



República Federativa do Brasil  
Ministério da Economia  
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(21) BR 102018006514-9 A2



(22) Data do Depósito: 29/03/2018

(43) Data da Publicação Nacional: 08/10/2019

(54) **Título:** DISPOSITIVO DE ESCANEAMENTO DE IMPRESSÕES DIGITAIS 3D DA PELE (EPIDERME E DERME) DE OUTRAS AMOSTRAS BIOLÓGICAS UTILIZANDO TECNOLOGIA DE TOMOGRAFIA DE COERÊNCIA ÓTICA E SISTEMA DE IDENTIFICAÇÃO

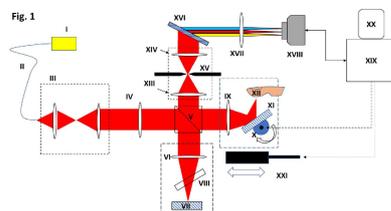
(51) **Int. Cl.:** G06K 9/00.

(52) **CPC:** G06K 9/00288.

(71) **Depositante(es):** UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANA.

(72) **Inventor(es):** HENRIQUE SÉRGIO GUTIERREZ DA COSTA; LUCIANO SILVA.

(57) **Resumo:** Dispositivo de escaneamento de impressões digitais 3D da pele (epiderme e derme) de outras amostras biológicas utilizando tecnologia de Tomografia de Coerência Ótica e sistema de identificação . A invenção proposta trata de um sistema de aquisição de imagens da epiderme e da derme em 3D (Fig.1) e de identificação biométrica composto de: um dispositivo de aquisição de impressões digitais 3D eletro-óptico (Fig. 1), um sistema (Fig. 2) embarcado de processamento, controle, armazenamento e potência e um sistema mecânico de precisão (Fig.3 e 4) para iluminar a amostra corretamente com potência e orientação geométrica adequados. O sistema utiliza a tecnologia de Tomografia de Coerência Óptica, que permite a aquisição em profundidade das camadas internas da pele e foi projetado para acomodar os diversos dispositivos necessários à operação e prover controle sincronizado, processamento matemático e de imagens e potência adequados à varredura em linha, geração das imagens 3D e identificação biométrica de indivíduos. O problema proposto a ser resolvido na geração de impressões digitais 3D resume-se a: a) dependência direta da qualidade das imagens 2D das amostras; b) variações na largura das cristas da profundidade dos vales e/ou da resolução da imagem; c) erros de cálculo nas dimensões originários dos métodos baseados (...).



**Dispositivo de escaneamento de impressões digitais 3D da pele (epiderme e derme) de outras amostras biológicas utilizando tecnologia de Tomografia de Coerência Ótica e sistema de identificação**

A. Campo da Invenção

[001] A invenção proposta trata de um sistema de aquisição de imagens da epiderme e da derme em 3D e de identificação biométrica composto de: um dispositivo de aquisição de impressões digitais 3D eletro-óptico, um sistema embarcado de processamento, controle, armazenamento e potência e um sistema mecânico de precisão para iluminar a amostra corretamente com potência e orientação geométrica adequados

B. Fundamentos da Invenção e Estado da Técnica

[002] Soluções para a aquisição e construção de impressões digitais 3D vem sendo propostas na literatura, sendo em sua maioria baseadas em múltiplas vistas ou em luz estruturada. Predominam duas categorias de métodos: **Métodos baseados em múltiplas vistas e Métodos baseados em Luz Estruturada**,

[003] Nos a) **Métodos baseados em múltiplas vistas**, a imagem é capturada utilizando múltiplas câmeras e/ou múltiplas fontes de luz (normalmente LEDs) orientadas em ângulos diferentes. Uma das soluções deste tipo, desenvolvida por Lu e Liu (Lu et al. 2016) utiliza um bi-prisma, uma câmera CCD (charged-coupled device) e um anel com LEDs (diodos emissores de luz) para capturar duas imagens simultaneamente. Os pontos comuns às duas imagens são localizados através de uma técnica de correspondência de blocos e a reconstrução das imagens 3D ocorre usando um modelo de estereo-visão.

[004] Um outro dispositivo, proposto por Parziale e Dia-Santana (Parziale et al. 2005) consiste de cinco câmeras e dezesseis LEDs que geram impressões digitais 3D com um algoritmo baseado em estéreo-visão, fotogrametria e a técnica de forma através da silhueta. O sistema proposto por (Labati et al. 2016), que permite capturar imagens com os dedos em movimento, modela a forma do dedo através da triangulação de duas imagens ópticas por diferentes câmeras.

[005] Um outro sistema proposto por (Kumar & Kwong 2013) emprega uma única câmera e sete LEDs para obter as impressões digitais em 3D através da técnica da “forma através do sombreamento”, aproximando a curvatura do dedo através de uma superfície Lambertiana. Uma variante, desenvolvida por (Liu & Zhang 2014) utiliza três conjuntos câmera-LED e gera a impressão digital 3D utilizando características SIFT (características locais invariantes com a escala) e minúcias.

[006] Alguns dos problemas de sistemas baseados em múltiplas vistas incluem erros entre as dimensões verdadeiras e as da impressão digital 3D, variações na largura das cristas (protuberâncias da pele), da profundidade dos vales (depressões da pele) e da resolução da imagem conforme a localização do escaneamento seja no centro ou nas bordas da mesma. Também foram reportadas oclusões (imagens que não puderam ser capturadas por estarem sobrepostas por partes do dedo) e imagens borradas.

[007] A maioria destes métodos usam aproximações para reconstruir as imagens como curvas geométricas conhecidas (em 3D), usadas na maioria dos métodos, tendem a produzir impressões digitais 3D não realistas, arredondadas e com poucos detalhes, tais como os vincos naturais da pele e suas ondulações irregulares. Além disso, métodos que se baseiam em múltiplas imagens 2D tendem ser limitados pelo

baixo contraste das imagens (que dificulta a reconstrução das ondulações) e pela falta de informação de cristas e vales, não disponível neste caso.

[008] Nos b) **Métodos que utilizam luz estruturada**, padrões de iluminação (geralmente, linhas verticais ou horizontais com intensidade variando de forma senoidal), são projetados por um dispositivo de processamento digital de luz (DLP). O padrão projetado é alterado pela forma do objeto sobre o qual se está projetando, permitindo o cálculo das coordenadas de cada ponto no espaço pela detecção da mudança da fase do padrão senoidal projetado. Este método foi usado por (Wang et al. 2010) e (Huang et al. 2014) (Huang et al. 2014) para gerar impressões digitais 3D.

[009] Uma desvantagem deste tipo de sistema é a necessidade de o usuário ficar com os dedos estáticos durante a coleta das imagens e de ter se não puder obter imagens das partes laterais do dedo devido à oclusão e o efeito da curvatura do dedo sobre a frequência das cristas (cristas aparecem com largura menor que a real).

[0010] Uma limitação importante das tecnologias anteriores é que as mesmas se baseiam em imagens superficiais da pele, sendo que quando a pele está alterada (desgastada, cortada, queimada ou sofreu cirurgia plástica) e impressão digital 3D não pode ser obtida. Além disso, a qualidade das imagens adquiridas é diretamente influenciada pela qualidade das imagens da amostra, sendo prejudicada por umidade (água e outros líquidos), sujeira, iluminação inadequada (muita luz, pouca luz), baixo contraste das cristas e vales (ondulações da pele).

[0011] Alguns exemplos de pedidos de patentes com os métodos anteriores são:

- <https://patents.google.com/patent/WO2003069555A2/en?q=fingerprint&q=acquisition&assignee=3D&oq=3D+fingerprint+acquisition>
- <http://www.freepatentsonline.com/9454791.html>
- <http://www.freepatentsonline.com/7609865.html>

### C. Descrição da abordagem do problema técnico

[0012] Pretende-se com o dispositivo desenvolvido, resolver a maior parte das limitações dos scanners 3D atuais:

- a) Dependência direta da qualidade das imagens da amostra, sendo prejudicada por umidade (água e outros líquidos), sujeira, iluminação inadequada (muita luz, pouca luz), baixo contraste das cristas e vales (ondulações da pele).
- b) Variações na largura das cristas (protuberâncias da pele), da profundidade dos vales (depressões da pele) e/ou da resolução da imagem conforme a localização do escaneamento seja no centro ou nas bordas do dedo
- c) Erros de cálculo nas dimensões devido aos métodos usados para a obtenção de imagens 3D a partir de múltiplas imagens 2D (planas)
- d) Imagens não realistas baseadas em curvas geométricas conhecidas, ocasionando erros entre as dimensões verdadeiras e as da impressão digital 3D
- e) Oclusões de partes laterais do dedo (imagens que não puderam ser capturadas por estarem sobrepostas por partes do dedo)
- f) Dificuldade de identificar indivíduos na presença de alterações, podendo ser: **alterações intencionais**, como no caso de queimaduras com ácido, cortes, transplante de pele com o objetivo de burlar os sistemas de identificação digitais ou **não intencionais**, tais como cortes, arranhões e desgaste, geralmente

associados ao trabalho manual). Adicionalmente, pode ocorrer condição inadequada da pele para o escaneamento (ausência de impressão digital devido a condição genética ou tratamentos de câncer) e dificuldades para escanear a pele, como é o caso de bebês recém-nascidos (umidade muito grande, pele muito deformável, tamanho das cristas e vales muito pequenos, sujeira, dificuldade prática de escaneamento devido à fragilidade da criança e falta de prática de colaboradores de hospitais e maternidades)

D. Como a solução proposta resolve os problemas:

[0013] Como a tecnologia TCO baseia-se em um princípio físico diferente das soluções propostas (interferometria de baixa coerência), a solução é robusta a problemas de iluminação e contraste e não sofre de alterações de dimensões (largura e profundidade das ondulações da pele) e na resolução na imagem em suas bordas (longe do centro), problema causado pelo uso de imagens planas para calcular as imagens 3D (por triangulação ou outro método).

[0014] Além disso, a aquisição das imagens da derme e da epiderme é obtida diretamente do sinal de luz recebido da amostra, cuja intensidade é proporcional à variação do índice de refração quando a luz se propaga do ar para a epiderme e da epiderme para a derme. Como não há cálculos geométricos, evitam-se os erros causados por eles e por aproximações da forma do dedo por formas geométricas conhecidas (caso dos métodos anteriores). A forma real do dedo, com todas as suas imperfeições é a obtida pelo dispositivo.

[0015] Estando a região adquirida dentro da profundidade da qual o instrumento é capaz de realizar (alguns milímetros), a imagem é adquirida sem problemas de oclusão e já foi mostrado que a

tecnologia TCO é capaz de realizar imagens na presença de umidade(Hendriks et al. 2004)(Lee et al. 2013).

[0016]Finalmente, trabalhos publicados mostram que a tecnologia TCO é capaz superar as limitações de outros dispositivos para realizar escaneamento e identificação biométrica na presença de alterações e inadequação da pele(Costa et al. 2016), obtendo imagens da impressão digital 3D através da derme (camada interna da pele) quando a epiderme (parte externa da pele) não for viável e permitindo a identificação biométrica em casos de tentativa de burlar sistemas biométricos(Gutierrez da Costa et al. 2017).

[0017]O funcionamento de um sistema ótico está diretamente associado ao alinhamento do conjunto de componentes que o compõe (lentes, fendas, divisores de feixe, grades de difração e câmeras), sob pena de comprometer a sensibilidade (relação sinal/ruído), introduzir distorções e ruídos que inviabilizem a obtenção de imagens. Além disso, sabe-se que a integração de vários dispositivos em um único reduz a possibilidade de falha individual, aumentando a confiabilidade do sistema e permitindo a montagem mais rápida do sistema ótico.

[0018]Dispositivos que permitam ajustes finos, sem comprometer a disposição de componentes pré-alinhados facilitam muito a operação e a montagem rápida do sistema (podendo ser facilmente adaptado e montado em caixas automáticas, instalações laboratoriais ou médicas).

[0019]Propomos como parte desta solução um módulo mecânico que reúne vários dispositivos (base plástica, atuador galvanométrico, suporte cinemático com dois graus de liberdade, estágio de translação automatizado com posicionador de precisão) reunidos em um único dispositivo. Tal dispositivo, permite o posicionamento do dedo (e outras

amostras) de forma vertical através de suportes de dedo (ou de outras amostras) de modo a minimizar a distorção da pele.

#### E. Descrição detalhada da Invenção

[0020] A solução proposta é composta de: um dispositivo ótico, um sistema embarcado e um dispositivo mecânico a serem descritos a seguir:

[0021] **1) um dispositivo ótico** para a leitura e processamento de impressões digitais em três dimensões (3D) em alta resolução baseado na técnica de tomografia de coerência óptica (TCO) na configuração em linha de varredura (line-field), conforme o descrito em (Yasuno et al. 2006), mostrado na **Fig.1**, capaz de obter imagens digitais 3D da epiderme e da derme. Tal dispositivo ótico consiste de uma fonte de luz com baixa coerência temporal (diodo superluminescente), conforme a anotação "**Fig.1 /I**", uma fibra óptica que leva o feixe de luz ao sistema ("**Fig.1/II**"), um sistema de colimação do feixe luminoso "**Fig.1/III**" (composto de 2 lentes convergentes), uma lente cilíndrica ("**Fig.1/IV**"), um interferômetro de Michelson composto de um divisor de feixe (beam-splitter- "**Fig.1/V**") e dois braços, sendo um o braço de referência (composto de uma lente objetiva "**Fig.1/VI**", um espelho plano "**Fig.1/VII**" e um filtro de densidade neutra e atenuação 50% "**Fig.1/VIII**") e um braço da amostra composto de uma lente objetiva ("**Fig.1/IX**") idêntica à anterior ("**Fig.1/VI**") e um atuador galvanométrico ("**Fig.1/X**") acoplado a um espelho plano ("**Fig.1/XI**") que faz com que o feixe de varredura (configurado como uma linha de luz) passe pela amostra ("**Fig.1/XII**") e um sistema de translação movido pelo atuador de precisão "**Fig.1/XXI**", que move a posição da amostra de modo a focar a lente objetiva "**Fig.1/IX**" em diferentes profundidades da amostra. A luz que atinge a amostra (braço da

amostra) bem como a que atinge o espelho plano (no braço de referência) se recombina através do divisor de feixe (“**Fig.1/V**”) passando por uma configuração conhecida como telescópio (composta de 2 lentes ,” **Fig.1/XIII**” e “**Fig.1/XIV**” e uma fenda “**Fig.1/XV**”) que tem o papel de eliminar a parte do feixe que vem de regiões adjacentes à região de interesse (fenômeno conhecido como “crosstalk”).

[0022] O feixe em seguida passa por uma grade de difração “**Fig.1/XVI**”, a qual separa as diferentes componentes de comprimento de onda, sendo cada uma coletada a uma profundidade diferente da amostra.

[0023] Finalmente o sinal luminoso à saída da grade de difração (“**Fig.1/XVI**”) é coletado por uma lente (“**Fig.1/XVII**”) que foca o feixe na câmera (“**Fig.1/XVIII**”), a qual tem alta eficiência quântica (EQ) na faixa de comprimento de onda infravermelho-próximo (IVP), onde após o processamento pelo hardware e software embarcados (“**Fig.1/XIX**”), originará as imagens tomográficas da amostra que serão usadas para obter a impressão digital 3D, a ser mostrada no display (“**Fig.1/XX**”).

[0024] **2) Um sistema embarcado (Fig.2)**, composto por uma unidade processadora “**Fig.2/I**” (a qual deve ter a capacidade de processamento em paralelo através de múltiplas unidades processadoras, como uma GPU, unidade de processadora gráfica, ou um DSP, processador digital de sinais), um conversor digital-analógico (“**Fig.2/II**”) que converte os sinais digitais provenientes de “**Fig.2/I**” para o formato analógico necessário ao acionamento do atuador galvanométrico (“**Fig.1/X**”) que possui um espelho conectado ao seu eixo central, um circuito (“**Fig.2/III**”) que adequa a voltagem e a corrente necessárias ao bom funcionamento do atuador galvanométrico (“**Fig.1/X**”), prevendo inclusive picos de corrente de até 1,5A. Um circuito de interface com a porta padrão USB (universal

serial bus), mostrado na “**Fig.2/IV**” para comandar o atuador que move o dispositivo de transação de precisão da figura (“**Fig.1/XXI**”)

[0025]O Sistema embarcado executa as seguintes funções: a) Comandar a alimentar de potência elétrica, um atuador galvanométrico (“**Fig.1/X**”) usado para deslocar o feixe de varredura (em formato de uma linha) por toda a extensão da amostra;

[0026]b) Adquirir imagens através de interface com uma câmera (“**Fig.1/XVIII**”) a qual é sincronizada com a rotação do espelho (“**Fig.1/XI**”) de modo que a cada giro incremental do espelho, uma imagem transversal do espectro de potência proveniente de uma fatia da amostra (combinada através de interferência, com o feixe de referência) é obtida e armazenada, conforme é mostrado na **Fig. 3**, onde o raio incidente (“**Fig.3/I**”) é refletido pelo espelho e o raio refletido (“**Fig.3/IV**”) por este espelho é projetado sobre a amostra (“**Fig.3/V**”) em diferentes ângulos, obtendo-se várias imagens de seções transversais ou “fatias” (“**Fig.3/VI**”) as quais serão consolidadas para compor a imagem volumétrica após processamento;

[0027]c) Controlar o foco da lente objetiva na amostra pela movimentação de um atuador acoplado a um estágio de translação (“**Fig.1/XXI**”) sobre o qual o suporte da amostra é montado. O controle é efetuado através da interface USB (“**Fig.2/IV**”)

[0028]d) Construir imagens em profundidade das amostras, a partir dos espectros de potência das fatias obtidas através do escaneamento impressões digitais 3D. As imagens são obtidas sem contato do dedo com o dispositivo, sendo processadas através da unidade de processamento (“**Fig.2/I**”), sendo executadas as seguintes operações:

[0029]d.1- Eliminar o efeito de ruído de fundo – eliminação do ruído na câmera provocado por flutuações da fonte de luz e luz ambiente;

[0030]d.2- Calibrar o espectrômetro – ajuste das posições de cada comprimento de onda na posição correta (de acordo com o seu comprimento de onda) para corrigir distorções introduzidas pelas lentes e a câmera e erros de posicionamento da grade de difração, lente e câmera> executada através da localização dos máximos de cada linha da imagem da câmera ("**Fig.1/XVIII**") e dos pontos de intensidade igual à metade da máxima intensidade, ajustando a posição de cada fração do comprimento de onda de acordo com a curva de potência x comprimento da onda da fonte de luz, fornecida pelo fabricante.

[0031]d.3- Linearizar o espectro de potência em k (k-number) – cálculo efetuado para corrigir as imagens em profundidade devido à não linearidade da profundidade com o comprimento de onda ( $\lambda$ ) na saída do espectrômetro (o que gera erros de profundidade).

[0032]d.4- Calcular da transformada inversa de Fourier das imagens coletadas pela câmera ("**Fig.1/XVIII**") em tempo real para gerar as fatias longitudinais ou B-scans (imagens 3D da amostra).

[0033]d.5- Re-amostragem do espectro de potência para aumentar resolução

[0034]d.6- Correção radial – para corrigir distorção da imagem devido à varredura radial (Fig. 3) a qual gera distorções na imagem, já que cada fatia é coletada a um ângulo diferente, sendo necessária correção para compor uma imagem volumétrica.

[0035] - d.7 - Construção da impressão digital 3D a partir das imagens volumétricas, a qual é incluída em uma base de nuvens de pontos a qual está armazenada em um servidor externo.

[0036]– d.8 - Extração de características para identificação biométrica: a partir da impressão digital 3D, são localizadas as minúcias (características físicas das impressões digitais, tais como as bifurcações e fins de linha, encontradas na pele dos dedos e formadas pelas

ondulações nela presentes) e se extrai de uma pequena nuvem de pontos de cerca de poucos mm<sup>3</sup>) ao redor das mesmas. Em seguida, características e padrões, tais como as curvaturas média/Gaussiana e tipos de curvaturas (de quatro tipos: pico, pico-sela, vale-sela e cova) são extraídos e posteriormente consolidados em um vetor característico, sendo o conjunto total de vetores característicos armazenado em uma base para futura consulta/identificação biométrica.

[0037] **3) Um sistema mecânico (Fig.4)** que é composto por um atuador galvanométrico ("Fig.4/I") posicionado em 45°, um suporte cinemático ("**Fig.4/II**") que permite ajustes finos ao posicionamento do atuador galvanométrico), um estágio de translação ("**Fig.4/III**") e um conjunto de suportes para amostras de variados tamanhos, mostrado na **Fig.3** e que é instalado no braço da amostra da **Fig.1**. O atuador galvanométrico é fixado através de uma peça especialmente projetada e impressa com impressora 3D para exercer uma compressão de modo a manter o atuador bem fixo e conectado ao suporte cinemático. Todo o conjunto é montado em uma base especialmente projetada ("**Fig.4/V**") e impressa (3D) de modo a acomodar a todas as partes anteriormente descritas e permitir o ajuste em várias posições do dispositivo de translação ("**Fig.4/VII**"). Um conjunto de suporte às amostras ("sample holders", mostrados na **Fig.4/VI**), no caso o dedo a ser escaneado foi projetado para aliviar as pressões laterais no dedo e acomodá-lo com mínima deformação da pele durante o escaneamento.

[0038] Um protótipo (Fig.5) para testar a funcionalidade do dispositivo foi desenvolvido e gerou imagens 3D da epiderme e da derme de um voluntário (Fig.6).

## F. Referências

- [0039] Costa, H.S.G. et al., 2016. Towards biometric identification using 3D epidermal and dermal fingerprints. In *2016 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP)*. Phoenix: IEEE, pp. 3937–3941. Available at: <http://ieeexplore.ieee.org/document/7533098/>.
- [0040] Gutierrez da Costa, H.S. et al., 2017. 3D matching techniques using OCT fingerprint point clouds. In SPIE, ed. *SPIE Photonics West Conference*. San Francisco, p. 100680O. Available at: <http://proceedings.spiedigitallibrary.org/proceeding.aspx?doi=10.1117/12.2253107>.
- [0041] Hendriks, F.M. et al., 2004. Influence of hydration and experimental length scale on the mechanical response of human skin in vivo, using optical coherence tomography. *Skin Research and Technology*, 10(4), pp.231–241.
- [0042] Huang, S. et al., 2014. 3D fingerprint imaging system based on full-field fringe projection profilometry. *Optics and Lasers in Engineering*, 52, pp.123–130.
- [0043] Kumar, A. & Kwong, C., 2013. Towards contactless, low-cost and accurate 3D fingerprint identification. In *Proceedings of the IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*. pp. 3438–3443.
- [0044] Labati, R.D. et al., 2016. Toward Unconstrained Fingerprint Recognition: A Fully Touchless 3-D System Based on Two Views on the Move. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, 46(2), pp.202–219.
- [0045] Lee, C.-K. et al., 2013. Evaluation of Moisture-Related Attenuation Coefficient and Water Diffusion Velocity in Human Skin Using Optical Coherence Tomography. *Sensors*, 13(4), pp.4041–4050. Available at: <http://www.mdpi.com/1424-8220/13/4/4041/>.

- [0046]Liu, F. & Zhang, D., 2014. 3D fingerprint reconstruction system using feature correspondences and prior estimated finger model. *Pattern Recognition*, 47(1), pp.178–193. Available at: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0031320313002616> [Accessed February 18, 2014].
- [0047]Lu, B., Liu, Y. & Wang, X., 2016. Compact Three-dimensional Fingerprint Acquisition System based on a Single Camera with a Biprism. *Acta Photonica Sinica*, (7), pp.1–6.
- [0048]Parziale, G., Diaz-santana, E. & Hauke, R., 2005. The Surround Imager: a multi-camera touchless device to acquire 3D rolled-equivalent fingerprints. *International Conference on Advances in Biometrics, ICB 2006*, LNCS 3832, pp.244–250. Available at: [http://dx.doi.org/10.1007/11608288\\_33](http://dx.doi.org/10.1007/11608288_33).
- [0049]Wang, Y. et al., 2010. Data Acquisition and Processing of 3-D Fingerprints. *IEEE Transactions on Information Forensics and Security*, 5(4), pp.750–760.
- [0050]Yasuno, Y. et al., 2006. Three-dimensional line-field Fourier domain optical coherence tomography for in vivo dermatological investigation. *Journal of biomedical optics*, 11(1), p.14014. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16526891> [Accessed October 22, 2014].

## **REIVINDICAÇÕES**

1- Dispositivo de escaneamento **caracterizado pela** seguinte composição: sistema ótico; sistema embarcado; e sistema mecânico para a aquisição de impressões digitais 3D da derme e da epiderme e de outras amostras biológicas.

2- Sistema ótico do dispositivo de escaneamento, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado por** conter:

A) uma fonte de luz com baixa coerência temporal (diodo superluminescente);

B) uma fibra óptica que leva o feixe de luz ao sistema;

C) um sistema de colimação do feixe luminoso (composto de 2 lentes convergentes);

D) uma lente cilíndrica;

E) um interferômetro de Michelson composto de um divisor de feixe, um o braço de referência (composto de uma lente objetiva, um espelho plano e um filtro de densidade neutra e atenuação 50%) e um braço da amostra composto de uma lente objetiva idêntica à anterior e um atuador galvanométrico acoplado a um espelho plano.

3- Sistema ótico do dispositivo de escaneamento, de acordo com a reivindicação 1 e 2, **caracterizado por** fazer, por meio do espelho plano, com que o feixe de varredura (configurado como uma linha de luz) passe pela amostra e um sistema de translação movido pelo atuador de precisão, que move a posição da amostra de modo a focar a lente objetiva em diferentes profundidades passa por uma grade de difração, a qual separa as diferentes componentes de comprimento de

onda, sendo cada uma coletada a uma profundidade diferente da amostra e, em seguida, a luz que atinge a amostra (braço da amostra) bem como a que atinge o espelho plano (braço de referência se recombinam através do divisor de feixe passando por uma configuração conhecida como telescópio (composta de 2 lentes e uma fenda) que elimina a parte do feixe que vem de regiões adjacentes à região de interesse e o feixe passa por uma grade de difração, a qual separa as diferentes componentes de comprimento de onda, sendo cada uma coletada a uma profundidade diferente da amostra e, finalmente o sinal luminoso à saída da grade de difração é coletado por uma lente que foca o feixe na câmera, a qual tem alta eficiência quântica (EQ) na faixa de comprimento de onda infravermelho-próximo (IVP), onde após o processamento pelo hardware e software embarcados, originará as imagens tomográficas da amostra que serão usadas para obter a impressão digital 3D, a ser mostrada no display.

4 - Sistema embarcado de alto desempenho do dispositivo de escaneamento, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado por** executar as funções de controle e alimentação de potência elétrica que executa as seguintes funções:

- a. Comandar a alimentar de potência elétrica, um atuador galvanométrico
- b. Adquirir imagens através de interface com uma câmera
- c. Controlar o foco da lente objetiva
- d. Construir imagens em profundidade das amostras
- e. Eliminar o efeito de ruído de fundo
- f. Calibrar o espectrômetro

- g. Linearizar o espectro de potência em k (k-number)
- h. Calcular da transformada inversa de Fourier
- i. Re-amostragem do espectro de potência
- j. Correção radial
- k. Construção da impressão digital 3D
- l. Extração de características para identificação biométrica
- m. Sistema mecânico, integrando um atuador galvanométrico posicionado em 45°, um suporte cinemático que permite ajustes finos ao posicionamento do atuador galvanométrico, um estágio de translação e um conjunto de suportes para amostras de variados tamanhos, que é instalado no braço da amostra.

5 - Sistema mecânico do dispositivo de escaneamento, **caracterizado por** conter um atuador galvanométrico posicionado em 45°; um suporte cinemático que permite ajustes finos ao posicionamento do atuador galvanométrico); um estágio de translação e um conjunto de suportes para amostras, instalado no braço da amostra.

6 - Sistema mecânico do dispositivo de escaneamento, de acordo com a reivindicação 1 e 4, **caracterizado pela** peça projetada para exercer uma compressão de modo a manter o galvanométrico fixado e conectado ao suporte cinemático e o conjunto é montado em uma base especialmente projetada e contruída de modo a acomodar a todas as partes do sistema e permitir o ajuste em várias posições do dispositivo de translação.

7 - Sistema mecânico do dispositivo de escaneamento, de acordo com a reivindicação 1, 4 e 5, **caracterizado por** conter um conjunto de suporte às amostras ("sample holders"), no caso o dedo a ser escaneado foi projetado para aliviar as pressões laterais no dedo e acomodá-lo na coleta com mínima deformação da pele durante o escaneamento.

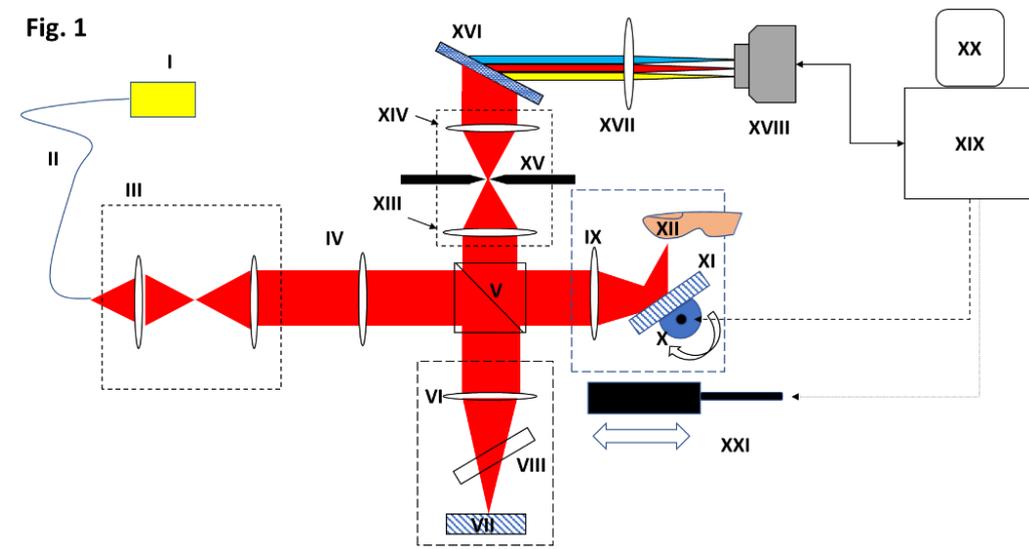
**DESENHOS**

Fig.2

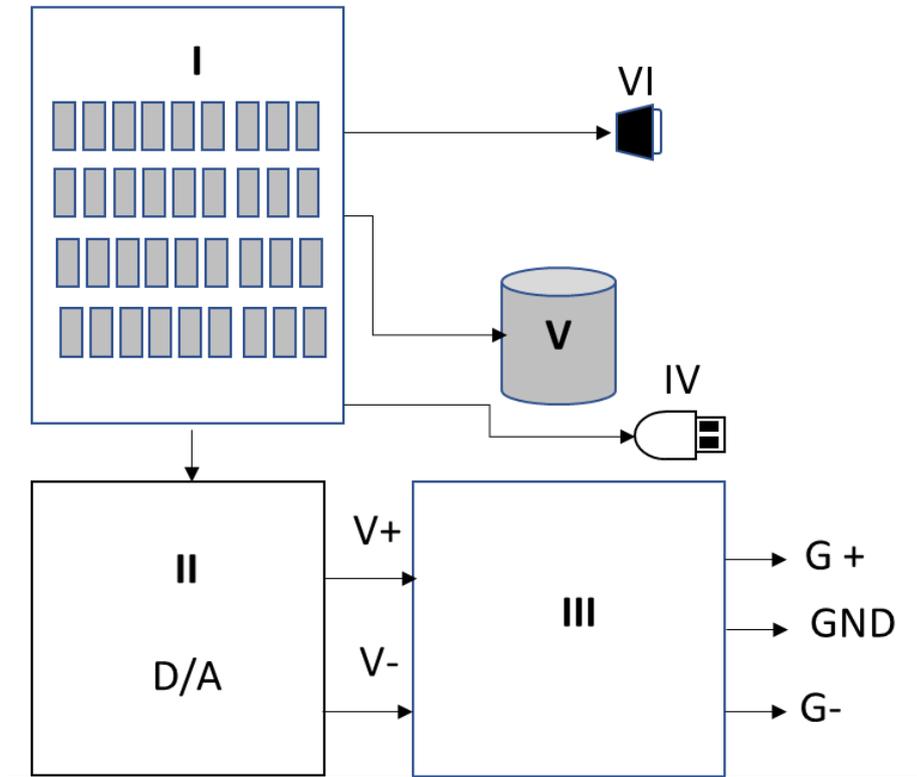
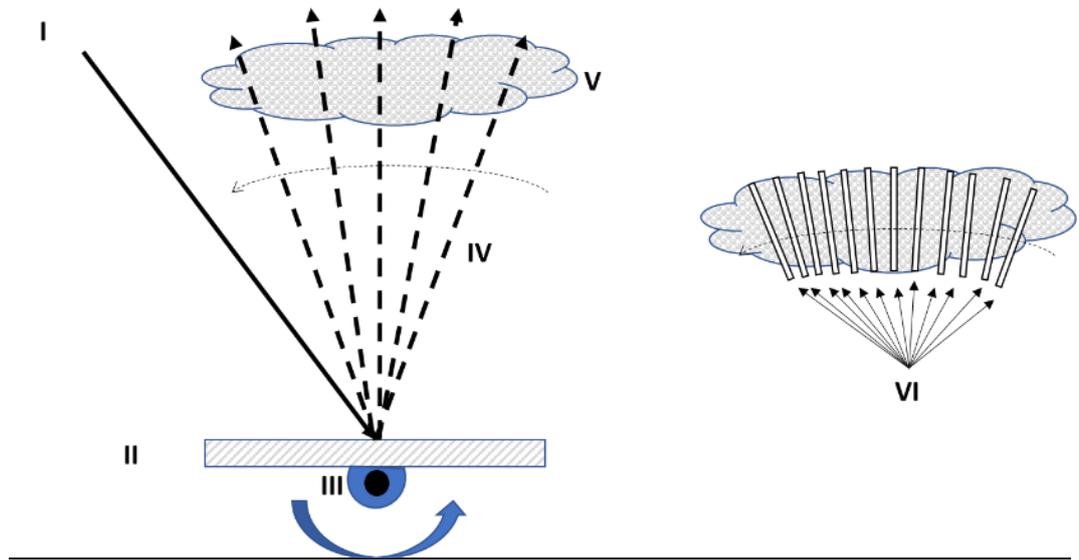
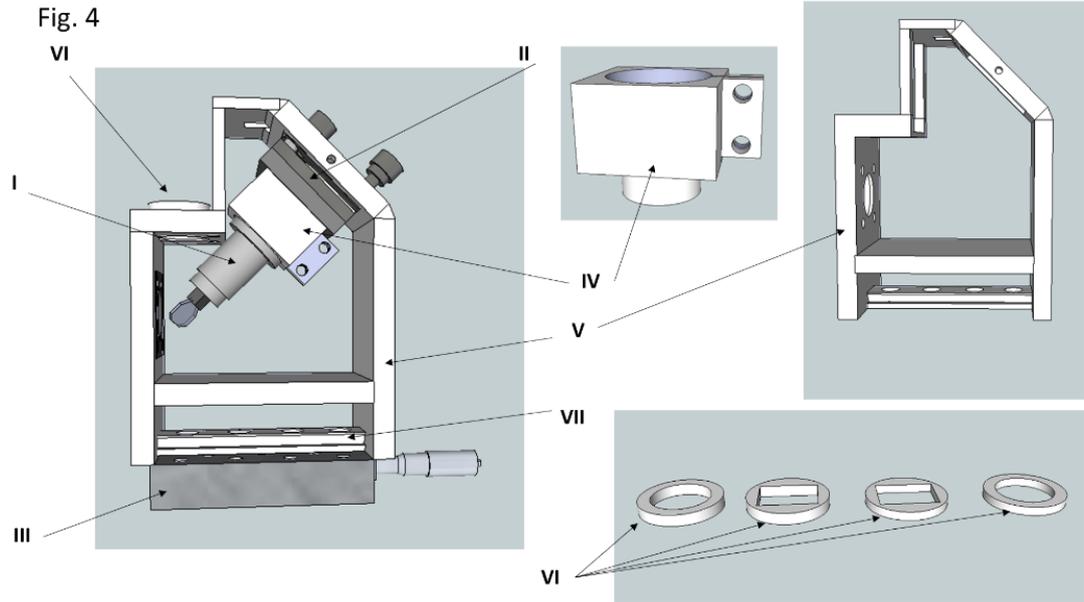


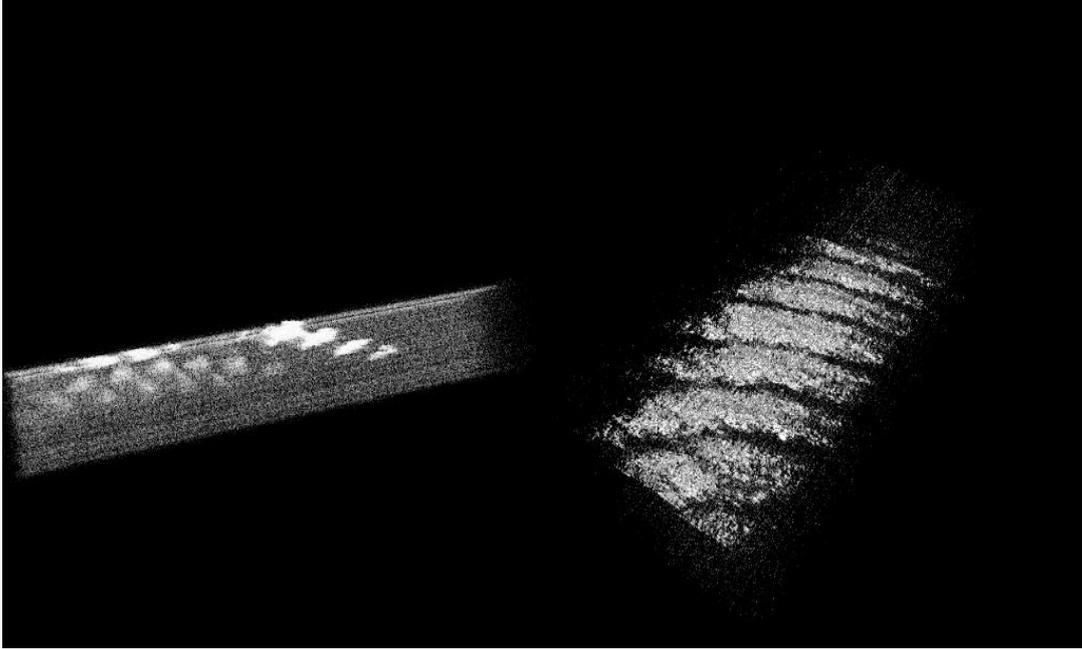
Fig.3







**Fig.6**



## **RESUMO**

### **Dispositivo de escaneamento de impressões digitais 3D da pele (epiderme e derme) de outras amostras biológicas utilizando tecnologia de Tomografia de Coerência Óptica e sistema de identificação**

A invenção proposta trata de um sistema de aquisição de imagens da epiderme e da derme em 3D (Fig.1) e de identificação biométrica composto de: um dispositivo de aquisição de impressões digitais 3D eletro-óptico (Fig. 1), um sistema (Fig. 2) embarcado de processamento, controle, armazenamento e potência e um sistema mecânico de precisão (Fig.3 e 4) para iluminar a amostra corretamente com potência e orientação geométrica adequados. O sistema utiliza a tecnologia de Tomografia de Coerência Óptica, que permite a aquisição em profundidade das camadas internas da pele e foi projetado para acomodar os diversos dispositivos necessários à operação e prover controle sincronizado, processamento matemático e de imagens e potência adequados à varredura em linha, geração das imagens 3D e identificação biométrica de indivíduos. O problema proposto a ser resolvido na geração de impressões digitais 3D resume-se a: a) dependência direta da qualidade das imagens 2D das amostras; b) variações na largura das cristas da profundidade dos vales e/ou da resolução da imagem; c) erros de cálculo nas dimensões originários dos métodos baseados em imagens 2D; d) Imagens 3D não realistas baseadas em curvas geométricas conhecidas; e) Oclusões de partes laterais do dedo; f) Dificuldade de identificar indivíduos na presença de alterações intencionais ou não intencionais;