



**República Federativa do Brasil**

Ministério do Desenvolvimento, Indústria,  
Comércio e Serviços

Instituto Nacional da Propriedade Industrial



**(11) BR 112017004379-3 B1**

**(22) Data do Depósito:** 04/09/2015

**(45) Data de Concessão:** 31/01/2023

---

**(54) Título:** DETERMINAÇÃO DE VIVACIDADE EM MULTI-ESTÁGIO

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

**(30) Prioridade Unionista:** 03/09/2015 US 14/845,149; 03/09/2015 US 14/845,174; 05/09/2014 US 62/046,744; 23/04/2015 US 62/151,983.

**(73) Titular(es):** QUALCOMM INCORPORATED.

**(72) Inventor(es):** ELIZA YINGZI DU; MING YU CHEN; ESRA VURAL; KWOKLEUNG CHAN; DAVID WILLIAM BURNS; SURYAPRAKASH GANTI; JOHN KEITH SCHNEIDER; SAURAV BANDYOPADHYAY; JIN GU.

**(86) Pedido PCT:** PCT US2015048583 de 04/09/2015

**(87) Publicação PCT:** WO 2016/037078 de 10/03/2016

**(85) Data do Início da Fase Nacional:** 03/03/2017

**(57) Resumo:** DETERMINAÇÃO DE VIVACIDADE EM MULTI-ESTÁGIO. Um método para determinar se um objeto biométrico faz parte de um indivíduo vivo é descrito. Nesse método, a informação de imagem é adquirida a partir do objeto biométrico utilizando um sensor como um sensor de ultrassônico. A informação da imagem pode ser analisada em pelo menos dois estágios de análise. Um dos estágios de análise pode ser um estágio de análise temporal que analisa as alterações nas informações de imagem obtidas durante um período de tempo ao longo do qual o objeto biométrico estava continuamente disponível para o sensor. Por exemplo, um estágio de morto/vivo pode analisar diferenças entre a informação de imagem tirada em dois momentos diferentes para identificar mudanças de um momento para o seguinte. Outros estágios podem se concentrar em aspectos de um determinado conjunto de informações de imagem, ao invés de tentar avaliar mudanças ao longo do tempo. Estes outros estágios procuram determinar se um conjunto de informações de imagem exibe características semelhantes às aquelas de um objeto biométrico vivo.

## DETERMINAÇÃO DE VIVACIDADE EM MULTI-ESTÁGIO

## Referências Remissivas aos Pedidos Correlatos

[0001] Este pedido reivindica a prioridade do Pedido provisório de patente US nº 62/151.983, depositado em 23 de abril de 2015, agora pendente, e Pedido provisório de patente US nº 62/046.744, depositado em 5 de setembro de 2014, agora pendente, estando as revelações das mesmas aqui incorporadas, a título de referência. Este pedido incorpora a revelação do Pedido copendente US nº 14/845.174, intitulado "Image-Based Liveness Detection for Ultrasonic Fingerprints" depositado simultaneamente neste ato em 3 de setembro de 2015, em sua totalidade.

## CAMPO DA DIVULGAÇÃO

[0002] A presente revelação refere-se aos dispositivos e métodos de determinação de vivacidade.

## Antecedentes da Revelação

[0003] Os sensores biométricos são amplamente utilizados para distinguir entre indivíduos que estão autorizados a exercer uma atividade e indivíduos que não estão autorizados a exercer essa atividade. Por exemplo, sensores de impressão digital são comumente usados para determinar se uma impressão digital fornecida por um indivíduo corresponde à informação em um banco de dados e se uma correspondência é determinada, então o indivíduo pode ser autorizado a participar de uma atividade. Por exemplo, o indivíduo pode ser autorizado a entrar em um prédio ou sala, ou autorizado a usar um dispositivo eletrônico, como um telefone celular ou um aplicativo em execução em um dispositivo móvel.

[0004] Os sensores biométricos podem ser enganados (a.k.a. "mistificados") e, deste modo, permitem a um indivíduo não autorizado exercer uma atividade reservada a indivíduos autorizados. A mistificação de um sensor de

impressão digital pode ser realizada de maneiras diferentes. Estas incluem o uso de uma impressão digital falsa, usando partes do corpo além de um dedo, e usando um dedo morto de uma pessoa. Uma vez que é improvável que o tipo específico de mistificação a ser usado em um sensor de impressão digital será conhecido antecipadamente, é importante proteger contra todos os tipos de embustes. Um método de proteção contra mistificação envolve determinar se o objeto biométrico exibe características associadas à vivacidade.

[0005] À medida que mais e mais dados biométricos são utilizados para identificação e/ou verificação do usuário, a detecção de vivacidade torna-se cada vez mais importante para garantir a segurança e exatidão do acesso. A detecção de vivacidade é importante porque muitos métodos de enganar um sistema de identificação e/ou sistema de verificação usam embustes que não estão vivos. Por exemplo, um dedo de látex pode ser feito para ter cristas e vales que se assemelham a uma impressão digital de um usuário autorizado. Quando essa falsificação de látex é apresentada a um sensor de impressão digital, o sistema de exploração pode falsamente concluir que a falsificação de látex é o dedo de um usuário autorizado, mesmo que a falsificação de látex não faça parte de um ser vivo. Portanto, um sistema que é capaz de detectar se um objeto biométrico é parte de um ser vivo seria útil na detecção da presença de uma falsificação. Nesse sistema, se for determinado que um objeto biométrico não faz parte de um indivíduo vivo, então o indivíduo que apresenta o objeto biométrico pode ter o acesso negado (por exemplo, acesso a uma atividade solicitada) mesmo se a informação biométrica (como uma impressão digital)

corresponder à informação em uma base de dados de identificação/verificação associada.

#### SUMÁRIO DA REVELAÇÃO

[0006] Uma implementação desta revelação pode ser descrita como um método de determinação de se um objeto biométrico é parte de um indivíduo vivo. O método pode incluir a etapa de aquisição de informação de imagem a partir do objeto biométrico usando um sensor. A informação de imagem pode ser adquirida usando um cilindro no qual o objeto biométrico é colocado. O sensor pode ser um sensor ultra-sônico e uma porta de alcance do sensor pode ser ajustada, por exemplo, para determinar se o objeto biométrico é composto por camadas. O sensor também pode ser configurado para detectar uma pluralidade de frequências ultrassônicas, por exemplo, para determinar se o objeto biométrico é composto por camadas. O método pode incluir ainda analisar a informação de imagem em pelo menos dois estágios de análise.

[0007] Um dos estágios de análise pode ser um estágio de análise temporal que analisa as alterações nas informações de imagem obtidas durante um período de tempo ao longo do qual o objeto biométrico estava continuamente disponível para o sensor. O estágio de análise temporal pode determinar se as alterações nas informações de imagem são semelhantes às alterações consistentes com um objeto vivo. O estágio de análise temporal pode determinar se uma característica do objeto biométrico mudou durante o período de tempo. As características podem incluir tamanho de abertura de poro, profundidade de poro, padrão de crista e textura.

[0008] Um dos estágios de análise pode analisar as informações de imagem para determinar se o objeto biométrico é tridimensional. Determinar se o objeto

biométrico é tridimensional pode incluir a determinação de se os padrões do objeto biométrico são uniformes. Um filtro de Sobel pode ser usado para determinar se os padrões biométricos são uniformes.

[0009] Um dos estágios de análise pode analisar a informação de imagem para determinar se os tipos de padrão nas informações de imagem estão entre tipos de padrão predeterminados, por exemplo, classificações de padrão de identificação apresentadas na informação de imagem e depois a determinação de se as classificações de padrão estão entre classificações de padrão predeterminadas. As classificações de padrão de identificação podem incluir identificar se os padrões do objeto biométrico exibem fluxo de crista.

[0010] Um dos estágios de análise pode analisar a informação de imagem para determinar se o objeto biométrico é fabricado, por exemplo, pela determinação de se o objeto biométrico é composto de camadas. As informações de imagem também podem ser analisadas para avaliar a qualidade de imagem das informações de imagem de modo a determinar se o objeto biométrico é fabricado.

[0011] O método pode incluir ainda a etapa de concluir que o objeto biométrico é parte de um indivíduo vivo se o estágio de análise temporal indicar que as alterações na informação de imagem são semelhantes às alterações consistentes com um objeto vivo e o outro dos estágios de análise indicar que o objeto é tridimensional. Um sinal de saída de vivacidade pode ser fornecido com base na informação de imagem analisada. Em algumas implementações, a detecção de vivacidade baseada em imagens baseada na análise de informação de imagem a partir de uma única imagem pode servir como um dos estágios de análise não-temporais. Em algumas implementações, a detecção de

vivacidade baseada em imagens baseada na análise de informação de imagem a partir de duas ou mais imagens pode servir como um estágio de análise temporal. Em algumas implementações, decisões intermediárias de cada uma de uma pluralidade de imagens únicas podem ser fundidas para formar uma decisão composta.

[0012] Uma implementação desta revelação pode ser descrita como um método de determinação de se um objeto biométrico é parte de um indivíduo vivo. O método pode incluir a aquisição de informação de imagem a partir do objeto biométrico usando um sensor. O método pode incluir ainda analisar a informação de imagem. A análise da informação de imagem pode incluir determinar se o objeto biométrico é tridimensional. A análise da informação de imagem também pode incluir determinar se os tipos de padrão nas informações de imagem estão entre tipos de padrões predeterminados. A análise da informação de imagem também pode incluir determinar se o objeto biométrico é fabricado. A análise da informação de imagem também pode incluir selecionar um período de tempo ao longo do qual o objeto biométrico estava continuamente disponível para o sensor, e determinar se a informação de imagem mudou durante o período de tempo de uma maneira que seja consistente com um objeto vivo. O método pode incluir ainda concluir que o objeto biométrico é parte de um indivíduo vivo se o objeto biométrico é determinado como sendo tridimensional, os tipos de padrão nas informações de imagem estão entre tipos de padrões predeterminados, o objeto biométrico é determinado como não fabricado, e o objeto biométrico é determinado por comportar-se de uma forma que é consistente com um objeto vivo.

[0013] Uma implementação desta revelação pode ser descrita como uma mídia não transitória legível por

computador que armazena um código executável por computador. O código executável pode incluir instruções para adquirir a informação de imagem a partir do objeto biométrico usando um sensor. O código executável também pode incluir instruções para analisar a informação de imagem em pelo menos dois estágios de análise. Um dos estágios de análise pode ser um estágio de análise temporal que tem instruções para analisar as alterações nas informações de imagem obtidas durante um período de tempo ao longo do qual o objeto biométrico estava continuamente disponível para o sensor.

[0014] Uma implementação desta revelação pode ser descrita como um sistema para determinar se um objeto biométrico é parte de um indivíduo vivo. O sistema pode incluir um sensor configurado para adquirir informação de imagem a partir do objeto biométrico. O sensor pode ser um sensor ultrassônico e uma porta de alcance do sensor pode ser ajustável. O sensor pode ser configurado para detectar uma pluralidade de frequências ultrassônicas. O sensor também pode ter um cilindro no qual o objeto biométrico é colocado.

[0015] O sistema também pode incluir um processador configurado para analisar a informação de imagem em pelo menos dois estágios de análise. Um dos estágios de análise pode ser um estágio de análise temporal que analisa as alterações nas informações de imagem adquiridas durante um período de tempo ao longo do qual o objeto biométrico estava continuamente disponível para o sensor. O processador pode ser configurado para ajustar a porta de alcance do sensor para determinar se o objeto biométrico é composto por camadas.

[0016] Uma implementação desta revelação pode ser descrita como um método de determinação de se um objeto

biométrico é parte de um indivíduo vivo. Nesse método, a informação de imagem pode ser adquirida a partir do objeto biométrico utilizando um sensor como um sensor de ultrassônico. A informação da imagem pode ser analisada em um ou mais estágios de análise. Um dos estágios de análise pode tentar determinar se o objeto biométrico está vivo ou morto. O estágio morto/vivo pode adquirir conjuntos de informação de imagem reunidos em dois momentos diferentes e, em seguida, analisar as diferenças entre as informações da imagem adquirida, a fim de identificar as alterações de um momento para o próximo. Uma vez que o estágio morto/vivo procura identificar e avaliar as mudanças ao longo do tempo, o estágio morto/vivo é às vezes referido aqui como um "estágio de análise temporal". Estágios diferentes do estágio morto/vivo podem se concentrar em aspectos de um determinado conjunto de informações de imagem adquiridos em um determinado momento, ao invés de tentar avaliar mudanças ao longo do tempo. Os estágios não-temporais podem procurar determinar se um conjunto de informações de imagem exibe características semelhantes às que são consistentes com um objeto biométrico vivo. Um estágio não-temporal pode ser aqui referido como um "EBS", que significa "estágio biométrico esperado".

[0017] Se ou o estágio de análise temporal indicar que o objeto biométrico está morto ou um EBS indicar que o objeto biométrico não está de acordo com as expectativas, então o acesso ou uma atividade a ser solicitada pode ser negado. No entanto, se o estágio de análise temporal indicar que o objeto biométrico está vivo e todos os EBS estiverem de acordo com as expectativas, então o acesso ou uma atividade solicitada pode ser permitido.



[0018] O estágio de análise temporal pode determinar se as alterações nas informações de imagem são semelhantes às alterações consistentes com um objeto vivo. Essa análise pode determinar se uma característica específica do objeto biométrico mudou durante o período de tempo. Por exemplo, a característica pode incluir um tamanho de abertura de poro, uma profundidade de poro, uma característica de poro, um padrão de crista, uma largura de crista, uma emissão fluídica, uma textura local, uma característica estrutural, uma característica biométrica ou uma alteração biométrica. A fim de melhorar a segurança do método, o estágio de análise temporal pode analisar as alterações nas informações de imagem obtidas durante um período de tempo ao longo do qual o objeto biométrico estava continuamente disponível para o sensor.

[0019] Um ou mais estágios biométricos esperados podem estar incluídos. Esse EBS pode procurar determinar se o objeto biométrico é bidimensional ou tridimensional. Um método para fazer isso pode incluir determinar se os padrões do objeto biométrico são uniformes. Se for determinado que os padrões são uniformes, pode ser determinado que o objeto é bidimensional e provavelmente uma falsificação, e o acesso ou uma atividade solicitada pode ser negada. Por exemplo, as bordas de cristas de impressões digitais em uma imagem adquirida podem ser muito bem definidas, indicando a possibilidade de uma falsificação bidimensional, em grande parte plana, como uma réplica fotográfica impressa de uma impressão digital. Alternativamente, o método pode determinar se características de imagem como cristas de impressões digitais e vales são tridimensionais avaliando, por exemplo, a alteração de curvatura na borda de uma crista

quando posicionado sobre um cilindro de uma matriz de sensores.

[0020] Outro tipo de EBS pode analisar as informações de imagem para determinar se os tipos de padrão nas informações de imagem estão entre tipos de padrões predeterminados. Esse método pode procurar classificar padrões apresentados na informação de imagem e depois determinar se as classificações de padrões identificadas estão entre classificações de padrões predeterminadas previamente determinadas como sendo aquelas que correspondem a um objeto biométrico aceitável, como um dedo vivo. Essa classificação pode pertencer a padrões que exibem fluxo de crista. Se o tipo de padrão exibido pela informação de imagem é um tipo que exibe fluxo de crista, então pode ser feita uma determinação de que o objeto pode ser um dedo, em oposição a uma parte de corpo diferente (por exemplo, um nariz, uma face, uma palma ou um cotovelo).

[0021] Outro tipo de EBS pode analisar as informações de imagem para determinar se o objeto biométrico é fabricado. Uma vez que os objetos fabricados têm frequentemente camadas, em um desses EBS para identificar falsificações fabricadas, pode ser feita uma determinação se o objeto biométrico é constituído por camadas. Por exemplo, uma manga fina de látex com cristas e vales de impressão digital que é deslizada sobre um dedo de uma pessoa não autorizada pode ser detectável pelo EBS como tendo camadas presentes em uma falsificação. As camadas dentro do objeto alvo podem ser detectadas utilizando um sensor ultrassônico e capturando informação de imagem utilizando vários atrasos de porta de alcance e/ou uma pluralidade de frequências ultrassônicas. Em algumas implementações, decisões intermediárias de uma ou mais

análises de detecção de vivacidade baseadas em imagens podem ser usadas para determinar se o objeto é fabricado. Alternativamente, as falsificações fabricadas podem ser formadas a partir de um único material sólido como um polímero de silicone injetado em um molde de um dedo. Os dedos falsos de material único podem não ter camadas internas ao contrário das camadas de pele, osso e vasos sanguíneos em um dedo humano, e um EBS analisando a presença de camadas (ou a falta dela) pode determinar que a falsificação de material único não está viva.

#### BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

[0022] Para uma compreensão mais completa da natureza e objetos da revelação, deve-se fazer referência aos desenhos anexos e à descrição subsequente. Resumidamente, os desenhos são:

[0023] A Figura 1 é um diagrama de fluxo que ilustra um método de determinação de vivacidade.

[0024] A Figura 2 é um diagrama de fluxo que ilustra um método de determinação de vivacidade no qual os estágios de análise são realizados em série.

[0025] A Figura 3 é um diagrama de fluxo que ilustra um método de determinação de vivacidade no qual os estágios de análise são realizados em paralelo.

[0026] A Figura 4 é um diagrama de fluxo que ilustra um método de determinação de vivacidade tendo quatro estágios de análise.

[0027] A Figura 5 é um diagrama de fluxo que ilustra outro método de determinação de vivacidade tendo quatro estágios de análise.

[0028] As Figuras 6A-B são diagramas de fluxo ilustrando outros métodos de determinação de vivacidade.

[0029] As Figuras 7A-C ilustram vistas em corte de um sensor ultra-sônico ilustrando sinais ultra-

sônicos refletidos a partir de um dedo real e um dedo falso.

[0030] As Figuras 8A-B mostram imagens de impressões digitais e imagens de outras partes do corpo;

[0031] A Figura 9 mostra imagens derivadas da informação de imagem adquirida a diferentes frequências e atrasos de porta de intervalo para dedos reais e falsos.

[0032] A Figura 10 representa a informação de imagem que pode ser utilizada para avaliar diferenças de qualidade de imagem entre dedos reais e falsos.

[0033] As Figuras 11A-C ilustram alterações temporais de imagens de impressões digitais.

[0034] A Figura 12 ilustra fluxos generalizados para inscrição e/ou autenticação de impressões digitais seguidos por um estágio de determinação de vivacidade.

[0035] A Figura 13 ilustra um diagrama de blocos generalizado de um sistema de sensor ultra-sônico.

[0036] A Figura 14 ilustra um diagrama de blocos mais detalhado de um sistema de sensor ultra-sônico.

[0037] As Figuras 15A-D ilustram uma variedade de configurações de uma matriz de sensor ultra-sônico.

[0038] As Figuras 16A e 8B mostram exemplos de diagrama de blocos do sistema ilustrando um dispositivo de exibição que inclui um sistema de detecção de impressão digital como descrito aqui.

#### DESCRIÇÃO ADICIONAL DA REVELAÇÃO

[0039] Entre muitas modalidades de biometria, as impressões digitais são uma das mais estudadas e utilizadas. As implementações aqui descritas incidem sobre impressões digitais, mas a revelação não se limita às impressões digitais. Por exemplo, os sistemas e métodos revelados podem ser utilizados com outros dados

biométricos, como o reconhecimento de impressão da palma de mão ou impressão digital da mão.

[0040] A Figura 1 é um diagrama de fluxo que mostra um método de determinação de vivacidade. A informação de imagem sobre um objeto pode ser adquirida 100 e analisada 103 para determinar se o objeto faz parte de um indivíduo vivo. As informações de imagem usadas para determinar a vivacidade podem ser as mesmas informações usadas para gerar uma imagem do objeto. Por exemplo, as informações de imagem podem ser informações sobre uma impressão digital que foi adquirida 100 utilizando um sensor ultrassônico, como descrito na Patente dos Estados Unidos Nº 7739912 intitulada "Ultrasonic Fingerprint Scanning Utilizing a Plane Wave". A análise das informações de imagem pode ser realizada por um ou mais computadores ou processadores polivalentes que foram programados para analisar as informações de imagem, como um ou mais processadores de aplicativos de um dispositivo móvel. As informações ou dados de imagem adquiridos podem ser pré-processadas conforme necessário, por exemplo, para reduzir o ruído, aumentar o contraste, remover artefatos ou compensar os efeitos da temperatura. Se a análise 103 da informação de imagem indica que o objeto biométrico não faz parte de um indivíduo vivo, então uma atividade solicitada (incluindo atividades que são meramente desejadas, como acesso a um pedido ou autorização de uma compra) pelo indivíduo pode ser negada 150. Por exemplo, se o indivíduo solicitar acesso a uma instalação, o banco de dados de computador ou aplicativo de dispositivo móvel e a análise de informações indicam que o objeto biométrico não fazia parte de um indivíduo vivo, então o indivíduo pode não ter permissão para obter acesso à instalação, banco de dados ou aplicativo, conforme o caso. No entanto, se a análise das

informações de imagem indicar que o objeto biométrico é parte de um indivíduo vivo, então o indivíduo pode ter permissão para acessar a instalação, banco de dados ou aplicativo, conforme o caso. Em algumas implementações, a identificação, verificação ou autenticação do usuário pode ser necessária além de uma indicação de vivacidade antes do acesso ser concedido ou uma atividade solicitada ser permitida.

[0041] A análise 103 das informações de imagem para determinar se o objeto faz parte de um indivíduo vivo pode ser realizada através de dois ou mais estágios de análise. Os estágios de análise podem ser conduzidos em paralelo (isto é, um estágio é conduzido enquanto outro estágio é conduzido), ou em série (isto é, um estágio após o outro). A Figura 2 é um diagrama de fluxo que ilustra um método de determinação de vivacidade no qual os estágios de análise 103A, 103B são realizados em série. A Figura 3 é semelhante à Figura 2, excepto pelo fato de que os estágios de análise 103A, 103B são realizados em paralelo.

[0042] Com referência às Figuras 2 e 3, um dos estágios de análise 103A pode procurar determinar se o objeto biométrico está vivo ou morto. Uma maneira de fazer a determinação de morto/vivo 103A é identificar e avaliar mudanças na informação da imagem em relação ao tempo. Em uma dessas análises, pelo menos dois conjuntos de informação de imagem ou dados sobre um objeto são adquiridos e comparados entre si. Por exemplo, a informação de imagem coletada pode ser obtida adquirindo informação de imagem ou informação a partir de um objeto biométrico como um dedo, utilizando uma matriz de sensores ultrassônicos. Um primeiro conjunto de informação de imagem obtido por aquisição de informação de imagem em um primeiro momento pode ser comparado com um segundo conjunto de informação de

imagem obtido adquirindo informação de imagem em um segundo momento, e as alterações entre os dois conjuntos de informação podem ser identificadas. Uma vez que os conjuntos de informação são obtidos em momentos diferentes, este estágio de análise procura identificar mudanças que ocorrem entre dois períodos de tempo, podendo, portanto, ser referido como um "estágio de análise temporal". Se o estágio de análise temporal identifica mudanças que são semelhantes a mudanças consistentes com um objeto vivo, então pode-se concluir que o estágio de análise temporal indica que o objeto biométrico é parte de um indivíduo vivo. Deve-se notar que o estágio morto/vivo pode procurar produzir uma determinação sobre se uma característica do objeto foi alterada durante um período de tempo ao longo do qual o objeto estava continuamente disponível para o sensor. Por exemplo, como descrito na Figura 6A, pode ser selecionado um período de tempo 104 no qual o objeto estava continuamente disponível para o sensor. Desta forma, é fornecida alguma garantia de que a análise temporal é conduzida com relação ao mesmo objeto biométrico. Isto quer dizer que o método/sistema pode ser implementado de modo a impedir a utilização de dois objetos biométricos diferentes. Por exemplo, para evitar a utilização de dois objetos biométricos diferentes em dois momentos diferentes, uma série de imagens sequenciais pode ser adquirida a partir de um objeto biométrico como um dedo posicionado em uma superfície de um cilindro acoplado a um conjunto de sensores ultrassônicos, com um número de imagens sequenciais adquirido para determinar que o mesmo dedo foi retido na superfície do cilindro durante o período de tempo entre a aquisição dos conjuntos de informação de imagem a serem utilizados para a análise temporal. Em algumas implementações, os conjuntos de dados adquiridos

sequencialmente podem ser analisados com uma rotina de análise mais simples para assegurar que um dedo ou outro objeto biométrico não tenha sido removido da superfície do cilindro. Em algumas implementações, a análise temporal pode ser realizada mais de uma vez com o mesmo dedo. Em algumas implementações, a análise temporal pode usar mais de dois conjuntos de informações de imagem. Os conjuntos de dados adquiridos sequencialmente para assegurar que um objeto biométrico não tenha sido removido e substituído por outro podem ser injetados entre as aquisições de qualquer um dos conjuntos de dados temporais.

[0043] O estágio de análise temporal pode analisar conjuntos de informação de imagem ou informação de imagem para alterações tais como alterações no tamanho de poros ou alterações nos padrões de nervuras, particularmente aqueles que são indicativos de um objeto com um pulso ou outra funcionalidade biológica como sudorese, emissão de óleos de pele, ou movimento muscular. Outras alterações que podem ser detectadas como parte do estágio de análise temporal incluem alterações na profundidade dos poros ou alterações na textura. Os tamanhos dos poros podem mudar com o tempo devido à emissão de óleo ou suor, ou simplesmente devido a flutuações no diâmetro externo dos poros quando um dedo é pressionado contra a superfície do cilindro. Os padrões de crista, como a posição das cristas, a largura das cristas, ou a relação entre a largura da crista e a largura do vale podem mudar à medida que o dedo é pressionado e mantido contra a superfície do cilindro, particularmente à medida que a pressão sanguínea muda na ponta do dedo com a batida de um coração ou à medida que contrações locais e relaxamentos dos músculos ocorrem no dedo pressionado. Podem ocorrer alterações na textura ao longo de intervalos de tempo



curtos, à medida que o dedo é pressionado mais duro e mais macio contra a superfície do cilindro, resultando em mais e menos área da pele em contato com o cilindro. Por exemplo, os poros abertos com uma crista incompleta em torno da abertura do poro podem tornar-se um poro fechado à medida que é aplicada uma pressão de dedo mais elevada. A profundidade dos poros pode mudar com o tempo e a pressão, como indicado pelas alterações no diâmetro dos poros contra a superfície do cilindro. Imagens temporais com atrasos variáveis de porta de alcance podem permitir imagens no dedo a partir das quais podem ser detectadas alterações temporais como diâmetro de poro ou profundidade de poro.

[0044] Se, a partir da análise temporal, for feita uma determinação de que ocorreram alterações na informação de imagem, então o estágio de análise temporal pode incluir determinar se as alterações nas informações de imagem são semelhantes às alterações consistentes com um objeto vivo. Se for determinado pela análise temporal que as mudanças estão em consonância com aquelas consistentes com um objeto vivo, então o estágio de análise temporal pode produzir uma indicação de que o objeto biométrico é provavelmente parte de um indivíduo vivo. No entanto, se for determinado pela análise temporal que as mudanças não estão em consonância com aquelas consistentes com um objeto vivo, então o estágio de análise temporal pode produzir uma indicação de que o objeto biométrico não é provavelmente parte de um indivíduo vivo.

[0045] Além do estágio de morto/vivo 103A, pode haver pelo menos um outro estágio de análise 103B. De modo a distinguir mais claramente os estágios de análise 103B do estágio morto/vivo 103A, os estágios de análise 103B podem ser um exemplo de EBS. Um ou mais EBS 103B podem ser combinados com o estágio morto/vivo 103A para fornecer

um método/sistema que seja bem adequado para determinar se um objeto biométrico é parte de um indivíduo vivo. Durante o EBS 103B, uma análise das informações adquiridas pode ser direcionada para determinar se o objeto é tridimensional, se os tipos de padrão nas informações de imagem estão entre tipos de padrões predeterminados e/ou se o objeto é fabricado. Cada uma destas análises é descrita em maior detalhe abaixo. Se o estágio morto/vivo 103A e o EBS 103B produzem cada um uma determinação de que o objeto biométrico é parte de um indivíduo vivo, então um sistema ou um método aqui divulgado pode produzir uma indicação de que o objeto biométrico era parte de um indivíduo vivo no momento que a informação da imagem foi adquirida. Entretanto, se ou o estágio morto/vivo 103A ou o EBS 103B produzem uma indicação de que o objeto biométrico não é parte de um indivíduo vivo, então um sistema ou um método aqui divulgado pode produzir uma indicação de que o objeto biométrico não é parte de um indivíduo vivo. Se o sistema/método produz uma indicação de que o objeto biométrico é provavelmente parte de um indivíduo vivo, então as informações obtidas a partir do objeto biométrico podem ser analisadas para determinar se o indivíduo que apresentou o objeto biométrico pode ser autorizado a participar na atividade solicitada. Em algumas implementações, a identificação, verificação ou autenticação do usuário pode ser necessária além de uma indicação positiva de vivacidade antes do acesso ser concedido ou a atividade solicitada permitida.

[0046] Tendo proporcionado uma visão geral de um método para determinar a vivacidade, fornecemos detalhes adicionais abaixo. A Figura 4 é um diagrama de fluxo que ilustra um método de determinação de vivacidade que tem quatro estágios de análise que são (como na Figura 2)

mostrados sendo realizados em série. Ao contrário da Figura 2, na Figura 4 o estágio morto/vivo 103 A é mostrado sendo realizado após o EBS 103B. A Figura 5 ilustra um método semelhante ao da Figura 2, excepto pelo fato de que os estágios de análise são mostrados sendo executados em paralelo. A execução em série dos estágios de análise pode produzir certos benefícios, particularmente quando um dos estágios de análise exige menos esforço, requer menos tempo ou é menos onerosa computacionalmente do que outros dos estágios de análise. Por exemplo, se esse estágio de análise requer menos esforço, requer menos tempo ou é menos dispendioso do que outros estágios de análise, pode ser benéfico executar esse estágio antes de outros estágios porque uma indicação a partir desse estágio que o objeto não é vivo pode ser usada para antecipar a execução dos outros estágios, e assim economizar tempo e energia. Alternativamente, a execução paralela dos estágios de análise pode produzir vários benefícios, como tempo de execução geral mais rápido, latência reduzida, melhor experiência do usuário e mais confiança na determinação da vivacidade com a execução de todos os estágios de análise biométrica no método.

[0047] A Figura 4 indica que se for determinado pelo EBS 103B que a informação de imagem não está correlacionada com um objeto biométrico esperado, então o EBS 103B pode produzir uma indicação de que o objeto biométrico apresentado provavelmente não faz parte de um indivíduo vivo. E, nesse caso, o método pode produzir uma indicação de que o indivíduo não deve ter acesso ou participar na atividade solicitada e a atividade ou acesso solicitado pode ser negado. Se cada subestágio de EBS 103B (i) - (iii) indica que a informação de imagem está correlacionada com dados biométricos esperados, então a

análise pode prosseguir para o estágio de morto/vivo 103A. Se o estágio morto/vivo 103A determina que o objeto que forneceu a informação não está vivo, então o EBS 103B pode produzir uma indicação de que o objeto biométrico apresentado provavelmente não faz parte de um indivíduo vivo. No entanto, se for determinado por cada subestágio de EBS 103B (i) - (iii) e determinado pelo estágio morto/vivo 103A que o objeto biométrico apresentado é parte de um indivíduo vivo, então pode ser produzida uma indicação de que o objeto biométrico é provavelmente parte de um indivíduo vivo. E, nesse caso, o método pode produzir uma indicação de que o indivíduo deve ter acesso ou participar na atividade solicitada e a atividade ou acesso solicitado pode ser permitido 153. Em algumas implementações, a identificação, verificação ou autenticação do usuário pode ser necessária além de uma indicação de vivacidade antes do acesso ser concedido ou uma atividade solicitada ser permitida.

[0048] A Figura 6A é um diagrama de fluxo que ilustra outro método de determinação de vivacidade. O método ilustrado na Figura 6A pode determinar se um objeto biométrico é parte de um indivíduo vivo, incluindo as seguintes etapas:

1. adquirir 100 informação de imagem a partir do objeto biométrico usando um sensor e opcionalmente pré-processar a informação de imagem;

2. analisar a informação de imagem para:

- (a) determinar 103B(i) se o objeto biométrico é tridimensional;

- (b) determinar 103B(ii) se os tipos de padrão nas informações de imagem estão entre tipos de padrões predeterminados;

(c) determinar 103B(iii) se o objeto biométrico é fabricado (ex., não biométrico); e

(d) selecionar um período de tempo ao longo do qual o objeto biométrico é continuamente disponível para o sensor e determinar 103A se a informação de imagem muda durante o período de tempo de uma maneira que seja consistente com um objeto vivo; e

3. concluir que o objeto biométrico faz parte de um indivíduo vivo, se:

(i) o objeto biométrico é determinado como sendo tridimensional;

(ii) os tipos de padrão nas informações de imagem estão entre tipos de padrões predeterminados;

(iii) o objeto biométrico é determinado como não fabricado; e

(iv) o objeto biométrico é determinado por comportar-se de uma forma que seja consistente com um objeto vivo.

[0049] Com a visão geral anteriormente mencionada em mente, nós fornecemos detalhes adicionais sobre tipos específicos de análises que podem ser realizadas durante o EBS 103B. Em particular o EBS 103B pode incluir esforços direcionados a uma ou mais das seguintes perguntas:

(I) o objeto é tridimensional?

(ii) os tipos de padrão nas informações de imagem estão entre tipos de padrões predeterminados?, e/ou

(iii) o objeto é fabricado?

[0050] Uma conclusão de que um objeto biométrico apresentado pode ser parte de um indivíduo vivo pode ser feita pelo EBS 103B (i) se a informação de imagem indicar que o objeto biométrico é tridimensional. Quando a informação de imagem foi obtida a partir de um sensor

ultrassônico, essa análise pode incluir a determinação do grau em que os padrões do objeto biométrico são uniformes. Uma falsificação bidimensional de uma impressão digital terá normalmente um reflexo mais uniforme de ondas ultrassônicas do que um dedo tridimensional.

[0051] A Figura 6B é um diagrama de fluxo que ilustra outro método 650 de determinação de vivacidade. O método compreende adquirir 651 informação de imagem a partir do objeto biométrico usando um sensor. O método compreende adicionalmente analisar 653 a informação de imagem em pelo menos dois estágios de análise. Um dos estágios de análise pode ser um estágio de análise temporal que analisa as alterações nas informações de imagem obtidas durante um período de tempo ao longo do qual o objeto biométrico estava continuamente disponível para o sensor. O sensor pode ser um sensor ultrassônico. O sensor pode incluir um cilindro sobre o qual o objeto biométrico pode ser posicionado. Em algumas implementações, conjuntos adicionais de informação de imagem podem ser adquiridos de uma maneira sequencial no tempo entre os conjuntos de informação de imagem para a análise temporal para garantir que o objeto biométrico sendo imageado estava continuamente disponível para o sensor e não foi substituído por outro objeto biométrico.

[0052] As Figuras 7A-C ilustram graficamente vistas de uma matriz de sensor ultrassônico 702 de um sistema de sensor ultrassônico ilustrando sinais ultrassônicos refletidos a partir de um dedo real e um dedo falso.

[0053] A Figura 7A ilustra uma onda plana ultrassônica substancialmente plana 718a lançada a partir de um transmissor ultrassônico 710 tendo uma camada piezoelétrica 714 posicionada entre os eletrodos

transmissores 712 e 716 dispostos em cada lado da camada piezoelétrica 714. O transmissor ultrassônico 710 pode ser acoplado a um substrato TFT 720 possuindo circuitos TFT 722 formados sobre o mesmo. O transmissor ultrassônico 710 pode lançar uma ou mais ondas planas ultrassônicas 718a através do substrato TFT 720, circuitos TFT 722 e uma camada de cobertura 740. Em algumas implementações, a camada de cobertura 740 pode servir como um cilindro de proteção. Em algumas implementações, um vidro de cobertura ou uma lente de cobertura de um dispositivo de exibição pode servir como a camada 740 do cilindro ou de cobertura. Uma camada de revestimento protetora 742 pode ser incluída em uma superfície externa da camada de cobertura 740. A camada de revestimento 742 pode servir como uma camada resistente a manchas, uma camada resistente a riscos, uma camada ambientalmente protetora, uma camada de adaptação de impedância acústica, um filtro de interferência ótica ou outra camada funcional. A camada de revestimento 742 pode incluir uma pilha de camadas múltiplas de subcamadas. Em algumas implementações, a camada de revestimento 742 pode ser posicionada diretamente no receptor ultrassônico 730 e servir como um cilindro. Em algumas implementações, o sensor ultrassônico 702 pode ser configurado sem uma camada de cobertura 740 ou uma camada de revestimento 742, com a superfície externa do receptor ultrassônico 703 servindo como a superfície de detecção.

[0054] Um objeto biométrico como um dedo 750 pode ser posicionado sobre uma superfície externa do conjunto de sensores ultrassônicos 702. As ondas planas ultrassônicas 718a que viajam através da camada de cobertura 740 e da camada de revestimento opcional 742 podem refletir-se fora da superfície entre o conjunto de sensores ultrassônicos 702 e o dedo 750. As regiões de vale

756 entre as regiões de crista 754 de um dedo 750 podem refletir uma grande porção da energia ultrassônica incidente de volta para o circuito de TFT 722. As regiões de crista 754 do dedo 750 em contato com a superfície do sensor podem absorver, dispersar ou transmitir a energia ultrassônica incidente, resultando em uma menor quantidade de energia ultrassônica refletida de volta para o circuito TFT 722. A energia ultrassônica refletida a partir das regiões de crista e de vale do dedo 750 pode ser convertida por uma camada receptora piezoelétrica 732 posicionada sobre uma porção ou todos os circuitos TFT 722 em carga elétrica que pode ser detectada por uma matriz subjacente 726 de pixels de sensor 724 do circuito TFT 722. Uma voltagem de polarização de receptor pode ser aplicada a um eletrodo de polarização de receptor 734 que está posicionado sobre a camada de receptor piezoelétrica 732 para permitir a aquisição de informação de imagem à medida que as ondas ultrassônicas 718b refletidas passam através da camada de receptor piezoelétrica 732 e circuito TFT 722. Uma vez adquiridos, os sinais de saída de pixel da matriz 726 de pixels de sensor 724 podem ser sincronizados a partir do circuito de TFT 722 para processamento posterior utilizando uma ou mais linhas de dados e de controle.

[0055] Uma porção ampliada do conjunto de sensores ultrassônicos 702 com um dedo real 750a posicionado em uma superfície de sensor 744 do conjunto de sensores ultrassônicos 702 é ilustrada na Figura 7B, ilustrando as ondas ultrassônicas refletidas 718b a partir de uma região de crista 754 do dedo. As ondas planas ultrassônicas incidentes 718a refletem-se fora da superfície de sensor 744, com uma porção das ondas refletidas 718b refletidas a partir de uma borda da região de crista do dedo 754 com um ângulo mais elevado e com um



tempo um pouco retardado comparado com um dedo falso plano 750b ilustrado na Figura 7C. O dedo falso 750b na Figura 7C representa uma falsificação em grande parte bidimensional, como uma réplica fotográfica impressa de uma impressão digital ou uma falsa malha feita de silicone com baixa qualidade que tem regiões de vale de profundidade insuficiente. Os níveis e uniformidade da informação de imagem adquirida podem ser analisados e uma determinação feita que o dedo falso 750b não possui uma ou mais características biométricas esperadas para uma impressão digital.

[0056] Um filtro de Sobel pode ser usado para determinar o grau aos quais os padrões biométricos são uniformes. Se for considerado uniforme, pode-se determinar que o objeto biométrico é bidimensional e nessa situação a determinação da vivacidade pode ser negativa (não viva) e o acesso ou a atividade solicitada pode ser negada. Nessa análise, um filtro Sobel "S"

$$S = \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 2 & 0 & -2 \\ 1 & 0 & -1 \end{bmatrix}$$

e o transposto S' pode ser utilizado para filtrar uma região de interesse correspondente à informação de imagem. A soma de potência da imagem filtrada pode então ser calculada e se o valor médio da soma de potência for inferior a um valor de limiar predeterminado, então a informação de imagem pode ter "bordas fracas" e pode ser determinado que o objeto biométrico é bidimensional.

[0057] Uma conclusão de que um objeto biométrico é parte de um indivíduo vivo pode ser feita pelo EBS 103B(ii) se a informação de imagem indicar certas

características sobre tipos de padrão na informação de imagem. O EBS 103B(ii) pode incluir determinar se os tipos de padrão nas informações de imagem estão entre tipos de padrões predeterminados. Determinar se os tipos de padrão nas informações de imagem estão entre tipos de padrão predeterminados pode incluir a identificação de classificações de padrão apresentadas na informação de imagem e depois a determinação de se as classificações de padrão estão entre classificações de padrão predeterminadas. Em algumas implementações, identificar as classificações de padrão de identificação podem incluir identificar se os padrões do objeto biométrico exibem fluxo de crista, uma característica das imagens de impressão digital. Nessa análise, pode ser utilizado um algoritmo de extração de fluxo de crista relativamente a uma porção ou bloco da informação de imagem para determinar se o fluxo de crista exibido por essa porção da informação de imagem é suficientemente semelhante a um modelo predeterminado que é conhecido por ser de um dedo real. Se o fluxo de crista da informação de imagem não é suficientemente similar ao modelo, então pode ser determinado que a informação de imagem não veio de um dedo humano (por exemplo, a informação de imagem veio de um não humano, ou a informação de imagem veio de um ser humano, mas era de um nariz, bochecha, palma ou cotovelo), e nesse caso, a atividade solicitada ou acesso pode ser negado 150. Em algumas implementações, a informação de modelo pode incluir tipos de padrões e classificações de padrões a partir de um dedo registrado que pode ser adquirido durante uma inscrição prévia de um usuário. A Figura 8A ilustra várias imagens de impressões digitais 302, 304, 306 e 308 a partir de dedos humanos e a Figura 8B mostra várias imagens de partes de corpo não de impressão digital, como um nariz 312, uma face

314, uma palma da mão 316 e um cotovelo 318. A inspeção visual mostra as características de fluxo de crista nas imagens de impressão digital e a falta de fluxo de crista característica nas imagens sem impressão digital.

[0058] Para assegurar a precisão desta análise, mais de uma porção ou bloco da informação de imagem pode ser extraída e analisada, e se menos do que um número desejado das porções extraídas exibir o fluxo de crista esperado, então pode ser determinado que a informação da imagem não veio de um dedo, e a atividade solicitada ou acesso pode ser negado. No entanto, se um número desejado (ou mais) das porções extraídas exibir o fluxo de crista esperado, então pode ser determinado que a informação de imagem veio de um dedo e, nesse caso, outras das análises de EBS 103B ou a análise de morto/vivo 103A pode ser usada para determinar se deve permitir a atividade ou acesso solicitado ou negar a atividade ou acesso solicitado. Em algumas implementações, as classificações de padrões, também conhecidas como classes de padrões, podem incluir classificações como uma classificação de dedo real ou uma classificação de dedo de falsificação. Uma classificação de dedo real pode incluir subclasses como uma subclasse de dedos vivos ou uma subclasse de dedos mortos. A classificação do dedo de falsificação pode incluir subclasses, como uma subclasse de gelatina, uma subclasse de silicone, uma subclasse de cola de madeira ou uma subclasse de látex. Cada classificação ou subclassificação pode ter um ou mais tipos de padrão associados à classe ou subclasse. Tipos de padrão podem incluir, por exemplo, um tipo de recurso, um vetor de recurso, uma matriz de recurso ou um valor de recurso. Por exemplo, um tipo de padrão pode incluir um tipo de característica como uma frequência espacial (por exemplo, frequência espacial alta, baixa ou

média). Um tipo de padrão pode incluir um vetor de característica como um vetor de padrão binário local (por exemplo, vetor LBP). Um tipo de padrão pode incluir uma matriz de característica, como uma distribuição bidimensional de correlações de impedância ultrassônica. Um tipo de padrão pode incluir um valor de característica (por exemplo, um número), como um valor de consistência de orientação.

[0059] Em algumas implementações, uma determinação pode ser feita por uma análise de estágio biométrico esperado (EBS) 103B se uma imagem adquirida tem cristas ou, mais especificamente, se a imagem contém um padrão de crista de impressão digital humana. Por exemplo, pode ser utilizado um algoritmo de extração de fluxo de crista com dados de uma ou mais regiões de interesse obtidas a partir do objeto de imagem para determinar se as cristas estão incluídas na imagem adquirida e se as cristas do objeto de imagem são como as que normalmente aparecem em dedos humanos. Pode-se realizar uma determinação de padrão de crista de modo a identificar se o padrão exibido pelo objeto representado pela imagem é provavelmente um padrão de impressão digital humano ou algum outro padrão. Se as cristas do objeto fotografado não são como as que normalmente aparecem em dedos humanos, então o objeto representado pode ser rotulado como "não dedo" e o resultado pode ser usado para determinar se permite a atividade solicitada ou acesso ou nega 150 a atividade ou acesso solicitado.

[0060] Uma conclusão de que um objeto biométrico é parte de um indivíduo vivo pode ser feita pelo EBS 103B se a informação de imagem indicar que o objeto biométrico não é fabricado (ou seja, é orgânico ou biológico). Essa análise pode incluir a análise da

informação de imagem para determinar se o objeto biométrico é constituído por camadas fabricadas. Se for determinado que o objeto biométrico é constituído por camadas, então pode ser determinado que o objeto biométrico é fabricado. Por exemplo, as camadas em um objeto podem indicar o uso de falsificações impressas tridimensionais, que geralmente são impressas em camadas. Em outro exemplo, as camadas podem ser detectadas em um objeto biométrico que inclui uma falsa aparência de látex com características falsas de impressão digital deslizadas sobre um dedo de um usuário não autorizado. Para determinar se o objeto biométrico é constituído por camadas, pode ser utilizado um sensor ultrassônico, e o retardo da porta de alcance para a detecção de sinais ultrassônicos atingindo a camada receptora piezoelétrica e o circuito de pixel do sensor pode ser ajustado para determinar se uma camada existe a uma determinada profundidade medida a partir de uma superfície do objeto biométrico. Outros métodos para identificar se o objeto biométrico é constituído por camadas incluem a utilização de uma pluralidade de frequências ultrassônicas. Em algumas implementações, podem ser utilizadas múltiplas frequências e atrasos de porta de alcance diferentes para adquirir conjuntos múltiplos de informação de imagem sobre o objeto biométrico. Um algoritmo de fusão de imagem pode ser usado para derivar um único conjunto de informação de imagem, e esse conjunto derivado de informação de imagem pode ser analisado quanto à presença de camadas. Outra forma de determinar se existem camadas é comparar a qualidade da informação de imagem derivada com um valor de limiar. Se a qualidade da informação de imagem derivada falhar em satisfazer ou exceder o valor de limiar, então pode ser determinado que a informação de imagem não foi derivada de um objeto

biométrico que faz parte de um ser vivo e que uma falsificação fabricada foi apresentada em vez disso ao sensor.

[0061] Outro método pode utilizar um método de classificação baseado em múltiplas características para identificar uma falsificação fabricada. Nesse método, as diferenças sutis entre os dedos reais e os dedos falsos em frequências diferentes podem ser analisadas e avaliadas. A Figura 9 mostra imagens derivadas da informação de imagem adquirida a diferentes frequências e atrasos de porta de intervalo para dedos reais e falsos. Por exemplo, na linha de cima, a informação de imagem de um dedo real a uma primeira frequência F1 e um primeiro retardo de porta de alcance RGD1 é apresentada como uma imagem de impressão digital 322a. A informação de imagem do dedo a uma segunda frequência F2 e a um segundo retardo de porta de alcance RGD2 é mostrada como uma imagem de impressão digital 322b e a informação de imagem do dedo a uma terceira frequência F3 e um terceiro retardo de porta de alcance RDG3 é mostrado como imagem de impressão digital 322c. A informação de imagem pode ser fundida em conjunto utilizando um algoritmo de fusão de imagem, com o resultado mostrado como uma imagem de impressão digital fundida 322d. A segunda linha mostra um dedo de látex com as imagens 324a, 324b e 324c tomadas a uma primeira frequência F1 e um primeiro retardo de porta de alcance RGD1, uma segunda frequência F2 e um segundo retardo de porta de alcance RGD2 e uma terceira frequência F3 e um terceiro retardo de porta de alcance RGD3, respectivamente, com os resultados da fusão de imagem ilustrados como imagem fundida 324d. A terceira linha mostra um dedo de silicone com as imagens 326a, 326b e 326c tomadas a uma primeira frequência F1 e um primeiro retardo de porta de alcance RGD1, uma segunda frequência F2 e um

segundo retardo de porta de alcance RGD2 e uma terceira frequência F3 e um terceiro retardo de porta de alcance RGD3, respectivamente, com os resultados da fusão de imagem ilustrados como imagem fundida 326d. De modo similar, a quarta linha mostra um dedo de silicone de tipo 2 com as imagens 328a, 328b e 328c tomadas a uma primeira frequência F1 e um primeiro retardo de porta de alcance RGD1, uma segunda frequência F2 e um segundo retardo de porta de alcance RGD2 e uma terceira frequência F3 e um terceiro retardo de porta de alcance RGD3, respectivamente, com os resultados da fusão de imagem ilustrados como imagem fundida 328d. As imagens antes e depois da fusão de imagem na Figura 9 mostram alterações características nas características da imagem, qualidade de imagem, contraste de imagem que pode ser utilizado para separar um dedo falsificado de um dedo real. Por exemplo, a posição dos poros e a densidade dos poros podem mudar com o tipo de material falsificado e a profundidade da imagem no dedo. Uma falsificação de alta qualidade pode ter um número adequado de poros e densidade de poros na superfície da falsificação, que pode diminuir rapidamente com a profundidade de distância da superfície falsa ao contrário de um dedo humano. O número e a densidade dos poros com profundidade no dedo pode ajudar na determinação de uma falsificação de um dedo real.

[0062] A Figura 10 representa a informação de imagem que pode ser utilizada para avaliar diferenças de qualidade de imagem entre dedos reais e falsos. A qualidade da imagem de impressão digital pode ser usada como uma sugestão para detectar informações de imagem de impressão digital falsa versus real. Dedos falsos ou falsificações podem ser detectados usando métricas de qualidade em uma imagem ultrassônica adquirida de um dedo falso. Os dedos

falsos podem ser fabricados a partir de um de vários materiais diferentes como látex, silicone ou outro material polimérico. Em alguns casos, a flexibilidade do material pode tornar mais difícil que a falsificação tenha um contato completo com a matriz de sensores, resultando em uma qualidade desigual e não uniforme na imagem resultante. Em alguns casos, estruturas ósseas localizadas dentro de um dedo real podem resultar em protruções localizadas durante a formação do molde para dedos falsos moldados. Métricas de qualidade de impressão digital, como resolução espacial, contraste, frequência espacial, consistência de padrão, clareza e/ou nitidez podem detectar essas não-uniformidades. As métricas de qualidade de impressão digital podem melhorar ainda mais o desempenho de sistemas de detecção de dedo falso versus real. Embora não seja capaz de detectar a vivacidade diretamente, a qualidade da impressão digital pode ser usada como uma sugestão para detectar informações falsas de imagem de impressão digital como parte de uma abordagem em várias etapas para a detecção de vivacidade. Diferenças de impedância acústica entre os materiais utilizados na falsificação e no tecido humano também podem resultar em diferenças de qualidade de imagem detectáveis.

[0063] Uma abordagem para a utilização de métricas de qualidade em um dedo falsificado envolve a seleção de duas ou mais regiões pequenas (isto é, blocos) dentro da área de imagem de impressão digital, aplicando uma métrica de qualidade como clareza ou nitidez a cada bloco selecionado, comparando os resultados dos cálculos para determinar se uma ou mais áreas têm clareza ou nitidez significativamente diferentes das outras. Uma ampla variação nos resultados calculados pode indicar um dedo falso.



[0064] Um exemplo de um método de detecção de falsificação baseado na qualidade pode ser visto em relação às imagens na Figura 10. Como na Figura 9, as imagens na Figura 10 podem ser tomadas com diferentes frequências e atrasos de porta de alcance. Uma primeira caixa 342a e uma segunda caixa 342b podem ser formadas em torno de um par selecionado de blocos ou regiões dentro das imagens de impressões digitais 332a, 332b e 332c a partir de um dedo real. A clareza e a nitidez resultantes das características dentro dos dois blocos podem ser vistas como sendo semelhantes. Uma primeira caixa 344a e uma segunda caixa 344b podem ser extraídas em torno de blocos ou regiões similares dentro das imagens de impressões digitais 334a, 334b e 334c a partir de um dedo falso. A clareza e a nitidez resultantes entre os dois blocos podem ser vistas como sendo significativamente diferentes. Pode-se suspeitar, com base nessa análise, que a segunda imagem é de um dedo falso. Em algumas implementações, a análise de imagem pode ser realizada em imagens de impressão digital individuais com uma ou mais frequências e atrasos de porta de alcance. Em algumas implementações, a análise de imagem pode ser realizada em imagens fundidas como imagens de impressão digital fundidas 332d e 334d para dedos reais e falsos, respectivamente. A suspeita pode ser reforçada com os resultados de outros testes e análises, como os estágios de análise biométrica esperados ou estágios de análise temporal.

[0065] As Figuras 11A-C ilustram alterações temporais de imagens de impressões digitais. Uma imagem de impressão digital 342a (Figura 11A) tirada em um primeiro momento t1 e uma segunda imagem de impressão digital 342b (Figura 11B) tomada em um segundo momento t2 diferente do primeiro momento t1 do mesmo dedo podem ser comparadas. Uma

imagem de impressão digital comparada 342c resultante da subtração dos valores de saída de pixel no momento t1 dos valores de saída de pixel no momento t2 e sobreposição da subtração resultante sobre a imagem de impressão digital original 342a está ilustrada na Figura 11C.

[0066] Em algumas implementações, a vivacidade de um objeto semelhante a um dedo pode ser determinada em parte se uma impressão digital adquirida tem apenas características 2D ou é um objecto 3D. A detecção de objetos parecidos com a pele e a determinação de objetos 3D podem formar estágios em um sistema e método de detecção de vivacidade. Os sistemas de formação de imagem de impressão digital baseados em contato, como um conjunto de sensores ultrassônicos com ou sem um cilindro sobreposto, podem revelar as características do objeto de imagem e ajudar a determinar se o objecto é similar à pele e tridimensional. Por exemplo, a força ou pressão exercida sobre a superfície do cilindro por um dedo é muitas vezes temporal e não uniforme e pode levar ao movimento do dedo entre uma aquisição de imagem e outra. Durante cada aquisição de imagem, o sistema de detecção de impressões digitais pode converter o objeto 3D em uma imagem 2D equivalente. A elasticidade do dedo e da pele pode causar mais alongamento da pele com maior pressão do que com menor pressão. A pressão exercida por um objeto 3D sobre a superfície do cilindro pode ser a mais elevada no centro de um dedo comprimido e diminuir para o limite ou borda da impressão digital. O centro do dedo pressionado pode ter bordas mais proeminentes e o desbaste das bordas pode ser mais perceptível perto da periferia do dedo. Em contraste, um objeto 2 D pode ter uma resistência de borda mais uniforme em toda a totalidade do objeto com a imagem formada. Um gradiente de imagem ao longo das direções x e y pode ajudar

a determinar se o objeto é 2D ou 3D. Um gradiente de imagem pode ser calculado a partir de dados de imagem aplicando um cerne de filtragem de Sobel ao longo da direção X e Y com  $S_x$  e  $S_y$ , como fornecido abaixo.

$$S_x = \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 2 & 0 & -2 \\ 1 & 0 & -1 \end{bmatrix}$$

$$S_y = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix}$$

[0067] A imagem adquirida pode ser convolvida com os filtros  $S_x$  e  $S_y$  para gerar duas respostas correspondentes  $g_x$  e  $g_y$ . O gradiente de imagem pode ser calculado a partir das respostas  $g_x$  e  $g_y$  como  $VI = [g_x \ g_y]^T$ . As bordas do objeto podem ser determinadas a partir das imagens de gradiente com uma operação de limiar. Uma intensidade da borda pode ser utilizada como um descritor e utilizada como uma medida de contraste de imagem (isto é, quão significativa é a variação de intensidade através da borda e ao longo da borda). A comparação da informação de intensidade de borda ou de gradiente com relação a um limite heurístico pré-estabelecido ou limite de gradiente pode determinar se o objeto é um objeto 3D.

[0068] Em algumas implementações, a informação de impressão digital temporal pode ajudar na determinação de objetos em 3D devido ao ligeiro rolamento do dedo sobre a superfície do cilindro. Por exemplo, uma pluralidade de imagens de um objecto 3D adquirido com uma separação no tempo pode apresentar vistas ligeiramente diferentes do objeto com rolamento ou variações na força aplicada, como uma alteração nas características de borda ou uma região de

borda aumentada ou reduzida. Em contraste, as informações temporais de um objeto 2D podem mostrar consistência aumentada de imagem para imagem.

[0069] Em algumas implementações, um estágio de análise para determinar se um objeto é 2D ou 3D pode ser seguido por um estágio de análise adicional para determinar a presença de uma superfície similar à pele. Por exemplo, a presença de uma superfície semelhante a uma pele pode ser validada por correspondência de um histograma de tom de pele gerado a partir de uma imagem adquirida com um histograma de tonalidade de referência determinado a partir de uma coleção de tons de pele válidos. Em algumas implementações, o histograma de tom de pele de referência pode ser obtido durante a inscrição de um usuário.

[0070] Em algumas implementações, uma determinação se um padrão em uma imagem adquirida é semelhante a pele pode ser feita comparando a energia refletida associada com a localização de uma crista com a energia refletida associada a um vale. Se o resultado da comparação for semelhante a um resultado esperado de crista/vale de energia refletido, então o objeto pode ser determinado como parecido com a pele.

[0071] Em algumas implementações, uma superfície semelhante a uma pele pode ser determinada pela localização de poros da pele de um objeto 3D em forma de dedo. Por exemplo, os poros da pele podem ser localizados em objetos 3D detectando regiões circulares perceptíveis em regiões de crista ou detectando picos característicos em certas regiões de um espectro de Fourier do objeto com a imagem formada que são representativos do tamanho de poro, densidade de poros linear ou densidade de poros de área.

[0072] Em algumas implementações, a detecção de vivacidade baseada em imagens baseada na análise de

informação de imagem a partir de uma única imagem pode servir como um dos estágios de análise não-temporais. Um EBS baseado em imagem única pode incluir as etapas de aquisição de uma imagem de impressão digital com informação de imagem de impressão digital e extração de características de animação a partir da informação de imagem. As características de vivacidade extraídas podem ser comparadas com uma ou mais características de linha de base para proporcionar uma comparação, e um sinal de saída de vivacidade pode ser determinado com base na comparação. A informação de imagem pode ser adquirida a partir do dedo de um usuário posicionado em uma superfície de um cilindro que é parte de um conjunto de sensores ultrassônicos. As metodologias para extrair características de vivacidade a partir de informações de imagem podem procurar identificar diferenças nos componentes de textura (em oposição aos componentes geométricos) nas impressões digitais, uma vez que é relativamente fácil criar uma impressão digital falsa com componentes geométricos adequados e mais difícil criar uma falsa impressão digital com componentes de textura adequados. Por exemplo, uma impressão digital falsa pode ter diferenças de nível de cinza visivelmente diferentes entre as regiões de crista e de vale da impressão digital. Em algumas metodologias, as características de vivacidade brutas podem ser determinadas em domínios espaciais ou de frequência. As características de vivacidade bruta podem ser calculadas em relação às cristas da impressão digital e com relação aos vales da impressão digital. Essas características de vivacidade bruta podem ser suficientes para fazer uma determinação de vivacidade nas informações da imagem. Em algumas implementações, razões das características de vivacidade brutas podem ser usadas para determinar se o objeto está vivo ou não. Outras

metodologias são descritas no Pedido copendente US nº 14/854.174 intitulado "Image-Based Liveness Detection for Ultrasonic Fingerprints" depositado simultaneamente neste ato em 3 de setembro de 2015, em sua totalidade.

[0073] Em algumas implementações, a detecção de vivacidade baseada em imagens baseada na análise de informação de imagem a partir de duas ou mais imagens pode servir como um estágio de análise temporal. Por exemplo, a informação de imagem de imagens de impressão digital adquiridas consecutivamente pode ser analisada individualmente para características de vivacidade brutas, e as alterações nas características de vivacidade brutas ao longo do tempo podem ser um forte indicador em favor de uma determinação de vivacidade positiva.

[0074] Em algumas implementações, decisões intermediárias de cada uma de uma pluralidade de imagens únicas podem ser fundidas para formar uma decisão composta. Por exemplo, uma determinação de vivacidade intermediária pode ser feita a partir de duas ou mais imagens, e as determinações de vivacidade intermediárias combinadas para formar uma determinação de vivacidade composta. A determinação da vivacidade composta pode ser combinada com determinações de outros estágios para proporcionar um sinal de saída de vivacidade que é indicativo da vivacidade do objeto com a imagem formada.

[0075] Em algumas implementações, decisões intermediárias de uma ou mais análises de detecção de vivacidade baseadas em imagens podem ser usadas para determinar se o objeto é fabricado. Por exemplo, características de vivacidade brutas extraídas de uma falsificação fabricada podem mostrar pouca mudança de uma imagem para a próxima.

[0076] A Figura 12 ilustra fluxos generalizados para inscrição e/ou autenticação de impressões digitais seguidos por uma fase de determinação de vivacidade de acordo com aspectos da presente revelação. Neste exemplo, o bloco 400 descreve o processo de registro e o bloco 420 descreve o processo de verificação/autenticação. Durante a inscrição, uma imagem adquirida pode ser processada para gerar um modelo (por exemplo, informações de modelo, dados de modelo, dados de referência biométricos ou referência) que podem ser armazenados em uma base de dados local ou externa 410. Observe que uma referência pode incluir um ou mais modelos, modelos ou imagens brutas. Em algumas implementações, o processo de inscrição pode incluir aquisição de imagem 402, processamento de imagem 404, extração de características 406, geração de modelos 408 e armazenamento de dados em uma base de dados 410. O processo de verificação/autenticação no bloco 420 pode incluir aquisição de imagem 422, processamento de imagem 424, extração de características 426, geração de modelos 428, correspondência de impressões digitais 430 utilizando informação armazenada na base de dados 410 e determinação de correspondência 432 para determinar e fornecer um sinal de saída de correspondência 434. No estágio de identificação/verificação/autenticação, cada imagem adquirida pode ser processada para gerar um modelo; os modelos gerados podem ser usados para correspondência. O bloco de verificação/autenticação de impressão digital 420 pode fornecer um sinal de saída de correspondência 434 indicando se ocorreu uma correspondência. Um ou mais estágios de determinação de vivacidade 440 podem realizar várias análises temporais e/ou análises biométricas esperadas para determinar se um dedo é real ou falso e se o dedo está vivo ou morto. Pode

ser proporcionado um sinal de saída de vivacidade 442 que indica uma determinação de vivacidade. Em algumas implementações, uma determinação de vivacidade 440 para proporcionar um sinal de saída de vivacidade 442 pode ser feita durante o bloco de inscrição de impressões digitais 400. Em algumas implementações, o sinal de saída de vivacidade 442 pode ser fornecido para determinar se é necessário registrar um usuário. Em algumas implementações, o sinal de saída de vivacidade 442 pode ser fornecido para determinar quando verificar, identificar ou autenticar um usuário. Por exemplo, o sinal de saída de vivacidade 442 pode ser combinado com um sinal de saída de correspondência 434 para determinar se pretende autenticar ou verificar um usuário. Um sinal de saída de correspondência positiva 434 e um sinal de saída de vivacidade positiva 442 podem ser combinados para permitir o acesso ou para permitir uma atividade solicitada. Em algumas implementações, o sinal de saída de vivacidade 442 pode ser gerado e fornecido a um aplicativo de software ou a um aplicativo em execução em um dispositivo móvel ou não móvel. Em algumas implementações, os tipos de padrão podem ser determinados durante a inscrição. Os tipos de padrão podem ser armazenados como parte de um modelo associado a um objeto, como um dedo. Em algumas implementações, as características de padrão podem ser determinadas durante a inscrição. Os tipos de padrão e classificações de padrões podem ser usados em parte para autenticação ou verificação. Durante uma sequência de verificação, os tipos de padrão e/ou classificações de padrões para um usuário específico podem ser atualizados. Os tipos de padrão atualizados e/ou classificações de padrões podem ser armazenados em um modelo modificado.

[0077] A Figura 13 ilustra um diagrama de blocos generalizado de um sistema de sensor ultra-sônico. O



sistema de sensores ultrassônicos 700 pode incluir um conjunto de sensores ultrassônicos 702 e um controlador de sensores 704. O conjunto de sensores ultrassônicos 702 pode incluir uma ou mais matrizes de pixels de sensor. O sistema de sensor ultrassônico 700 pode incluir pelo menos um conjunto de sensores ultrassônicos 702. Em algumas implementações, os componentes do conjunto de sensores ultrassônicos 702 podem ser semelhantes aos componentes de um sistema de sensor de toque que são descritos abaixo com referência às Figuras 15A-16B. Em algumas implementações, o conjunto de sensores ultrassônicos 702 e o controlador de sensores 704 podem ser configurados de forma diferente. Por exemplo, o sistema de sensor ultrassônico 700 e a matriz de sensor ultrassônico 702 podem fazer parte de um sistema de sensor de toque associado a um dispositivo de exibição, dependendo da implementação específica.

[0078] O controlador de sensor 704 pode incluir um ou mais processadores de uso geral de um ou vários chips, processadores de sinal digital (DSPs), circuitos integrados de aplicação específica (ASICs), matrizes de portas programáveis em campo (FPGAs) ou outros dispositivos lógicos programáveis, portas discretas ou lógica de transistores, componentes de hardware discretos, ou suas combinações. O controlador de sensor 704 também pode incluir (e/ou ser configurado para comunicação com) um ou mais dispositivos de memória, como um ou mais dispositivos de memória de acesso aleatório (RAM), dispositivos de memória de leitura (ROM), etc. O controlador de sensor 704 pode ser capaz de receber e processar informação de imagem de sensor de impressão digital a partir do conjunto de sensores ultrassônicos 702. Em algumas implementações, algumas ou todas as funções do

controlador de sensor 704 podem residir ou ser executadas por um processador de aplicações de um dispositivo móvel.

[0079] A Figura 14 ilustra um diagrama de blocos mais detalhado de um sistema de sensor ultra-sônico. O sistema de sensores ultrassônicos 700 pode incluir um conjunto de sensores ultrassônicos 702 com um transmissor ultrassônico 710 e substrato TFT 720 incluindo circuitos TFT com um conjunto de pixels de sensor 726. O transmissor ultrassônico 710 pode estar em comunicação eletrônica (por exemplo, através de uma ou mais ligações eletrônicas) a um controlador de transmissor 768. Em algumas implementações, o controlador de transmissor 768 pode ter um sinal de saída de polaridade positiva e um sinal de saída de polaridade negativa em comunicação eletrônica com o transmissor ultrassônico 710. O acionador de transmissor 768 pode estar em comunicação eletrônica com uma unidade de controle 760 de um controlador de sensor 704. A unidade de controle 760 pode proporcionar um sinal de excitação do transmissor ao acionador de transmissor 768. A unidade de controle 760 pode estar em comunicação eletrônica com um acionador de polarização de receptor 762 através de um barramento de entrada de seleção de nível. O acionador de polarização de receptor 762 pode proporcionar uma tensão de polarização de receptor a um eletrodo de polarização de receptor 734 disposto em uma superfície de uma camada de receptor piezoelétrica 732 que pode ser ligada ao conjunto de pixel de sensor 726 (ver Figura 7A). A unidade de controle 760 pode estar em comunicação eletrônica com um ou mais demultiplexadores 764. Os demultiplexadores 764 podem estar em comunicação eletrônica com uma pluralidade de acionadores 766. Os acionadores de porta 766 podem estar em comunicação eletrônica com a matriz de pixel do sensor 726. Os acionadores de porta 766 podem ser posicionados

externamente ao conjunto de pixels de sensor 726 ou em algumas implementações incluídos no mesmo substrato que o conjunto de pixels de sensor 726. Os demultiplexadores 764, que podem ser externos ou incluídos no mesmo substrato com a matriz de pixels de sensor 726, podem ser utilizados para selecionar controladores de portas específicos 766. Os controladores de porta 766 podem selecionar uma ou mais linhas ou colunas da matriz de pixels de sensor 726. A matriz de pixel do sensor 726 pode estar em comunicação eletrônica com um ou mais digitalizadores 772. Os digitalizadores 772 podem converter sinais de saída de pixel analógicos de um ou mais pixels de sensor 724 da matriz de pixels de sensor 726 para um sinal digital adequado para processamento adicional dentro de um processador de dados 770 que está dentro ou fora do controlador de sensor 704. O controlador de sensor 704 pode proporcionar uma saída digital a um sistema ou processador externo, como um processador de aplicativos de um dispositivo móvel.

[0080] As Figuras 15A-D ilustram uma variedade de configurações possíveis de uma matriz de sensor ultrassônico. A matriz de sensores ultrassônicos 702 pode ter substratos TFT separados ou comuns para um monitor 780 e a matriz de sensores ultrassônicos 702. A matriz de sensores ultrassônicos 702 pode servir como um sensor de impressões digitais e em algumas implementações servem como uma tela sensível ao toque ou touchpad ultrassônico. Um vidro de cobertura comum ou tela sensível ao toque pode ser compartilhado entre elementos do conjunto de sensores ultrassônicos 702 e o monitor e servir como camada de cobertura 740 para o conjunto de sensores ultrassônicos 702. Em configurações alternativas, o conjunto de sensores ultrassônicos 702 (e revestimento opcional ou camada de

cobertura) pode ser posicionado em um painel, no lado ou na parte traseira de um invólucro de dispositivo móvel. Em algumas implementações, o conjunto de sensores ultrassônicos 702 pode ser colocado acima ou posicionado como parte de um botão ultrassônico. O botão ultrassônico pode ser mecânico ou não mecânico. Por exemplo, o botão ultrassônico pode ser acoplado mecanicamente a um interruptor eletromecânico. O botão ultrassônico pode ser de autenticação ou não autenticação. Em algumas implementações, o conjunto de sensores ultrassônicos 702 pode ser periférico à área ativa do monitor, o que pode incluir um vidro de filtro de cor de exibição 784 e um substrato de TFT de exibição 782. No exemplo ilustrado na Figura 15A, o conjunto de sensores ultrassônicos 702 está posicionado por baixo de uma camada de cobertura comum 740 que pode servir como uma placa para o conjunto de sensores ultrassônicos e como uma tela sensível ao toque ou vidro de cobertura para o monitor 780. Em outro exemplo, o conjunto de sensores ultrassônicos 702 pode estar situado separadamente do monitor, como em uma região de painel frontal, uma parede lateral ou um lado traseiro de um invólucro de dispositivo móvel (não ilustrado). Em outro exemplo ilustrado na Figura 15B, o conjunto de sensores ultrassônicos 702 pode estar situado por baixo (ou por trás) dos elementos do monitor 780, como o vidro de filtro de cor de exibição 784 e substrato de TFT do monitor 782. Em outro exemplo ilustrado na Figura 15C, partes ou todos os conjuntos de sensores ultrassônicos 702 podem ser integrados no substrato de TFT do monitor 782. Em algumas implementações, a matriz de sensores ultrassônicos 702 pode incluir parte ou toda a área ativa do monitor 780. A Figura 15D mostra uma vista em corte de um conjunto de sensores ultrassônicos 702 que tem um transmissor ultrassônico 710 e

um receptor ultrassônico 730 posicionado em um substrato TFT 720, com uma camada de cobertura 740 posicionada acima do receptor ultrassônico 740.

[0081] As Figuras 16A e 16B mostram exemplos de diagrama de blocos do sistema ilustrando um dispositivo de exibição que inclui um sistema de detecção de impressão digital como descrito aqui. O dispositivo de exibição 900 pode ser, por exemplo, um dispositivo de exibição móvel, como um smartphone, um telefone celular ou móvel, etc. No entanto, os mesmos componentes do dispositivo de exibição 900 ou suas variações leves também são ilustrativos de vários tipos de dispositivos de exibição como televisores, computadores, computadores tablet, e-readers, dispositivos portáteis e dispositivos de mídia portáteis.

[0082] Neste exemplo, o dispositivo de exibição 900 pode incluir um invólucro 941, um monitor 930, um sistema de sensor ultrassônico 700 (uma parte do qual pode ser parte ou separado do monitor visual 930), uma antena 943, um alto-falante 945, um dispositivo de entrada 948 e um microfone 946. Em algumas implementações, o dispositivo de entrada 948 pode incluir um conjunto de sensores ultrassônicos 702 que pode servir como parte de um sensor de impressão digital ultrassônico, touchpad ou tela sensível ao toque. O invólucro 941 pode ser formado a partir de qualquer um de uma variedade de processos de fabricação, incluindo moldagem por injeção e moldagem a vácuo. Além disso, o invólucro 941 pode ser feito a partir de qualquer um de uma variedade de materiais, incluindo, mas não se limitando a: plástico, metal, vidro, safira, borracha e cerâmica, ou uma combinação dos mesmos. O invólucro 941 pode incluir porções removíveis (não mostradas) que podem ser intercambiadas com outras porções

removíveis de cor diferente, ou com diferentes logotipos, imagens ou símbolos

[0083] O monitor 930 pode ser qualquer de uma variedade de monitores, incluindo um monitor de painel plano, como plasma, diodo emissor de luz orgânico (OLED) ou tela de cristal líquido (LCD) ou um monitor de painel não plano, como um tubo de raio de cátodo (CRT) ou outro dispositivo de tubo. Além disso, a tela 930 pode incluir uma tela baseada em modulador interferométrico (IMOD) ou uma tela baseada em micro-obturador.

[0084] Os componentes de um exemplo do dispositivo de exibição 900 são ilustrados esquematicamente na Figura 16B. Aqui, o dispositivo de exibição 900 pode incluir um invólucro 941 e pode incluir componentes adicionais, pelo menos parcialmente envoltos nele. Por exemplo, o dispositivo de exibição 900 pode incluir uma interface de rede 927 com uma ou mais antenas 943 que podem ser acopladas a um ou mais transceptores 947. A interface de rede 927 pode ser uma fonte para informação de imagem que pode ser exibida no dispositivo de exibição 900. Por conseguinte, a interface de rede 927 é um exemplo de um módulo de fonte de imagem, mas o processador 921 e o dispositivo de entrada 948 também podem servir como um módulo de fonte de imagem. O transceptor 947 pode ser ligado a um processador 921, que pode estar ligado ao hardware de condicionamento 952. O hardware de condicionamento de 952 pode ser capaz de condicionar um sinal (como aplicação de um filtro ou de outro modo manipulação de um sinal). O hardware de condicionamento 952 pode ser ligado a um altofalante 945 e um microfone 946. O processador 921 também pode ser conectado a um dispositivo de entrada 948 e um controlador de acionador 929. O controlador de acionador 929 pode ser acoplado a um buffer

do quadro 928, e a um acionador de matriz 922, que por sua vez pode ser acoplado a uma matriz de exibição 930. Um ou mais elementos no dispositivo de exibição 900, incluindo elementos não especificamente representados na Figura 16B, podem ser capazes de funcionar como um dispositivo de memória e ser capazes de se comunicar com o processador 921 ou outros componentes de um sistema de controle. Em algumas implementações, uma fonte de alimentação 950 pode fornecer energia para praticamente todos os componentes do projeto de dispositivo de exibição específico 900.

[0085] Neste exemplo, o dispositivo de exibição 900 pode incluir um controlador de toque e/ou de impressão digital 977. O controlador de toque e/ou impressão digital 977 pode, por exemplo, ser uma parte de um sistema de sensor ultrassônico 700 como o descrito acima. Consequentemente, em algumas implementações, o controlador de toque e/ou impressão digital 977 (e/ou outros componentes do sistema de sensor ultrassônico 700) pode incluir um ou mais dispositivos de memória. Em algumas implementações, o sistema de sensor ultrassônico 700 também pode incluir componentes como o processador 921, o controlador de matriz 922 e/ou o controlador do acionador 929 mostrado na Figura 16B. O controlador de toque e/ou impressão digital 977 pode ser capaz de se comunicar com o sistema de sensor ultrassônico 700, por exemplo, através de fios de encaminhamento, e pode ser capaz de controlar o sistema de sensor ultrassônico 700. O controlador de toque e/ou impressão digital 977 pode ser capaz de determinar uma localização e/ou movimento de um ou mais objetos, como dedos, sobre ou próximo do sistema de sensor ultrassônico 700. Em algumas implementações, o processador 921 (ou outra parte do sistema de sensores ultrassônicos 700) pode ser capaz de proporcionar alguma ou toda a funcionalidade do

controlador de toque e/ou impressão digital 977, o sistema de sensor ultrassônico 700 e/ou o controlador de sensor 704 como descrito acima.

[0086] O controlador de toque e/ou de impressão digital 977 (e/ou outro elemento do sistema de sensor ultrassônico 700) pode ser capaz de proporcionar entrada para controlar o dispositivo de exibição 900 de acordo com um ou mais locais de toque. Em algumas implementações, o controlador de toque e/ou impressão digital 977 pode ser capaz de determinar movimentos de um ou mais locais de toque e fornecer entrada para controlar o dispositivo de exibição 900 de acordo com os movimentos. Alternativamente, ou adicionalmente, o controlador de toque e/ou impressão digital 977 pode ser capaz de determinar localizações e/ou movimentos de objetos que estão próximos do dispositivo de exibição 900. Consequentemente, o controlador de toque e/ou de impressão digital 977 pode ser capaz de detectar movimentos de dedo ou de caneta gráfica, gestos de mão, etc., mesmo se não for feito contato com o dispositivo de exibição 900. O controlador de toque e/ou impressão digital 977 pode ser capaz de fornecer entrada para controlar o dispositivo de exibição 900 de acordo com esses movimentos e/ou movimentos detectados.

[0087] Conforme descrito aqui em outro local, o controlador de toque e/ou impressão digital 977 (ou outro elemento do sistema de sensor ultrassônico 700) pode ser capaz de fornecer um ou mais modos operacionais de detecção de impressões digitais. Consequentemente, em algumas implementações, o controlador de toque e/ou impressão digital 977 (ou outro elemento do sistema de sensor ultrassônico 700) pode ser capaz de produzir imagens de impressão digital. Em algumas implementações, como quando um conjunto de sensores ultrassônicos 702 do sistema de



sensores ultrassônicos 700 está fisicamente separado do monitor visual 930, o controlador para o sistema de sensores ultrassônico 700 pode estar separado e operar em grande parte independente do controlador de toque.

[0088] Em algumas implementações, o sistema de sensor ultrassônico 700 pode incluir um receptor ultrassônico 730 e/ou um transmissor ultrassônico 710 como descrito em outra parte deste documento. De acordo com algumas dessas implementações, o controlador de toque e/ou impressão digital 977 (ou outro elemento do sistema de sensor ultrassônico 700) pode ser capaz de receber entrada do receptor ultrassônico 730 e ligar ou "acordar" o transmissor ultrassônico 710 e/ou outro componente do dispositivo de exibição 900.

[0089] A interface de rede 927 pode incluir a antena 943 e o transceptor 947 de modo que o dispositivo de exibição 900 pode se comunicar com um ou mais dispositivos através de uma rede. A interface de rede 927 também pode ter alguns recursos de processamento para aliviar, por exemplo, os requisitos de processamento de dados do processador 921. A antena 943 pode transmitir e receber sinais. Em algumas implementações, a antena 943 transmite e recebe os sinais de RF de acordo com o padrão IEEE 16.11, incluindo IEEE 16.11(a), (b), ou (g), ou o padrão IEEE 802.11, incluindo IEEE 802.11a, b, g, n, ac, ad e outras implementações dos mesmos. Em algumas implementações, a antena 943 pode transmitir e receber os sinais de RF de acordo com o padrão Bluetooth®. No caso de um telefone celular, a antena 943 pode ser concebida para receber sinais do acesso múltiplo por divisão de código (CDMA), FDMA (FDMA), TDMA (TDMA), Sistema Global para Comunicações Móveis (GSM), Serviço de Rádio de Pacote Geral/GSM (GPRS), ambiente GSM de Dados Aprimorados (EDGE), Rádio Truncado

Terrestre (TETRA), CDMA de banda larga (W-CDMA), os Dados de Evolução Otimizados (EV-DO), 1xEV-DO, EV-DO Rev A, EV-DO Rev B, Acesso a Pacote de Alta Velocidade (HSPA), Acesso a Pacote Downlink de Alta Velocidade (HSDPA), Acesso a Pacote Uplink de Alta Velocidade (HSUPA), Acesso a Pacote de alta velocidade evoluído (HSPA+), Evolução a Longo Prazo (LTE), AMPS, ou outros sinais conhecidos que são utilizados para se comunicar dentro de uma rede sem fios, como um sistema que utiliza a tecnologia 3G, 4G ou 5G. O transceptor 947 pode pré-processar os sinais recebidos a partir da antena 943, para que eles possam ser recebidos por e ainda manipulado pelo processador 921. O transceptor 947 também pode processar os sinais recebidos a partir do processador 921, de modo que eles podem ser transmitidos a partir do dispositivo de exibição 900 através da antena 943.

[0090] Em algumas implementações, o transceptor 947 pode ser substituído por um receptor. Além disso, em algumas implementações, a interface de rede 927 pode ser substituída por uma fonte de imagem, a qual pode armazenar ou gerar informação de imagem para ser enviados para o processador 921. O processador 921 pode controlar o funcionamento global do dispositivo de exibição 900. O processador 921 pode receber dados, como informação de imagem comprimidos a partir da interface de rede 927, ou uma fonte de imagem, e processar os dados em informação de imagem bruta ou em um formato que pode ser facilmente processado em informação de imagem bruta. O processador 921 pode enviar os dados processados para o controlador do acionador 929 ou para o buffer do quadro 928 para armazenamento. Os dados brutos normalmente referem-se à informação que identifica as características da imagem em cada local dentro de uma imagem. Por exemplo, essas

características da imagem podem incluir cor, saturação e nível de escala de cinza.

[0091] O processador 921 pode incluir um microcontrolador, PCU ou unidade lógica para controlar a operação do dispositivo de exibição 900. O hardware de condicionamento 952 pode incluir amplificadores e filtros para a transmissão de sinais para o altofalante 945, e para receber sinais a partir do microfone 946. O hardware de condicionamento 952 pode ser componentes discretos dentro do dispositivo de exibição 900, ou pode ser incorporado dentro do processador 921 ou outros componentes.

[0092] O controlador do acionador 929 pode obter a informação de imagem bruta gerada pelo processador 921, quer diretamente a partir do processador 921 ou a partir do buffer do quadro 928 e pode re-formatar a informação de imagem não processada de forma adequada para transmissão de alta velocidade para o acionador da matriz 922. Em algumas implementações, o controlador do acionador 929 pode voltar a formatar a informação de imagem bruta em um fluxo de dados, que tem um formato de varredura semelhante, de modo que tem uma ordem de tempo adequada para a digitalização em toda a matriz de exibição 930. O controlador do acionador 929 pode enviar a informação formatada para o controlador da matriz 922. Embora um controlador do acionador 929, como um controlador de LCD, esteja muitas vezes associado com o processador do sistema 921 como um circuito integrado autônomo (IC), tais controladores podem ser implementados de muitas maneiras. Por exemplo, os controladores podem ser incorporados no processador 921 como hardware, incorporado no processador 921, como software, ou totalmente integrados em hardware com o acionador da matriz 922.

[0093] O acionador da matriz 922 pode receber a informação formatada a partir do controlador do acionador 929 e pode voltar a formatar os dados de vídeo em um conjunto paralelo de formas de onda que são aplicadas muitas vezes por segundo às centenas e, às vezes, milhares (ou mais), de ligações provenientes da matriz x-y das telas dos elementos de exibição

[0094] Em algumas implementações, o controlador do acionador 929, o acionador da matriz 922, e a tela 930 são apropriados para qualquer um dos tipos de telas aqui descritos. Por exemplo, o controlador do acionador 929 pode ser um controlador de tela convencional ou um controlador de tela bi-estável (como um controlador do elemento de exibição IMOD). Além disso, o controlador de matriz 922 pode ser um acionador convencional ou um acionador de tela bi-estável. Além disso, a matriz da tela 930 pode ser um acionador de tela convencional ou uma tela bi-estável. Em algumas implementações, o controlador do acionador 929 pode ser integrado com o acionador da matriz 922. Tal implementação pode ser útil em sistemas altamente integrados, por exemplo, telefones celulares, dispositivos portáteis-eletrônicos, relógios ou telas de pequenas áreas.

[0095] Em algumas implementações, o dispositivo de entrada 948 pode ser capaz de permitir, por exemplo, que um usuário controle a operação do dispositivo de exibição 900. O dispositivo de entrada 948 pode incluir um teclado, como um teclado QWERTY ou um teclado de telefone, um botão, um interruptor, um oscilador, uma tela sensível ao toque, um tela sensível ao toque integrada com a matriz de exibição 930, ou uma membrana sensível à pressão ou ao calor, um sensor de impressão digital ultrassônico, um touchpad ultrassônico ou uma tela sensível ao toque ultrassônica. O microfone 946 pode ser capaz de

funcionar como um dispositivo de entrada para o dispositivo de exibição 900. Em algumas implementações, comandos de voz por meio do microfone 946 podem ser utilizados para controlar as operações do dispositivo de exibição 900.

[0096] A fonte de alimentação 950 pode incluir uma variedade de dispositivos de armazenamento de energia. Por exemplo, a fonte de alimentação 950 pode ser uma bateria recarregável, como uma bateria de níquel-cádmio ou uma bateria de íons de lítio. Em implementações que utilizam uma bateria recarregável, a bateria recarregável pode ser exigível utilizando a energia proveniente de, por exemplo, uma tomada de parede ou de um dispositivo fotovoltaico ou matriz. Alternativamente, a bateria recarregável pode ser carregável remotamente. A fonte de alimentação 950 também pode ser uma fonte de energia renovável, um capacitor, ou uma célula solar, que inclui uma célula solar de plástico ou tinta de células solares. A fonte de alimentação 950 também pode ser capaz de receber energia a partir de uma tomada de parede.

[0097] Em algumas implementações, a programabilidade do controle pode residir no controlador do acionador 929, que pode ser localizado em vários lugares no sistema de exibição eletrônico. Em algumas implementações, a programabilidade de controle pode reside no acionador da matriz 922. A otimização acima descrita pode ser implementada em um qualquer número de componentes de hardware e/ou software e em várias configurações.

[0098] As várias lógicas, blocos, módulos, circuitos e processos de algoritmo lógicos ilustrativos descritos em relação às implementações aqui reveladas podem ser implementados como hardware eletrônico, software de computador, ou combinações de ambos. A permutabilidade de hardware e software foi descrita em geral, em termos de

funcionalidade, e ilustrada nos vários componentes ilustrativos, blocos, módulos, circuitos e processos descritos acima. Se tal funcionalidade é implementada em hardware ou software depende da aplicação e limitações de design específicas impostas ao sistema global.

[0099] O hardware e aparelhos de processamento de dados usados para implementar as várias lógicas, módulos e circuitos lógicos ilustrativos descritos em relação com os aspectos apresentados na presente invenção podem ser implementados ou executados com um processador de único ou vários chips de uso geral, um processador de sinal digital (DSP), um Circuito Integrado de Aplicação Específica (ASIC), um Arranjo de Porta Programável em Campo (FPGA) ou outro dispositivo lógico programável, porta discreta ou lógica de transistor, componentes de hardware discretos, ou qualquer combinação dos mesmos concebida para executar as funções aqui descritas. Um processador de uso geral pode ser um microprocessador ou qualquer processador, controlador, microcontrolador, ou máquina de estados convencionais. Um processador também pode ser implementado como uma combinação de dispositivos de computação, por exemplo, uma combinação de um DSP e um microprocessador, uma pluralidade de microprocessadores, um ou mais microprocessadores em conjunto com um núcleo de DSP, ou qualquer outro tipo de configuração. Em algumas implementações, processos e métodos específicos podem ser realizados pelo circuito que é específico para uma dada função.

[0100] Em um ou mais aspectos, as funções descritas podem ser implementadas em hardware, circuitos eletrônicos digitais, software, firmware, incluindo as estruturas divulgadas na presente memória descritiva e os seus equivalentes estruturais, ou em qualquer combinação

dos mesmos. As implementações do assunto descritas na presente memória descritiva também podem ser implementadas como um ou mais programas de computador, ou seja, um ou mais módulos de instruções de programa de computador, codificadas na mídia de armazenamento de computador para a execução de, ou para controlar a operação do aparelho de processamento de dados.

[0101] Se implementadas em software, as funções podem ser armazenadas em ou transmitidas através de uma ou mais instruções ou código em uma mídia legível por computador, como uma mídia não transitória. Os processos de um método ou algoritmo descrito aqui podem ser implementados em um módulo de software executável por processador que pode residir em uma mídia legível por computador. Mídias legíveis por computador incluem meios de armazenamento de computador e meios de comunicação, incluindo qualquer meio que pode ser habilitada para a transferência de um programa de computador a partir de um lugar para outro. A mídia de armazenamento pode ser qualquer mídia disponível que pode ser acessada por um computador. A título de exemplo, e não como limitação, a mídia não transitória pode incluir RAM, ROM, EEPROM, CD-ROM ou outro armazenamento em disco ótico, armazenamento em disco magnético ou outros dispositivos de armazenamento magnéticos, ou qualquer outro meio que possa ser utilizado para armazenar código de programa desejado sob a forma de instruções ou estruturas de dados e que pode ser acessado por um computador. Também, qualquer conexão pode ser adequadamente chamada de uma mídia legível por computador. Disco e disquete, como aqui utilizados, incluem disco compacto (CD), disco a laser, disco ótico, disco versátil digital (DVD), disquete e disco Blu-ray onde os disquetes geralmente reproduzem dados magneticamente, enquanto que os

discos reproduzem dados óticamente com lasers. Combinações dos anteriores também devem ser incluídas dentro do escopo de mídias legíveis por computador. Adicionalmente, as operações de um método ou algoritmo podem residir como uma ou qualquer combinação ou conjunto de códigos e instruções em uma mídia legível por máquina e mídia legível por computador, que pode ser incorporada em um produto de programa de computador.

[0102] Embora a presente revelação tenha sido descrita com relação a uma ou mais implementações específicas, será entendido que outras implementações da presente revelação podem ser feitas sem se afastarem do espírito e do escopo da presente descrição. Deste modo, a presente revelação é considerada limitada apenas pelas reivindicações anexas e pela sua interpretação razoável.



### REIVINDICAÇÕES

1. Método para determinar se um objeto biométrico faz parte de um indivíduo vivo, **caracterizado** pelo fato de que compreende:

adquirir informações de imagem ultrassônica (100) de um objeto biométrico pelo ajuste de uma porta de alcance de um sensor ultrassônico (702); e

analisar (103) as informações de imagem ultrassônica em pelo menos dois estágios de análise, em que um dos estágios de análise é um estágio de análise temporal (103A) que analisa alterações nas informações de imagem ultrassônica adquiridas durante um período de tempo (104) ao longo do qual o objeto biométrico estava continuamente disponível para o sensor ultrassônico (702), em que:

o estágio de análise temporal (103A) determina se alterações nas informações de imagem são semelhantes às alterações consistentes com um objeto vivo, um outro dos estágios de análise (103B) analisa as informações de imagem para determinar se o objeto biométrico é fabricado, e

determinar se o objeto biométrico é fabricado envolve analisar as informações de imagem ultrassônica adquiridas pelo ajuste da porta de alcance do sensor ultrassônico para determinar se o objeto biométrico é composto por camadas.

2. Método, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que o estágio de análise temporal determina se uma característica do objeto biométrico mudou durante o período de tempo, e opcionalmente, em que a característica é selecionada do grupo que consiste em um tamanho de abertura de poro, uma profundidade de poro, um padrão de sulco e uma textura.

3. Método, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que o outro dos estágios de análise analisa as informações de imagem ultrassônica para determinar se o objeto biométrico é tridimensional.

4. Método, de acordo com a reivindicação 3, **caracterizado** pelo fato de que a determinação de se o objeto biométrico é tridimensional inclui determinar se os padrões do objeto biométrico são uniformes.

5. Método, de acordo com a reivindicação 3, **caracterizado** pelo fato de que um filtro Sobel é usado para determinar se padrões do objeto biométrico são uniformes.

6. Método, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que o outro dos estágios de análise analisa as informações de imagem ultrassônica para determinar se os tipos de padrões nas informações de imagem estão entre tipos de padrões predeterminados.

7. Método, de acordo com a reivindicação 6, **caracterizado** pelo fato de que a determinação de se os tipos de padrões nas informações de imagem ultrassônica estão entre tipos de padrões predeterminados inclui identificar classificações de padrão apresentadas nas informações de imagem ultrassônica e, então determinar se as classificações de padrões estão entre classificações de padrões predeterminadas.

8. Método, de acordo com a reivindicação 7, **caracterizado** pelo fato de que identificar classificações de padrões inclui identificar se os padrões do objeto biométrico exibem fluxo de sulcos.

9. Método, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que o sensor ultrassônico detecta uma pluralidade de frequências ultrassônicas para determinar se o objeto biométrico é composto por camadas.

10. Método, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que a determinação sobre se o objeto é fabricado inclui avaliar qualidade de imagem das informações de imagem ultrassônica.

11. Método, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que compreende adicionalmente concluir que o objeto biométrico faz parte de um indivíduo vivo se:

(i) o estágio de análise temporal (130A) indicar que alterações nas informações de imagem ultrassônica são semelhantes às alterações consistentes com um objeto vivo; e

(ii) o outro dos estágios de análise indicar que o objeto biométrico não é fabricado.

12. Método, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que compreende adicionalmente fornecer um sinal de saída de vivacidade com base nas informações de imagem ultrassônica analisadas.

13. Sistema para determinar se um objeto biométrico faz parte de um indivíduo vivo, **caracterizado** pelo fato de que compreende:

meios configurados para adquirir informações de imagem ultrassônica do objeto biométrico pelo ajuste de uma porta de alcance de um sensor ultrassônico; e

meios configurados para analisar as informações de imagem ultrassônica em pelo menos dois estágios de análise, em que um dos estágios de análise é um estágio de análise temporal que analisa alterações nas informações de imagem ultrassônica adquiridas durante um período de tempo ao longo do qual o objeto biométrico estava continuamente disponível para o sensor ultrassônico, em que:

o estágio de análise temporal determina se alterações nas informações de imagem ultrassônica são semelhantes às alterações consistentes com um objeto vivo,

um outro dos estágios de análise analisa as informações de imagem ultrassônica para determinar se o objeto biométrico é fabricado, e

determinar se o objeto biométrico é fabricado envolve analisar as informações de imagem ultrassônica adquiridas pelo ajuste da porta de alcance do sensor ultrassônico para determinar se o objeto biométrico é composto por camadas.

14. Sistema, de acordo com a reivindicação 13, **caracterizado** pelo fato de que os meios para analisar são configurados para:

(a) determinar (103B(i)) se o objeto biométrico é tridimensional;

(b) determinar (103B(ii)) se os tipos de padrão nas informações de imagem ultrassônica estão entre tipos de padrões predeterminados; o sistema compreendendo ainda

meios para concluir que o objeto biométrico faz parte de um indivíduo vivo, se:

(i) o objeto biométrico é determinado como tridimensional;

(ii) os tipos de padrão nas informações de imagem ultrassônicas estão entre tipos de padrões predeterminados;

(iii) o objeto biométrico é determinado como não fabricado; e

(iv) o objeto biométrico é determinado por comportar-se de uma forma que seja consistente com um objeto vivo.

15. Memória **caracterizada** pelo fato de que compreende instruções armazenadas na mesma, as instruções sendo executadas por um computador para realizar o método conforme definido em qualquer uma das reivindicações 1 a 12.

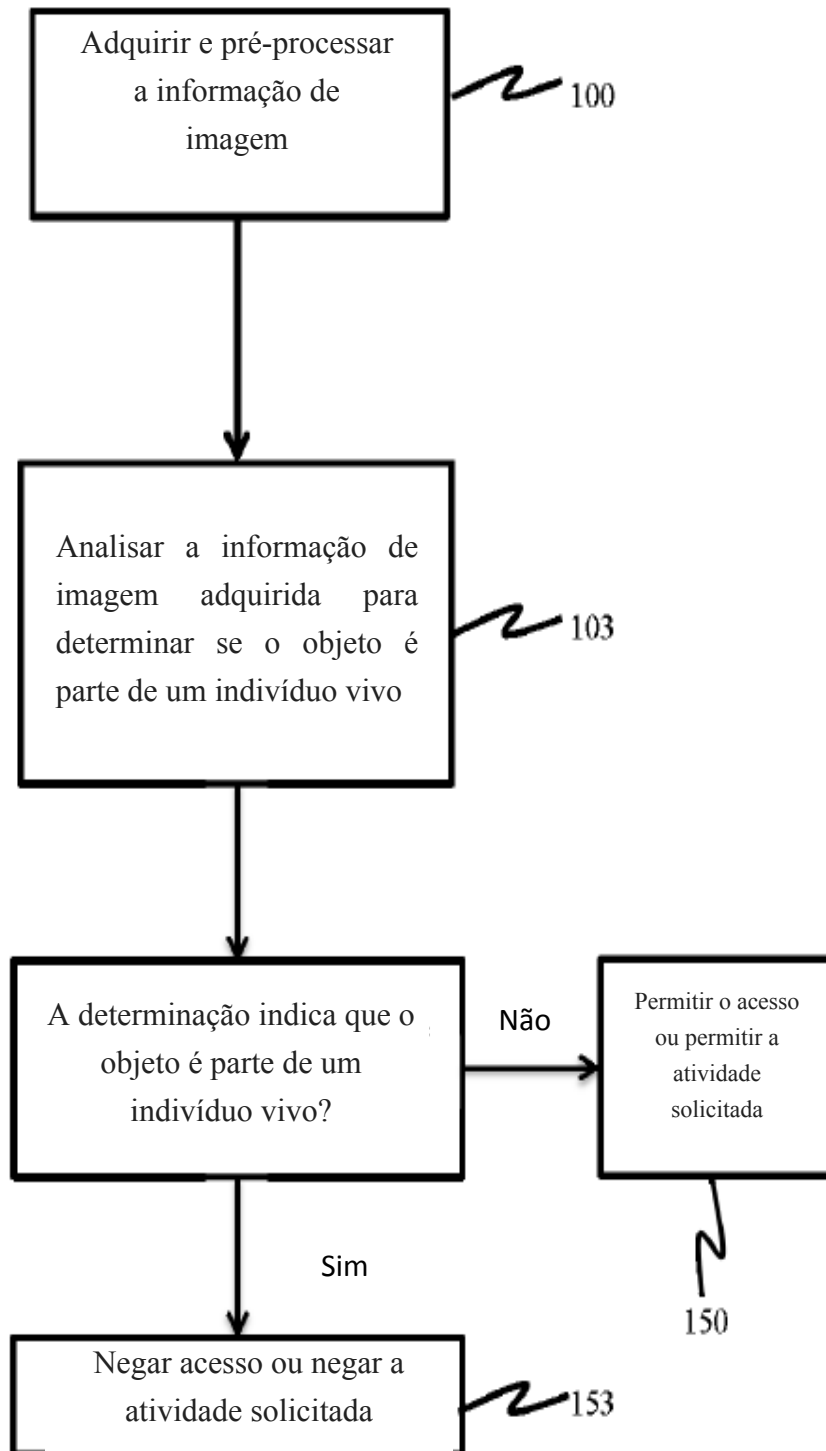


Fig. 1

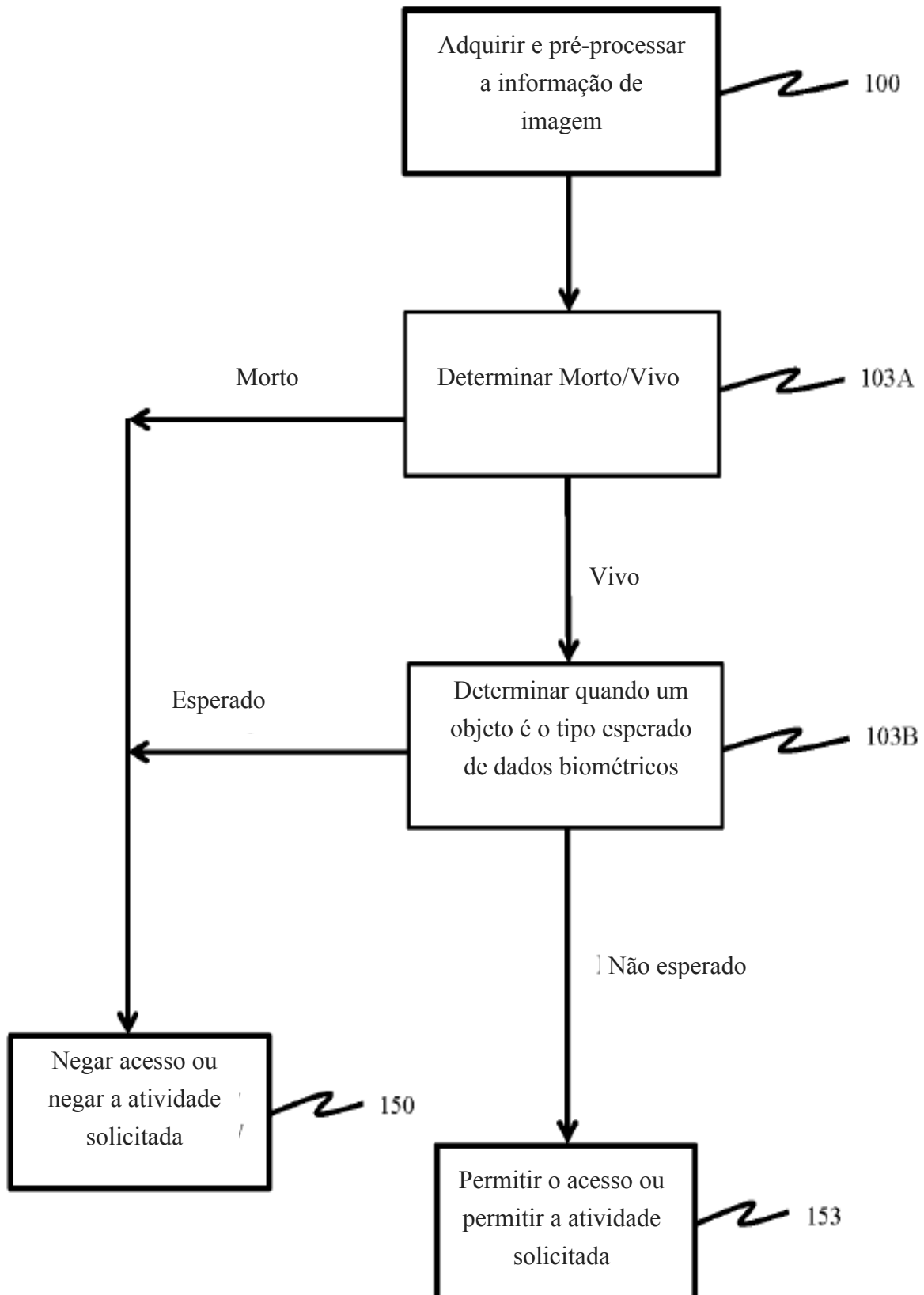


Fig. 2

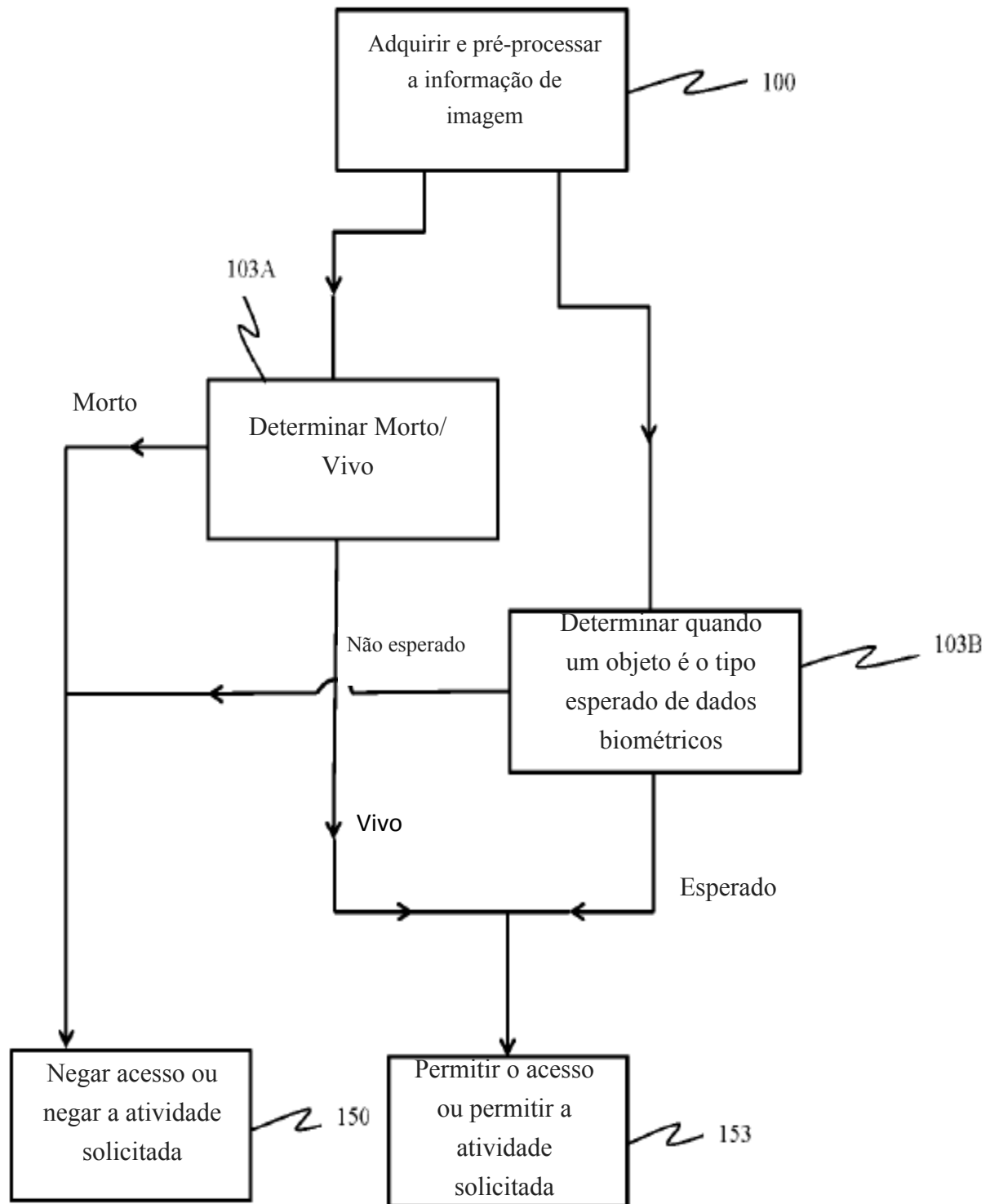


Fig. 3

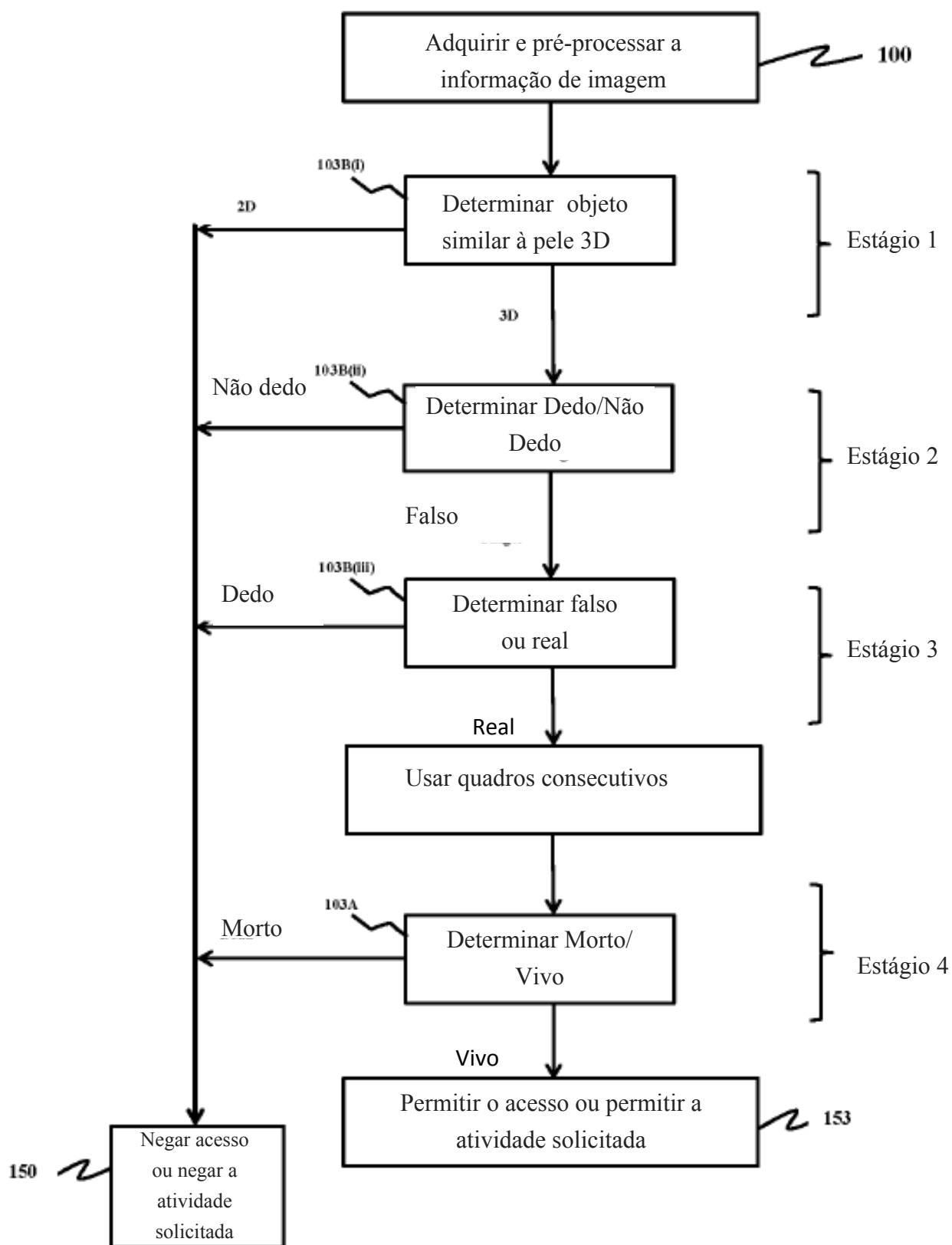


Fig. 4



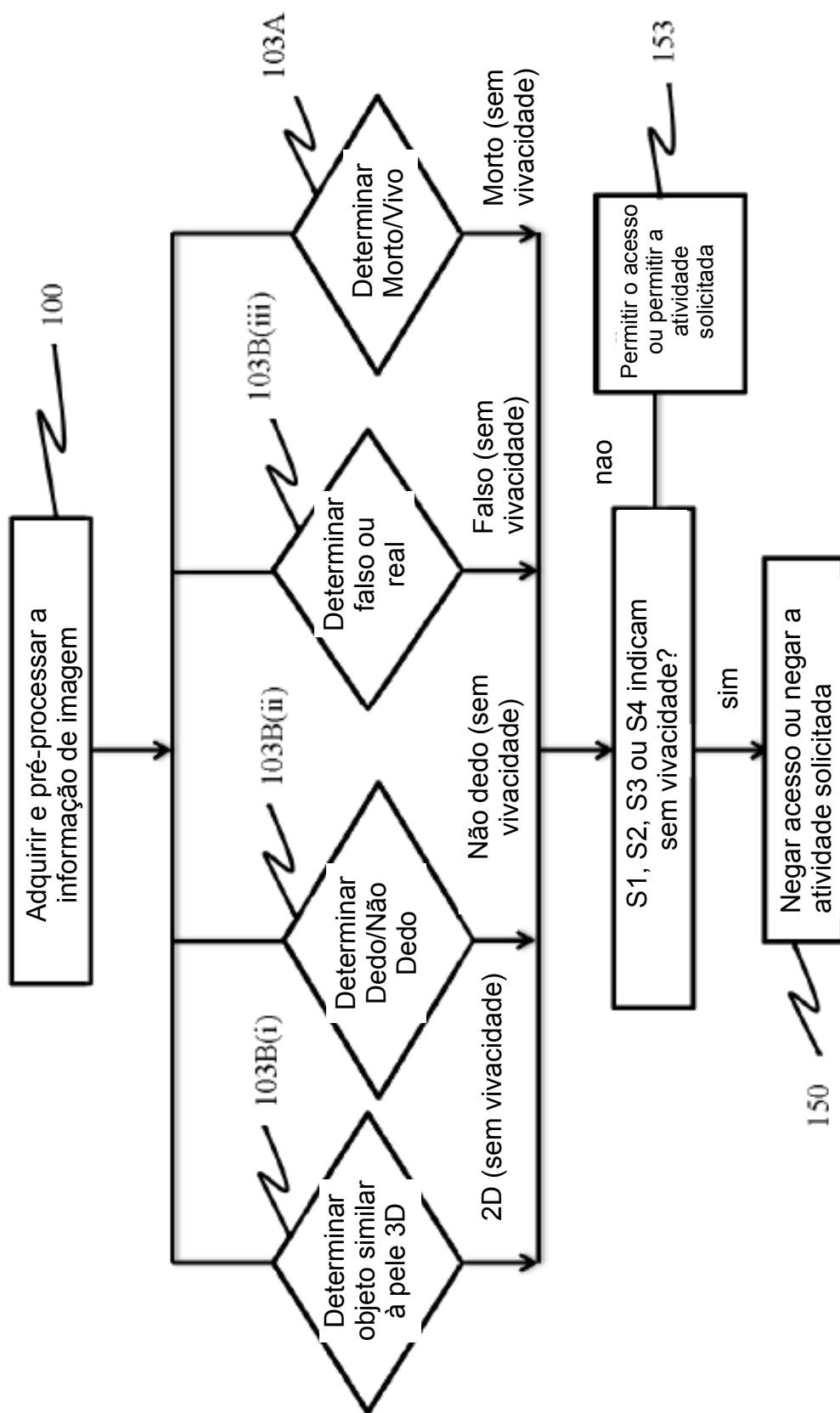


Fig. 5

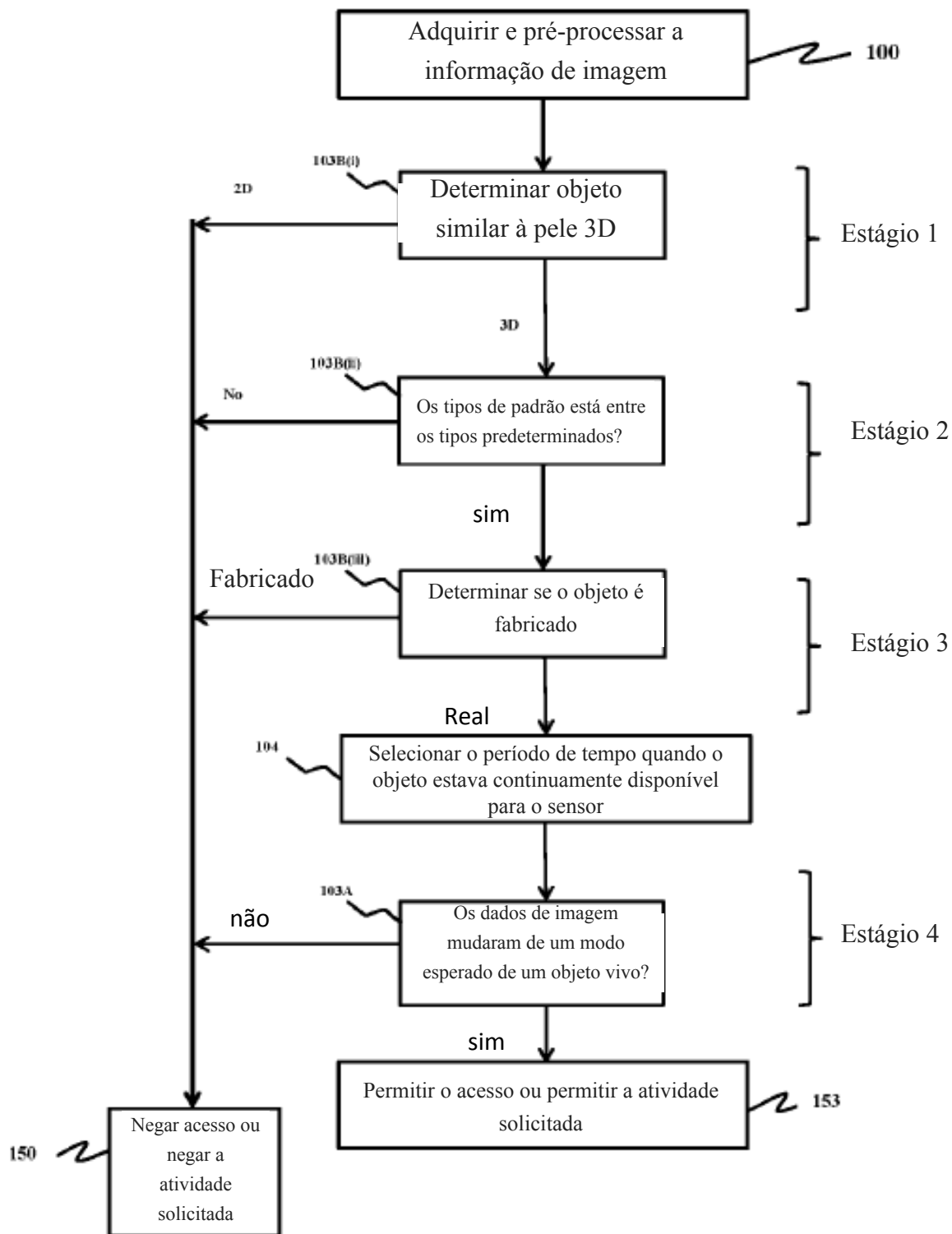


Fig. 6A

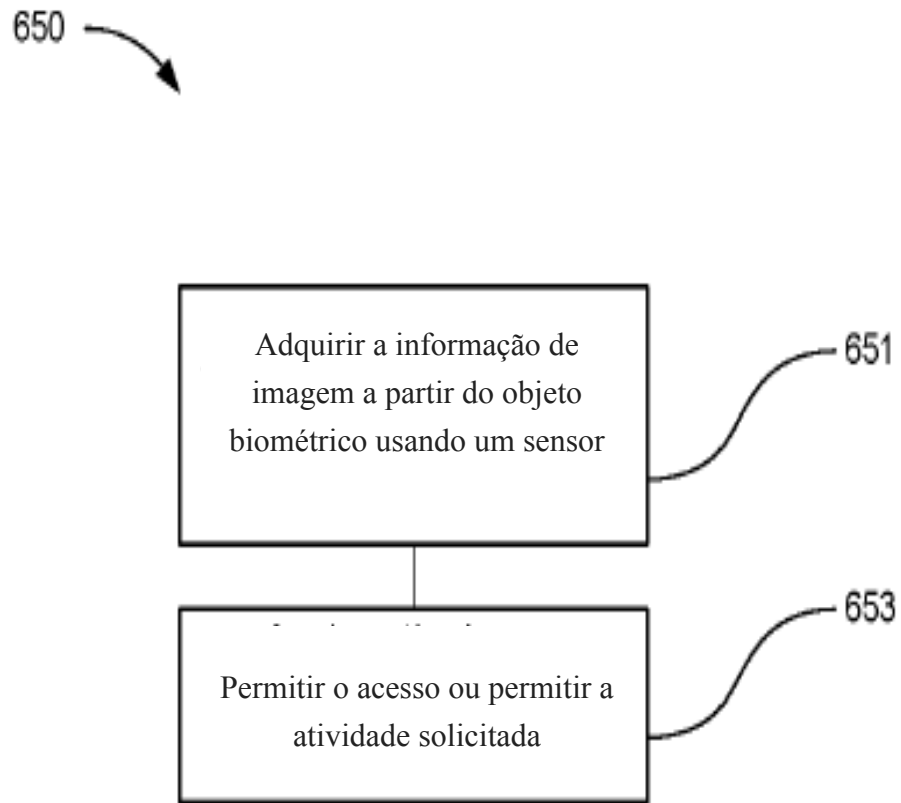


Fig. 6B

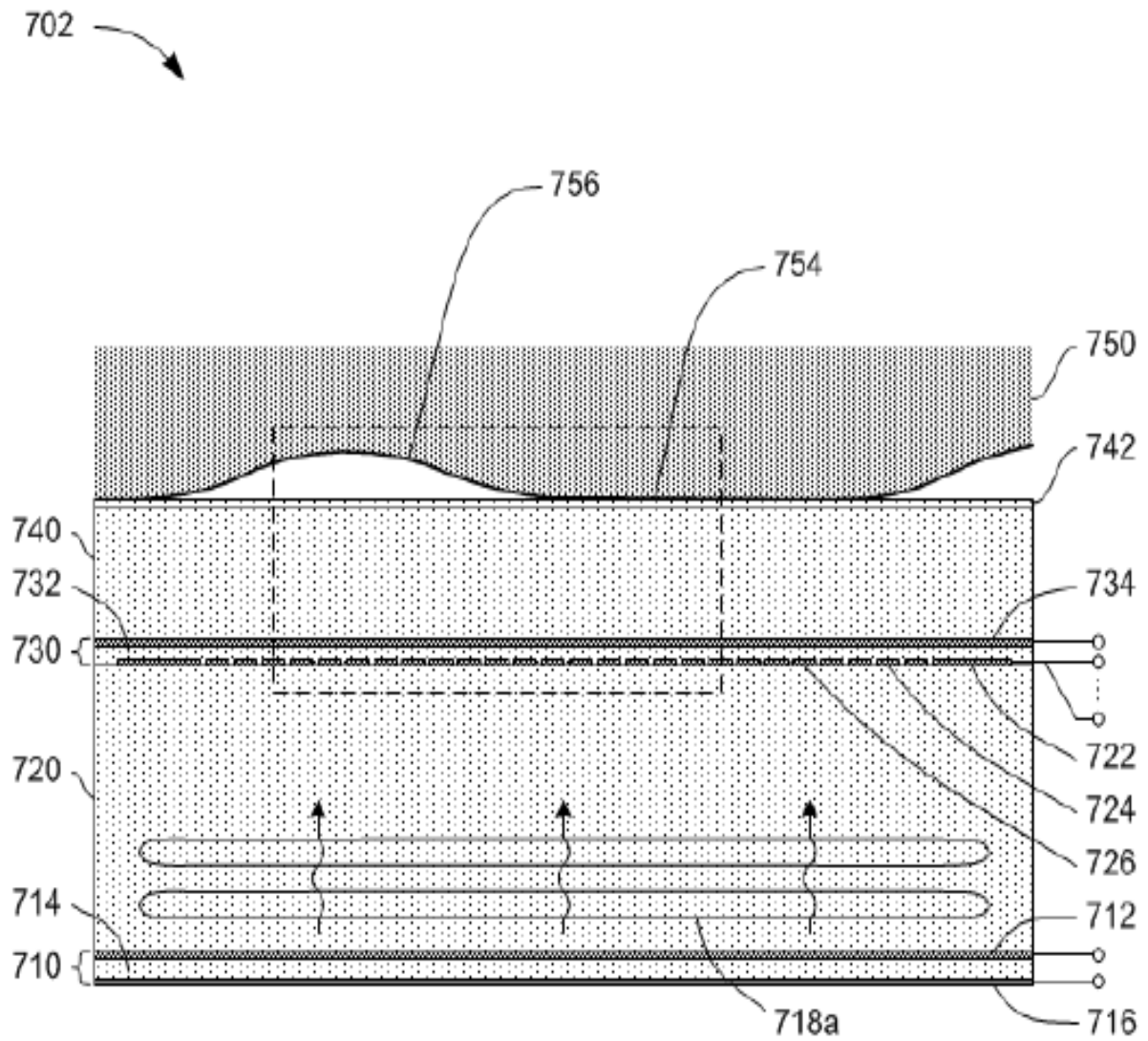


Fig. 7A

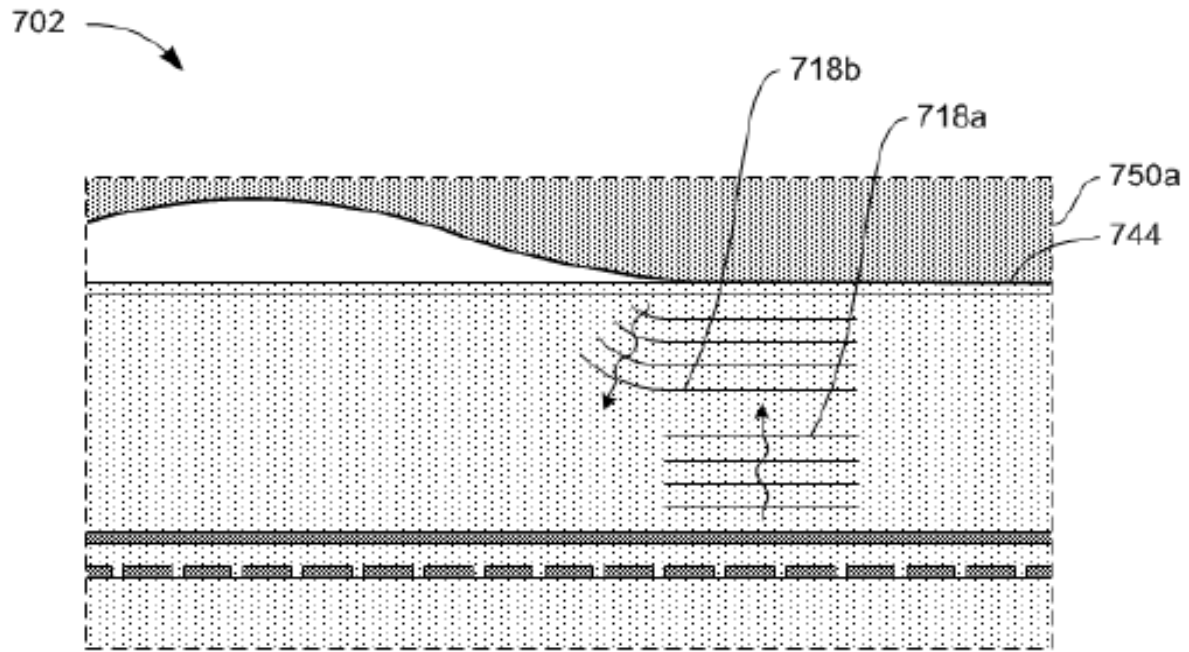


Fig. 7B

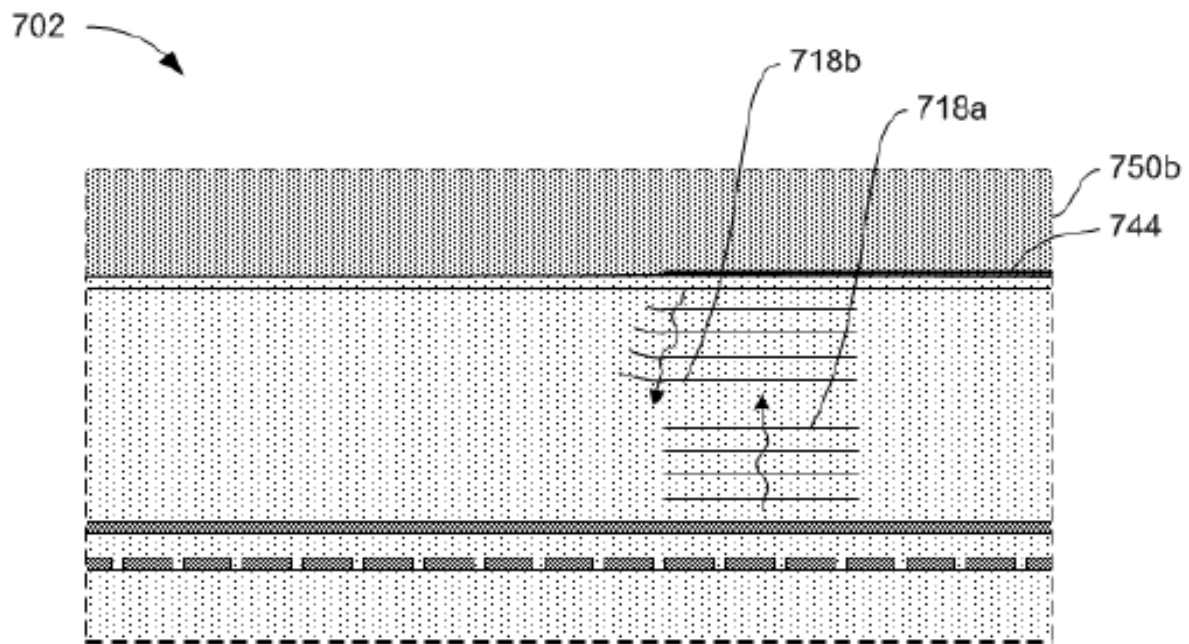


Fig. 7C

### Imagens de Impressão Digital

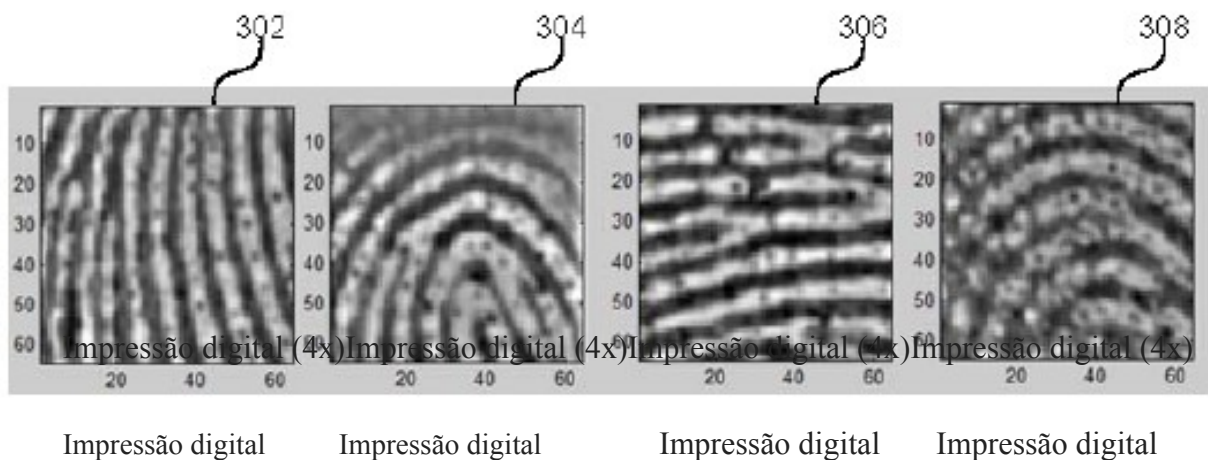


Fig. 8A

### Imagens de Não Impressão Digital

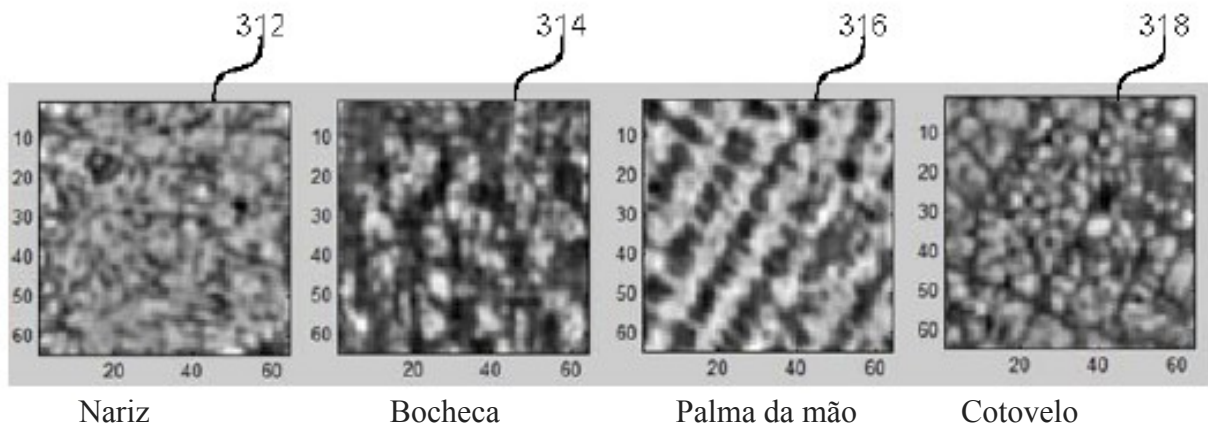


Fig. 8B

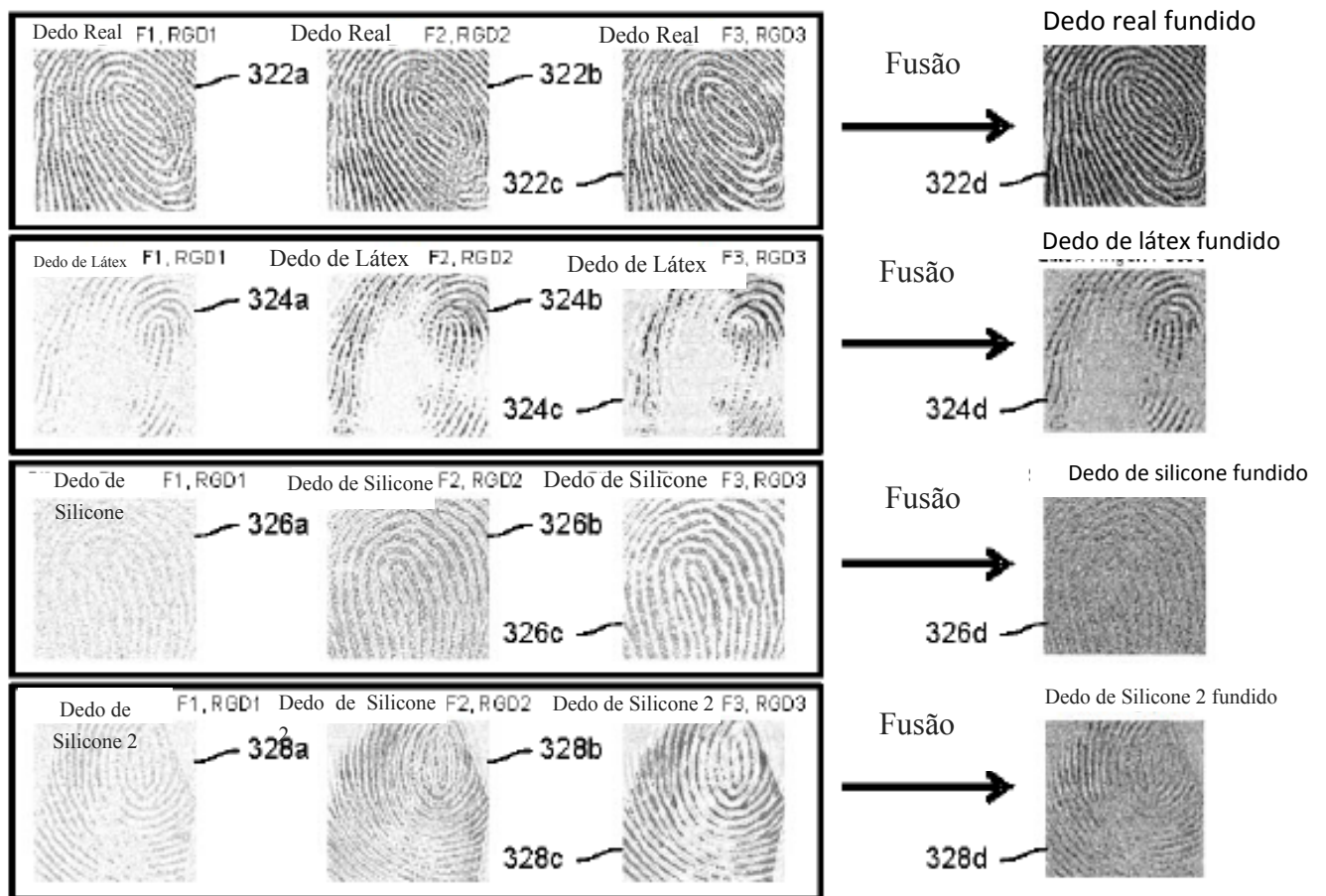


Fig. 9



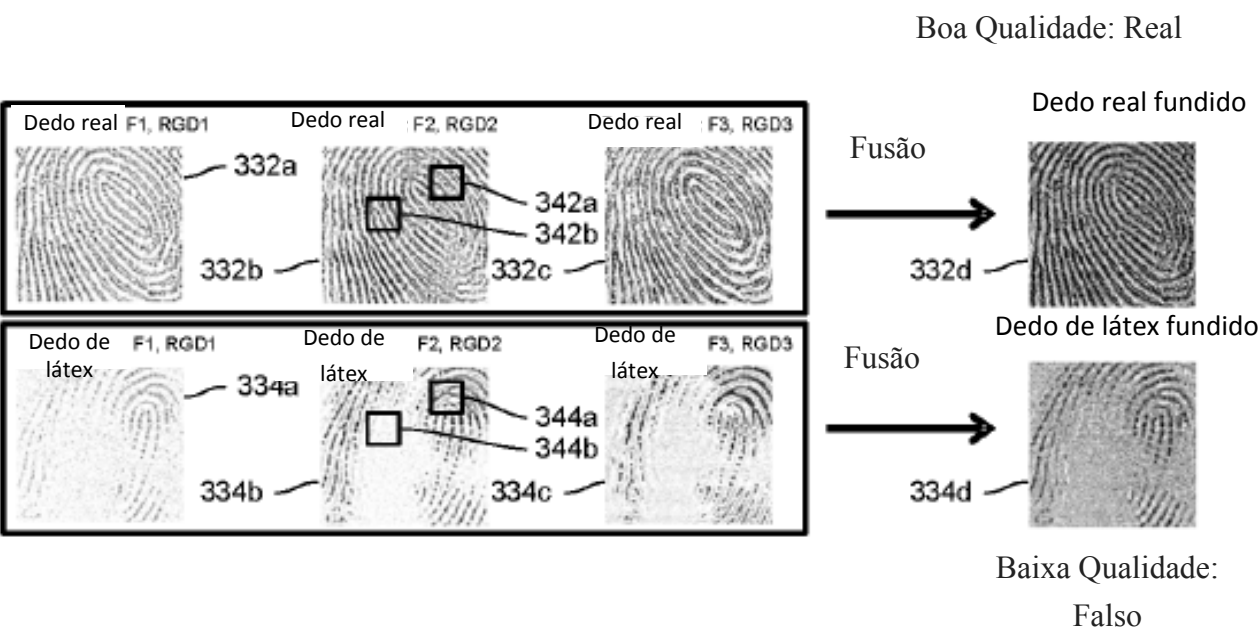


Fig. 10



Momento: t1

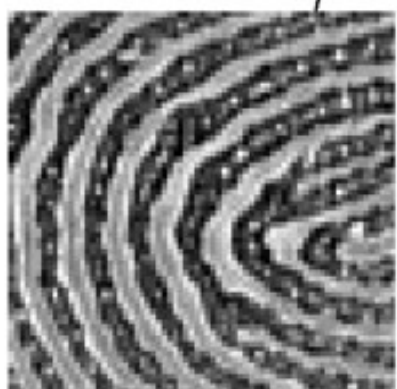


Fig. 11A

Momento: t2



Fig. 11B

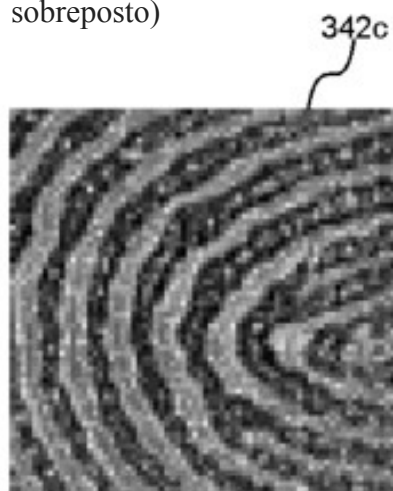
Momento: t2-t1  
(t1 sobreposto)

Fig. 11C

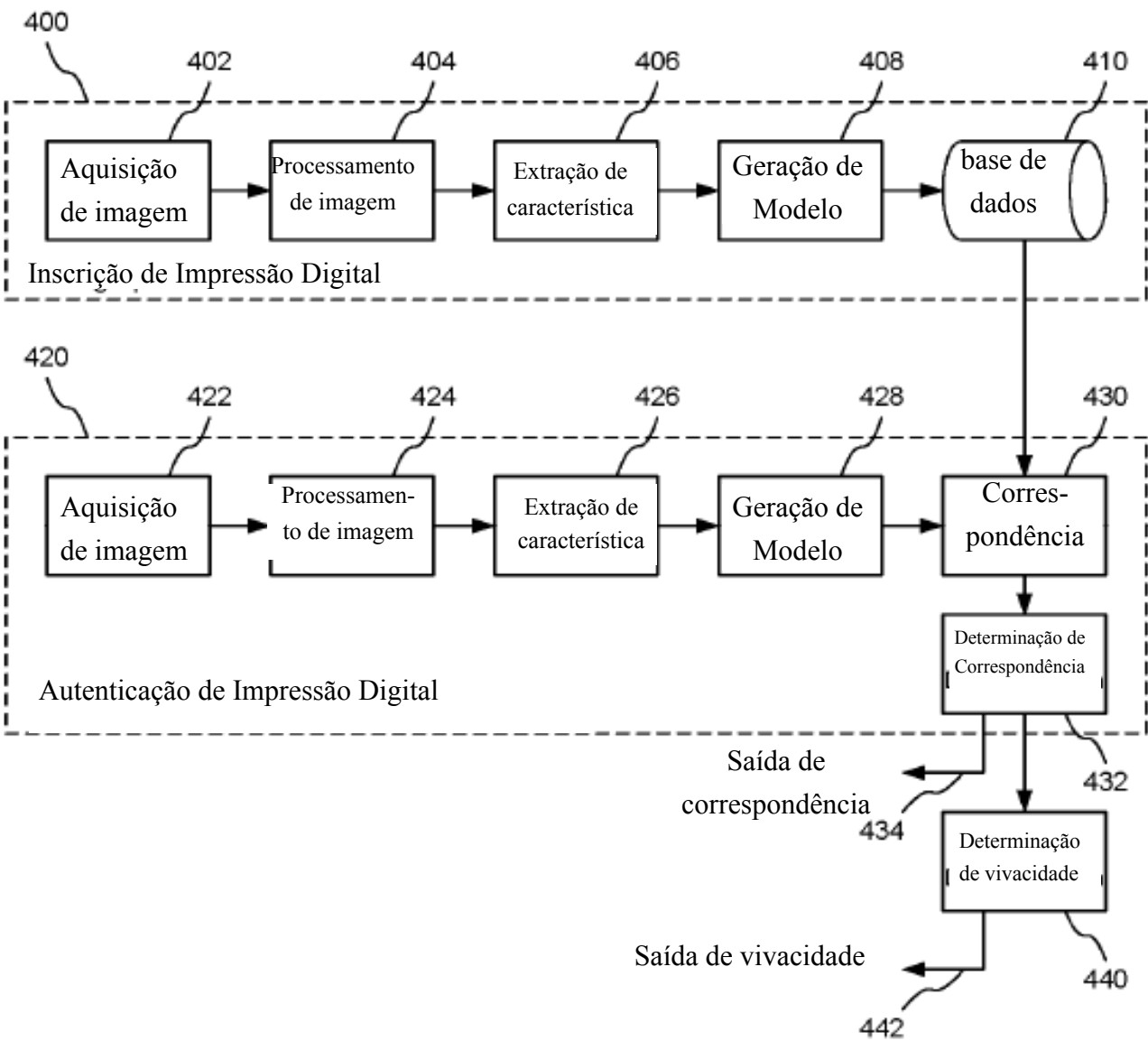


Fig. 12

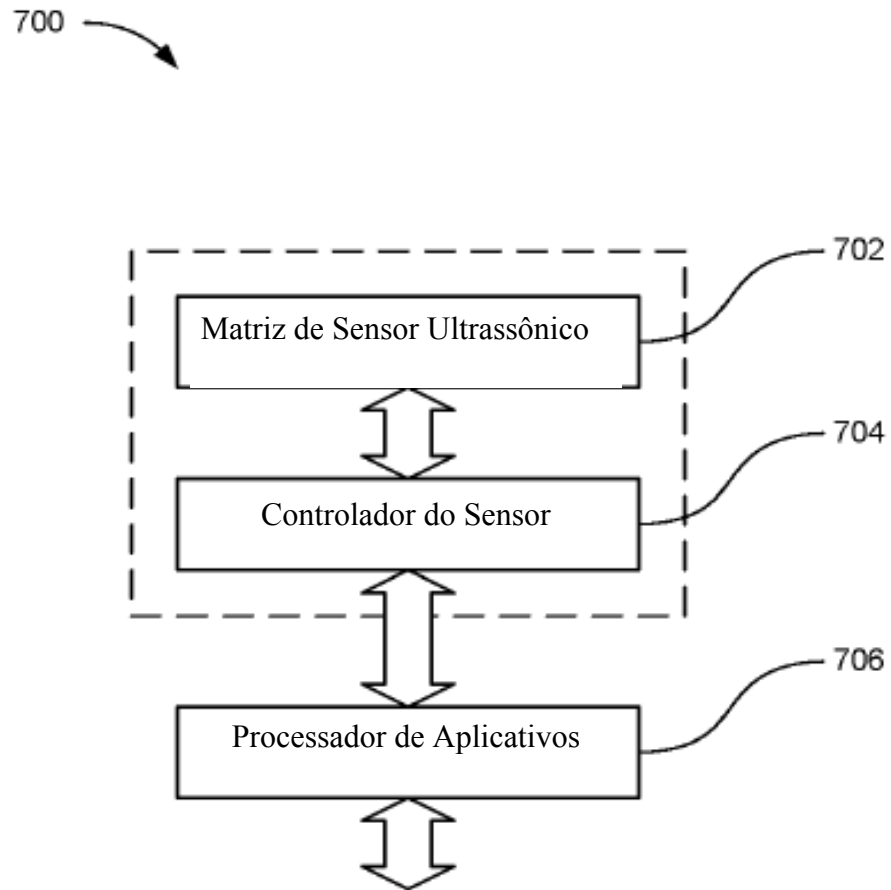


Fig. 13





Fig. 15A

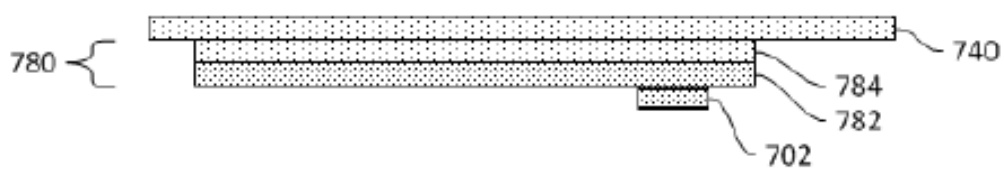


Fig. 15B

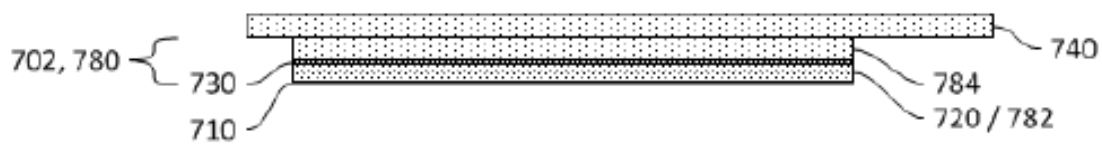


Fig. 15C

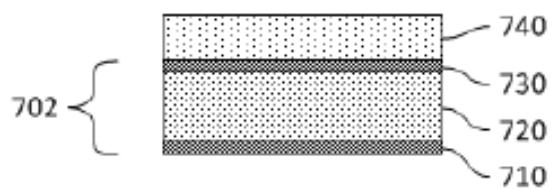


Fig. 15D

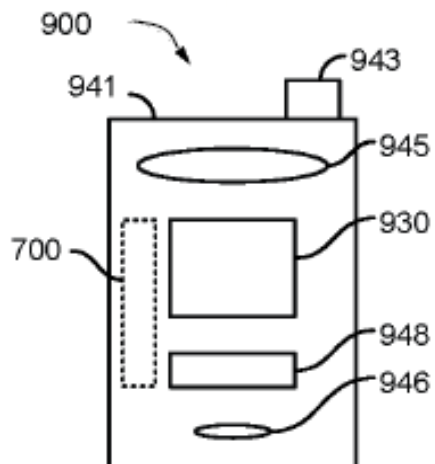


Fig. 16A

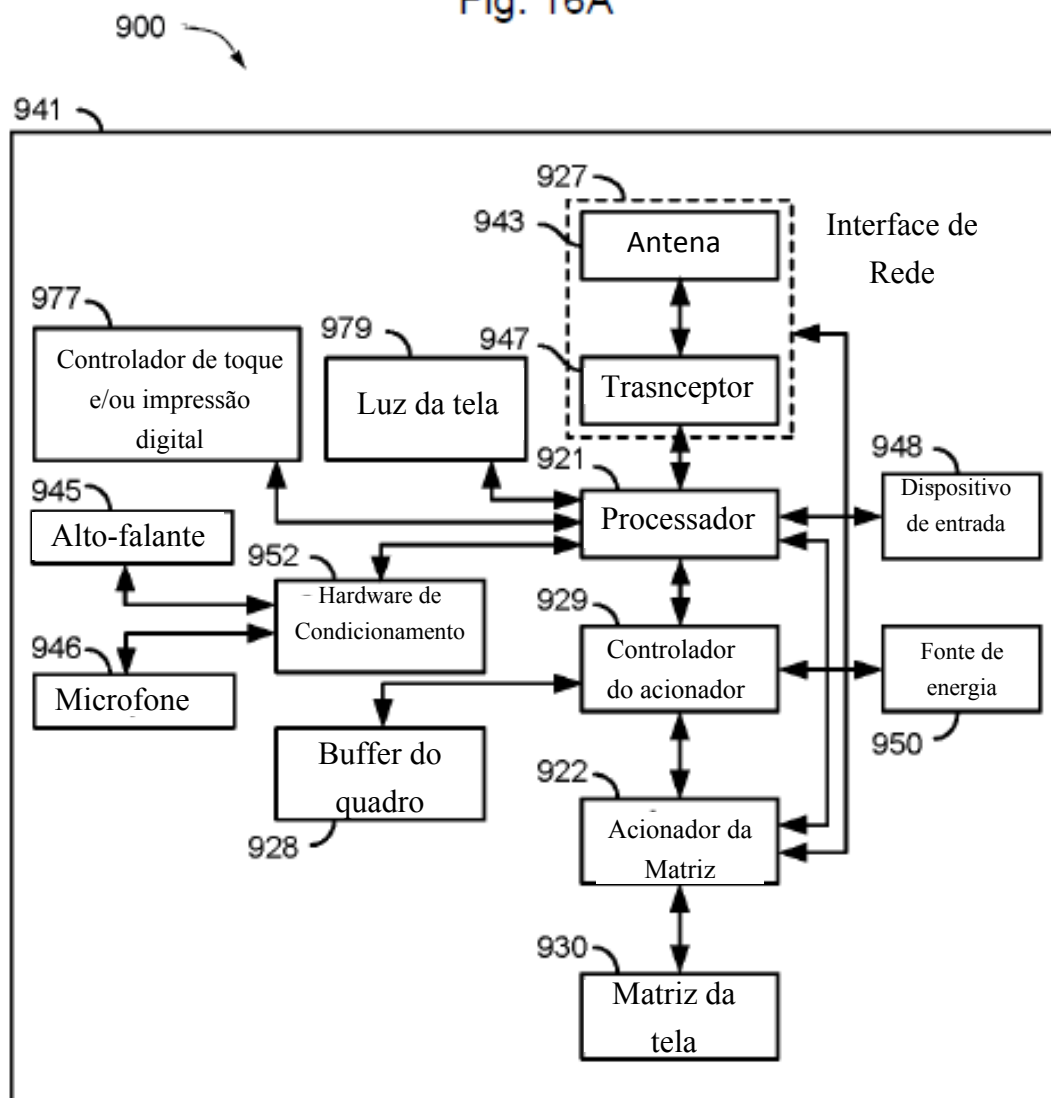


Fig. 16B