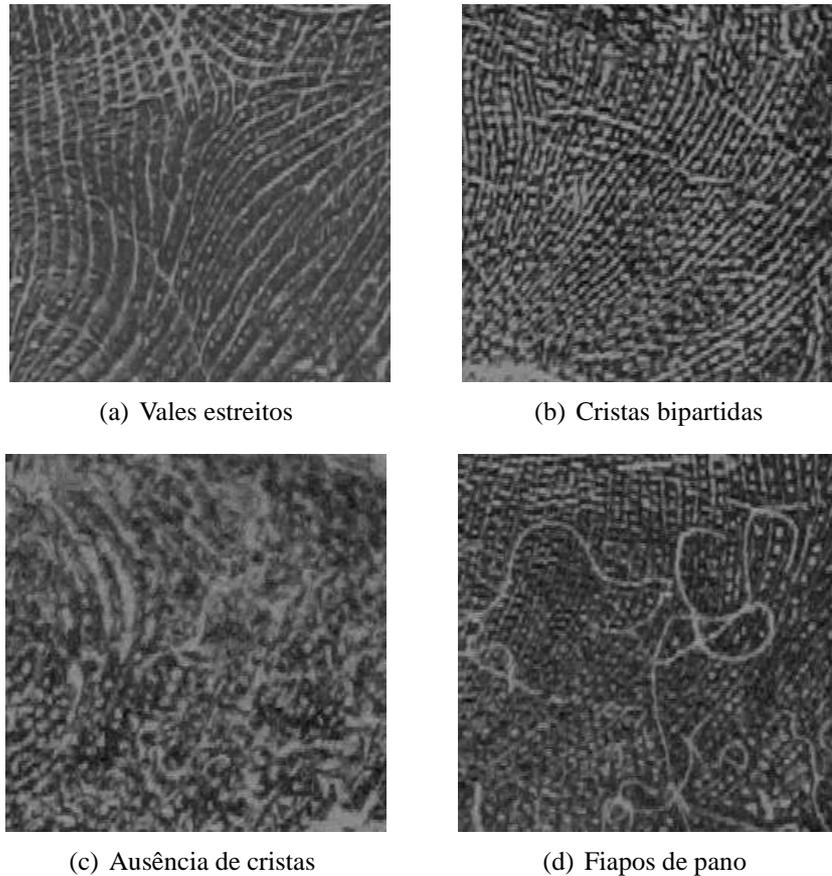
- a) Vales estreitos: Em impressões digitais de adultos, as cristas papilares e os vales entre elas têm a mesma largura. Nos recém-nascidos isto não ocorre: enquanto as cristas são representadas por 9 a 13 *pixels*, os vales só possuem de 1 a 5 *pixels* [Figura 36(a)]. Esta assimetria provavelmente ocorre devido à pressão aplicada sobre a mão, que deforma as frágeis cristas papilares.
- b) Cristas bipartidas: Em algumas impressões palmares, as cristas parecem estar bipartidas [Figura 36(b)]. O que ocorre é que os poros estão muito próximos uns aos outros, fazendo com que surja um falso vale entre as bordas da mesma crista papilar.
- c) Ausência de cristas: A Figura 36(c) ilustra uma parte da região interdigital de uma impressão palmar em que praticamente não se pode cristas papilares. Neste caso, aparentemente, não houve problema na aquisição, pois as quatro imagens apresentam o mesmo problema, embora possa ser o efeito de uma pele bastante ressecada.
- d) Fiapos de pano: Em praticamente todas impressões coletadas foram encontrados fiapos de pano [Figura 36(d)]. Eles podem ser provenientes tanto da roupa que o recém-nascido estava usando, quanto da gaze ou lenço utilizado para limpar e umedecer a mão, sendo que esta é a hipótese mais provável. Neste caso, é necessário procurar por materiais que não soltem estes minúsculos fiapos para realizar a limpeza.

Uma consequência dos problemas e das características apresentadas, é a impossibilidade de se utilizar os métodos de identificação automática existentes, desenvolvidos para impressões digitais de adultos. Mesmo em boas impressões palmares de recém-nascidos, a assimetria entre cristas e vales, e a bipartição de algumas cristas, constituem obstáculos consideráveis a serem ultrapassados para a automação do processo de identificação de recém-nascidos.

Para minimizar o problema de assimetria, seria necessário reduzir a pressão aplicada sobre a mão dos recém-nascidos, o que pode ser bastante difícil, pois eles tendem a manter a mão cerrada, e dificilmente a deixam relaxada sobre o sensor. Alternativamente, a superfície do prisma poderia ser recoberta com uma fina capa de silicone transparente, como ocorre em alguns sensores de impressão digital comercialmente disponíveis. Essa capa de silicone absorve parte da pressão e diminui a deformação das cristas. Além disso, ela aumenta o contraste em impressões de peles muito secas, o que é o caso dos recém nascidos.

O fato de o sensor ImagoRnId, com resolução de 1400 *dpi*, ter produzido imagens com aproximadamente 15 *pixels/crista* (nas melhores impressões palmares), permite supor que a utilização de um sensor com resolução de 1000 *dpi*, com um sistema óptico especializado, produziria imagens com 10 *pixels/crista*. Isto seria suficiente para a identificação dos recém-nascidos, desde que as cristas estejam nitidamente separadas (vales e cristas com mesma largura).

FIGURA 36: PROBLEMAS MAIS COMUNS COM DERMATOGLIFOS NAS IMPRESSÕES PALMARES.



Fonte: autor.

Nota: imagens ampliadas dez vezes.

Sensores com esta resolução, e área de captura suficientemente grande estão disponíveis no mercado, custando em torno de US\$ 15.000,00 (quinze mil dólares). Apesar do custo ser mais de cinco vezes superior ao do sensor ImagoRnId, pode ser interessante avaliar seu desempenho na coleta de impressões palmares de recém-nascidos, levando a uma melhor definição dos requisitos necessários para a aquisição de imagens de boa qualidade.

5.4 AVALIAÇÃO DAS IMPRESSÕES PALMARES

A avaliação qualitativa realizada pelos papiloscopistas (Seção 4.4.1), não foi considerada como critério válido para se estabelecer primazia das impressões palmares sobre as plantares, pois mostrou-se ser uma avaliação muito subjetiva e de baixa reprodutibilidade.

Por outro lado, a avaliação de acordo com os critérios de legibilidade estabelecidos por Mamede, Pelá e Silveira (1978), mostrou-se bem mais objetiva, e demonstrou que as impressões palmares dos recém-nascidos possuem mais informação discriminatória (cristas papilares mais nítidas, mais triarrádios visíveis, figuras melhor definidas) do que as impressões plantares. Enquanto 76,4% das impressões palmares obtidas em *T24h* foram consideradas *Ótima* ou *Boa*,

nas impressões plantares esta foi a avaliação de apenas 34% das imagens.

Impressões palmares também apresentam-se menos interrompidas por linhas de flexão nas regiões interdigitais do que as impressões plantares. Além disso, impressões palmares são freqüentemente utilizadas em adultos, de forma que sua aquisição ao nascimento poderia servir para um confronto posterior. Os peritos forenses possuem muito mais experiência na análise deste tipo de impressão do que de impressões plantares, utilizadas apenas em recém-nascidos. De acordo com os papiloscopistas que auxiliaram neste projeto, impressões palmares são de maior utilidade para os órgãos de identificação legal, por já estarem estabelecidos parâmetros de classificação, armazenamento e comparação.

Mamede, Pelá e Silveira (1978), classificaram 57,56% das impressões plantares como *Ótima* ou *Boa*, resultado significativamente superior à avaliação do mesmo tipo de impressões obtidas com o sensor ImagoRnId (34%). No entanto, não é possível efetuar uma comparação direta entre os dois trabalhos, pois mesmo sendo bastante objetivos, os critérios ainda permitem uma grande margem de variação na avaliação. Pode-se citar como exemplo a localização dos trirrádios, que foi muito baixa nas impressões plantares obtidas com o sensor ImagoRnId. Frequentemente era possível localizar um trirrádio pela conformação das linhas no seu entorno, mas o mesmo só foi considerado presente quando estava totalmente nítido. E, em não sendo considerados os trirrádios pouco nítidos, as imagens passavam a ser classificadas na categoria *Regular* ao invés de *Boa*.

Levando-se em conta que das 205 impressões plantares analisadas por MAMEDE; PELÁ; SILVEIRA, apenas uma (0,49%) apresentava minúcias, enquanto que 13,2% das impressões plantares coletadas com o sensor ImagoRnId apresentavam minúcias, é plausível afirmar que as impressões plantares por nós obtidas são melhores do que as daquele trabalho.

5.5 TESTE DE EMPARELHAMENTO

O teste de emparelhamento proporciona resultados mais objetivos do que a avaliação qualitativa das impressões plantares e palmares, e se presta melhor à comparação com outros trabalhos. As taxas de acerto de 63,3% e 66,7% alcançadas nos dois testes de emparelhamento realizados, são um indicativo da boa qualidade das impressões palmares obtidas. Estes resultados são bastante superiores aos relatados na literatura (SHEPARD; ERICKSON; FROMM, 1966; THOMPSON et al., 1981), em que as taxas de acerto são de no máximo 20%.

O único artigo encontrado que apresenta melhores resultados é o de Lam e Lee (1997), que surpreendentemente obteve 100% de acerto, no emparelhamento efetuado após o treinamento da equipe de saúde e a utilização de material adequado. Entretanto, esta identificação não foi feita baseando-se nos dermatoglifos, e sim nas linhas de flexão, que não são perenes e

alteram-se ao longo dos primeiros meses de vida do bebê.

Não obstante, o fato de não se ter alcançado 100% de acerto nos testes de emparelhamento é um indicativo de que muito precisa ser melhorado. De acordo com Dror e Charlton (2006), que analisaram inconsistências na análise de impressões latentes (geralmente de baixa qualidade), há basicamente 3 causas para o erro neste tipo de trabalho especializado:

1. Erros humanos: que podem ser intencionais (no caso de fraudes), por negligência (os peritos não seguem estritamente os procedimentos), ou por problemas de competência (quando os peritos não possuem ou perderam as habilidades necessárias para o trabalho);
2. Erros de instrumentação e tecnologia, que se referem à falha ou ausência dos equipamentos necessários para o trabalho e;
3. Erros relacionados à fatores metodológicos fundamentais, inerentes à área em questão. São os erros que ocorrem, mas não podem ser atribuídos a uma das duas causas anteriormente mencionadas. São devidos às limitações dos equipamentos, das imagens ou do ambiente. No caso de impressões digitais de baixa qualidade, este seria o erro que ocorre devido à sua degradação, contaminação ou distorção.

No emparelhamento realizado pelos papiloscopistas, foram encontrados os três tipos de erro, embora não se possa quantificar exatamente seu efeito sobre o emparelhamento. O erro humano foi devido à não aplicação da metodologia necessária para uma correta identificação, que consiste em inicialmente classificar as impressões palmares a partir da localização de seus triângulos e figuras, para somente depois efetuar a comparação. Isto se deve especialmente ao pouco tempo que os papiloscopistas puderam disponibilizar para o trabalho, tempo este frequentemente interrompido por atividades do Instituto de Identificação.

O erro de instrumentação pode ser atribuído à ausência de um programa de computador que facilite a comparação das impressões palmares, fazendo um pré-alinhamento ou permitindo uma sobreposição de imagens. O Instituto somente agora está adquirindo tal tecnologia, sendo que os peritos ainda não estão acostumados ao seu uso. Além disso, no segundo emparelhamento, os papiloscopistas não utilizaram as imagens no formato digital, mas apenas as impressas. Desta forma, recursos como ampliação da imagem, e a maior nitidez obtida na tela do computador em relação à imagem impressa, não foram utilizados.

E, finalmente, há o erro relacionado às limitações da aplicação ou ao domínio do problema. É o caso dos 13 recém-nascidos (12,3%) cujas impressões palmares foram avaliadas como *Péssima*, evidenciando dificuldades de se obter boas imagens devido às características da pele, dos dermatoglifos, ou limitações do equipamento. Além disso, os problemas descritos na

Seção 4.3.3, como falta ou excesso de umidade, cristas bipartidas ou muito próximas, também deterioram a qualidade das imagens.

5.6 TRABALHOS FUTUROS

Apesar de representarem um avanço com relação ao estado atual da técnica, as impressões palmares obtidas ainda não são boas o suficiente para que se possa considerar este um meio seguro de identificação neonatal. O fato de as cristas papilares estarem muito próximas umas às outras, de os poros muitas vezes praticamente dividirem as cristas ao meio, e principalmente, a dificuldade de se obter boas impressões em alguns casos, evidenciam a necessidade de melhorias tanto no equipamento, como possivelmente no preparo da pele dos recém-nascidos.

A evolução do sensor ImagoRnId, de sua versão inicial para um produto que possa ser comercializado, deve levar em conta melhorias no sistema de aquisição e de visualização das imagens, possibilitando uma avaliação da mesma logo após a aquisição, de forma a se repetir o procedimento de coleta em caso de ocorrer algum erro.

A automação do processo de identificação de recém-nascidos através das impressões palmares vai depender significativamente da melhoria da qualidade das imagens. Mas os algoritmos tradicionalmente utilizados para impressões digitais também precisam ser adaptados, mesmo para imagens boas, devido à características como a assimetria entre cristas e vales nas impressões de recém-nascidos, e aos “falsos vales” formados por poros unidos no centro de cristas papilares.

Há que se desenvolver, ainda, a capacidade de simular o crescimento das palmas das mãos, de forma que impressões tomadas após algum tempo ainda possam ser reconhecidas como sendo de um mesmo indivíduo. Para tanto, faz-se necessário acompanhar a evolução destas impressões ao longo da infância.

Outros métodos biométricos de identificação poderiam ser avaliados para uso em recém-nascidos. O padrão das veias é um método de fácil e crescente aplicação, e embora o crescimento da criança modifique este padrão, parece ser uma alternativa interessante e barata para o controle de segurança intra-hospitalar dos recém-nascidos.

A identificação pela íris é um dos métodos mais precisos e eficientes para adultos, mas não pode ser utilizada em recém-nascidos pois o padrão da íris se estabiliza apenas a partir do segundo ano de vida da criança (JAIN; ROSS; PRABHAKAR, 2004). Além disso, a captura da imagem apresenta riscos de ferimento ou contaminação, especialmente para os prematuros, pois seus olhos teriam que ser abertos manualmente.

Desta forma, a impressão datiloscópica continua sendo o único método biométrico para identificação de recém-nascidos, capaz de fornecer dados perenes. Assim, uma bebê seqües-

trado poderia, por exemplo, ser reconhecido muitos anos após a ocorrência, no momento em que fosse solicitar seu documento de identidade. É também um método de fácil aplicação, seguro, e amplamente aceito na sociedade.

6 CONCLUSÃO

- A aquisição de impressões palmares ou plantares de recém-nascidos é mais fácil, e menos propensa a erros, quando feita com sensores digitais de alta resolução;
- As impressões palmares de recém-nascidos, adquiridas com o sensor ImagoRnId, podem ser utilizadas para sua identificação, e são de melhor qualidade para este fim do que as impressões plantares;
- Os dermatoglifos dos recém-nascidos nas impressões palmares, não são iguais aos de adultos, pois as cristas papilares e os vales possuem larguras significativamente diferentes, e muitas vezes as cristas papilares aparentam estar “divididas” devido à união de diversos poros;
- As imagens obtidas com o sensor ImagoRnId abrem caminho para a criação de sistemas automatizados de identificação de recém-nascidos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASHBAUGH, D. R. *Ridgeology - Modern Evaluative Friction Ridge Identification*. Forensic Identification Support Section, Royal Canadian Mounted Police, 1999. Disponível em: <<http://www.onin.com/fp/ridgeology.pdf>>.
- ASHBAUGH, D. R. Ridges and furrows. 2004. Acessado em 08/2007. Disponível em: <<http://www.ridgesandfurrows.homestead.com/>>.
- AZEVEDO, N. Identificação neonatal. In: . Belém – PA: XVIII Congresso Nacional de Criminalística, 2005. Apresentação oral.
- BELLON, O. R. P.; SEVERICH, M.; SILVA, L.; CAT, M. N. L.; BOYER, K. L. Using computer vision to help the determination of the gestational age of newborns. *Academic Radiology*, v. 12, n. 5, p. 544–553, 2005.
- BICZ, W.; GUMIENNY, Z.; PLUTA, M. Ultrasonic sensor for fingerprints recognition. *Optoelectronic and Electronic Sensors*, SPIE, v. 2634, n. 1, p. 104–111, 1995.
- BOLLE, R.; CONNELL, J.; PANKANTI, S.; RATHA, N.; SENIOR, A. *Guide to Biometrics*. [S.l.]: Springer Verlag, 2003. ISBN 0387400893.
- BURGESS, A. W.; LANNING, K. V. (Ed.). *An Analysis of Infant Abductions*. 2. ed. Virginia, EUA: National Center for Missing & Exploited Children, 2003. Disponível em: <http://www.missingkids.com/en_US/publications/NC66.pdf>.
- CASTELLANOS, I. *Dermopapiloscopia Clínica*. Havana, Cuba: Imp. P. Fernández y Cía, 1953.
- CAT, M. N. L. *Método FootScanAge para Determinação da Idade Gestacional*. Tese (Doutorado) — Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Brasil, 2003.
- CHANG, K.; BOWYER, K. W.; SARKAR, S.; VICTOR, B. Comparison and combination of ear and face images in appearance-based biometrics. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, IEEE Computer Society, Los Alamitos, CA, USA, v. 25, n. 9, p. 1160–1165, 2003. ISSN 0162-8828.
- CHEN, Y.; PARZIALE, G.; DIAZ-SANTANA, E.; JAIN, A. K. 3d touchless fingerprints: Compatibility with legacy rolled images. In: *Proceedings of Biometric Symposium, Biometric Consortium Conference*. Baltimore, EUA: [s.n.], 2006. Disponível em: <http://biometrics.cse.msu.edu/Publications/Fingerprint/Chenetal_3DTouchlessFp_BioSymp06.pdf>.
- CONCKLIN, C. L.; GLEASON, D. Footprinting for identification of infants. *Pediatrics*, v. 44, n. 2, p. 301–303, ago. 1969.
- CUMMINS, H.; MIDLO, C. *Finger Prints, Palms and Soles*. New York: Dover Publications, Inc., 1943.

- DAUGMAN, J. High confidence visual recognition of persons by a test of statistical independence. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, v. 15, n. 11, p. 1148–1161, nov. 1993.
- DAUGMAN, J. How iris recognition works. *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, v. 14, n. 1, p. 21–30, jan. 2004.
- DROR, I. E.; CHARLTON, D. Why experts make errors. *Journal of Forensic Identification*, v. 56, n. 4, p. 600–616, 2006.
- DUNLAP, D. Biometrics: the unique identification of human characteristics. *Automatic Identification and Data Capture Home Page*, 2007. Acessado em 08/2007. Disponível em: <http://et.wcu.edu/aidc/BioWebPages/Biometrics_Home.html>.
- FALSA enfermeira seqüestra bebê em hospital no Espírito Santo. *A Folha de São Paulo*, 20 out. 2007. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/folha/cotidiano/ult95u338366.shtml>>.
- FIOR, A. G. F.; SEGUNDO, M. P.; BELLON, O. R. P.; SILVA, L. Detecção e reconhecimento facial em seqüências de vídeo. *Proc. of the 20th Brazilian Symposium on Computer Graphics and Image Processing*, Belo Horizonte, Brasil, out. 2007.
- GALTON, F. *Finger Prints*. London: Macmillan, 1892. Disponível em: <<http://galton.org/galton/galton/fingerprinter.html>>.
- GALTON, F. Finger prints of young children. *British Association for the Advancement of Science*, 1899. Disponível em: <<http://galton.org/galton/galton/fingerprinter.html>>.
- GLEASON, D. Footprinting for identification of infants. *Pediatrics*, v. 42, n. 6, p. 1012–3, 1968.
- GLEASON, D. E. Improved methods of newborn identification. *Canadian Hospital*, v. 50, n. 5, p. 24–28, 1973.
- HALDER, D.; DHARAP, A. S.; THAN, M. Normal values for total hand length, palm length and middle finger length in malaysian newborns from 34–42 weeks of gestation. *Anthropologischer Anzeiger*, v. 57, n. 1, p. 69–75, mar. 1999.
- HARRINGTON, S. *Computer Graphics*. 2. ed. [S.l.]: McGraw-Hill, 1987.
- HOLT, S. B. The significance of dermatoglyphics in medicine. *Clinical Pediatrics*, v. 12, n. 8, p. 471–484, ago. 1973.
- HONG, L.; WAN, Y.; JAIN, A. K. Fingerprint image enhancement: Algorithm and performance evaluation. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, v. 20, n. 8, p. 777–789, 1998. Disponível em: <<http://citeseer.ist.psu.edu/hong98fingerprint.html>>.
- JAIN, A. K.; CHEN, Y.; DEMIRKUS, M. Pores and ridges: Fingerprint matching using level 3 features. In: *Proc. of the 18th International Conference on Pattern Recognition (ICPR'06)*. Hong Kong: [s.n.], 2006. v. 4, p. 477–480.

- JAIN, A. K.; ROSS, A.; PANKANTI, S. A prototype hand geometry-based verification system. In: *Proc. of 2nd Int'l Conference on Audio- and Video-based Biometric Person Authentication*. Washington, USA: [s.n.], 1999. p. 166–171.
- JAIN, A. K.; ROSS, A.; PRABHAKAR, S. An introduction to biometric recognition. *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, v. 14, n. 1, p. 4–20, 2004.
- KAKUDA, M. L. A tomada de impressões plantares do recém-nascido como problema de enfermagem. estudo da tinta, papel e modo de aplicação. *Revista de Enfermagem em Novas Dimensões*, v. 3, p. 362–368, 1977.
- KEHDY, C. *Elementos de criminalística*. 3. ed. São Paulo: Sugestões Literárias, 1968.
- KHAN, I. Vein pattern recognition - biometrics underneath the skin. *findBiometrics*, dez. 2006. Acessado em 08/2007. Disponível em: <<http://www.findbiometrics.com/article/320>>.
- KLASEY, D. Deputy devises identity system based on ears. *The California Identification Digest*, v. 6, n. 6, p. 9–10, nov. 2006.
- KÜCKEN, M.; NEWELL, A. C. Fingerprint formation. *Journal of Theoretical Biology*, v. 235, p. 71–83, fev. 2005.
- LAM, B. C. C.; LEE, L. L. Newborn identification - is footprinting useful? *Hong Kong Journal of Pediatrics (new series)*, v. 2, n. 1, p. 81–97, 1997.
- LENNARD, C. J.; PATTERSON, T. Dactyloscopy: the science of fingerprinting. *The Thin Blue Line Information Section*, 2007. Acessado em 08/2007. Disponível em: <<http://www.policensw.com/~policens/info/fingerprints/indexfinger.html>>.
- LOHNES, R. C. Reading the fine print. *American Journal of Nursing*, p. 1030, set. 1986.
- LOMUTO, C.; DUVERGES, C. Identificación del recién nacido y medidas de prevención para evitar su robo de las maternidades. *Revista del Hospital Materno Infantil Ramón Sardá*, v. 14, n. 3, p. 115–124, 1995.
- MAINGUET, J.-F. Biometrics. Acessado em 08/2007. 2007. Disponível em: <<http://perso.orange.fr/fingerchip/biometrics/biometrics.htm>>.
- MALTONI, D.; MAIO, D.; JAIN, A. K.; PRABHAKAR, S. *Handbook of Fingerprint Recognition*. Secaucus, NJ, USA: Springer-Verlag New York, Inc., 2003. ISBN 0387954317.
- MAMEDE, M. V.; PELÁ, N. T. R.; SILVEIRA, E. Eficiência do uso de agentes desengordurantes na tomada de impressões plantares de recém-nascidos. *Revista Brasileira de Enfermagem*, v. 31, n. 4, p. 508–516, 1978.
- MONTGOMERY, R. Sole prints of new born babies. *American Journal of Medical Science*, v. 169, p. 830–837, 1926.
- MORGAN, L. E.; PAULS, F. Palm prints for infant identification. *American Journal of Nursing*, v. 39, n. 8, p. 866–868, ago. 1939.
- MULVIHILL, J. J.; SMITH, D. W. The genesis of dermatoglyphics. *The Journal of Pediatrics*, v. 75, n. 4, p. 579–589, out. 1969.

PELÁ, N. T. R.; MAMEDE, M. V.; TAVARES, M. S. G. Análise crítica de impressões plantares de recém-nascidos. *Revista Brasileira de Enfermagem*, v. 29, p. 100–105, 1975.

PURITA, F. Impressão plantar na identificação do recém-nascido. *Hospital*, v. 76, n. 3, p. 1039–1050, 1969.

QUEIROLO, C.; SEGUNDO, M. P.; BELLON, O.; SILVA, L. Noise versus facial expression on 3d face recognition. In: *Proc. of the 14th International Conference on Image Analysis and Processing*. Modena, Italy: [s.n.], 2007.

QUINTANILHA, R. de C. *Da identificação do recém-nascido*. Tese (Doutorado) — Faculdade de Medicina de São Paulo, abr. 1933.

RABUN, J. B. *For Healthcare Professionals: Guidelines on Prevention of and Response to Infant Abductions*. 8. ed. Virginia, EUA: National Center for Missing & Exploited Children, 2005. Disponível em: <http://www.missingkids.com/en_US/publications/NC05.pdf>.

RADIO-FREQUENCY identification. *Wikipedia*. Acessado em: 08/2007. Disponível em: <<http://en.wikipedia.org/wiki/RFID>>.

RICE, A. J. A quality approach to biometric imaging. *IEE Colloquium on Image Processing for Biometric Measurement*, p. 41–45, abr. 1994.

RODRÍGUEZ-ALARCÓN GÓMEZ, J.; PANCORBO GÓMEZ, M. Martínez de; SANTILLANA FERRER, L.; CASTRO ESPIDO, A.; MELCHOR MAROS, J. C.; LINARES URIBE, M. A.; FERNÁNDEZ-LLEBREZ DEL REY, L.; G., A. D. DNA prints instead of plantar prints in neonatal identification. *Med Clin (Barc)*, v. 107, n. 4, p. 121–123, jun. 1996.

ROGERS, D. F.; ADAMS, J. A. *Mathematical Elements for Computer Graphics*. 2. ed. [S.l.]: McGraw-Hill, 1990.

RUGGLES, T. Biometric technical assessment. ago. 2002. Acessado em 08/2007. Disponível em: <http://bio-tech-inc.com/Bio_Tech_Assessment.html>.

SCHNEIDER, J. K.; WOBSCHELL, D. C. Live scan fingerprint imagery using high resolution C-SCAN ultrasonography. In: *Proc. 25th IEEE Int. Carnahan Conf. on Security Technology*. Taipei, Taiwan: [s.n.], 1991. p. 88–95. Disponível em: <<http://www.ultra-scan.com/Portals/16/LiveScanFingerprintImagery.pdf>>.

SHEPARD, K. S.; ERICKSON, T.; FROMM, H. Limitations of footprinting as a means of infant identification. *Pediatrics*, v. 37, n. 1, jan. 1966.

SHIRATSUKI, A.; SANO, E.; SHIKAI, M.; NAKASHIMA, T.; TAKASHIMA, T.; OHMI, M.; HARUNA, M. Novel optical fingerprint sensor utilizing optical characteristics of skin tissue under fingerprints. In: BARTELS, K. E.; BASS, L. S.; RIESE, W. T. W. de; GREGORY, K. W.; HIRSCHBERG, H.; KATZIR, A.; KOLLIAS, N.; MADSEN, S. J.; MALEK, R. S.; MCNALLY-HEINTZELMAN, K. M.; TATE JR., L. P.; TROWERS, E. A.; WONG, B. J. (Ed.). *Proceedings of the SPIE, Volume 5686, pp. 80-87 (2005)*. [S.l.: s.n.], 2005. p. 80–87.

STAPLETON, M. E. Best foot forward: infant footprints for personal identification. *The FBI Law Enforcement Bulletin*, jan. 1994.

STEDMAN (Ed.). *Dicionário Médico*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S.A., 1979.

SULLIVAN, L. RFID system prevented a possible infant abduction. *InformationWeek*, jul. 2005. Disponível em: <<http://www.informationweek.com/story/showArticle.jhtml?articleID=166400496>>.

TAVARES JÚNIOR, G. d. S. *A papiloscopia nos locais de crime*. São Paulo: Ícone, 1991.

THOMPSON, J. E.; CLARK, D. A.; SALISBURY, B.; CAHILL, J. Footprinting the newborn: not cost-effective. *Journal of Pediatrics*, v. 99, p. 797–798, nov. 1981.

VAESKEN, C. C. S. de. Impresiones digitais. Acessado em 04/2006. 2006. Disponível em: <<http://www.monografias.com/trabajos7/imdi/imdi.shtml>>.

VICTOR, B.; BOWYER, K.; SARKAR, S. An evaluation of face and ear biometrics. *Proceedings. 16th International Conference on Pattern Recognition*, IEEE Computer Society, Los Alamitos, CA, USA, v. 01, p. 10429, 2002. ISSN 1051-4651.

WIERSCHEM, J. Know them by their feet. *Medical Record News*, v. 168, p. 158–160, jun. 1965.

WILDES, R. P. Iris recognition: an emerging biometric technology. *Proceedings of the IEEE*, v. 85, n. 9, p. 1348–1363, set. 1997.

APÊNDICE A – CORREÇÃO DA DISTORÇÃO TRAPEZOIDAL

A distorção trapezoidal causada pelo sensor ImagoRnId (Seção 3.7) é corrigida pelo programa escrito em linguagem C e apresentado a seguir. O programa utiliza uma Biblioteca de Programas de Visão Computacional (OpenCV¹) para realizar operações básicas de acesso e armazenamento das imagens.

```

1  /**
2  *   Esta função reduz a altura original da imagem e depois corrige a distorção
3  *   trapezoidal causada pelo prisma. A imagem resultante terá o tamanho de
4  *   2154x2514 pixels, numa resolução de aproximadamente 1400 dpi
5  *
6  *   Parâmetro originalImg: imagem original a ser corrigida com dimensões
7  *   de 1704x2272 pixels.
8  *   Retorna: a imagem livre da distorção trapezoidal.
9  */
10 IplImage* imgDistortionCorrection( IplImage* originalImg )
11 {
12
13     #define IMG_HEIGHT_CUT_TOP      520
14     #define IMG_HEIGHT_CUT_BOTTOM  48
15     #define ORIG_IMG_WIDTH         1704
16     /* ORIG_IMG_HEIGHT = 2272-(IMG_HEIGHT_CUT_TOP+IMG_HEIGHT_CUT_BOTTOM) */
17     #define ORIG_IMG_HEIGHT        1704
18     #define CORRECT_IMG_WIDTH      2154
19     #define CORRECT_IMG_HEIGHT    2514
20
21     /* Parâmetros para correção da distorção, obtidos com o auxílio
22     de um padrão quadriculado */
23     static float A[]={
24         1.15,    // incremento de XL0 = escala no eixo X
25         0.16,    // incremento de XL1 = rotação no eixo X
26         -404.0,  // XL1 = deslocamento no eixo X
27         0.02,    // incremento de YL0 = rotacao no eixo Y
28         0.9,     // incremento de YL1 = escala no eixo Y
29         1.0,     // YL1 = deslocamento no eixo Y
30         0.0,     // incremento de tempL0 = rotação na profundidade (eixo Z)
31         0.00018 // incremento de tempL1 = elasticidade/esticamento do canto
32                 // inferior direito da imagem.
33     };

```

¹Página na Internet: <http://sourceforge.net/projects/opencvlibrary/>

```

34
35 /* Recorta a região de interesse da imagem */
36 IplImage* auxImg = copyImageRect( originalImg, cvRect(0, IMG_HEIGHT_CUT_TOP,
37                                     ORIG_IMG_WIDTH, ORIG_IMG_HEIGHT) );
38
39 /* cria uma nova imagem vazia com o tamanho final da imagem sem distorção */
40 IplImage* workImg = cvCreateImage(cvSize(CORRECT_IMG_WIDTH,
41                                     CORRECT_IMG_HEIGHT), IPL_DEPTH_8U, 1);
42
43 /* Corrige a distorção do prisma */
44 float temp, tempL0, tempL1=IMG_SCALE;
45 float X, Y;
46 int x1, y1, x2, y2;
47 float distX, distY;
48 float val1, val2, val;
49 float XLO, YLO, XL1=A[2], YL1=A[5];
50
51 for(int y=0; y<CORRECT_IMG_HEIGHT;
52     y++, (tempL1 += A[7]), (XL1 += A[1]) , (YL1 += A[4]) )
53 {
54     tempL0 = XLO = YLO = 0;
55     for(int x=0; x<CORRECT_IMG_WIDTH;
56         x++, (tempL0 += A[6]), (XLO += A[0]), (YLO += A[3]))
57     {
58         temp = tempL0 + tempL1;
59         X = ((XLO+XL1) / temp);
60         Y = ((YLO+YL1) / temp);
61         x1 = int(X+0.5f);
62         y1 = int(Y+0.5f);
63         /* Se coordenadas referem-se a pixel da imagem original */
64         if (x1>=0 && y1>=0 && x1<auxImg->width && y1<auxImg->height)
65         {
66             x2=x1+1;
67             y2=y1+1;
68             /* se pixels vizinhos pertencem à imagem original, calcula a
69              interpolação bilinear entre os 3 vizinhos */
70             if (x2>=auxImg->width || y2>=auxImg->height)
71             {
72                 distX = X - (float)x1;
73                 distY = Y - (float)y1;
74                 val1 = CV_IMAGE_ELEM(auxImg,uchar,y1,x1) * (1-distY) +
75                       CV_IMAGE_ELEM(auxImg,uchar,y2,x1) * distY;
76                 val2 = CV_IMAGE_ELEM(auxImg,uchar,y1,x2) * (1-distY) +
77                       CV_IMAGE_ELEM(auxImg,uchar,y2,x2) * distY;
78
79                 val = val1*(1-distX) + val2*distX;
80                 CV_IMAGE_ELEM(workImg,uchar,y,x) = uchar((val>255.0f)?(255):(val));
81             }
82             else /* vizinhos não pertencem à imagem, pega pixel mais próximo */
83                 CV_IMAGE_ELEM(workImg,uchar,y,x) = CV_IMAGE_ELEM(auxImg,uchar,y1,x1);
84         }

```

```
85     else /* pixel não pertence à imagem, preenche com branco */
86         CV_IMAGE_ELEM(workImg,uchar,y,x) = 255;
87     }
88 }
89
90 cvReleaseImage(&auxImg);
91 return workImg;
92 }
93
94
95 /**
96  * Copia um retângulo de uma imagem original e retorna este retângulo.
97  *
98  * Parâmetro originalImg: a imagem original.
99  * Parâmetro newImgRect: coordenadas e tamanho do retângulo a ser extraído.
100  * Retorna: a imagem resultante.
101  */
102 IplImage* copyImageRect( IplImage *originalImg, CvRect newImgRect )
103 {
104     /* testes de consistência */
105     if ( newImgRect.width+newImgRect.x > originalImg->width ||
106         newImgRect.height+newImgRect.y > originalImg->height ||
107         newImgRect.x < 0 || newImgRect.y < 0 ||
108         newImgRect.width < 1 || newImgRect.height < 1 )
109         return NULL;
110
111     IplImage *auxImg = cvCreateImage(cvSize(newImgRect.width,newImgRect.height),
112                                     originalImg->depth, originalImg->nChannels);
113     if (!auxImg)
114         return NULL;
115
116     cvSetImageROI( originalImg, newImgRect );
117     cvCopy( originalImg, auxImg );
118     cvResetImageROI(originalImg);
119
120     return auxImg;
121 }
```

APÊNDICE B – IMPRESSÕES PALMARES PARA O TESTE DE EMPARELHAMENTO *P1*

Este Apêndice contém as impressões palmares utilizadas no primeiro teste de emparelhamento (*P1*) realizado pelos papiloscopistas do IIPR. As imagens estão organizadas de forma que, em cada página, está o par proveniente de um mesmo recém-nascido. Os pares encontram-se na seguinte ordem:

- 19 pares corretamente pareados: pág. 73–91;
- 11 pares incorretamente pareados: pág. 92–102. Destes:
 - dois pares foram considerados erros de emparelhamento por possuírem imagens boas: pág. 92–93;
 - sete pares possuíam ao menos uma imagem boa: pág. 94–100;
 - e dois pares tinham ambas imagens ruins: pág. 101–102.

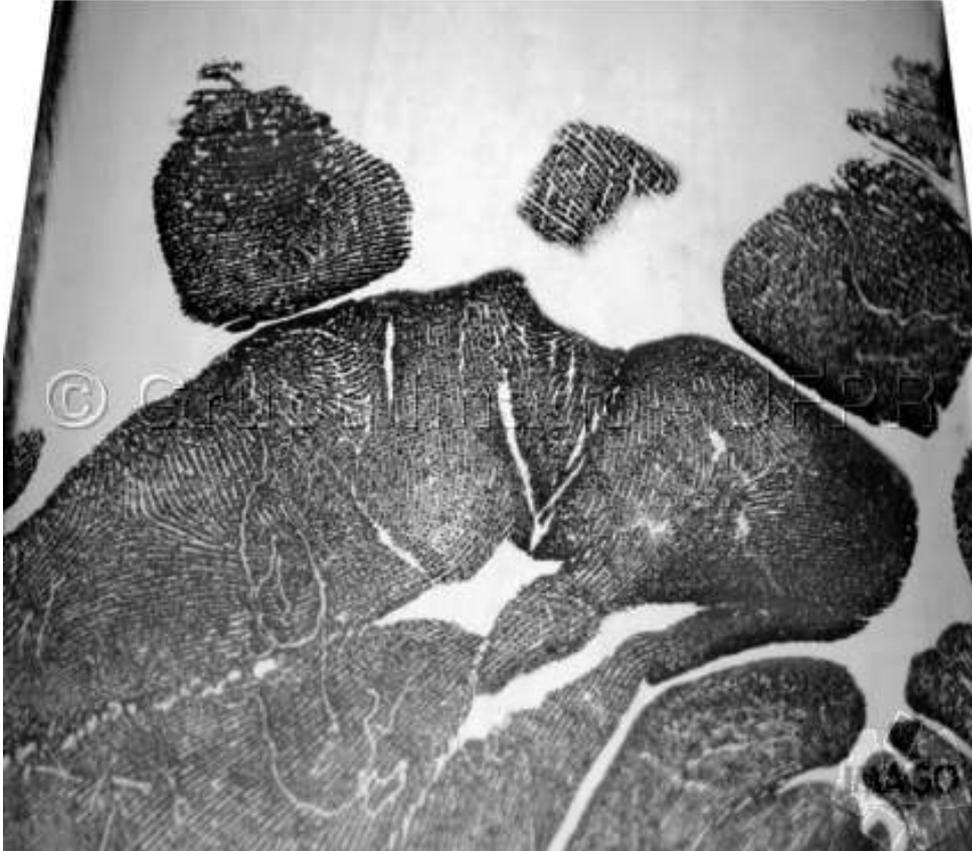
Id: 47



Id: 36



Id: 49



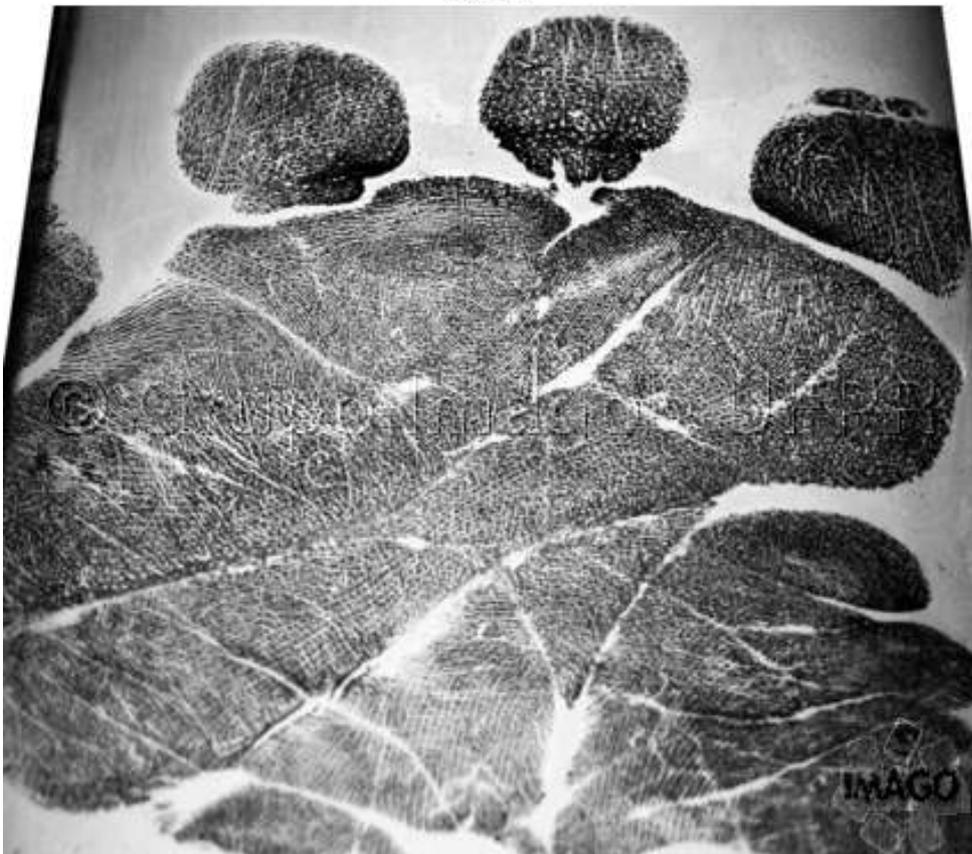
Id: 53



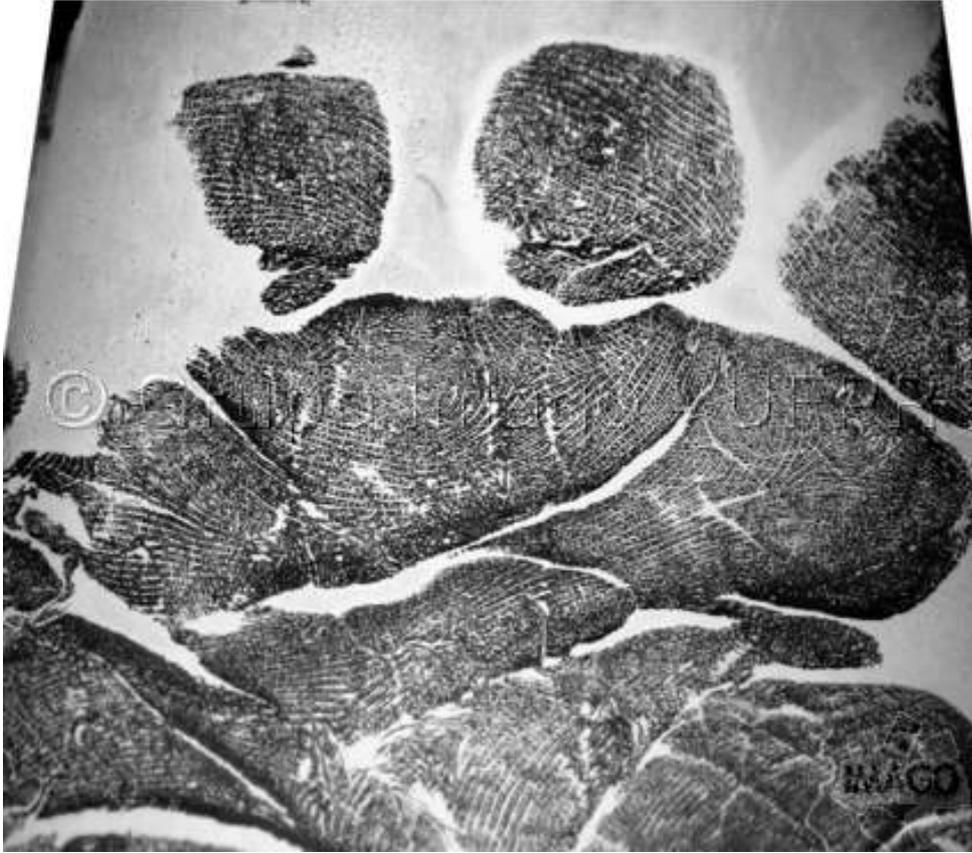
Id: 31



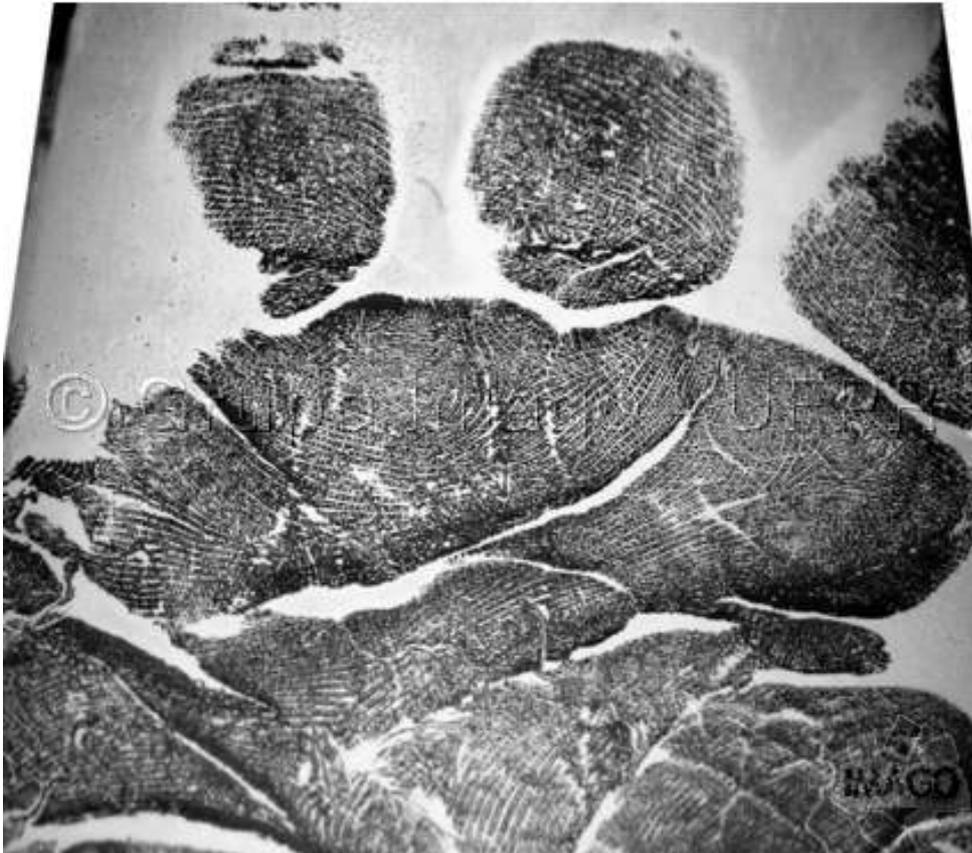
Id: 55



Id: 24



Id: 16



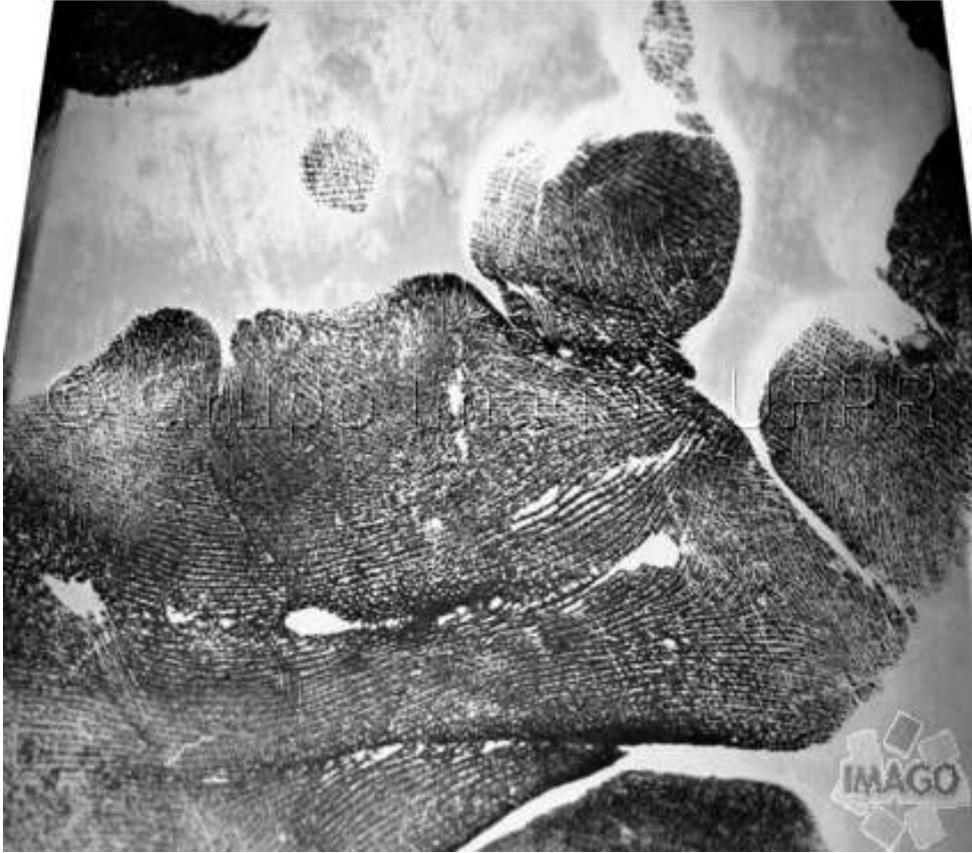
Id: 33



Id: 57



Id: 48



Id: 11



Id: 20



Id: 56



Id: 10



Id: 22



Id: 51



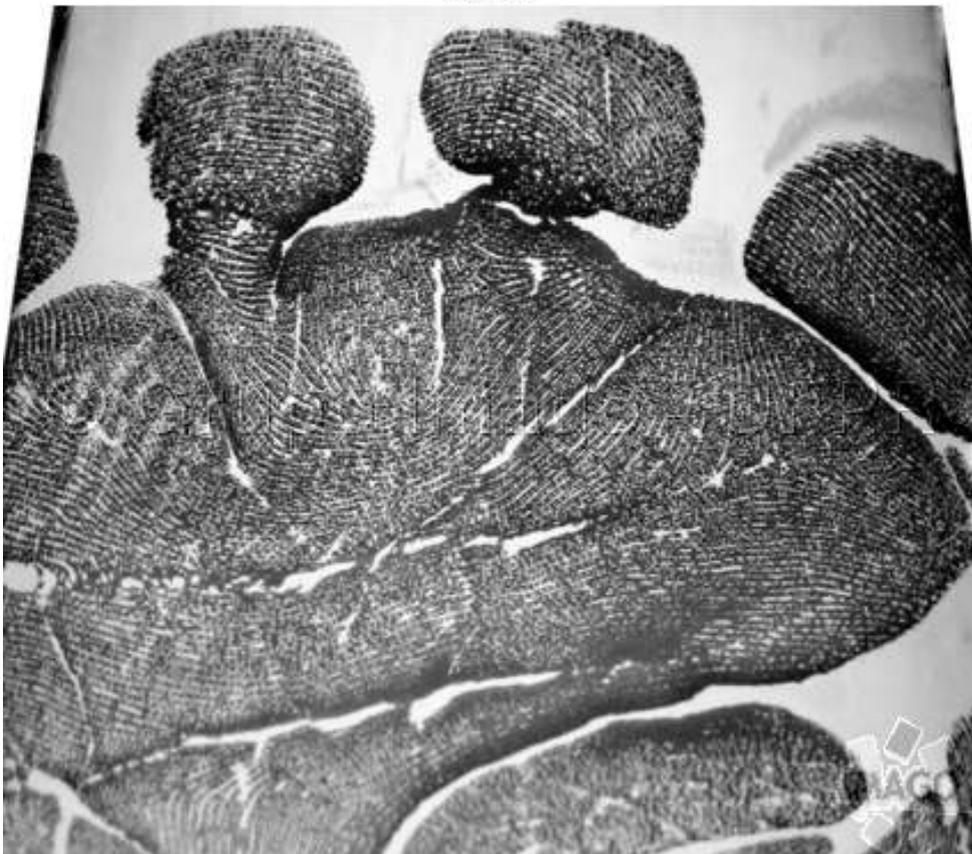
Id: 43



Id: 21



Id: 39



Id: 29



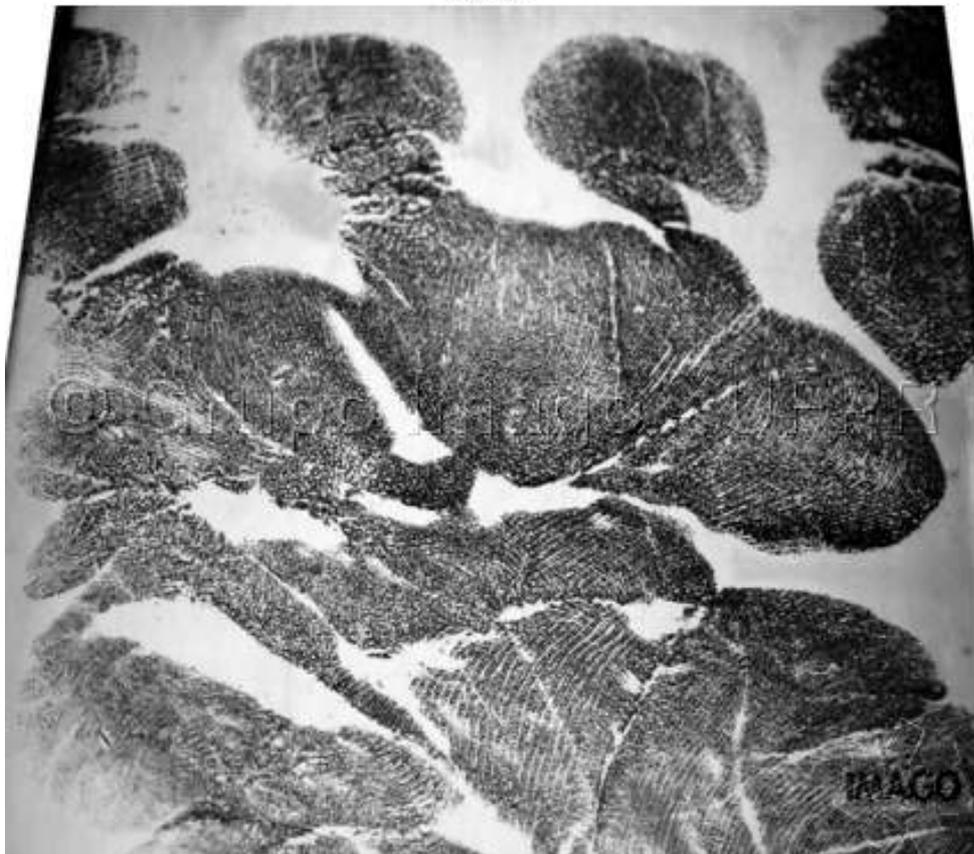
Id: 40



Id: 46



Id: 01



Id: 45



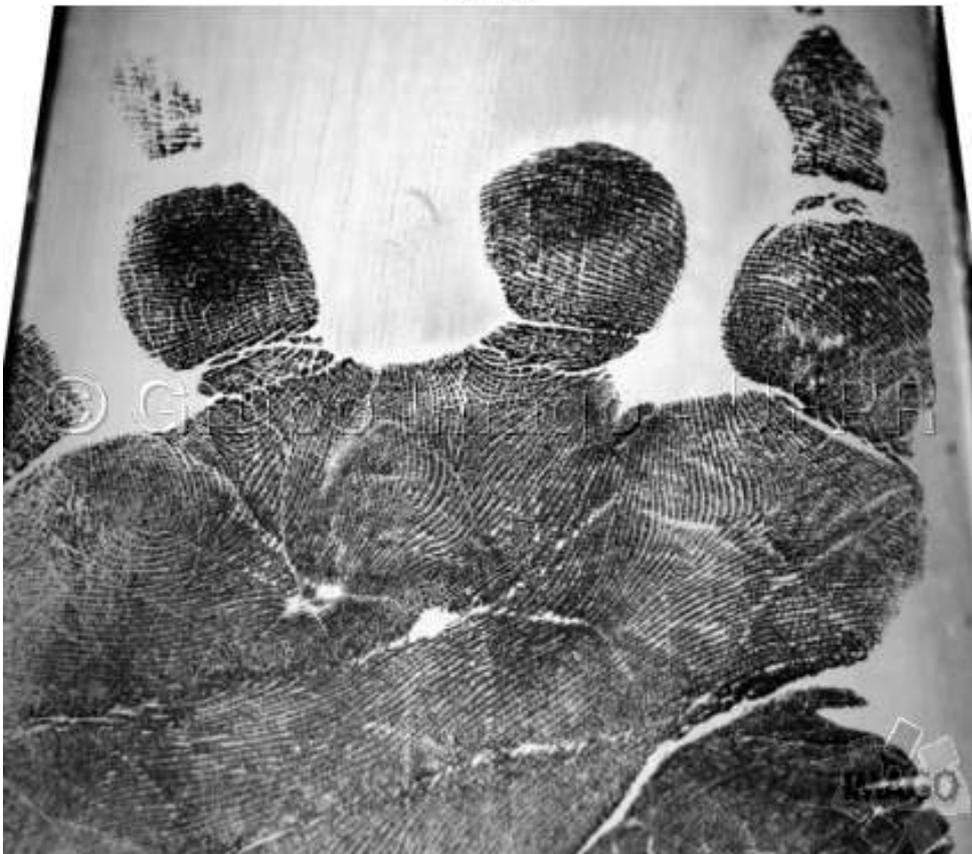
Id: 13



Id: 15



Id: 14



Id: 52



Id: 44



Id: 05



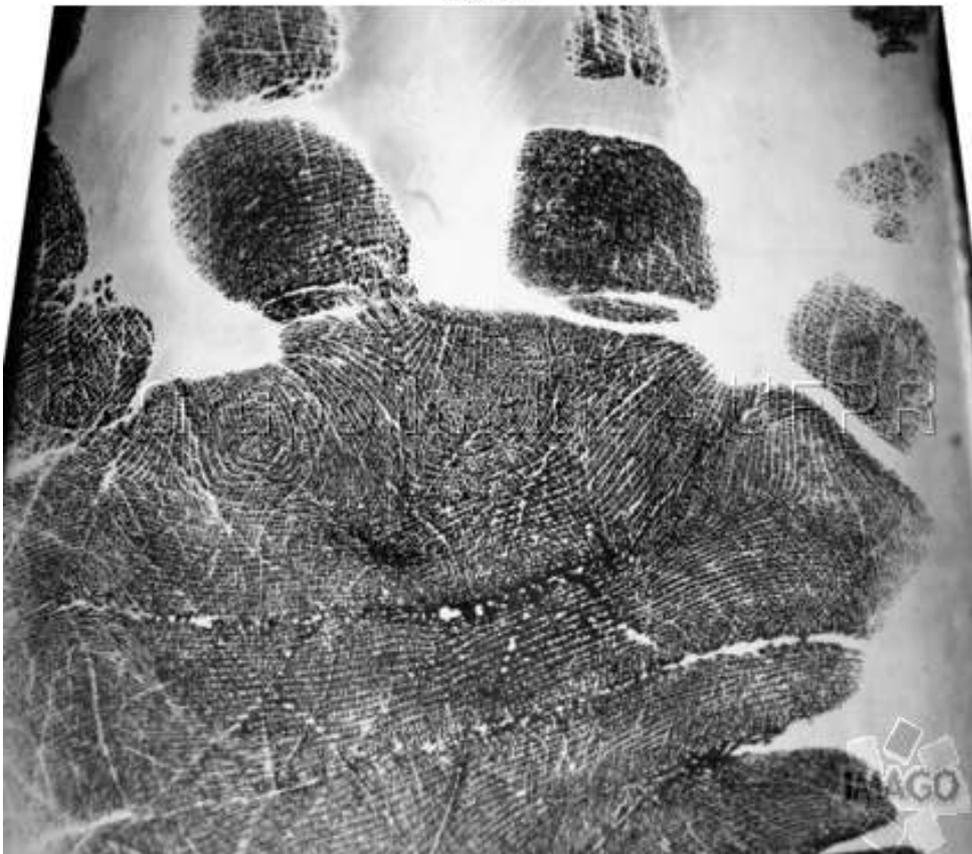
Id: 08



Id: 35



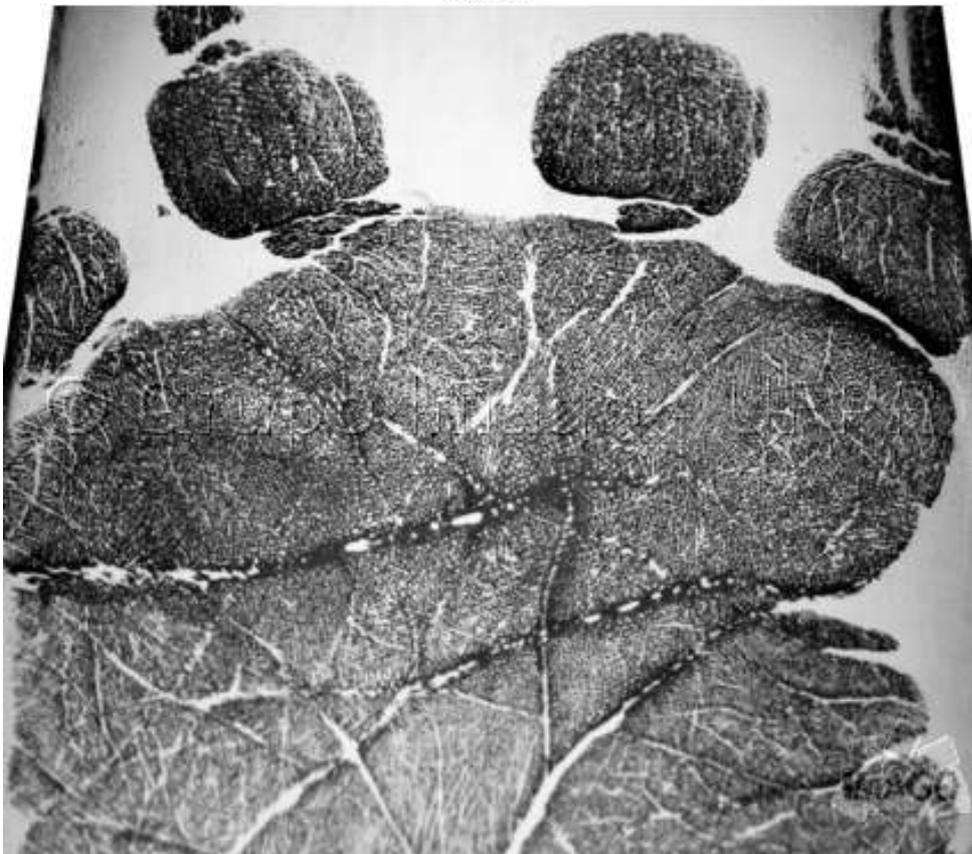
Id: 34



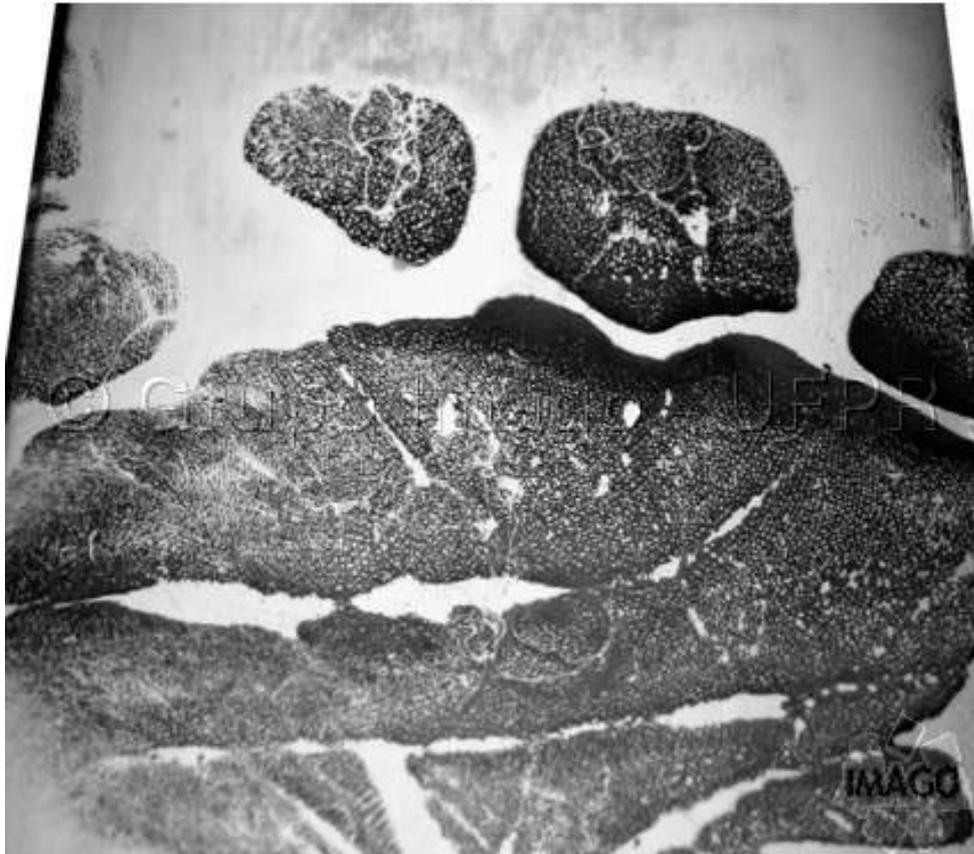
Id: 28



Id: 38



Id: 27



Id: 58



Id: 04



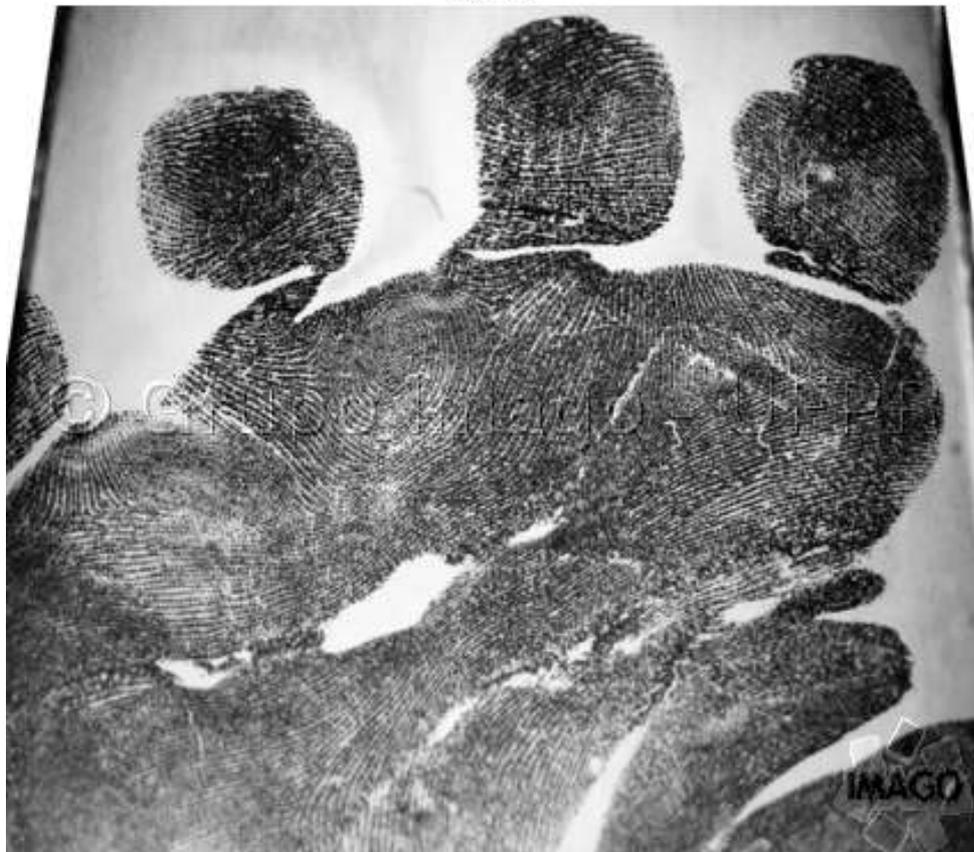
Id: 50



Id: 42



Id: 25



Id: 12



Id: 02



Id: 03



Id: 30



Id: 54



Id: 06



Id: 23



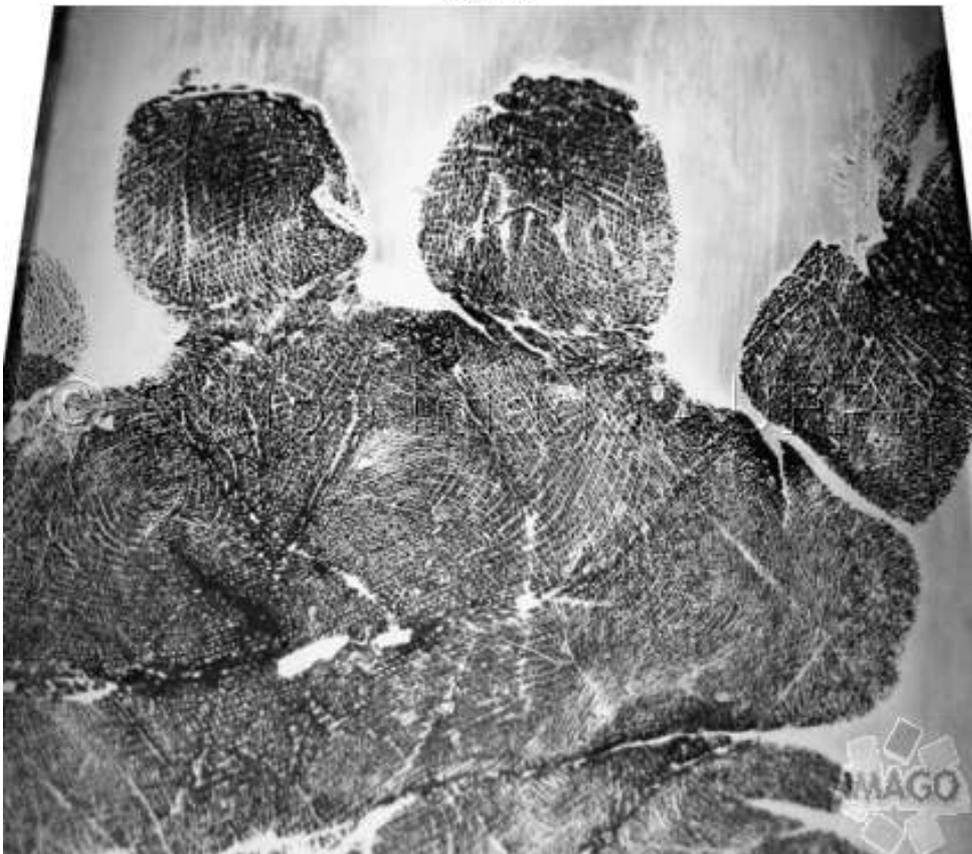
Id: 07



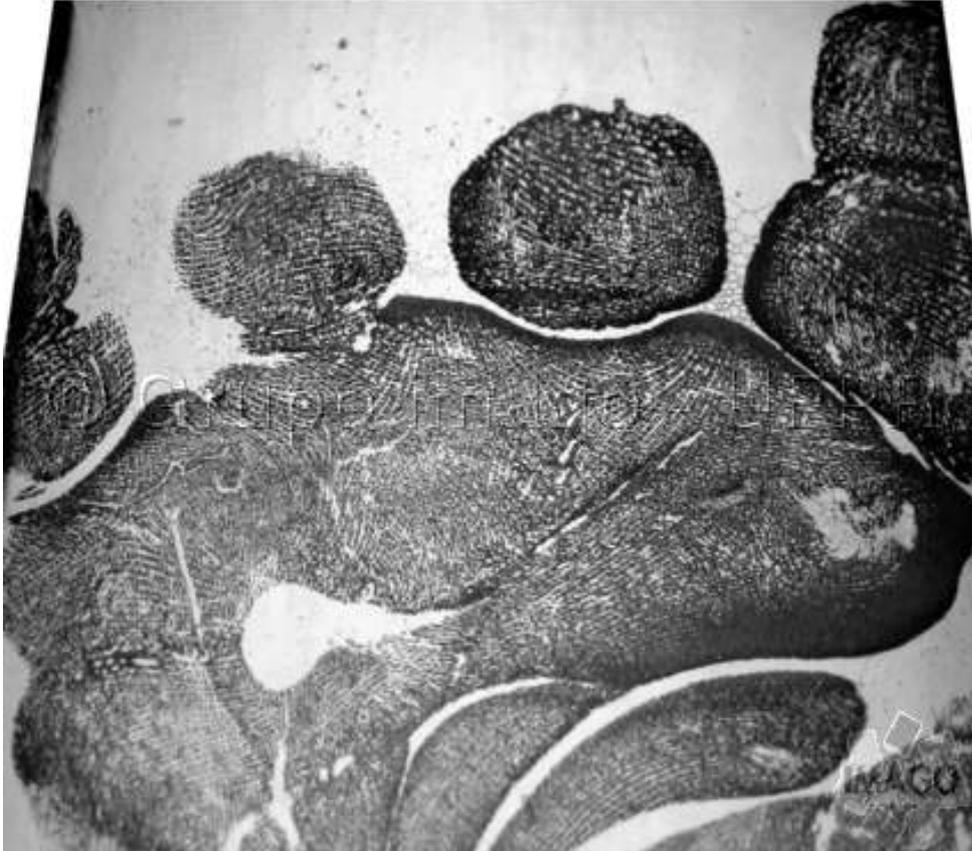
Id: 32



Id: 19



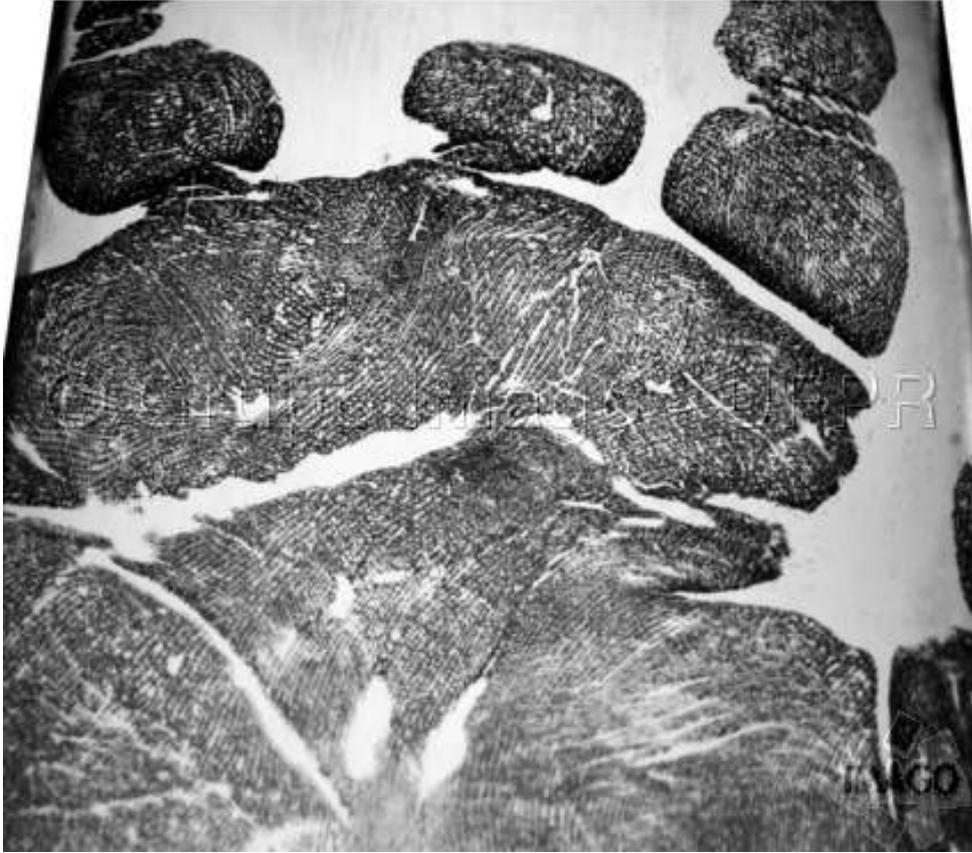
Id: 59



Id: 26



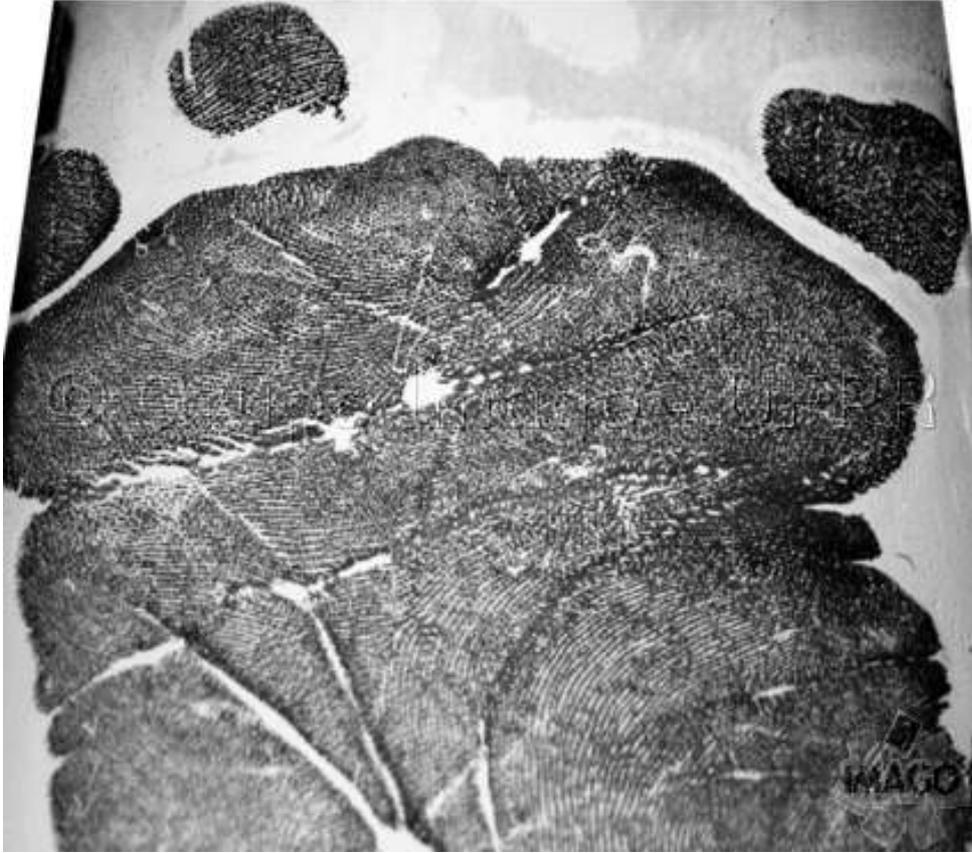
Id: 60



Id: 41



Id: 09



Id: 37



Id: 17



Id: 18



APÊNDICE C – ATIVIDADES NO DEPARTAMENTO DE PEDIATRIA

C.1 Participação em Projetos de Pesquisa

Participação nos seguintes projetos de pesquisa:

- 1) FootScanId: Um Sistema para Identificação de Bebês
Financiado pela FINEP através da Chamada Pública MCT/Finep/CT-INFO – Software 01/2005 tem por objetivo desenvolver um sistema de identificação neonatal.
- 2) FootScanAge para Determinação da Idade Gestacional
Financiado pela FINEP através da Chamada Pública MCT/FINEP/CT-INFO- Software Livre 01/2003, Registro BANPESQ nº 2003012825, tem por objetivo desenvolver um sistema para determinação da idade gestacional de recém-nascidos a partir da sua impressão plantar.
- 3) Diagnóstico Precoce de Diabetes Mellitus Tipo 1
Pesquisa para desenvolver um sistema de diagnóstico do Diabetes Mellitus Tipo 1, em crianças em idade escolar.

C.2 Implantação da Rede Acadêmica de Pediatria

Foi implantada uma rede de computadores, utilizando o sistema GNU/Linux, para diversas disciplinas da pediatria. Foi instalado o Laboratório de Estatística e Informática em Saúde, com uma servidora e três terminais, o laboratório da UTI Neonatal, com três terminais, a sala dos professores da Neonatologia com dois terminais e uma impressora, e mais cinco terminais distribuídos para outras disciplinas. Além disso, os locais de acesso à rede também permitem a conexão de computadores pessoais (*laptops*), com acesso à internet.

APÊNDICE D – PRODUÇÃO BIBLIOGRÁFICA

Weingaertner, D.; CAT, M.N.L.; BELLON, O.R.P.; SILVA, L.; MENEGAZZO, A.J.; THOMAZ, M.L.H.; RUZIK, V.C. Identificação Papiloscópica de Recém-nascidos. *XIX Congresso Nacional de Criminalística*. Salvador, nov. 2007.

IDENTIFICAÇÃO PAPILOSCÓPICA DE RECÉM-NASCIDOS.

Daniel Weingaertner¹, Monica N.L. Cat¹, Olga R.P. Bellon², Luciano Silva²
Ademir J. Menegazzo³, Márcia L.H. Thomaz³ e Vivian C. Ruzik³

¹Departamento de Pediatria, UFPR

²Departamento de Informática, UFPR

³Instituto de Identificação do Paraná

danielw@inf.ufpr.br

RESUMO

Neste artigo propomos um novo método de identificação biométrica para recém-nascidos utilizando sua impressão palmar. Desenvolvemos um sensor ótico de alta resolução que permite a obtenção de imagens com minúcias suficientes para a identificação do bebê. Impressões palmares e plantares de 30 recém-nascidos foram analisadas por papiloscopistas do Instituto de Identificação do Paraná, levando à conclusão de que impressões palmares são mais nítidas do que as plantares, e permitem uma taxa de identificação correta mais do que três vezes superior à obtida em experimentos similares descritos na literatura. O método de aquisição de imagens proposto também abre perspectivas para a criação de um sistema de identificação automático para bebês (AFIS), e produz imagens que podem ser utilizadas para confrontação durante a vida adulta do indivíduo.

ABSTRACT

In this article we propose a novel biometric identification method for newborn babies using their palmprints. A new high resolution optical sensor was developed, which obtains images with enough ridge minutiae to uniquely identify the baby. Palm and footprint images of 30 newborns were analysed by fingerprint experts from the Identification Institute of Paraná State, leading to the conclusion that palmprints yield more detailed images than footprints, and resulting in a correct identification rate more than three times higher than that obtained on similar experiments described on literature. The proposed image acquisition method also opens the perspective for the creation of an automatic identification system for newborns, and produces images that can be used for confrontation during a persons adult life.

⁰Este é um projeto desenvolvido pelo grupo de pesquisas Imago (<http://www.inf.ufpr.br/imago>).

1 Introdução

O uso de impressões digitais para fins de identificação é muito antigo. Sabe-se que os babilônios já utilizavam esta técnica por volta de 1750 A.C. com o objetivo de evitar fraudes em documentos (ASHBAUGH, 1999). Mas foi somente a partir das metodologias de classificação desenvolvidas por Juan Vucetich e Edward Richard Henry, por volta de 1890, que a identificação através das impressões digitais passou a ser utilizada em larga escala na população civil (CUMMINS; MIDLO, 1943; CASTELLANOS, 1953; ASHBAUGH, 1999).

Com o advento das técnicas computadorizadas de identificação biométrica, foram criados sistemas informatizados baseados em diversos identificadores biométricos, sendo os principais: (i) impressões digitais, (ii) face, (iii) voz, (iv) geometria da mão, (v) íris, e (vi) assinatura (BOLLE *et al.*, 2003, pág. 31). A impressão digital é certamente o identificador mais comum, e passou a ser utilizada para atividades cotidianas como: abertura de portas, acesso a computadores, senha de cartão bancário, entre outros.

Há diversos sistemas comercialmente disponíveis para estas e outras aplicações da identificação datiloscópica (MAINGUET, 2007; MALTONI *et al.*, 2003), mas surpreendentemente não existe nenhum sistema biométrico utilizado para a identificação de recém-nascidos, sendo que a maioria das maternidades ainda depende de pulseiras ou carimbos de identificação.

A identificação de recém-nascidos baseada em dados biométricos perenes e de fácil aquisição, como impressões datiloscópicas, é importante por duas razões principais: (i) para evitar/coibir trocas ou roubos das crianças, possibilitando o controle de sua circulação em maternidades, creches, rodoviárias e aeroportos; e (ii) para determinar a “identidade básica” (*ground truth*) (BOLLE *et al.*, 2003), ou seja, a associação entre os dados biométricos e os dados do registro civil (nome, filiação, data de nascimento, etc.), na primeira oportunidade, diminuindo assim as chances de um indivíduo falsificar seus dados.

O objetivo deste artigo é propor um novo método de identificação de recém-nascidos baseado em suas impressões palmares. Inicialmente fazemos um levantamento de técnicas de identificação de recém-nascidos baseadas em impressões datiloscópicas, para então apresentar um equipamento digital capaz de fornecer imagens de alta definição das palmas das mãos e planta dos pés de recém-nascidos. Estas imagens, coletadas ao nascimento, podem ser utilizadas por um perito para comparação em caso de dúvida de identidade e para o desenvolvimento de sistemas automáticos de verificação de identidade. Também podem ser utilizadas para comparações durante a vida adulta do indivíduo.

Este projeto envolveu uma equipe multidisciplinar composta de cientistas da computação, médicos, enfermeiras e papiloscopistas. Também contou com a valiosa colaboração dos pais, que permitiram que o equipamento fosse testado em seus bebês.

2 Identificação de Recém-nascidos

A identificação dos recém-nascidos é uma das principais atribuições da equipe médica na hora do parto, e tem por objetivo evitar a troca de bebês, bem como possibilitar uma futura confirmação da identidade da criança e de seus pais. Além disso, a coleta de material que possibilite a identificação da criança pode servir de instrumento para evitar o tráfico ou adoções ilegais, e também para a confecção de documentos de identidade para recém-nascidos.

A coleta de impressões plantares de recém-nascidos com a finalidade de identificá-los é feita desde o início do século XX de forma rotineira em maternidades de diversos países (QUINTANILHA, 1933; CAT, 2003; VAESKEN, 2006). No Brasil, o Estatuto da Criança e do Adolescente (lei 8.069/90) estabelece a obrigatoriedade deste procedimento em todas as maternidades. Atendendo à lei, ao nascimento é tomada a impressão plantar do recém-nascido, utilizando o método de Kakuda (1977) ou similar, com a impressão em tinta anexada ao prontuário médico. Desta maneira, espera-se dirimir uma eventual dúvida quanto à identidade do bebê ou de sua mãe.

Entretanto, a utilização destas impressões plantar para fins de identificação é, na absoluta maioria dos casos, inviável devido a problemas de legibilidade. De acordo com diversos estudos (QUINTANILHA, 1933; CASTELLANOS, 1953; WIERSCHEM, 1965; SHEPARD *et al.*, 1966; PELÁ *et al.*, 1975; THOMPSON *et al.*, 1981; LOHNES, 1986; LOMUTO; DUVERGES, 1995; CAT, 2003), as principais causas para impressões plantares ilegíveis são:

- Utilização de materiais inadequados (tinta, rolo, papel);
- Falta de treinamento da equipe de saúde, inobservância ou desconhecimento dos procedimentos corretos de coleta;
- Pele coberta por verniz caseoso¹;
- Reduzida espessura da epiderme do recém-nascido, o que deforma as cristas papilares ao contato preenchendo os vales com tinta;
- Reduzido tamanho das cristas papilares dos recém-nascidos, que são de 3 a 4 vezes menores do que em adultos.

Morgan e Pauls apresentou, em 1939, a técnica desenvolvida por Gilbert Pond (POND, 1938) para coleta de impressões palmares de recém-nascidos utilizando rolo e tinta. Argumenta que as impressões palmares são melhores porque a superfície plantar apresenta muitas linhas de flexão que acabam por encobrir ou esconder as cristas papilares. A mão deve ser segurada

¹Verniz caseoso: (*vernix caseosa*) substância gordurosa, que consiste de células epiteliais descamadas e substância sebácea, e recobre a pele do feto (STEDMAN, 1979)

aberta, entintada, e então, a impressão coletada. A pele deve estar limpa e seca, devendo-se remover o verniz caseoso entre as cristas papilares, preferencialmente em até 15 minutos após o nascimento. Esta remoção pode ser feita esfregando-se uma gaze seca ou, caso o verniz já tenha secado, com peróxido de hidrogênio e/ou benzina. Se a pele estiver muito úmida pode ser um pouco desidratada com álcool. Afirma ser possível obter imagens legíveis das impressões palmares de recém-nascidos de termo e prematuros, desde que efetuado por pessoal experiente. Não há, entretanto, análise objetiva das imagens e nem testes de emparelhamento para comprovar tal afirmação.

Shepard *et al.* (1966) coletaram impressões plantares de 51 recém-nascidos, uma ao nascimento e outra 5 ou 6 semanas depois, enviando as 102 impressões resultantes ao Departamento de Investigação Criminal e Identificação da Justiça Estadual da Califórnia (EUA) para análise. Lá, peritos em papiloscopia compararam as imagens e foram capazes de identificar apenas 10 bebês, resultando em aproximadamente 20% de impressões plantares identificáveis. Entretanto, a maioria dessas 20 impressões corretamente pareadas não era nítida o suficiente para permitir a emissão de um laudo judicialmente aceitável.

Pelá *et al.* (1975) avaliaram uma grande quantidade de impressões plantares a fim de verificar sua qualidade e utilidade para fins de identificação. Foram analisadas 1917 impressões coletadas durante um ano em uma maternidade de Ribeirão Preto (SP), e concluiu-se que 100% constituíam-se de borrões, dos quais 9,5% apresentavam vestígios de cristas papilares, insuficientes, entretanto, para a identificação dos recém-nascidos.

Thompson *et al.* (1981) adquiriram 100 impressões plantares de 20 recém-nascidos de termo em 5 maternidades, e verificaram que apenas 11% eram tecnicamente aceitáveis, e apenas uma impressão (1%) tinha os elementos necessários para uma identificação legal. Eles também coletaram impressões plantares de 20 bebês prematuros, pesando menos de 1500g ao nascimento. Diversas impressões de cada bebê foram adquiridas: ao nascimento e 4 a 8 semanas depois, e o melhor par foi escolhido para uma tentativa de emparelhamento, levando à conclusão de que nenhuma servia para fins de identificação. Das mais de 400.000 impressões plantares coletadas nestes 5 hospitais, desde que a coleta havia sido instituída como rotina, nenhuma foi utilizada para estabelecer a identidade de um recém-nascido, levando os autores a concluir que, apesar da importância da correta identificação dos recém-nascidos, a impressão plantar não serve para este fim e deveria ser abandonada por gerar um custo desnecessário.

Em resumo, os autores afirmam que mesmo com pessoal altamente qualificado, bons materiais e técnica adequada, é impossível obter boas impressões plantares de recém-nascidos. Uma recente discussão por email entre pesquisadores na área de biometria² também mostrou que considera-se impossível obter impressões datiloscópicas de recém-nascidos, devido à formação incompleta das cristas, sua superfície estar coberta pelo *vérnix caseoso* e a fragilidade das cris-

²Grupo de Discussão do *Biometric Consortium* (biometrics@peach.ease.lsoft.com) em maio/2005.

tas.

Além da impressão plantar, freqüentemente são empregados outros métodos de identificação como: a colocação de pulseiras, sinais com soluções químicas ou tinta, e a retirada de material genético para exame de DNA. O problema é que as pulseiras ou tintas servem apenas para o período de permanência da criança na unidade hospitalar, sendo que mesmo neste período é possível sua remoção ou alteração. O exame de DNA, por sua vez, é comprovadamente eficaz na identificação unívoca de indivíduos, mas tem um custo muito elevado, além de não poder ser efetuado em tempo real, necessitando de sofisticados procedimentos laboratoriais.

A utilização da íris como objeto de identificação, embora cada vez mais comum em adultos (BOLLE *et al.*, 2003), é inviável para recém-nascidos, especialmente os prematuros, pois eles dificilmente abrem os olhos, não tem capacidade de olhar fixamente a um dispositivo de escaneamento ocular, e podem ser feridos ou contaminados ao terem as pálpebras tocadas.

O formato da orelha é um dado biométrico de fácil aquisição, mas possui pouca capacidade discriminatória (VICTOR *et al.*, 2002; CHANG *et al.*, 2003; BOLLE *et al.*, 2003) além de modificar-se ao longo da vida do indivíduo.

Dadas as limitações destes e de outros métodos de identificação, a idéia de se poder utilizar a dados datiloscópicos continua sendo muito atrativa, pois é um método não invasivo, de fácil aplicação, alta disponibilidade e aceitação, além de efetivamente utilizado a mais de 100 anos.

2.1 Cristas Papilares dos Recém-nascidos

As cristas papilares dos dedos, palma das mãos e planta dos pés do feto formam-se no feto entre a 12^a e a 16^a semana de gestação, sendo que surgem primeiro na ponta dos dedos e por último na sola dos pés. Elas não se alteram nos meses subseqüentes ou na vida adulta do indivíduo (a não ser em caso de algumas doenças ou ferimentos físicos). A partir da 18^a semana de vida intra-uterina, o feto tem as cristas completamente formadas e elas tornam-se visíveis na superfície da epiderme (CUMMINS; MIDLO, 1943; CASTELLANOS, 1953; HOLT, 1973; KÜCKEN; NEWELL, 2005). Para ter uma chance de sobreviver, o bebê deve ter no mínimo 25 semanas de gestação, de forma que deveria ser possível adquirir impressões datiloscópicas de todo recém-nascido.

Embora plenamente formadas e imutáveis quanto ao número de linhas, seus desenhos ou detalhes, as cristas papilares mudam de tamanho ao longo do crescimento da criança, tornando-se mais espessas e separando-se umas das outras (CUMMINS; MIDLO, 1943; CASTELLANOS, 1953). De acordo com Castellanos (1953), as cristas papilares dos dedos dos recém-nascidos de termo são 2,5 a 3 vezes menores do que em adultos, e são muito frágeis, deformando-se facilmente ao contato. A Figura 1 ilustra esta diferença mostrando lado a lado o dedo de um recém-nascido de termo e de um adulto.



Figura 1: Comparação entre o dedo indicador de um recém-nascido e de um adulto.

Cummins e Midlo (1943) e Gómez (1943) *apud.*(CASTELLANOS, 1953) analisaram cristas papilares nos dedos de indivíduos de diferentes idades. A Tabela 1 sumariza estas análises indicando a espessura das cristas para cada faixa etária.

Tabela 1: Desenvolvimento das cristas papilares nos dedos desde o nascimento até a vida adulta.

Faixa Etária	Espessura das cristas (<i>mm</i>)	
	Gómez (1943)	Cummins e Midlo (1943)
Prematuros	—	0,15
Recém-nascidos	0,21	0,10 a 0,22
1 ano	0,31	—
10 anos	0,43	0,30 a 0,35
Adultos	0,50	0,43 a 0,48

Podemos utilizar os dados da Tabela 1 para estimar a resolução mínima necessária para um sensor de impressões digitais de recém-nascidos. Os sistemas de identificação através de impressões digitais (AFIS), homologados pelo FBI para o uso em adultos, exigem uma resolução mínima de 500 pixels/pontos por polegada ($500dpi$) (MALTONI *et al.*, 2003). Como as cristas de um adulto medem em média $0,45mm$, então para um recém-nascido cujas cristas medem $0,15mm$, faz-se necessária uma resolução de pelo menos $1500dpi$. Há no entanto recém-nascidos menores e/ou prematuros cujas cristas papilares medem até $0,10mm$ de espessura (CUMMINS; MIDLO, 1943), elevando a necessidade de resolução do sensor para $2250dpi$.

Os sensores com resolução de $500dpi$ fornecem imagens com aproximadamente 8,86 pixels entre duas cristas papilares de impressões digitais de adultos. A Tabela 2 mostra estimativas da

resolução necessária para se alcançar a mesma quantidade de pixels entre cristas papilares para recém-nascidos.

Tabela 2: Comparação da espessura das cristas papilares e da resolução necessária para captura de impressões digitais em adultos e recém-nascidos.

Faixa Etária	Espessura da Crista (<i>mm</i>)	Resolução (<i>dpi</i>)	Pixels/crista
Adultos	0,45	500	8,86
Recém-nascidos	0,15	1500	8,86
Prematuros	0,10	2250	8,86

3 Aquisição de Impressões Plantares e Palmares

No intuito de desenvolver um novo método de coleta de impressões plantares para a identificação de recém-nascidos, foram efetuados alguns experimentos na maternidade do Hospital de Clínicas da Universidade Federal do Paraná, após aprovação pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos. Todos os experimentos foram feitos com recém-nascidos a termo, saudáveis, com no máximo 24h de vida. A superfície plantar/palmar foi devidamente lavada antes da coleta, para a remoção do verniz caseoso (QUINTANILHA, 1933).

3.1 Tinta e Papel

O primeiro método testado foi a coleta com tinta e papel, para a qual obtivemos a colaboração de papiloscopistas do Instituto de Identificação do Paraná (IIPR), que auxiliaram na escolha do material (papel, tinta, rolo) e na aplicação da metodologia correta para coleta da impressão.

Na Figura 2 vemos as impressões plantares de um recém-nascido obtidas por este método, nas quais é possível visualizar as linhas de flexão, mas não se obtém nitidez suficiente para analisar as cristas papilares, confirmando os resultados anteriormente apresentados.

Não obstante, a Figura 3 mostra um pedaço da impressão plantar no qual é possível identificar algumas cristas papilares, o que raramente é obtido nas imagens com tinta tiradas no dia-a-dia da maternidade. Além disso, em outras imagens tomadas do mesmo bebê, não foi possível identificar novamente as mesmas cristas, evidenciando a baixa reprodutibilidade do método de impressão com tinta.

Não foram efetuados testes com a palma das mãos ou dedos devido à dificuldade de manipulação, uma vez que os recém-nascidos mantêm a mão cerrada, o que inviabiliza o entintamento e correta impressão em papel.

<i>FootScanAge – Coleta de Impressões Plantares</i>			
Nome da mãe:		Registro da mãe:	
Registro do RN:	Data de nasc.: / / 200_	Data da coleta:	/ / 200_
Pé Esquerdo		Pé Direito	
			

Figura 2: Ficha de coleta de impressões plantares de um recém-nascido.

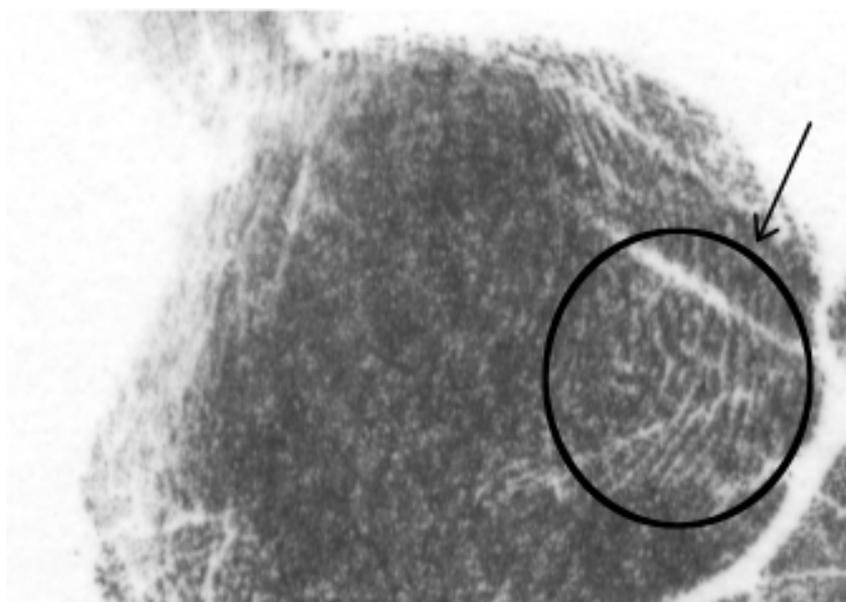


Figura 3: Detalhe da impressão plantar mostrando alguns dermatoglifos, que raramente são nítidos em impressões tomadas com tinta e papel.

3.2 Imageamento Digital

Num segundo momento foram testados alguns sensores óticos para impressões digitais e palmares comercialmente disponíveis. Foram utilizados sensores com resoluções variando de $250dpi$ a $500dpi$, mas em nenhum dos casos as imagens obtidas continham cristas nitidamente visíveis que permitissem a identificação do bebê.

A próxima tentativa foi a de utilizar *scanners* de alta resolução ($1200dpi$ e $2400dpi$) para escanear a palma das mãos e planta dos pés de recém-nascidos, a fim de testar a hipótese de que uma maior resolução apresentaria melhores resultados. A Figura 4 é um exemplo do resultado obtido, e dá suporte à idéia de que as cristas dos recém-nascidos são de fato visíveis.

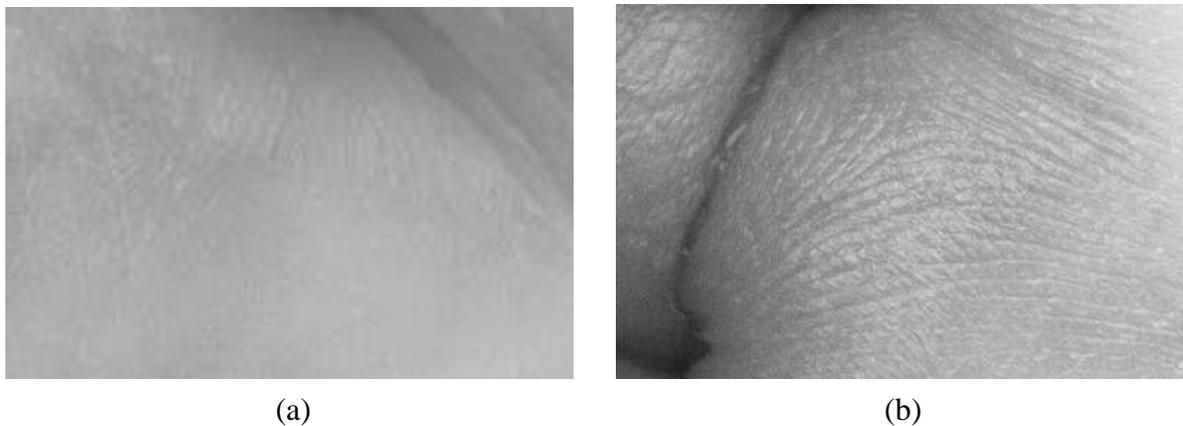


Figura 4: (a) Detalhe da região interdigital da palma da mão e (b) da planta do pé de um recém-nascido, escaneada a $1200dpi$.

Entretanto as imagens escaneadas não foram consideradas apropriadas para utilização em larga escala por três razões: primeiro porque o processo de escaneamento em altas resoluções leva mais de 2 minutos, tempo durante o qual o bebê não pode mover sua mão ou seu pé sob pena de corromper a imagem. Segundo, a imagem escaneada tem baixo contraste, dificultando a segmentação/separação de cristas e vales. E terceiro, a pressão que tem de ser aplicada sobre a mão/pé para mantê-lo imobilizado causa o esvaziamento dos vasos sanguíneos superficiais da pele, reduzindo ainda mais o contraste entre cristas e vales, além de deformar as cristas.

3.3 Sensor para Impressões Palmares e Plantares de Recém-nascidos

De acordo com nosso conhecimento, e baseado na discussão acima, não existe método ou equipamento que permita a aquisição de impressões plantares ou palmares de recém-nascidos em alta resolução. Além disso, não há no mercado equipamentos capazes de satisfazer os requisitos desta aplicação. Por isso, desenvolvemos um sensor (Figura 5) consistindo de uma máquina fotográfica digital de 8 megapixels acoplada a um prisma de vidro ótico, capaz de gerar imagens

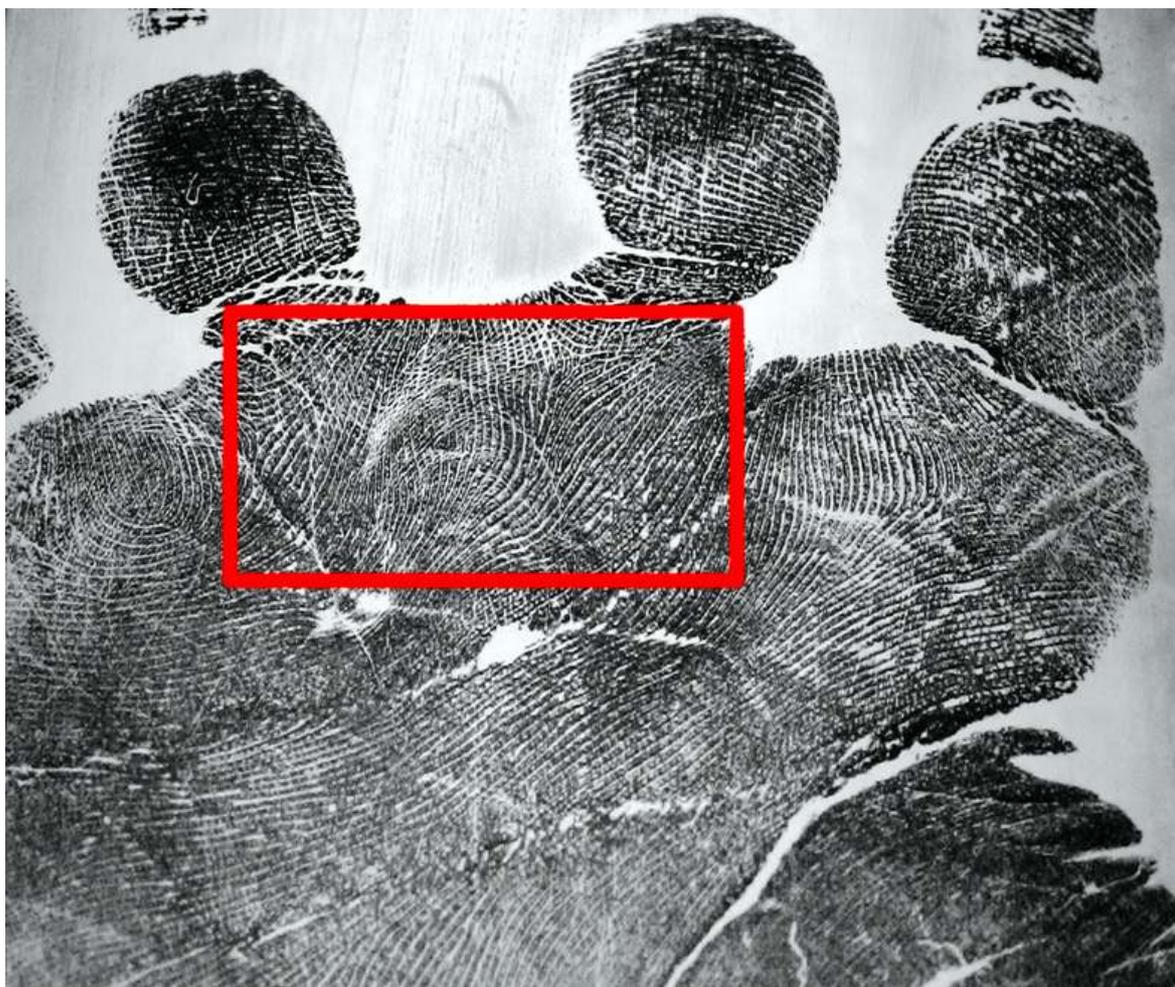
de aproximadamente $1400dpi$ para uma área de captura de $35 \times 45mm$.



Figura 5: Sensor óptico com área de captura de $35 \times 45mm$ e resolução aproximada de $1400dpi$, utilizado para adquirir impressões plantares e palmares de recém-nascidos.

O princípio de funcionamento do sensor é o mesmo de alguns sensores de impressões digitais existentes, baseado na característica de reflexão total de um prisma. Quando a palma da mão ou planta do pé é colocada sobre a superfície inclinada do prisma, a luz incidente em uma de suas faces é absorvida pelas cristas papilares que tocam o prisma, produzindo pontos escuros na imagem, enquanto que nos vales a luz é refletida para a câmera, posicionada na terceira face do prisma. Este método fornece imagens de alto contraste, e a principal vantagem do sensor por nós desenvolvido é sua alta resolução, que não é encontrada em nenhum outro sensor comercialmente disponível, e sua grande área de captura, suficiente para a palma da mão ou planta do pé do recém-nascido.

A aquisição de imagens de boa qualidade requer que a pele dos bebês seja devidamente limpa e umedecida. A Figura 6a apresenta a imagem da mão de um recém-nascido obtida com este sensor (após correções da distorção causada pelo prisma). A Figura 6b é um aumento da região destacada nesta imagem para melhor visualização. É possível observar cristas bem definidas e alguns poros. As cristas estão relativamente próximas umas às outras (com vales estreitos) devido à deformação causada pela pressão aplicada à mão, e devido à umidade da palma. Mas a imagem possui o alto contraste tipicamente obtido com este tipo de sensores, e permite a identificação de minúcias e até de poros.



(a)



(b)

Figura 6: (a) Impressão palmar de um recém-nascido e (b) ampliação da região destacada.

4 Resultados Experimentais

A fim de testar a eficácia do método proposto, impressões palmares e plantares de 30 recém-nascidos foram coletadas na maternidade do Hospital de Clínicas da Universidade Federal do Paraná. As imagens foram coletadas durante as primeiras 24h de vida, e novamente antes de os bebês completarem 48h. A cada vez, duas imagens da palma da mão e duas da planta do pé foram obtidas, de forma a se ter 4 imagens da palma/sola de cada bebê, totalizando 240 imagens.

As imagens foram analisadas por três papiloscopistas do IIPR. Inicialmente as melhores impressões palmares e plantares de cada recém-nascido foram classificadas em uma de três categorias, de acordo com sua qualidade:

- **Boa:** imagem apresenta minúcias suficientes para emissão de laudo;
- **Média:** imagem permite identificação, mas não apresenta minúcias suficientes para emissão de laudo;
- **Ruim:** imagem não serve para identificação.

Os resultados apresentados na Tabela 3 mostram que impressões palmares fornecem imagens de melhor qualidade do que impressões plantares, uma vez que apenas 2 bebês em 30 possuíam impressões palmares classificadas como *Ruim*, enquanto que 12 tiveram impressões plantares nesta categoria. Isto é surpreendente, especialmente se considerarmos o fato de que recém nascidos não abrem espontaneamente sua mão, dificultando a aquisição desta imagem. Mas, de acordo com os papiloscopistas, a obtenção da impressão palmar seria de maior utilidade para comparação posterior na vida adulta do indivíduo, uma vez que é este o procedimento padrão de identificação no Brasil, em conjunto com a impressão decadactilar. A Tabela 3 também mostra que apenas 2 bebês (6,7%) não poderiam ser identificados através das impressões palmares colhidas ao nascimento (classificação *Ruim*).

Tabela 3: Classificação da melhor impressão plantar e palmar de 30 recém-nascidos.

Qualidade da imagem	Impressões Plantares		Impressões Palmares	
Boa	13	43,3%	19	63,3%
Média	5	16,7%	9	30,0%
Ruim	12	40,0%	2	6,7%
Total	30	100%	30	100%

Além desta classificação, duas impressões palmares de cada recém-nascido, coletadas em dias subsequentes (até 24 e 48 horas após o nascimento) foram aleatoriamente numeradas (de 1

a 60) e entregues aos papiloscopistas, que deveriam encontrar os respectivos pares. Eles foram capazes de identificar corretamente 19 pares de 30, um escore de 63,3%. Dos 11 pares incorretamente classificados, 2 foram considerados erros de classificação, o que significa que ambas imagens eram classificadas como *Boa*, mas foram incorretamente pareadas por engano. Desta forma, podemos considerar que 21 bebês em 30 apresentaram duas imagens que permitiam sua identificação (70%). Dos 9 pares restantes, 7 tinham pelo menos uma impressão classificada como *Boa* ou *Média*, e apenas dois tinham ambas imagens classificadas como *Ruim* (conforme Tabela 3).

5 Conclusão

Neste artigo fazemos uma revisão dos métodos de identificação de recém-nascidos e apresentamos uma técnica de aquisição de impressões palmares, utilizando um sensor ótico de alta resolução, que permite taxas de identificação pelo menos 3 vezes superior aos métodos baseados em impressões plantares em papel descritos na literatura (QUINTANILHA, 1933; SHEPARD *et al.*, 1966; PELÁ *et al.*, 1975; THOMPSON *et al.*, 1981). Enquanto a maioria dos autores concluiu que impressões plantares tomadas ao nascimento não fornecem boas imagens, com taxas de identificação variando de 0% a no máximo 20%, o método desenvolvido foi capaz de identificar corretamente 70% dos bebês, e 93,3% possuíam ao menos uma impressão palmar nítida o suficiente para um confronto.

Os resultados também mostram que impressões palmares produzem imagens de melhor qualidade do que impressões plantares para fins de identificação. Este resultado é inovador pois não há na literatura, de acordo com nosso conhecimento, nenhuma descrição de identificação de recém-nascidos através do uso da impressão palmar, pois elas são de mais difícil aquisição, uma vez que os bebês não abrem as mãos espontaneamente, e sempre se assumiu que a impressão plantar apresentava cristas papilares mais nítidas.

Finalmente, as imagens obtidas por este método ainda não apresentam a mesma qualidade de impressões digitais de adultos coletadas com sensores óticos de 500dpi. Razões para tanto incluem a fragilidade das cristas papilares dos recém-nascidos e sua pele pouco úmida. Melhorias na técnica podem ser obtidas alterando o material e/ou a quantidade de substância umectante; modificando o sensor de forma que as imagens possam ser visualizadas imediatamente após a coleta; e tornando o sensor ergonomicamente mais confortável para a mão do bebê, de forma a exigir menos pressão sobre ela no momento da coleta.

Pesquisas futuras devem concentrar-se em duas linhas: (1) aperfeiçoar o sensor e o método de aquisição de imagens; e (2) desenvolver um software para automaticamente identificar os recém-nascidos utilizando estas imagens.

6 Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer à da Secretaria de Segurança Pública do Estado do Paraná por indicar os papiloscopistas do Instituto de Identificação do Paraná, que ajudaram na coleta e análise das imagens. Às enfermeiras da maternidade do Hospital de Clínicas da UFPR, que ajudaram no cuidado com os bebês, e à CAPES, CNPq e FINEP pelo apoio financeiro ao projeto.

Referências

- ASHBAUGH, D. R. *Ridgeology - Modern Evaluative Friction Ridge Identification*. Forensic Identification Support Section, Royal Canadian Mountet Police, 1999. Disponível em: `\url{http://www.onin.com/fp/ridgeology.pdf}`.
- BOLLE, R. *et al. Guide to Biometrics*. [S.l.]: Springer Verlag, 2003. ISBN 0387400893.
- CASTELLANOS, I. *Dermopapiloscopia Clinica*. Havana, Cuba: Imp. P. Fernández y Cía, 1953.
- CAT, M. N. L. *Méodo FootScanAge para Determinação da Idade Gestacional*. Tese (Doutorado) — Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Brasil, 2003.
- CHANG, K. *et al.* Comparison and combination of ear and face images in appearance-based biometrics. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, IEEE Computer Society, Los Alamitos, CA, USA, v. 25, n. 9, p. 1160–1165, 2003. ISSN 0162-8828.
- CUMMINS, H.; MIDLO, C. *Finger Prints, Palms and Soles*. New York: Dover Publications, Inc., 1943.
- GÓMEZ, J. C. *La Identificación del Recién nacido*. Buenos Aires: [s.n.], 1943. *apud*.(CASTELLANOS, 1953).
- HOLT, S. B. The significance of dermatoglyphics in medicine. *Clinical Pediatrics*, v. 12, n. 8, p. 471–484, ago. 1973.
- KAKUDA, M. L. A tomada de impressões plantares do recém-nascido como problema de enfermagem. estudo da tinta, papel e modo de aplicação. *Revista de Enfermagem em Novas Dimensões*, v. 3, p. 362–368, 1977.
- KÜCKEN, M.; NEWELL, A. C. Fingerprint formation. *Journal of Theoretical Biology*, v. 235, p. 71–83, fev. 2005.
- LOHNES, R. C. Reading the fine print. *American Journal of Nursing*, p. 1030, set. 1986.

LOMUTO, C.; DUVERGES, C. Identificación del recién nacido y medidas de prevención para evitar su robo de las maternidades. *Revista del Hospital Materno Infantil Ramón Sardá*, v. 14, n. 3, p. 115–124, 1995.

MAINGUET, J.-F. Biometrics. Acessado em 08/2007. 2007. Disponível em: [\url{http://perso.orange.fr/fingerchip/biometrics/biometrics.htm}](http://perso.orange.fr/fingerchip/biometrics/biometrics.htm).

MALTONI, D. *et al. Handbook of Fingerprint Recognition*. Secaucus, NJ, USA: Springer-Verlag New York, Inc., 2003. ISBN 0387954317.

MORGAN, L. E.; PAULS, F. Palm prints for infant identification. *American Journal of Nursing*, v. 39, n. 8, p. 866–868, ago. 1939.

PELÁ, N. T. R.; MAMEDE, M. V.; TAVARES, M. S. G. Análise crítica de impressões plantares de recém-nascidos. *Revista Brasileira de Enfermagem*, v. 29, p. 100–105, 1975.

POND, G. P. *The Palm Print Method of Infant Identification*. Chicago: Physician's Record Company, 1938.

QUINTANILHA, R. de C. *Da identificação do recém-nascido*. Tese (Doutorado) — Faculdade de Medicina de São Paulo, abr. 1933.

SHEPARD, K. S.; ERICKSON, T.; FROMM, H. Limitations of footprinting as a means of infant identification. *Pediatrics*, v. 37, n. 1, jan. 1966.

STEDMAN (Ed.). *Dicionário Médico*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S.A., 1979.

THOMPSON, J. E. *et al.* Footprinting the newborn: not cost-effective. *Journal of Pediatrics*, v. 99, p. 797–798, nov. 1981.

VAESKEN, C. C. S. de. Impresiones digitales. Acessado em 04/2006. 2006. Disponível em: [\url{http://www.monografias.com/trabajos7/imdi/imdi.shtml}](http://www.monografias.com/trabajos7/imdi/imdi.shtml).

VICTOR, B.; BOWYER, K.; SARKAR, S. An evaluation of face and ear biometrics. *Proceedings. 16th International Conference on Pattern Recognition*, IEEE Computer Society, Los Alamitos, CA, USA, v. 01, p. 10429, 2002. ISSN 1051-4651.

WIERSCHEM, J. Know them by their feet. *Medical Record News*, v. 168, p. 158–160, jun. 1965.

ANEXO A - APROVAÇÃO NO COMITÊ DE ÉTICA

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)