



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

**(11) PI 0919448-7 B1**



**(22) Data do Depósito: 10/09/2009**

**(45) Data de Concessão: 10/12/2019**

---

**(54) Título:** MÉTODO PARA O RASTREAMENTO DE UMA UNIDADE FOLICULAR E SISTEMA PARA O RASTREAMENTO DE UMA UNIDADE FOLICULAR.

**(51) Int.Cl.:** G06T 7/20.

**(30) Prioridade Unionista:** 29/09/2008 US 12/240,724.

**(73) Titular(es):** RESTORATION ROBOTICS, INC..

**(72) Inventor(es):** KYLE R. BRETON; JOHN A. TENNEY; SHEHRZAD A. QURESHI.

**(86) Pedido PCT:** PCT US2009056537 de 10/09/2009

**(87) Publicação PCT:** WO 2010/036513 de 01/04/2010

**(85) Data do Início da Fase Nacional:** 29/03/2011

**(57) Resumo:** Método para o rastreamento de uma unidade folicular e sistema para o rastreamento de uma unidade folicular. Trata-se de um sistema e método para o rastreamento, identificação e rotulação de objetos ou características de interesse. Em algumas modalidades, o rastreamento é completo com o uso da assinatura única da característica de interesse e técnicas de estabilização de imagem. De acordo com alguns aspectos, um quadro de referência que utiliza os marcadores predeterminados é definido e atualizado com base em uma mudança no local dos marcadores e/ou informações de assinatura específicas. Os objetos ou características individuais dentro do quadro também podem ser rastreados e identificados. Os objetos podem ser rastreados mediante a comparação de duas imagens estáticas, determinação de uma mudança de posição de um objeto entre as imagens estáticas, cálculo de um vetor de movimento do objeto e utilização do vetor de movimento para atualizar o local de um dispositivo de imagem.

**Método para o rastreamento de uma unidade folicular e sistema para o rastreamento de uma unidade folicular**

Campo da invenção

As modalidades apresentadas no presente documento referem-se geralmente a um sistema de rastreamento de objeto e, mais particularmente, a um sistema e método para rastrear de maneira precisa os folículos pilosos ou outros locais e características sobre uma superfície do corpo.

Fundamentos

Um procedimento de transplante de cabelo envolve tipicamente a coleta de enxertos de cabelo de doador a partir de uma área doadora, por exemplo, as áreas limites traseiras e laterais, de um escalpo do paciente, e o implante dos mesmos em uma área calva ou área recipiente. No passado, os enxertos coletados eram relativamente grandes, entre 3 a 5 mm. No entanto, os recentes enxertos de doador podem ser tão pequenos quanto as unidades foliculares. As unidades foliculares (FUs) consistem em agregados de ocorrência natural de um a cinco folículos pilosos com espaçamento próximo que são distribuídos aleatoriamente sobre a superfície do escalpo.

As unidades foliculares podem ser classificadas, ou "tipificadas", com base no número de cabelos na unidade e identificadas em estenografia com um "F1" (única unidade folicular pilosa), "F2" (duas unidades foliculares pilosas), etc. Em alguns casos de múltiplas unidades foliculares pilosas, os cabelos podem parecer surgir a partir de um único folículo ou ponto na pele. Em outros casos, os cabelos podem sair da pele ligeiramente espaçados uns dos outros.

Durante um procedimento de transplante de cabelo, determinados locais deveriam ser evitados para a coleta ou implante de cabelos. Por exemplo, se um médico já utilizou um local para a coleta ou implante de cabelos, o médico  
5 pode precisar evitar o uso do mesmo local para um procedimento subsequente. Os dispositivos de rastreamento não rastreiam com facilidade alguns destes locais.

É necessário um sistema que possa incluir uma base de dados de locais implantados e coletados. Um médico pode  
10 utilizar a base de dados para planejar a coleta e implantação futura. O sistema pode rastrear e registrar as informações do local mesmo quando o local real não pode ser observado, devido ao fato de que o sistema pode rastrear as características em torno do local, que incluem as unidades  
15 foliculares, as características do escalpo ou marcadores externos.

Também é necessário um sistema que possa rastrear as características de movimento. Uma forma de rastrear as características consiste em detectar seus locais em uma  
20 base de fotografia por fotografia. É necessário um sistema que possa aperfeiçoar o rastreamento e não precise detectar os locais da característica em uma base de fotografia por fotografia. Tal sistema pode utilizar vetores de movimento de características ou marcadores para aperfeiçoar o  
25 rastreamento.

#### Sumário

Brevemente, e em termos gerais, é apresentado um sistema de rastreamento de objeto. Mais particularmente, é apresentado um método e sistema de rastreamento de objeto  
30 que rastreia objetos sobre uma superfície do corpo que não

são facilmente rastreados de outra forma.

Em um aspecto, um método para o rastreamento de uma característica de interesse, tal como unidade folicular, envolve identificar ao menos um marcador em uma primeira  
5 imagem, a primeira imagem que inclui a característica de interesse, tal como uma unidade folicular; computar uma assinatura da característica de interesse na primeira  
imagem; identificar o ao menos um marcador em uma segunda  
imagem; computar um vetor de movimento que corresponde a  
10 uma mudança de posição do ao menos um marcador a partir da primeira imagem para a segunda imagem; e utilizar o vetor de movimento e a assinatura da característica de interesse na primeira imagem para rotular a característica de interesse na segunda imagem.

15 Em outro aspecto, existem ao menos três marcadores na primeira imagem. O uso de três ou mais marcadores permite tanto o rastreamento de movimento translacional como rotacional. O ao menos um marcador pode incorporar uma ou mais dentre outra unidade folicular, uma mancha, uma  
20 cicatriz, uma sarda, uma ruga, uma saliência ou uma depressão da superfície do corpo. Adicionalmente, uma pluralidade de marcadores pode ser incluída na primeira imagem e a identificação do ao menos um marcador em uma primeira imagem pode envolver a identificação de uma nuvem  
25 de pontos.

Em uma abordagem, um centróide da nuvem de pontos é calculado. A computação de uma assinatura da unidade folicular em uma primeira imagem pode envolver identificar um ou mais dentre um comprimento, tipo, calibre, ângulo de  
30 emergência, área, formato e cor da unidade folicular.

Adicionalmente, em uma abordagem específica, ao menos um marcador na primeira imagem é rotulado e o ao menos um marcador é rotulado na segunda imagem com o mesmo rótulo que na primeira imagem mediante a procura do ao menos um  
5 marcador na segunda imagem na direção apontada pelo vetor de movimento.

Em uma modalidade, poderiam ser usados vetores de movimento adicionais. Por exemplo, um segundo vetor de movimento é computado a partir da primeira imagem e da  
10 segunda imagem, e o segundo vetor de movimento é usado para rotular a unidade folicular na segunda imagem. O segundo vetor pode ser computado com o uso de uma ou mais dentre as técnicas de plano de bits com código Gray (Gray-Coded Bit-Plane), fluxo óptico e estabilização de imagem por busca de  
15 bloco.

Em diversos outros aspectos, um dispositivo de captura de imagem é movido de acordo com o vetor de movimento para manter a característica de interesse, tal como unidade folicular, em um campo de vista do dispositivo de captura  
20 de imagem. Além disso, a identificação do ao menos um marcador pode envolver a associação de identificadores eletrônicos com o ao menos um marcador. Além disso, qualquer marcador na segunda imagem inconsistente com seu local na primeira imagem, de acordo com o vetor de  
25 movimento, é desconsiderado.

Adicionalmente, o vetor de movimento pode definir uma região de busca para localizar a unidade folicular ou outra característica de interesse. A definição da região de busca envolve a análise de uma região ao longo do vetor de  
30 movimento e dentro de uma distância predeterminada a partir

do vetor de movimento. A distância predeterminada a partir do vetor de movimento pode incorporar um cone que tem uma ponta em um local do marcador na primeira imagem, a ponta que tem um ângulo de ponta predeterminado, o cone que se estende em uma direção do vetor de movimento e que inclui uma área dentro do ângulo de ponta predeterminado.

Em diversas abordagens específicas, a primeira e a segunda imagem são divididas em uma pluralidade de primeira e segunda sub-imagens, e uma pluralidade de vetores de movimento a partir da primeira e segunda sub-imagens é computada. Adicionalmente, a unidade folicular que tem sido rastreada pode ser coletada a partir de uma área doadora e pode ser implantada em uma área recipiente.

Em outro aspecto, um método para o rastreamento de uma característica de interesse, tal como uma unidade folicular, pode envolver identificar uma unidade folicular em uma primeira imagem de uma superfície do corpo que contém unidades foliculares; computar uma assinatura da unidade folicular na primeira imagem; computar um vetor de movimento a partir da primeira imagem e uma segunda imagem da mesma superfície do corpo; e utilizar o vetor de movimento e a assinatura da unidade folicular na primeira imagem para rotular a unidade folicular na segunda imagem. O vetor de movimento poderia ser computado sem utilizar quaisquer marcadores, mas, de preferência, a partir da imagem como um todo. Em outras modalidades, conforme mencionado acima, um ou mais marcadores poderiam ser identificados na primeira e na segunda imagem, e computar o vetor de movimento pode incluir computar o vetor de movimento que corresponde a uma mudança de posição de um ou

mais marcadores a partir da primeira imagem à segunda  
imagem. A computação da assinatura da unidade folicular na  
primeira imagem pode incluir identificar um ou mais dentre  
um comprimento, um tipo, um calibre, um ângulo de  
5 emergência, área, formato e cor da unidade folicular.  
Certamente, múltiplas características de interesse, que  
inclui múltiplos folículos pilosos, podem ser rastreadas de  
maneira simultânea ou seqüencial, de acordo com os  
princípios discutidos no presente pedido.

10 Em mais outro aspecto, um sistema para o rastreamento  
de uma característica de interesse, tal como uma unidade  
folicular, sobre uma superfície do corpo inclui um  
componente de identificação de assinatura, em que o  
componente de identificação de assinatura identifica as  
15 informações de assinatura sobre a unidade folicular em uma  
primeira imagem da superfície do corpo que contém as  
unidades foliculares; um componente vetorial, em que o  
componente vetorial calcula um vetor de movimento entre uma  
primeira imagem e uma segunda imagem da mesma superfície do  
20 corpo; e um sistema de rastreamento para receber os dados  
que correspondem ao vetor de movimento e rotular a unidade  
folicular na segunda imagem com base no vetor de movimento  
e nas informações de assinatura da unidade folicular. O  
sistema de rastreamento pode incluir, adicionalmente, um  
25 dispositivo de formação de imagens para a captura de  
imagens da superfície do corpo e pode ser adicionalmente  
programado para mover o dispositivo de formação de imagens  
com base no vetor de movimento. O componente de  
identificação de assinatura, o componente vetorial e o  
30 sistema de rastreamento podem ser parte de um único produto

de programa de computador. Além disso, o sistema para o rastreamento de uma unidade folicular ou outra característica de interesse sobre uma superfície do corpo pode incorporar, adicionalmente, um componente de 5 identificação de marcador. O componente de identificação de marcador pode consistir em uma parte do componente de identificação de assinatura ou pode ser um programa ou componente separado. Além disso, um ou mais dentre o componente de identificação de assinatura, o componente 10 vetorial e o componente de rastreamento pode incluir um processador conectado a ao menos um dentre a memória e o dispositivo de formação de imagens.

O dispositivo de formação de imagens pode consistir em uma câmera e o sistema pode consistir em um sistema 15 robótico que inclui, adicionalmente, um braço robótico. Além disso, o dispositivo de formação de imagens pode ser conectado de maneira operável ao braço robótico. Observa-se também que um sistema para o rastreamento/rotulação da característica de interesse, tal como unidades foliculares, 20 pode incluir uma interface adaptada para receber um dado de imagem que contém as unidades foliculares; e um processador de imagem que compreende um ou mais módulos para a execução de operações nos dados de imagem, o um ou mais módulos que incluem instruções para: receber uma primeira imagem de uma 25 superfície do corpo que contém unidades foliculares e uma segunda imagem da mesma superfície do corpo; identificar uma unidade folicular na primeira imagem; computar uma assinatura da unidade folicular na primeira imagem; computar um vetor de movimento a partir da primeira imagem 30 e da segunda imagem; e utilizar o vetor de movimento e a

assinatura da unidade folicular na primeira imagem para rotular a unidade folicular na segunda imagem.

Em outro aspecto, um programa de computador incorporado de maneira tangível em um meio de memória legível por computador e que inclui as instruções que fazem com que um processador de um dispositivo de computação execute um processo do computador para o rastreamento de uma característica de interesse, tal como uma unidade folicular, compreende identificar ao menos um marcador em uma primeira imagem, a primeira imagem que inclui uma unidade folicular; computar uma assinatura da unidade folicular na primeira imagem; identificar o ao menos um marcador em uma segunda imagem; computar um vetor de movimento que corresponde a uma mudança de posição do ao menos um marcador a partir da primeira imagem à segunda imagem; e utilizar o vetor de movimento e a assinatura da unidade folicular em uma primeira imagem para rotular a unidade folicular na segunda imagem. Adicionalmente, observa-se que o processador está associado de maneira operativa à memória. O processo do computador também pode envolver comparar os primeiros dados do marcador a partir da primeira imagem aos primeiros dados do marcador a partir da segunda imagem e armazenar um vetor resultante na memória. O programa de computador pode estar associado de maneira operativa a um dispositivo de captura de imagem.

Em ainda outros aspectos, um método para o rastreamento de uma característica de interesse (por exemplo, uma unidade folicular) sobre uma superfície do corpo envolve identificar ao menos um marcador em uma primeira imagem estática, a primeira imagem estática que

contém uma característica de interesse; computar uma assinatura da característica de interesse na primeira imagem; definir um quadro de referência que corresponde a ao menos um marcador; localizar o ao menos um marcador em  
5 uma segunda imagem estática; e detectar uma posição da característica de interesse na segunda imagem estática com o uso da assinatura computada e atualizar um componente translacional do quadro de referência com base em uma posição do ao menos um marcador na segunda imagem estática.

10 Uma abordagem também pode incluir identificar ao menos três marcadores em uma primeira imagem estática, e em que a detecção de uma posição da característica de interesse na segunda imagem estática compreende atualizar tanto os componentes translacionais como rotacionais do quadro de  
15 referência. Adicionalmente, o ao menos um marcador na primeira imagem estática poderia ser identificado, por exemplo, mediante a análise de ao menos um dentre um comprimento, uma área, um formato, um tipo ou uma cor de tal marcador.

20 Adicionalmente, o ao menos um marcador pode consistir em uma unidade folicular e a identificação do ao menos um marcador compreende, adicionalmente, analisar ao menos um dentre o ângulo de emergência da unidade folicular a partir da superfície do corpo e o calibre do cabelo. As imagens  
25 estáticas podem consistir em imagens de vídeo de uma superfície do corpo, o ao menos um marcador consiste em uma unidade folicular sobre a superfície do corpo e a característica de interesse consiste em outra unidade folicular sobre a superfície do corpo.

30 O quadro de referência pode ser atualizado mediante a

utilização de uma abordagem de nuvem de pontos e um dispositivo de formação de imagens pode ser movido de acordo com um deslocamento médio da nuvem de pontos. Uma característica de interesse pode consistir em uma calva e o método pode envolver, adicionalmente, definir um ou mais locais de implante de cabelo.

Em outra abordagem, um método para o rastreamento de uma característica de interesse (tal como, uma unidade folicular) sobre uma superfície do corpo inclui identificar ao menos três marcadores em uma primeira imagem estática, em que a primeira imagem estática exibe uma característica de interesse; computar uma assinatura da característica de interesse na primeira imagem estática; rastrear ao menos três primeiros objetos na primeira imagem estática; definir um quadro de referência que corresponde aos três marcadores; determinar se os três marcadores estão em uma segunda imagem estática; e em resposta a ao menos um dos três marcadores que não estão na segunda imagem estática, detectar uma posição da característica de interesse na segunda imagem estática com o uso da assinatura computada da característica de interesse e atualizar o quadro de referência com base em uma posição de qualquer um dentre ao menos três marcadores na segunda imagem estática e qualquer um dos primeiros objetos na segunda imagem. Uma soma de uma combinação de marcadores e primeiros objetos usados para detectar a posição da característica de interesse é de ao menos três.

Ao menos um os ao menos três primeiros objetos pode incluir uma unidade folicular, uma mancha, uma cicatriz, uma sarda, uma ruga, uma saliência ou uma depressão da

superfície do corpo. A detecção da posição da característica de interesse pode envolver, adicionalmente, computar um vetor de movimento a partir da primeira imagem estática e da segunda imagem estática e utilizar o vetor de movimento para atualizar o quadro de referência e para localizar ao menos um dentre ao menos três marcadores. Ao menos um primeiro objeto na primeira imagem estática é identificado e o primeiro objeto identificado fica localizado na segunda imagem estática, e a computação do vetor de movimento inclui identificar uma mudança de posição do primeiro objeto identificado a partir da primeira imagem à segunda imagem.

Observa-se também que um sistema para o rastreamento de uma característica de interesse sobre uma superfície do corpo pode incluir uma interface adaptada para receber uma pluralidade de imagens a partir de um dispositivo de captura de imagem, ao menos uma primeira imagem que compreende uma característica de interesse; um componente de identificação de assinatura, em que o componente de identificação de assinatura identifica as informações de assinatura sobre a característica de interesse e detecta ao menos um marcador na primeira imagem; e um sistema de referência de marcador. O sistema de referência define um quadro de referência que corresponde a ao menos um marcador, determina se o ao menos um marcador está em uma segunda imagem, e ajusta o quadro de referência que corresponde a uma mudança de posição do ao menos um marcador a partir da primeira imagem à segunda imagem para localizar a característica de interesse. O componente de identificação de assinatura e o sistema de referência de

marcador podem fazer parte de um único produto de programa de computador. Além disso, o componente de identificação de assinatura pode incluir um processador conectado à memória e o processador associa um identificador eletrônico a ao menos um marcador e armazena o identificador eletrônico na memória. Além disso, o sistema de referência de marcador pode incluir um processador conectado à memória e o processador compara um local de cada um do ao menos um marcador na primeira imagem a um local de cada um do ao menos um marcador em uma segunda imagem, calcula uma mudança correspondente em um quadro de referência e armazena um resultado do cálculo na memória. O sistema pode compreender, adicionalmente, um componente vetorial. O sistema pode consistir em um sistema robótico que inclui, adicionalmente, um braço robótico.

Outras características e vantagens se tornarão evidentes a partir da seguinte descrição detalhada, tomada em conjunto com os desenhos em anexo, os quais ilustram a título de exemplo as características das diversas modalidades.

#### Breve descrição dos desenhos

A invenção é ilustrada a título de exemplo e não de limitação nas figuras dos desenhos em anexo. Nos desenhos, os números de referência idênticos identificam as ações ou elementos similares. Os tamanhos e posições relativas dos elementos nos desenhos não são necessariamente representados em escala. Por exemplo, os formatos de diversos elementos e ângulos não são representados em escala e alguns destes elementos são ampliados e posicionados de maneira arbitrária para aperfeiçoar a

legibilidade do desenho. Adicionalmente, os formatos particulares dos elementos, conforme representados, não se destinam a transmitir qualquer informação em relação ao formato real dos elementos particulares e têm sido  
5 selecionados somente para facilidade de reconhecimento nos desenhos.

A Figura 1 ilustra um "quadro" cinemático;

A Figura 2 ilustra a atualização de um quadro;

A Figura 3 ilustra o planejamento de coleta com o uso  
10 dos marcadores de registro;

A Figura 4 ilustra o planejamento de implante com o uso dos marcadores de registro;

A Figura 5 ilustra a atualização de um quadro após a perda de um padrão de registro;

15 A Figura 6 ilustra a atualização de um quadro com ponto além dos marcadores de registro originais;

A Figura 7 ilustra a atualização de um quadro com o uso das unidades foliculares em um escalpo do paciente; e

A Figura 8 ilustra um algoritmo de nuvem de unidade  
20 folicular.

As Figuras 9A e 9B ilustram rastreamento de nuvem de pontos;

A Figura 10 ilustra o cálculo do vetor de movimento;

A Figura 11 ilustra a rotulação da unidade folicular;

25 A Figura 12 também ilustra a rotulação da unidade folicular e problemas associados;

As Figuras 13A e 13B ilustram um processo de rotulação/rastreamento de unidade folicular e um processo de rotulação/rastreamento de unidade folicular com o uso de  
30 um vetor de movimento, respectivamente;

A Figura 14 ilustra a definição de uma região de busca;

A Figura 15 ilustra um processo de estabilização de imagem exemplificador;

5 A Figura 16 ilustra uma comparação de imagem;

A Figura 17 ilustra uma estabilização de imagem com múltiplos vetores calculados; e

A Figura 18 ilustra um sistema exemplificador que rastreia objetos.

10 Descrição detalhada

As diversas modalidades descritas abaixo são fornecidas somente a título de ilustração e não deveriam ser construídas para limitar a invenção reivindicada. Os versados na técnica irão reconhecer prontamente as diversas  
15 modificações e alterações que podem ser feitas nas modalidades apresentadas sem que se desvie do escopo da invenção reivindicada. A título de exemplo não-limitador, os versados na técnica irão observar que os recursos ou características particulares descritas em referência a uma  
20 figura ou modalidade podem ser combinadas, conforme adequado, com os recursos ou características descritas em outra figura ou modalidade. Adicionalmente, os versados na técnica irão reconhecer que os dispositivos, sistemas e métodos apresentados no presente documento não se limitam a  
25 um campo, tal como restauração capilar, mas podem ser aplicados a inúmeros campos que exigem que objetos sejam rastreados.

Os sistemas e métodos descritos da presente descrição são úteis em qualquer aplicação que exige o rastreamento de  
30 objetos individuais através de um guia de imagem. Também

são úteis em qualquer aplicação onde se deseja registrar um conjunto de marcadores visuais para criar um quadro de referência e, então, rastrear um objeto mediante a utilização de objetos circundantes para atualizar o quadro de referência, em vez de rastrear o objeto diretamente. Por exemplo, o conceito de utilizar a saída de algoritmos de estabilização de imagem para guiar ou conduzir um rastreador de objeto poderia se difundir em uma ampla gama de aplicações médicas e não-médicas, tal como procedimentos robóticos guiados por imagem que envolvem a imagiologia por fluoroscopia ou raios x, onde fiduciais são inseridos na anatomia, ou aplicações de vigilância de vídeo que incluem as câmeras com panorama/inclinação/zoom (pan-tilt-zoom) em conjunto com analítica para rastrear os objetos em movimento através de uma cena que se modifica dinamicamente.

Os sistemas e métodos da presente descrição são especialmente úteis em procedimentos de transplante de cabelo, que inclui o implante e coleta de cabelo controlada por computador ou automatizada. Portanto, diversos exemplos e modalidades descritas no presente documento irão utilizar as unidades foliculares ou cabelos simplesmente como um exemplo da aplicação da presente descrição, para os propósitos de descrição de algumas modalidades com o entendimento de que isto representa de forma mais geral todas as outras aplicações adequadas.

Deve-se compreender que os métodos exemplificadores descritos no presente documento são especialmente adequados para o uso com um sistema robótico para planejamento de tratamento, coleta e/ou implante de cabelo. No entanto, não

se limitam de forma alguma às aplicações robóticas; ao contrário, os métodos descritos podem ser aplicados a procedimentos manuais conduzidos por um ser humano com um dispositivo portátil que poderia ser, por exemplo, 5 conectado de maneira operável ao processador do computador e sistema de imagem. Os sistemas manuais, parcial e completamente automatizados também se incluem no escopo da presente invenção.

Quando se executa as operações médicas sobre uma pele 10 ou escalpo do paciente, determinadas áreas precisam ser rastreadas, de modo que um médico ou, por exemplo, um mecanismo robótico no caso dos procedimentos automatizados, possa retornar para a área, ou evitar a área, em um momento posterior. Estas áreas podem ser rastreadas mediante a 15 observação de imagens da área e a identificação de características sobre ou em torno da área. Uma pluralidade de características de interesse ou uma única característica poderia ser rastreada de seqüencial ou simultânea e, no exemplo do procedimento de transplante de cabelo, as 20 características rastreadas (por exemplo, folículos pilosos) poderiam ser coletadas. As características identificadas são registradas mediante o registro dos dados sobre a características em uma base de dados, memória, ou outro meio de armazenamento de dados. As características 25 identificadas podem ser acessadas em um momento posterior e comparadas com as imagens estáticas, ou "fotografias", para determinar se uma região mostrada na fotografia consiste na mesma região que contém os identificadores. As "fotografias" podem consistir em únicas imagens de um sinal 30 de vídeo, fotos ou outras representações fixas da pele do

paciente.

Um método de registro de uma área ou característica envolve identificar um conjunto de marcadores em um padrão específico em uma fotografia que poderia ser reconhecido no futuro. Os marcadores são não-colineares e, assim, definem um quadro 3-D. Embora um mínimo de três marcadores seja desejável para definir um quadro 3-D, mais marcadores podem ser usados. Estes marcadores na fotografia são chamados de "padrão de registro" e pode ser reconhecido em fotografias subseqüentes. O quadro 3-D, que consiste em coordenadas  $x$ ,  $y$ ,  $z$ , e coordenadas de rotação  $R_x$ ,  $R_y$  e  $R_z$ , é chamado de um "quadro de paciente". Em cada fotografia sucessiva, onde o padrão de registro é completamente visível e identificável, o quadro de paciente é simplesmente movido com o padrão de registro atualizado. As coordenadas  $x$ ,  $y$  e  $z$  podem ser mencionadas como a translação do quadro de paciente. As coordenadas  $R_x$ ,  $R_y$  e  $R_z$  podem ser mencionadas como a orientação do quadro de paciente. Por uma questão de clareza, o termo "quadro" é definido neste relatório descritivo como um local e uma orientação definida a partir de um ponto de referência conhecido. Uma única seção de um vídeo ou foto é mencionada, neste relatório descritivo, como uma "fotografia" ou uma imagem. Embora uma fotografia possa ser mencionada como um "quadro," este relatório descritivo utiliza somente a palavra "quadro", conforme definido acima, em seu sentido cinemático e a palavra "fotografia" para descrever uma única imagem de um sinal de vídeo, para se evitar confusão.

A Figura 1 ilustra um exemplo de um quadro cinemático. Nesta modalidade exemplificadora, um braço robótico 103 é

fixado a uma base fixa 101 que tem um centro 104. O braço 103 retém e posiciona uma ferramenta 102. A ferramenta tem um quadro, rotulado x, y, z, e o local e a rotação da ferramenta 102 é conhecida em relação ao centro 104 da base. Este local e orientação podem ser armazenados de maneira eletrônica. Se a relação entre a ferramenta e o centro 104 da base se modificar, o quadro pode ser atualizado de maneira eletrônica.

Depois que o padrão de registro é identificado e salvo eletronicamente, o local e orientação do quadro podem ser atualizados mediante a análise da posição dos marcadores em uma fotografia subsequente. A Figura 2 ilustra a atualização de um quadro com base em uma mudança de posição dos marcadores. Um quadro tridimensional é definido pelo local dos marcadores 201, 202 e 203. Os marcadores (também chamados de "fiduciais") podem consistir, por exemplo, em marcadores físicos ou marcos anatômicos em uma pele ou superfície do corpo do paciente, tal como uma unidade folicular ou cabelo, uma mancha, uma cicatriz, uma sarda, uma ruga, uma saliência ou uma depressão da superfície do corpo. Os marcadores também podem consistir em objetos colocados em ou fixados à pele do paciente, às vezes chamados de fiduciais externos. Um fiducial consiste em um objeto em um campo de visão de um dispositivo de formação de imagens que age como uma referência. Poderia consistir em um marco anatômico, um marcador externo ou qualquer combinação dos mesmos. Na fotografia N-1, os marcadores têm se movido para baixo e para direita na fotografia. Outro objeto, 204, tem surgido em um local similar ao marcador 201 na fotografia

N. No entanto, o objeto 204 não seria confundido com marcador 201, devido ao fato de que o marcador 201 é identificado em relação aos marcadores 202 e 203. O quadro é atualizado em uma base de dados ou memória para  
5 reconhecer que o paciente tem se movido e que o objeto 204 não consiste no marcador 201.

Em algumas aplicações, o padrão de registro pode ser usado para um planejamento de implante e coleta de cabelo em tempo real, conforme mostrado nas Figuras 3 e 4,  
10 respectivamente. Na Figura 3, os marcadores 301, 302, 303 e 304 definem um quadro de paciente. O local de cada unidade folicular 305 em uma pele do paciente 306 pode ser mapeado em relação ao quadro de paciente. A parte da superfície do corpo do paciente que é usada para a coleta das unidades  
15 foliculares consiste na "área doadora" 307. A densidade da unidade folicular da área doadora pode ser calculada mediante a contagem das unidades foliculares na fotografia. A contagem das unidades foliculares pode ser completa, por exemplo, conforme descrito na publicação de patente cedida  
20 à mesma requerente WO 2008/024955, a qual está aqui incorporada a título de referência. Um médico pode determinar quantas unidades foliculares por  $\text{cm}^2$  extrair a partir da área doadora e inserir tais informações no sistema de planejamento de coleta. O sistema de  
25 planejamento de coleta, por sua vez, determina quais folículos extrair com base no número de unidades foliculares e no número de unidades foliculares desejadas por  $\text{cm}^2$  a serem extraídas. Outros fatores também podem ser usados para determinar quais unidades foliculares extrair,  
30 que incluem características da unidade folicular e

características do escalpo/superfície do corpo.

Semelhantemente, uma metodologia similar pode ser usada durante o implante de cabelo. A Figura 4 ilustra um método de implante exemplificador. O padrão de registro  
5 compreende, por exemplo, os marcadores 401, 402, 403 e 404. Os marcadores definem a área recipiente 407, por exemplo, sobre o escalpo 406. Um sistema de planejamento recebe as entradas que indicam o número de unidades foliculares a implantar e os locais de implante 409. As unidades  
10 foliculares exemplificadoras 408 e 405 podem ser analisadas para determinar uma densidade da unidade folicular, padrão de calvície, ou outros critérios para o implante de unidades foliculares. A área calva sobre a superfície do corpo pode consistir em uma característica de interesse que  
15 poderia ser rastreada e rotulada para criar os locais de implante, de acordo com a presente descrição.

Um paciente pode se mover durante uma análise do escalpo, coleta ou implante. O sistema de monitoramento pode rastrear cada unidade folicular e outras áreas do  
20 escalpo mediante a comparação de uma fotografia com uma fotografia anterior, e a atualização do quadro do paciente para corresponder à posição modificada dos marcadores a partir de uma fotografia à seguinte.

No entanto, às vezes um ou mais marcadores não irão  
25 aparecer em uma fotografia subsequente, devido ao fato de que o paciente tem se movido ou virado de tal modo que os marcadores fiquem fora da fotografia. Além disso, os objetos ou sangue podem obscurecer ou bloquear um ou mais marcadores. A Figura 5 ilustra um paciente que move os  
30 marcadores fora da fotografia. Os marcadores 501, 502 e 503

definem um quadro do paciente sobre a superfície do corpo  
500. Na fotografia N, todos os marcadores 501, 502 e 503  
são visíveis. Um marcador adicional 504 também é visível e  
identificado e sua posição pode ser registrada em relação  
5 ao quadro do paciente formado a partir dos marcadores 501,  
502 e 503. A fotografia N-1 mostra como um paciente tem se  
movido para cima e girado no sentido horário em relação à  
fotografia. Conseqüentemente, somente o marcador 504 é  
visível na fotografia N-1. Desde que o local do marcador  
10 504 seja conhecido em relação ao quadro de paciente, o  
quadro de paciente pode ser atualizado correspondendo à  
mudança de posição do marcador 504. No entanto, neste  
exemplo, o marcador 504 pode ser usado somente para  
atualizar as coordenadas  $x$ ,  $y$  e  $z$ . O marcador 504, sozinho,  
15 não fornece dados para a atualização das coordenadas  $R_x$ ,  $R_y$   
e  $R_z$ , que correspondem à rotação do quadro do paciente em  
torno de cada um dos eixos geométricos  $x$ ,  $y$  e  $z$ . Deste  
modo, o marcador 504 atualiza a translação do quadro de  
paciente, mas não a orientação do quadro de paciente.

20 Ao menos três pontos não-colineares deveriam ser  
visíveis tanto na fotografia N como na fotografia N-1, a  
fim de atualizar tanto a translação como a orientação de um  
quadro de paciente. A Figura 6 mostra um quadro de paciente  
que tem três marcadores 601, 602 e 603 que definem o quadro  
25 de paciente, e quatro marcadores adicionais 604, 605, 606 e  
607 que são identificados pelo sistema. Na fotografia N,  
todos os sete marcadores 601 a 607 são visíveis. Na  
fotografia N-1, o paciente movido e girado, e os marcadores  
601, 602 e 603 não são mais visíveis na fotografia. No  
30 entanto, o sistema pode utilizar, por exemplo, os

marcadores 604 a 606 que continuam a permanecer no campo de visão (FOV) depois que o movimento do paciente atualiza o quadro do paciente, que inclui a orientação do quadro. À medida que se presume que os marcadores 604 a 606 estejam  
5 fixos no quadro do paciente, o quadro pode ser movido de tal modo que os marcadores não tenham as mesmas coordenadas de quadro de paciente em cada fotografia.

Embora os marcadores ou fiduciais externos possam ser usados para definir um quadro de paciente, as ocorrências  
10 naturais sobre a superfície do corpo também podem ser usadas. Uma das características ou objetos mais comuns sobre uma superfície do corpo consiste em uma unidade folicular que compreende um determinado número de cabelos. Os cabelos são exclusivamente adequados como marcadores  
15 naquelas aplicações que envolvem o transplante de cabelo, devido ao fato de que os cabelos já são rastreados pelo sistema para propósitos de análise, coleta e implante. Um centro de massa, ou centróide, de cada unidade folicular pode ser usado como um marcador. O movimento de cada  
20 centróide é rastreado entre as fotografias e o movimento de uma ou mais unidades foliculares pode ser analisado para atualizar um quadro de paciente. O quadro de referência pode ser definido ou criado mediante a determinação de uma relação entre uma característica de interesse (que poderia  
25 consistir, por exemplo, em uma unidade folicular) e uma ou uma pluralidade de características adicionais (as quais poderiam consistir novamente em outras unidades foliculares) localizadas na vizinhança ou proximidades da característica de interesse. Por exemplo, se todas as  
30 unidades foliculares se moverem para esquerda por 1 mm, um

indivíduo pode deduzir que o quadro de paciente tem se movido para esquerda por 1 mm. Estes princípios funcionam em todos os seis graus de liberdade, mesmo se todos os marcadores de registro que definem um quadro de paciente  
5 forem perdidos de fotografia à fotografia, desde que ao menos três unidades foliculares sejam ainda visíveis no FOV, conforme mostrado no seguinte exemplo.

A Figura 7 ilustra a atualização de um quadro de paciente com unidades foliculares. Na fotografia N, os  
10 marcadores 701, 702 e 703 são usados para definir um quadro de paciente. As unidades foliculares 704, 705, 706 e 707 são rastreadas para os propósitos de análise, coleta e implante. A fotografia N-1 mostra os marcadores 701 a 703 fora da fotografia, o qual pode ocorrer, por exemplo,  
15 quando a superfície do corpo gira. Desde que os locais de 704 a 707 sejam conhecidos em relação ao quadro de paciente, quaisquer três unidades foliculares de 704 a 707 podem ser usadas para atualizar o quadro de paciente, que inclui a translação e orientação.

20 Quando os cabelos ou outros marcadores de registro são usados para definir ou atualizar um quadro de paciente, os cabelos podem ser rastreados por meio de qualquer método, que inclui a utilização de um algoritmo de nuvem de pontos. B.K.P. Horn, "Closed Form solution of Absolute Orientation Using Unit Quaternions", J. Opt. Soc. AMA/Vol. 4, abril de  
25 1987, apresenta tal algoritmo ("algoritmo Horn").

Os algoritmos de nuvem de pontos que estimam uma transformação de corpo rígido entre duas nuvens de pontos somente funcionam com vigor se o mesmo conjunto de pontos  
30 for usado em ambas as fotografias. Uma transformação de

corpo rígido consiste em uma transformação que conserva o formato dos objetos nos quais a mesma atua. Para uso neste contexto, uma nuvem de pontos que se submete a uma transformação de corpo rígido terá seu formato preservado.

5 Portanto, uma nuvem de pontos circular permanece circular, uma nuvem de pontos hexagonal permanece hexagonal, etc. Ao se utilizar um algoritmo de nuvem de pontos com uma superfície do corpo que tem muitos cabelos, o algoritmo será mais preciso se as mesmas unidades foliculares forem  
10 usadas em cada nuvem de pontos e se mais unidades foliculares forem usadas para gerar a nuvem. Também é importante que as mesmas unidades foliculares compreendam a nuvem de pontos em cada fotografia.

A Figura 8 ilustra um problema associado ao "algoritmo  
15 Horn" típico que pode surgir quando o paciente se move e a correspondência adequada de pontos não é mantida de fotografia para fotografia. Na fotografia N, as unidades foliculares 803 a 809 podem ser usadas para gerar uma nuvem de pontos. No entanto, na fotografia N-1, o paciente tem se  
20 movido e as unidades foliculares 808 e 809 não estão mais visíveis na fotografia. Além disso, as unidades foliculares 801 e 802 têm entrado na fotografia. Uma vez que o mesmo número de unidades foliculares existe em cada fotografia, um sistema pode gerar de maneira equivocada uma nuvem de  
25 pontos com o uso das sete unidades foliculares na fotografia N e associar a mesma às sete unidades foliculares na fotografia N-1. Uma vez que as unidades foliculares em cada fotografia são diferentes, o quadro de paciente seria atualizado de maneira incorreta.

30 Para evitar o problema acima, o sistema de acordo com

a presente descrição analisa as características das unidades foliculares (ou outras características adequadas) para determinar se as mesmas unidades foliculares existem em cada fotografia. Somente as unidades foliculares que existem em ambas as fotografias são usadas para gerar uma nuvem de pontos para definir e atualizar um quadro de paciente, para rastrear os objetos e locais sobre a superfície do corpo. As características que podem ser usadas para identificar as unidades foliculares, cabelos, ou outras características incluem, mas não se limitam a, o tipo, o calibre, o comprimento, o ângulo de emergência, a área, o formato, a cor e/ou qualquer combinação dos mesmos, os quais iriam definir a "assinatura" única de tal unidade folicular ou outra característica usada. Quaisquer outras características ou "marcas" detectáveis podem ser usadas para identificar a unidade folicular, cabelo ou característica.

A atualização do quadro de paciente à base de "nuvem de pontos" descrita acima é especialmente útil na automação do implante e planejamento para o uso no sistema de implante de cabelo robótico. O número de unidades foliculares para o implante (N) é inserido no sistema. O processador de imagem localiza quaisquer calvas com base nas imagens de uma superfície do corpo particular com uso de um algoritmo de agrupamento e, então, gera N locais de implante localizados dentro das calvas identificadas. O quadro de paciente pode ser formado a partir dos cabelos circundantes e, possivelmente, quaisquer marcadores externos visíveis, e cada local de implante é definido em relação ao quadro de paciente. À medida que a ferramenta de

implante (localizada no braço robótico nos sistemas robóticos ou operada pelo ser humano) se move a partir de um local a outro local de implante em cada local definido, o processador de imagem pode atualizar a posição do local de implante seguinte no conjunto com base no quadro de paciente atualizado.

Quando nenhum cabelo é visível sobre uma superfície do corpo, ou os cabelos visíveis são ineficazes para a identificação e rastreamento pelo sistema, por exemplo, quando o paciente é calvo ou tem uma superfície do corpo que é extremamente esparsa, que consiste principalmente em cabelo miniaturizado ou "fino", as características da superfície do corpo podem ser usadas para rastrear o movimento em vez de cabelos ou unidades foliculares. Nestas situações, o sistema e método de acordo com a presente descrição utiliza a superfície do corpo, tal como escalpo humano, o qual é "rastreável", uma vez que não é uniforme e contém informações. Por exemplo, de acordo com uma modalidade do método descrito no presente documento, o sistema pode comprara uma série de pixels ou regiões de interesse (ROI) entre uma fotografia (fotografia N) e a seguinte (fotografia N-1). Cada conjunto de fotografias mostra um movimento de translação da superfície do corpo e muitos conjuntos de fotografias podem ser agregados para mostrar um único deslocamento do escalpo, ou outra parte de corpo relevante. Adicionalmente, em outras modalidades, manchas, textura, sangue, outro cabelo e/ou outras características e objetos podem ser usados na comparação e para a atualização do quadro de paciente em uma base de fotografia para fotografia. Qualquer objeto ou

característica prontamente identificável pode ser usado como um marcador substituto e, então, sua posição rastreada pode ser usada como entrada no algoritmo de registro anteriormente descrito.

5 Uma vez que um quadro é registrado, o quadro e as características identificadas no quadro podem ser salvas eletronicamente ou por meio de qualquer outro método conhecido. A qualquer momento uma nova fotografia é apresentada ao sistema, um algoritmo de reconhecimento de  
10 padrão determina se um padrão na fotografia corresponde a um padrão registrado e salvo. Se for assim, qualquer característica identificada é reconhecida e identificada na nova fotografia e o quadro é atualizado.

Os métodos apresentados no presente documento têm  
15 outras aplicações úteis durante o tratamento do paciente, tal como durante o procedimento de implante ou coleta de cabelo, por exemplo. Às vezes, depois que o processador de imagem localizou e identificou uma unidade folicular particular que é programada para ser coletada, tal unidade  
20 folicular pode ser temporariamente perdida e desaparecer da área de visão, por exemplo, devido ao sangramento na área ou devido ao médico que aplica um cotonete (Q-tip) na área e obscurece a unidade folicular de interesse. Sem a presente invenção, naquelas circunstâncias, haverá um  
25 atraso substancial no procedimento à medida que a unidade folicular de interesse teria que ser localizada e identificada novamente. No entanto, os conceitos apresentados no presente documento permitem que o sistema prossiga com a coleta programada à medida que o quadro de  
30 paciente e a posição da unidade folicular em questão estão

salvos no sistema e poderiam ser rapidamente recuperados. Uma vez que o sistema tem sido posicionado sobre o padrão de registro original, um algoritmo de reconhecimento de padrão reconhece este mesmo padrão e registra novamente o quadro. Devido ao fato de que todos os pontos são retidos em relação às coordenadas do quadro de paciente, o simples registro do quadro novamente faz com que todos os outros pontos anteriormente conhecidos sejam instantaneamente conhecidos novamente.

De acordo com outro aspecto, um método de rotulação ou rastreamento de cabelos, unidades foliculares, ou outras características de interesse ou objetos a partir de uma fotografia a fotografia seguinte envolve o cálculo de um vetor de movimento. Um método de rastreamento/rotulação de objetos ou características de interesse, tais como unidades foliculares, que utiliza um vetor de movimento é ilustrado nas Figuras 9A e 9B. A Figura 9A mostra uma superfície do corpo, tal como um escalpo 900, com quatro unidades foliculares 901 a 904 que poderiam ser usadas como marcadores ou fiduciais. Uma câmera 905 ou qualquer outro dispositivo de captura de imagem registra as imagens do escalpo. A fotografia N mostra uma primeira imagem que inclui as unidades foliculares 901 a 904. Cada unidade folicular tem um centro de massa ou "centróide", a reunião destas unidades foliculares é considerada uma "nuvem de pontos" e a própria nuvem de pontos tem um centróide. O sistema, de acordo com a presente descrição, calcula os centróides 906 a 909 de cada unidade folicular que compreende uma nuvem de pontos. Um centróide 910 da nuvem de pontos é calculado com base nos centróides 906 a 909 das

unidades foliculares individuais 901 a 904 que compreendem a nuvem de pontos. O sistema inclui um processador de imagem que pode ser programado e inclui um ou mais componentes para executar uma subtração de fundo, 5 segmentação e filtragem de ruídos da imagem, por exemplo, conforme descrito na publicação de patente de propriedade comum WO 2008/024955.

A fotografia N-1 mostra uma mudança no local das unidades foliculares 901 a 904 que corresponde a uma 10 mudança de posição de um paciente, por exemplo. O centróide 910 da nuvem de pontos é calculado e comparado com o local na fotografia N. O sistema calcula um vetor de movimento 911 da nuvem de pontos que corresponde à mudança de posição do centróide 910 a partir da fotografia N à fotografia N-1.

15 No entanto, os problemas podem surgir quando qualquer uma das unidades foliculares 901 a 904 é obscurecida devido a ruídos de imagem, sangue ou de outra forma removida das fotografias. O sistema pode confundir as unidades foliculares localizadas de maneira semelhante como a 20 unidade folicular ausente ou pode gerar um centróide de nuvem de pontos que não corresponde ao centróide 910 que corresponde a todas as quatro unidades foliculares 901 a 904. Uma solução consiste em empregar a estabilização digital de imagem para manter as mesmas unidades 25 foliculares ou outras características ou objetos nas fotografias subsequentes.

A Figura 10 ilustra um processo de cálculo de um vetor de movimento. As fotografias 0 e 1 contêm quatro unidades foliculares 1001 a 1004. As unidades foliculares têm o 30 local modificado entre a fotografia N e fotografia N-1, o

qual corresponde ao movimento do paciente, por exemplo. O sistema compara as fotografias 0 e 1 e utiliza um algoritmo de vetor de movimento para calcular um vetor de movimento 1005 da superfície do corpo do paciente.

5           Embora as Figuras 9-10 ilustrem o cálculo de vetores de movimento em duas dimensões, onde "dx" é o componente de movimento horizontal e "dy" é o componente de movimento vertical correspondente, o sistema também pode calcular um vetor de movimento tridimensional. Um método para calcular  
10 um vetor de movimento em 3D pode incluir o cálculo de um teta de rotação no plano. Outro método inclui utilizar a geometria estérea para adquirir duas imagens simultaneamente a partir de ângulos diferentes. A relação entre as imagens é conhecida com um alto grau de precisão.  
15 As imagens estéreas podem ser, então, analisadas com o algoritmo de vetor de movimento para se obter um vetor de movimento em 2D ou 3D. Uma vez que o sistema calcula um vetor de movimento, o vetor pode ser usado para mover um dispositivo de formação de imagens para manter um objeto ou  
20 característica de interesse em uma fotografia subsequente.

É particularmente importante manter as mesmas unidades foliculares em fotografias subsequentes durante a coleta e o implante. Um dispositivo de formação de imagens é usado para gerar as fotografias de uma superfície do corpo. O  
25 dispositivo de formação de imagens pode ser segurado pela mão, por um braço robótico ou por qualquer outro mecanismo. Certamente, diversos dispositivos de captura de imagem (ou dispositivos de formação de imagens) poderiam ser usados com qualquer uma das modalidades dos sistemas e métodos  
30 descritos no presente documento. Por exemplo, o dispositivo

de formação de imagens pode consistir em uma ou mais câmeras, tais como quaisquer câmeras disponíveis comercialmente. Ou o dispositivo de formação de imagens poderia consistir em um dispositivo de gravação de vídeo (tal como, uma câmera de vídeo). Embora seja preferido que o dispositivo de formação de imagens consista em um dispositivo digital, isto não é necessário. Poderia consistir, por exemplo, em uma câmera de TV analógica que adquire uma imagem inicial que é, então, digitalizada em uma imagem digital.

O médico examina as fotografias para determinar quais unidades foliculares serão coletadas e quais locais receberão as unidades foliculares durante o implante. Durante este processo, é útil se a superfície do corpo que está realmente embaixo do dispositivo de formação de imagens for igual à fotografia que é examinada pelo médico. Um médico pode acabar de examinar uma fotografia e acessar imediatamente a área na fotografia se o dispositivo de formação de imagens for mantido no lugar em relação à superfície do corpo do paciente. Isto pode ser concluído mediante a alimentação contínua de fotografias no sistema de estabilização, a análise de vetores de movimento que corresponde ao movimento do paciente e movendo o dispositivo de formação de imagens para corresponder aos vetores de movimento. Se o dispositivo de formação de imagens for suportado por um braço robô, o local do braço robô pode ser ajustado correspondendo aos vetores de movimento.

Uma aplicação exemplificadora consiste em aperfeiçoar a robustez do rastreamento/rotulação de unidades

foliculares, por exemplo, durante o procedimento de coleta de cabelo automatizado. Durante tal procedimento, o sistema tem que rastrear as coordenadas de unidades foliculares individuais a fim de orientar a ferramenta de coleta e o mecanismo que opera a ferramenta de coleta na preparação para a coleta de cabelo. Isto é completo mediante a designação de um único rótulo para cada objeto em uma imagem estática, conforme mostrado na Figura 11. Na fotografia N, as unidades foliculares 1101 a 1103 são reconhecidas, sua "assinatura" única é identificada e são conseqüentemente rotuladas.

Nas modalidades preferidas, o sistema analisa as características das unidades foliculares (ou outros objetos desejados) para ajudar a identificar as mesmas unidades foliculares em cada fotografia subsequente. As características que podem ser usadas para identificar as unidades foliculares, cabelos ou outras características incluem, mas não se limitam a, o tipo, o calibre, o comprimento, o ângulo de emergência, a área, a massa, a cor e/ou qualquer combinação dos mesmos que iriam definir a "assinatura" única de tal unidade folicular ou outra característica usada. Quaisquer outras características ou "marcas" detectáveis podem ser usadas conforme adequado à aplicação particular. Na fotografia N-1, os mesmos objetos são localizados e rotulados com os mesmos rótulos. Isto pode ser feito mediante a pesquisa nas proximidades pelo objeto mais perto. Este processo pode ser feito mais robusto e preciso mediante a utilização tanto da "assinatura" determinada da unidade folicular como de um vetor de movimento do paciente entre a fotografia N e a

fotografia N-1, para auxiliar na localização do mesmo objetos nas duas fotografias. Os versados na técnica irão observar que, embora uma unidade folicular ou cabelo possa consistir no objeto de interesse para o rastreamento, 5 outras unidades foliculares na vizinhança pode servir como os marcadores e podem ser usadas para calcular o vetor de movimento.

Em determinadas situações, o sistema podem se tornar confuso, por exemplo, se novas unidades foliculares ou 10 outras características forem introduzidos em um quadro subsequente próximo a uma unidade folicular identificada anteriormente. A Figura 12 ilustra sete unidades foliculares 1201 a 1207 na fotografia N. A fotografia N-1 contém nove unidades foliculares, que inclui 1201 a 1207 da 15 fotografia N mais as novas unidades foliculares 1208 e 1209. As unidades foliculares 1208 e 1209 estavam fora da área de visão da fotografia na fotografia N, mas se o paciente se mover em relação ao dispositivo de captura de imagem, as mesmas aparecem na fotografia N-1. Se o sistema 20 analisar e identificar as unidades foliculares com base somente nas proximidades do local das unidades foliculares em uma fotografia anterior, isto pode confundir as unidades foliculares 1208 e 1209 com 1206 e 1203.

Uma solução preferida para fornecer uma identificação 25 mais robusta das unidades foliculares envolve a incorporação de um estabilizador de imagem digital na ciclo de rastreamento e com o uso deste em combinação com as informações de assinatura única da unidade folicular relevante, conforme mostrado nas Figuras 13A e 13B. A 30 Figura 13A representa um método de rotulação de unidades

foliculares ou outras características extraídas a partir de fotografias em escala de cinza, e identificação de unidades foliculares em uma fotografia N-1 mediante a procura do objeto mais próximo à unidade folicular identificada anteriormente na fotografia N. Neste processo, as fotografias em escala de cinza podem ser convertidas para fotografias segmentadas (por exemplo, fotografias binárias) que consiste simplesmente em objetos de primeiro plano (por exemplo, unidades foliculares). Os componentes de segundo plano são removidos da fotografia com o uso de técnicas de processamento de imagem bem conhecidas pelos versados na técnica.

A Figura 13B ilustra o mesmo processo, mas aperfeiçoado com a metodologia de estabilização de imagem e informações de assinatura. O sistema analisa as fotografias em escala de cinza N e N-1 e determina o ID da unidade folicular (que inclui suas informações de assinatura). As fotografias são comparadas para calcular um vetor de movimento, as fotografias são segmentadas e a assinatura da unidade folicular e o vetor de movimento são aplicados ao quadro N-1 para pesquisar um objeto que corresponde a uma unidade folicular do primeiro quadro mediante a pesquisa em uma direção do vetor de movimento. Com o uso desta informação extra sobre o "fluxo" induzido por movimento de objetos na imagem, um indivíduo pode descartar completamente as unidades foliculares 1208 e 1209 mostradas na Figura 12, devido ao fato de que o fluxo induzido por movimento é em direção ao canto esquerdo inferior da imagem e a assinatura da unidade folicular 1209 não corresponde à assinatura da unidade folicular 1206. Isto se deve ao fato

de que a unidade folicular 1206 consiste em um F2 que contém dois folículos pilosos, enquanto que a unidade folicular 1209 consiste em um F1 de único cabelo.

Mediante a aplicação da análise de estabilização de  
5 imagem, a chance de rotulação errônea é substancialmente reduzida, devido ao fato de que o sistema pesquisa na direção do vetor de movimento em vez das proximidades da unidade folicular na primeira fotografia. A Figura 14 ilustra um exemplo de definição de um campo de pesquisa com  
10 base em uma direção geral apontada pelo vetor de movimento medido. O vetor de movimento 1401 pode ser calculado conforme apresentado acima. Alguma liberdade de movimento pode ser desejada na configuração dos parâmetros de rastreamento, a qual é completa, por exemplo, mediante a  
15 especificação de um ângulo,  $\theta$ , que é usado para definir uma área de pesquisa em cada lado do vetor de movimento, onde o sistema pesquisa o objeto.

Muitos algoritmos de estabilização de imagem digital podem funcionar com o método descrito no presente documento  
20 para resultar em um sistema robusto para a identificação de características ou unidades foliculares. Tal algoritmo, em sua totalidade, consiste em uma abordagem que utiliza um plano de bits com código Gray (GCBP), conforme descrito em S. Ko, S. Lee, S. Jeon e E. Kang. *Fast digital image  
25 stabilizer based on gray-coded bit-plane matching*. Transações IEEE sobre Eletrônica de consumo, vol. 45, nº. 3, páginas 598-603, agosto de 1999. A implantação da abordagem de plano de bits com código Gray é ilustrada na Figura 15. Primeiramente, uma imagem de entrada é recebida  
30 a partir de um dispositivo de formação de imagens. A imagem

é convertida em um plano de bits com código Gray. Em algumas modalidades, uma região de interesse 1601 pode ser unida a partir do plano de bits com código Gray 1602 para reduzir a área de pesquisa e forçar os componentes de  
5 computação, conforme mostrado na Figura 16. Uma região de busca 1603 que é menor que a fotografia de GCBP, mas maior do que a região de interesse 1601, também pode ser definida. O plano de bits com código Gray da região de interesse é comprado com o plano de bits com código Gray de  
10 uma imagem anterior.

Em contraste à abordagem de nuvem de pontos de cálculo de vetores de movimento, onde os cálculos para deduzir o movimento total da nuvem ocorrem no "espaço do objeto" (exige o conhecimento dos centróides das unidades  
15 foliculares ou outros marcadores), as abordagens de estabilização de imagem de GCBP mencionadas acima operam simplesmente nos dados de intensidade de pixel, sem qualquer conhecimento a priori de onde as características particulares, por exemplo, as unidades foliculares estão  
20 localizadas, ou até se existem unidades foliculares na cena. Isto tem um benefício forte de fornecer uma medição de movimento completamente independente, a qual é útil no rastreamento devido ao fato de que a extração das coordenadas da unidade folicular pode consistir em uma  
25 medição ruidosa devido à natureza dinâmica da cena que é representada.

Existem inúmeros outros algoritmos de estabilização de imagem digital que podem ser usados em vez do plano de bits com código Gray. Alguns dos exemplos de tais algoritmos de  
30 estabilização incluem, mas não se limitam a, a técnica de

"fluxo óptico" descrita em Jean-Yves Bouquet, *Pyramidal Implementation of the Lucas Kanade Feature Tracker*, Intel Corporation; uma técnica de "pesquisa em bloco", conforme descrito em Vella F et al. "Robust digital image stabilization algorithm using block motion vector". *Eletrônica de consumo, ICCE*, p. 234-235, 2002 ou em Sun Yi et al. "Real-time digital image stabilization algorithm on PC". *Electronic Imaging and Multimedia Technology III, SPIE Vol. 4925*, p. 510-513.

Os algoritmos de estimação de "fluxo óptico" computam um campo de vetores que em conjunto se aproximam do movimento percebido de objetos dentro de uma imagem, ou série de imagens (como em vídeo). Um vetor é calculado a partir de um determinado ponto dentro da imagem ou imagens que representam o movimento localizado próximo a este ponto. No artigo de Bouquet, citado acima, os cálculos de fluxo óptico são estimados com o uso de um método de pesquisa hierárquica e piramidal. Uma suposição inicial do movimento localizado é estimada a partir de uma versão de baixa resolução da(s) imagem(ns), a qual é sucessivamente refinada à medida que o algoritmo atravessa "para cima da pirâmide" com a utilização de versões de resolução maior da(s) imagem(ns).

Os métodos de "pesquisa em bloco" adotam as técnicas comumente empregadas em padrões de compressão de vídeo semelhantes a MPEG. Conforme descrito em Vella (citado acima), a mudança chave entre a pesquisa em bloco empregada na compressão de vídeo e aquela usada na estabilização de imagem digital consiste no fato de que a(s) imagem(ns) é primeiro dividida em componentes de primeiro plano e

segundo plano. O primeiro plano e segundo plano são, por sua vez, divididos em seções, em que a cada seção é designado um peso separado. Um vetor de movimento é computado para cada seção e determinado seu peso. Os  
5 vetores de movimento pesados são combinados para formar um único vetor para o primeiro plano e segundo plano. Uma heurística é, então, usada para escolher qual dos dois vetores de movimento utilizar para a estabilização.

Finalmente, o método descrito no presente documento  
10 para o aperfeiçoamento adicional da robustez do mecanismo de rotulação/rastreamento pode empregar tanto a computação de um vetor de movimento com base em um ou mais objetos ou marcadores na imagem como, adicionalmente, a computação de um vetor de movimento a partir da própria imagem conforme  
15 nos artigos mencionados acima, de modo que o cálculo total seja com base em ambos os vetores de movimento.

Adicionalmente, em uma implantação deste sistema, as fotografias podem ser divididas em múltiplas imagens para gerar múltiplos vetores, conforme ilustrado na Figura 17. A  
20 fotografia N é dividida, por exemplo, em quatro seções, Q1 a Q4. Cada seção 1701 corresponde a ao menos uma característica ou unidade folicular diferente. Uma fotografia subsequente N-1 também é dividida em seções correspondentes e pode ser adicionalmente unida em áreas de  
25 pesquisa correspondentes 1702 e regiões de interesse 1703. As sub-seções são comparadas e um vetor de movimento pode ser obtido para cada sub-seção. Os vetores de movimento resultantes podem indicar o movimento rotacional do paciente com a precisão aumentada.

30 Em qualquer um dos métodos para o cálculo de um vetor

de movimento, uma fotografia pode consistir em uma fotografia de referência ou uma fotografia modificável. Por exemplo, pode ser tomada uma imagem estática de referência de uma região da pele sobre o corpo do paciente. Então, 5 cada imagem estática subsequente pode ser comparada com a imagem estática de referência para determinar um vetor de movimento. O vetor de movimento pode ser usado para direcionar um dispositivo de formação de imagens a se mover na direção do vetor, de modo que a imagem no dispositivo de 10 formação de imagens seja igual à fotografia de referência. Alternativamente, o sistema pode comparar uma segunda fotografia com uma primeira fotografia, calcular um vetor de movimento e mover um dispositivo de formação de imagens de acordo com o vetor de movimento. Uma terceira fotografia 15 subsequente pode ser, então, comparada com a segunda fotografia e o processo repetido. Neste caso, cada fotografia subsequente é comprada com a fotografia anterior, em vez de uma fotografia de referência.

Embora o vetor de movimento possa ser usado para mover 20 um dispositivo de formação de imagens, também pode ser usado como dados de rastreamento ou qualquer outro propósito. Por exemplo, o sistema pode registrar o movimento do paciente mediante o registro de vetores de movimento por um período de tempo predeterminado ou um 25 número predeterminado de fotografias. O sistema também pode ser programado para mover um dispositivo de formação de imagens somente quando uma determinada quantidade de movimento, ou determinada magnitude de vetor de movimento tiver sido alcançada. Por exemplo, o sistema pode ser 30 programado para garantir uma unidade folicular

predeterminada, local, ou o ponto fica sempre dentro do campo de visão do dispositivo de formação de imagens ou dentro de uma área predeterminada no campo de visão do dispositivo de formação de imagens.

5 Outra aplicação exemplificadora da técnica de estabilização de imagem envolve a estabilização das imagens durante o processo de coleta de cabelo automatizado. Durante tal coleta de cabelo automatizada, todas as unidades foliculares em uma determinada imagem podem ser  
10 classificadas com base em um sistema de pontuação, de modo que uma unidade folicular particular a ser coletada a seguir possa ser selecionada. Tipicamente, haverá uma pausa durante o procedimento quando o operador observa, por exemplo, na tela do computador ou outro visor adequado para  
15 confirmar que o processador de imagem escolheu corretamente a melhor unidade folicular para a coleta, de acordo com os critérios selecionados. Durante este momento, quando um operador está inspecionando uma imagem estática da superfície do corpo, um paciente pode se mover, portanto, é  
20 desejável manter o vídeo estabilizado durante este período de tempo.

É importante destacar que, uma vez que o usuário confirma a escolha (ou até seleciona uma diferente), o sistema precisa assegurar que a unidade folicular  
25 selecionada está ainda na fotografia ativa. Isto é alcançado através do emprego dos resultados da estabilização de imagem digital de acordo com a presente descrição. Em algumas modalidades, a saída do vetor de movimento 3D a partir do estabilizador de imagem estérea é  
30 negada e passada, por exemplo, para o braço robótico (nos

sistemas operados de modo robótico). Isto tem um efeito de neutralizar o movimento do paciente ou mover uma ou mais câmeras que poderiam ser montadas no braço robótico, de tal modo que o mesmo campo de visão seja representado em 5 aquisições de imagem subseqüentes.

Mais outra aplicação exemplificadora da técnica de estabilização de imagem envolve a utilização da saída do estabilizador para guiar o sistema robótico durante o implante de cabelo. Os sistemas robóticos e métodos 10 exemplificadores para transplante de cabelo e planejamento de tratamento são descritos no pedido de patente U.S. 12/133.159 e publicação U.S. 2007/0078466 de propriedade comum, as quais estão aqui incorporadas a título de referência, em suas totalidades. Quando qualquer um dos 15 sistemas mencionados acima é usado, as unidades foliculares podem ser implantadas nos locais prescritos pelo plano de tratamento selecionado.

Tipicamente, as áreas recipientes de cabelo são esparsas em termos do número de unidades foliculares que um 20 sistema de imagem pode rastrear de maneira confiável. Isto se deve ao fato de que há uma necessidade em manter o rastreamento do movimento do robô ou movimento do paciente através de alguns outros meios à parte do rastreamento de unidades foliculares. Isto pode ser alcançado mediante o 25 rastreamento do movimento da superfície do corpo (por exemplo, escalpo) através do estabilizador de imagem. O plano de tratamento pode ser registrado com a área recipiente com o uso de fiduciais externos. Este registro estabeleceu um quadro coordenado de referência que tem que 30 ser atualizado à medida que o robô e o paciente se movem

durante o tratamento. O quadro coordenado de referência (sistema de coordenada) pode ser atualizado pelo sistema visual mediante a identificação dos locais dos fiduciais. No entanto, mesmo se os fiduciais não puderem ser visto às  
5 vezes, conforme explicado anteriormente, um indivíduo pode continuar a atualizar o sistema de coordenada em um modo delta mediante a adição do vetor de movimento medido em uma base de fotografia por fotografia.

Um sistema exemplificador para o rastreamento de uma  
10 unidade folicular, um marcador ou outro objeto é ilustrado na Figura 18. Em algumas modalidades, o sistema pode incluir um dispositivo de formação de imagens 1800, um componente de identificação de assinatura 1801, um componente vetorial 1802 e um sistema de rastreamento 1803.  
15 O dispositivo de formação de imagens 1800 pode incluir uma câmera, tal como uma câmera de vídeo. Alternativamente, qualquer outro dispositivo capaz de capturar uma imagem pode ser usado. Prefere-se que o dispositivo de formação de imagens seja um dispositivo de formação de imagens digital.  
20 Em outras modalidades, um dispositivo de formação de imagens pode ser fornecido separadamente e não incluído no sistema. Nestas modalidades, pode ser fornecida uma interface que permita que diversos outros componentes ou modificações do sistema, tal como, componente de  
25 identificação de assinatura, interajam com o dispositivo de formação de imagens separado.

O dispositivo de formação de imagens 1800 interage com o componente de identificação de assinatura 1801 para identificar uma unidade folicular, um marcador ou outro  
30 objeto. O componente de identificação de assinatura 1801

pode consistir em um programa de software com código armazenado em um disco portátil, um disco rígido ou outra memória. O código pode interagir com um sistema de computador 1810 que inclui, por exemplo, um processador 5 1807 para identificar as características distintas de uma unidade folicular, um marcador ou outro objeto. Alternativamente, o componente de identificação de assinatura 1801 pode ser incorporado em uma plataforma de hardware, por exemplo, arranjo de portas programável em 10 campo ("FPGA" - Field-Programmable Gate Array) ou circuito integrado de aplicação específica ("ASIC" - Application-Specific Integrated Circuit) e interage com um sistema de computador 1810 ou um processador 1807. O sistema de computador 1810 ou processador 1807 interage com o 15 dispositivo de formação de imagens 1800 através de uma interface 1811. A interface pode incluir portas de hardware, cabos, condutores e outros meios de transmissão de dados, ou pode compreender um programa de computador.

Conforme discutido acima, o tipo, o calibre, o 20 comprimento, o ângulo de emergência, a área, a cor e/ou qualquer combinação dos mesmos pode ser usada para definir a "assinatura" única de uma unidade folicular ou outra característica ou objeto. Quaisquer outras características ou "marcas" podem ser usadas conforme adequado à aplicação 25 particular. O programa de identificação de assinatura 1801 analisa a imagem a partir do dispositivo de formação de imagens, identifica as características de uma unidade folicular ou outra característica e rotula eletronicamente a unidade folicular ou outra característica com uma 30 assinatura eletrônica.

Quando duas ou mais fotografias estão disponíveis, em determinadas modalidades de acordo com os métodos descritos no presente documento, o componente vetorial 1802 pode ser usado para ajudar o sistema de rastreamento no rastreamento de uma unidade folicular ou outra característica. O componente vetorial 1802 pode consistir em um programa de software ou hardware que interage com um sistema de computador 1810 que inclui um processador 1807 para analisar o movimento da unidade folicular. O componente vetorial 1802 recebe as informações de local para uma característica conhecida. A característica conhecida pode ter sido identificada pela unidade de identificação de assinatura 1801, por exemplo. A informação de local é com base no local da característica conhecida nas fotografias. O componente vetorial 1802 utiliza a informação de local para calcular um vetor da característica conhecida.

As informações a partir do componente vetorial 1802 podem ser usadas para rastrear uma unidade folicular ou outra característica com o uso do sistema de rastreamento 1803. O sistema de rastreamento 1803 pode incluir uma base robótica 1808 e um braço 1809, um mecanismo de ajuste de movimento no dispositivo de formação de imagens, código para apresentação de uma imagem ou uma parte de uma imagem em uma tela ou qualquer outro mecanismo para o rastreamento de um objeto entre múltiplas fotografias. Se a unidade de rastreamento compreender um braço robô 1809, o dispositivo de formação de imagens 1800 e uma ferramenta de coleta ou implante 1806 podem ficar localizados na extremidade do braço robô 1809. O vetor a partir do componente vetorial 1802 pode ser usado para mover o sistema de rastreamento

1803 na direção de movimento das fotografias para manter a unidade folicular alvo ou outra característica na fotografia ativa.

Em uma modalidade, um componente de identificação de marcador 1804 é usado para identificar os marcadores nas fotografias. O componente de identificação de marcador pode consistir, por exemplo, em um programa de software, ou pode ser incorporado em hardware, conforme mencionado acima em referência a outros componentes, que interage com o sistema de computador 1810 que inclui o processador 1807. Este componente de identificação de marcador também pode ser uma parte do componente de identificação de assinatura 1801.

Em outra modalidade, um sistema para o rastreamento de uma característica de interesse compreende uma interface, tal como interface 1811, adaptada para receber uma pluralidade de imagens a partir de um dispositivo de formação de imagens (o qual pode não ser incluído em um próprio sistema), um componente de identificação de assinatura, tal como 1801, e um sistema de referência de marcador 1805. O sistema de referência de marcador 1805 recebe as informações que correspondem a um marcador, uma unidade folicular ou outra característica identificada pelo componente de identificação de assinatura 1801 em uma primeira imagem e define um quadro de referência que corresponde ao marcador. Então, determina se o marcador está em uma segunda imagem, e ajusta o quadro de referência que corresponde a uma mudança de posição do marcador entre as imagens. O sistema pode incluir os dados armazenados na memória, que inclui um disco portátil, um disco rígido, memória flash, ou qualquer outro meio de memória. Também

pode incluir um processador independente do processador 1807 ou pode utilizar o mesmo processador 1807.

Os componentes acima, que incluem o componente de identificação de assinatura, o componente vetorial, o sistema de rastreamento, o sistema de identificação de marcador e o sistema de referência de marcador pode ser parte de um componente de software ou hardware, ou pode compreender múltiplos programas e módulos de software e hardware. Cada módulo pode ser separável a partir de qualquer outro módulo ou todos os módulos podem ser formados de maneira inteiriça em um dispositivo ou circuito integrado. Em diversas modalidades e métodos descritos no presente documento, alguns destes componentes podem ser opcionais.

Embora uma modalidade possa incluir a análise de uma superfície do corpo, o sistema e método acima podem rastrear qualquer objeto e atualizar automaticamente um quadro ou calcular um vetor de movimento com base em qualquer objeto ou conjunto de objetos. Os objetos que podem ser rastreados incluem objetos aéreos, objetos que se movem ao longo de uma superfície, objetos que se movem na terra ou qualquer outro objeto que precisa ser identificado ou rastreado.

As diversas modalidades descritas acima são fornecidas somente a título de ilustração e não deveriam ser construídas para limitar a invenção reivindicada. Os versados na técnica irão reconhecer prontamente as diversas modificações e alterações que podem ser feitas na invenção reivindicada sem acompanhar as modalidades de exemplo e as aplicações ilustradas e descritas no presente documento, e

sem que se desvie do escopo e espírito verdadeiro da invenção reivindicada, os quais são apresentados nas seguintes reivindicações.

**REIVINDICAÇÕES**

1. Método para o rastreamento de uma unidade folicular, **CARACTERIZADO** por compreender:

identificar uma unidade folicular (704, 705, 706, 707)  
5 em uma primeira imagem de uma superfície do corpo (500) que contém as unidades foliculares, a primeira imagem sendo capturada em um primeiro momento no tempo;

computar uma assinatura da unidade folicular (704, 705, 706, 707) na primeira imagem e capturar uma segunda  
10 imagem da superfície do corpo (500) em um segundo momento no tempo;

computar um vetor de movimento (1401) associada com o movimento da superfície do corpo (500) a partir da primeira imagem e uma segunda imagem da mesma superfície do corpo  
15 (500);

definir uma região de busca de acordo com e em direção ao vetor de movimento (1401) em que a região de busca compreende uma área dentro de uma distância predeterminada a partir do vetor de movimento (1401)

20 buscar pela assinatura da unidade folicular na região de busca para rotular a unidade folicular na segunda imagem.

2. Método, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** por compreender ainda, identificar ao menos  
25 um marcador (301, 401, 501, 601, 701) na primeira imagem e na segunda imagem, e em que a computação do vetor de movimento compreende computar o vetor de movimento que corresponde a uma mudança de posição do ao menos um marcador a partir da primeira imagem à segunda imagem.

30 3. Método, de acordo com a reivindicação 2,

**CARACTERIZADO** pelo fato de que existem ao menos três marcadores (301, 302, 303, 304) na primeira imagem.

4. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 2 ou 3, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o ao menos um marcador (301, 302, 303, 304) compreende uma ou mais dentre outra unidade folicular, uma mancha, uma cicatriz, uma sarda, uma ruga, uma saliência ou uma depressão da superfície do corpo.

5. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 2 a 4, **CARACTERIZADO** por compreender uma pluralidade de marcadores na primeira imagem e em que a identificação do ao menos um marcador em uma primeira imagem compreende identificar uma nuvem de pontos.

6. Método, de acordo com a reivindicação 5, **CARACTERIZADO** por compreender ainda calcular um centróide (910) da nuvem de pontos.

7. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 6, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a computação de uma assinatura da unidade folicular em uma primeira imagem compreende identificar um ou mais dentre um comprimento, um tipo, um calibre, um ângulo de emergência, uma área, um formato ou uma cor da unidade folicular.

8. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 7, **CARACTERIZADO** por compreender ainda rotular o ao menos um marcador na primeira imagem e rotular o ao menos um marcador na segunda imagem com o mesmo rótulo que na primeira imagem mediante a procura do ao menos um marcador na segunda imagem na direção apontada pelo vetor de movimento.

9. Método, de acordo com qualquer uma das

reivindicações 1 a 8, **CARACTERIZADO** por compreender ainda  
computar um segundo vetor de movimento a partir da primeira  
imagem e da segunda imagem e utilizar, adicionalmente, o  
segundo vetor de movimento na rotulação da unidade  
5 folicular na segunda imagem.

10. Método, de acordo com qualquer uma das  
reivindicações 1 a 9, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o  
vetor de movimento é computado com o uso de uma ou mais  
dentre as técnicas de estabilização de imagem de plano de  
10 bits com código Gray, técnicas de estabilização de imagem  
de busca embloco.

11. Método, de acordo com qualquer uma das  
reivindicações 1a 10, **CARACTERIZADO** por compreender ainda  
mover um dispositivo de captura de imagem de acordo com o  
15 vetor de movimento para manter a unidade folicular em um  
campo de visão do dispositivo de captura de imagem.

12. Método, de acordo com qualquer uma das  
reivindicações 2 a 11, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a  
identificação do ao menos um marcador compreende associar os  
20 identificadores eletrônicos com o ao menos um marcador,  
eletronicamente marca-los e armazená-los em uma memória.

13. Método, de acordo com qualquer uma das  
reivindicações 2 a 12, **CARACTERIZADO** por compreender ainda,  
desconsiderar qualquer marcador na segunda imagem  
25 inconsistente com seu local na primeira imagem de acordo  
com o vetor de movimento.

14. Método, de acordo com qualquer uma das  
reivindicações 1 a 13, caracterizado por compreender a  
comparação de uma série de pixels ou regiões de interesse  
30 entre a primeira e a segunda imagem.

15. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a definição da região de busca compreende especificar um ângulo que define a região de busca em ambos os lados do vetor de movimento.

5 16. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 15 **CARACTERIZADO** por compreender ainda, dividir a primeira e segunda imagens em uma pluralidade de primeira e segunda sub-imagens, e computar uma pluralidade de vetores de movimento a partir da primeira e segunda sub-  
10 imagens.

17. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 2 a 16, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o método compreende ainda definir um quadro de referência que corresponde a ao menos um marcador.

15 18. Sistema para o rastreamento de uma unidade folicular sobre uma superfície do corpo, o sistema **CARACTERIZADO** por compreender:

um componente de identificação de assinatura (1801), em que o componente de identificação de assinatura (1801)  
20 identifica as informações de assinatura sobre a unidade folicular em uma primeira imagem da superfície do corpo que contém as unidades foliculares, a primeira imagem capturada em um primeiro momento no tempo;

um componente vetorial (1802), em que o componente  
25 vetorial (1802) calcula um vetor de movimento (1401) associada com o movimento da superfície do corpo (500) entre um primeiro momento no tempo e um segundo momento no tempo; e

um sistema de rastreamento (1803) para a) receber os  
30 dados que correspondem ao vetor de movimento (1401),

definir a região de busca de acordo com e em direção ao vetor de movimento (1401), em que a região de busca compreende uma área dentro de uma distância pré-determinada do vetor de movimento (1401) e c) rotular a unidade folicular na segunda imagem capturada em um segundo momento no tempo pela busca das informações de assinatura da unidade folicular na região de busca.

19. Sistema, de acordo com a reivindicação 18, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o sistema de rastreamento (1803) compreende um dispositivo (905, 1800) de formação de imagens para a captura de imagens da superfície do corpo e em que o sistema é adicionalmente programado para mover o dispositivo de formação de imagens com base no vetor de movimento (1401).

20. Sistema, de acordo com qualquer uma das reivindicações 18 ou 19, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o componente de identificação de assinatura, o componente vetorial e o sistema de rastreamento são parte de um único produto de software ou hardware.

21. Sistema, de acordo com qualquer uma das reivindicações 18 a 20 , **CARACTERIZADO** por compreender ainda um componente de identificação de marcador (1804) e em que o componente de identificação de marcador consiste em uma parte do componente de identificação de assinatura.

22. Sistema, de acordo com qualquer uma das reivindicações 18 a 21 , **CARACTERIZADO** pelo fato de que um ou mais dentre o componente de identificação de assinatura, o componente vetorial e o componente de rastreamento compreende um processador (1807) conectado a ao menos um dentre memória e o dispositivo (1800) de formação de

imagens.

23. Sistema, de acordo com qualquer uma das reivindicações 18 a 22 , **CARACTERIZADO** pelo fato de que o sistema consiste em um sistema robótico que compreende, 5 adicionalmente, um braço robótico (1809).

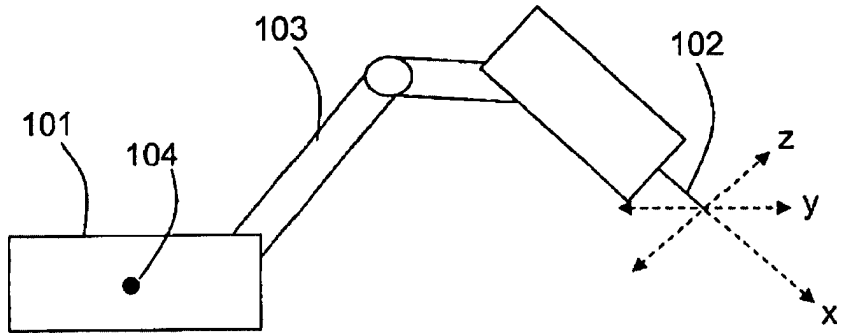


Fig. 1

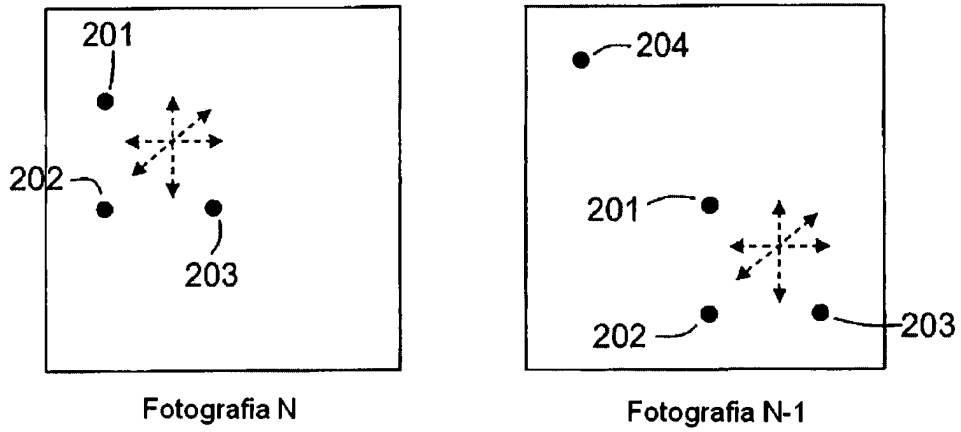


Fig. 2

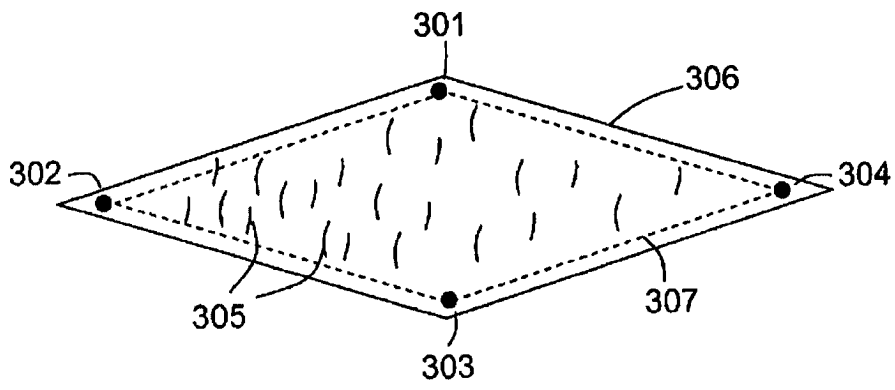


Fig. 3

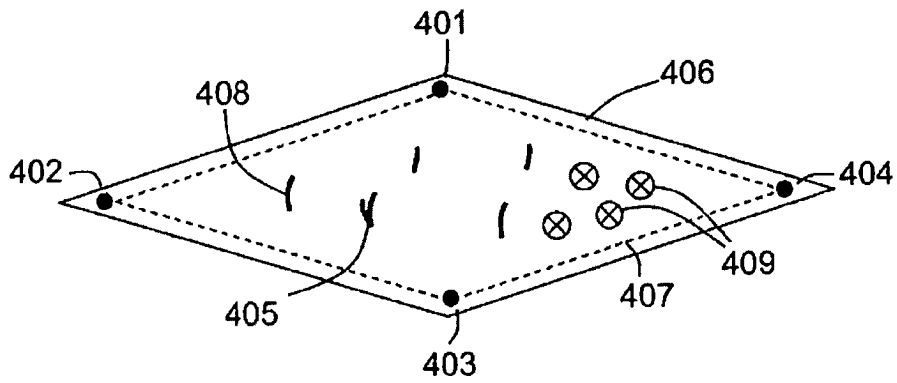


Fig. 4

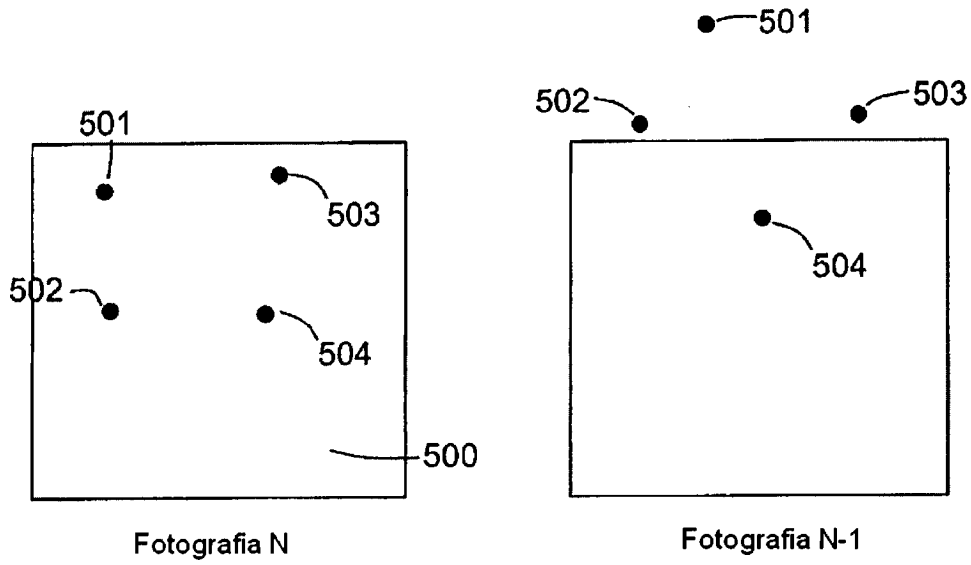


Fig. 5

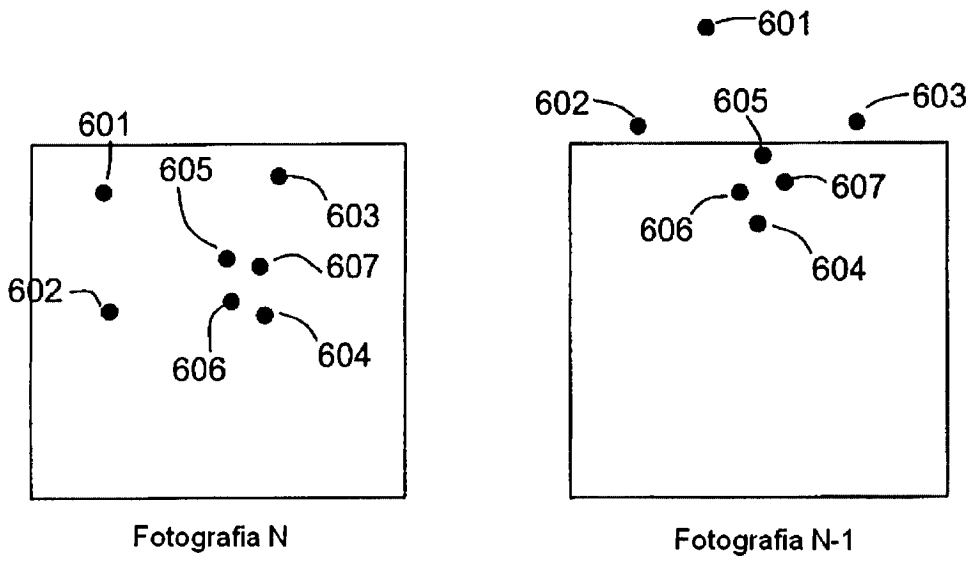


Fig. 6

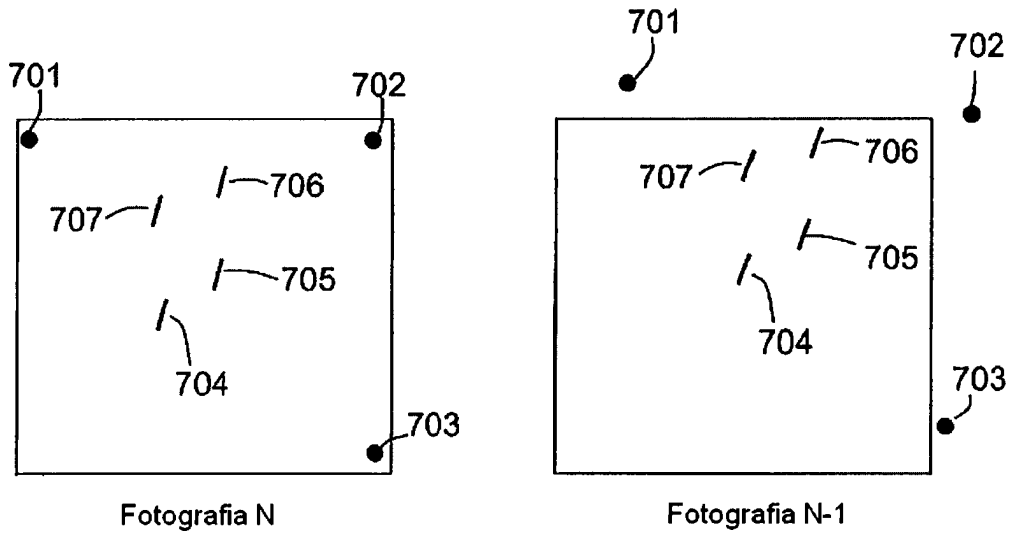


Fig. 7

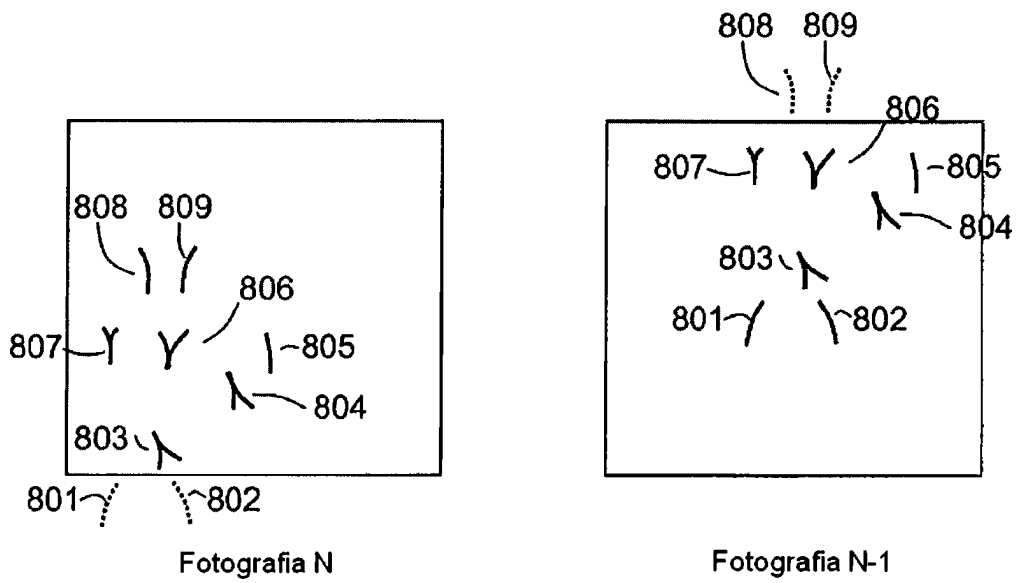


Fig. 8

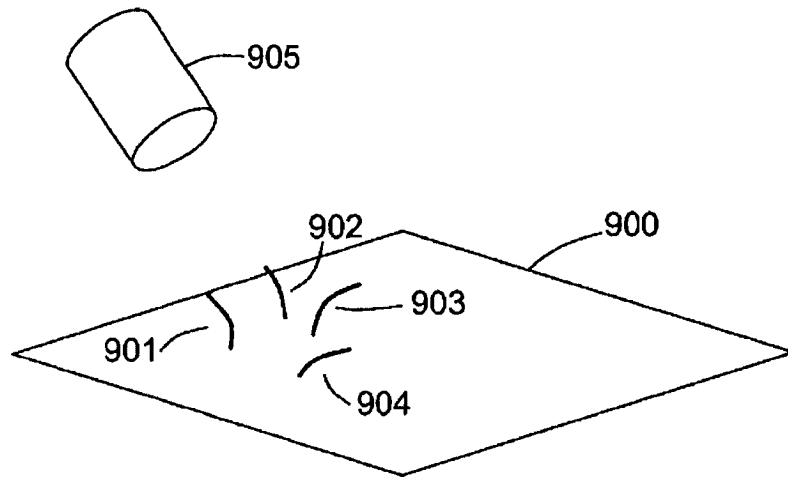


Fig. 9A

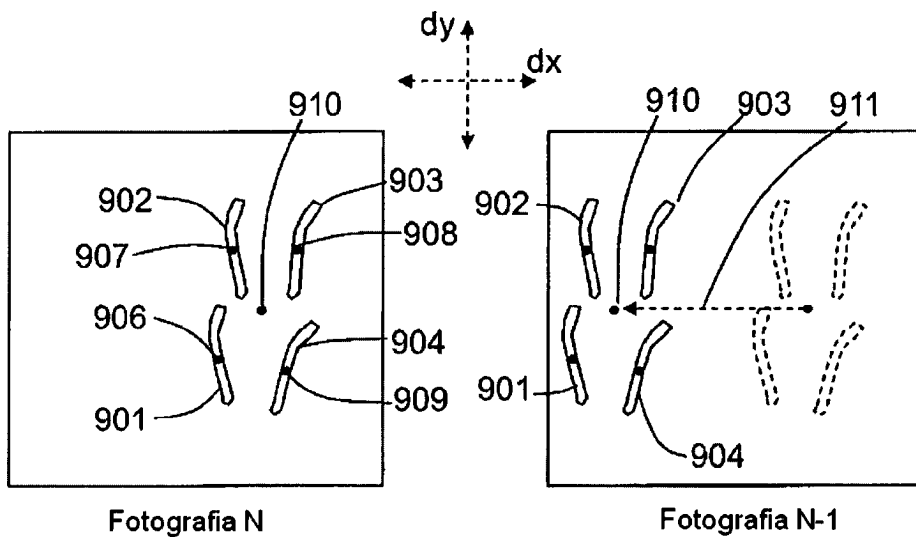


Fig. 9B

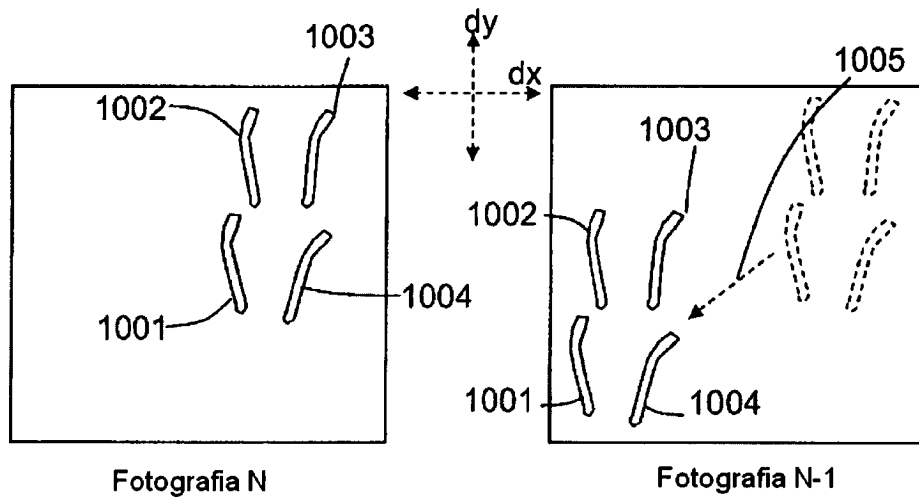


Fig. 10

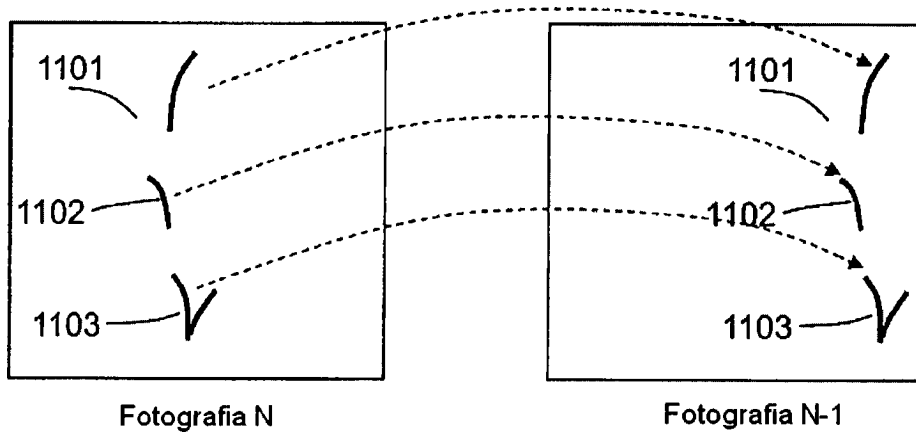


Fig. 11

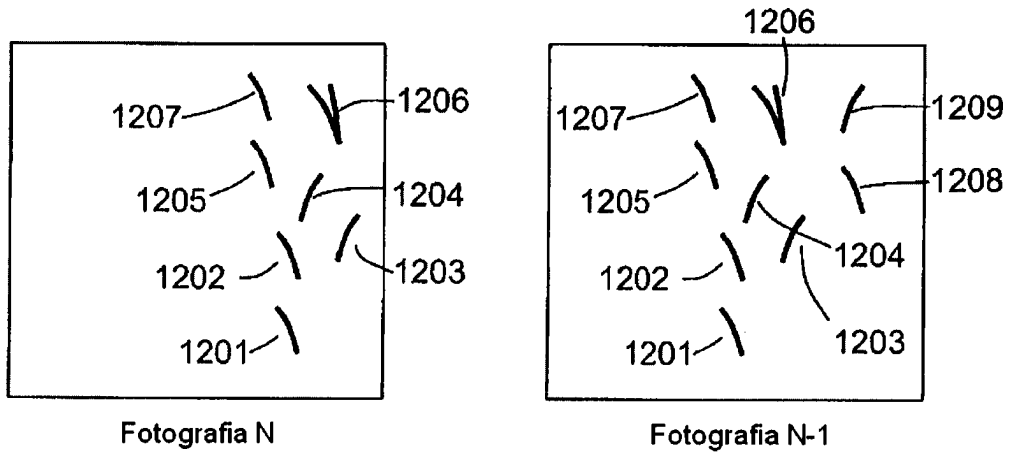


Fig. 12

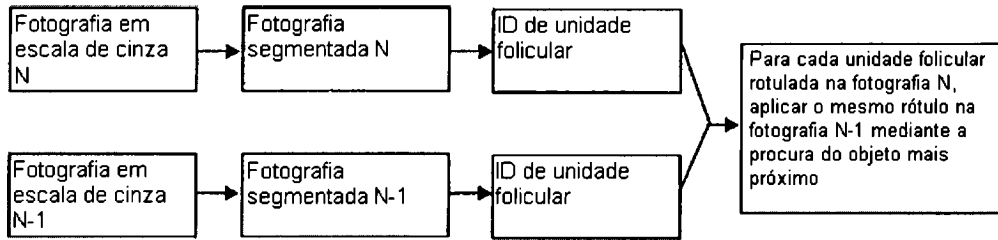


Fig. 13A

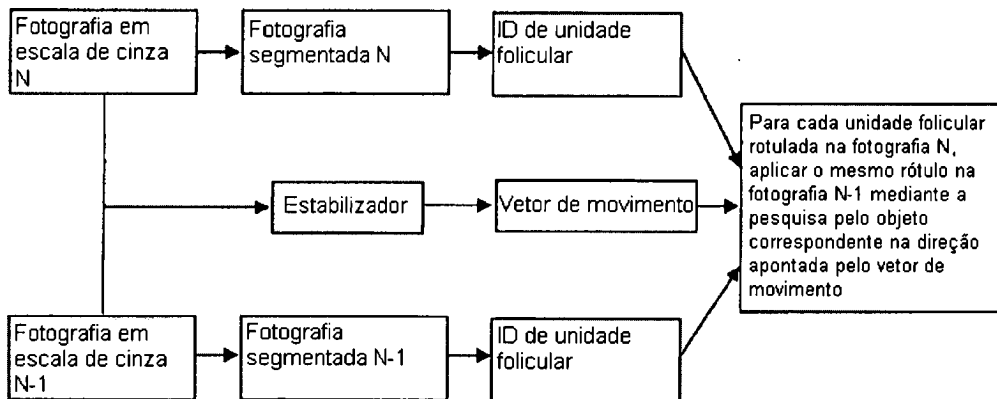


Fig. 13B

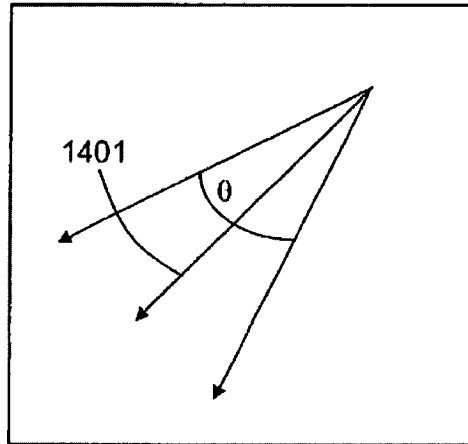


Fig. 14

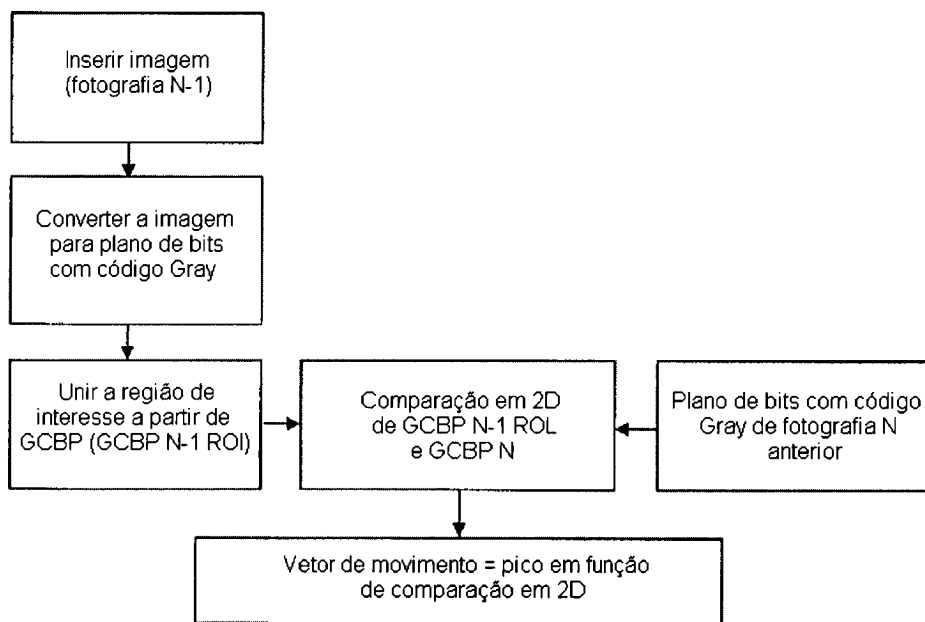


Fig. 15

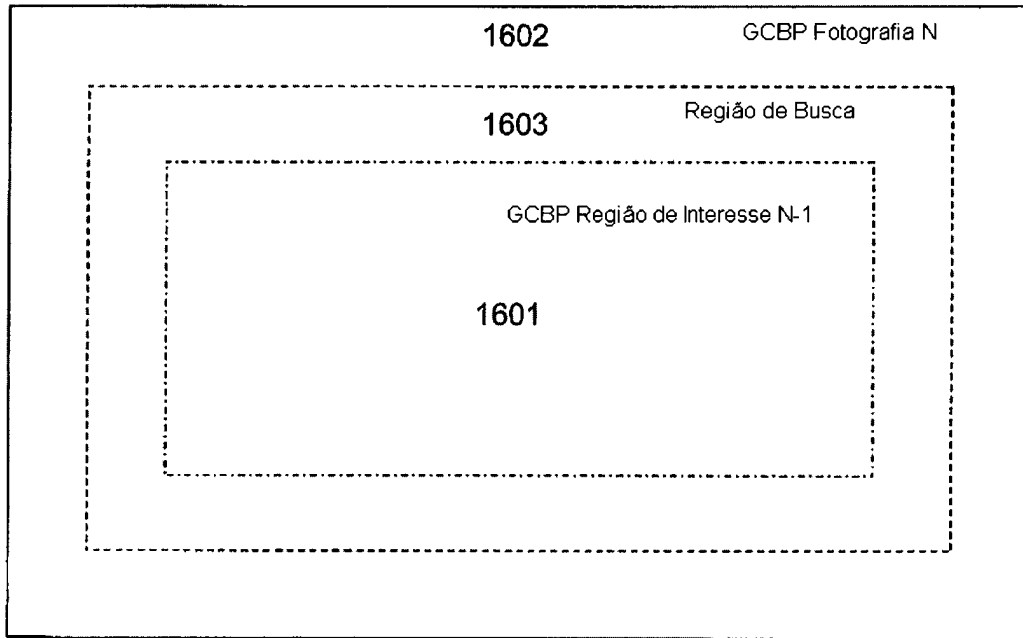


Fig. 16

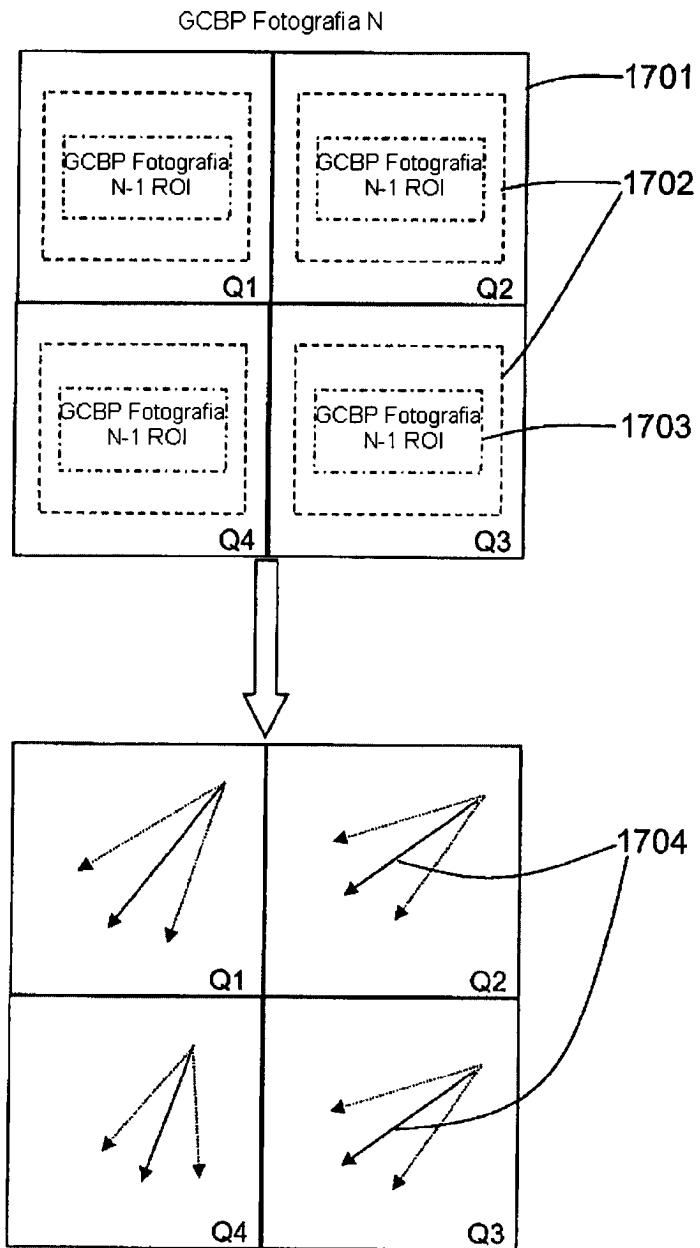


Fig. 17

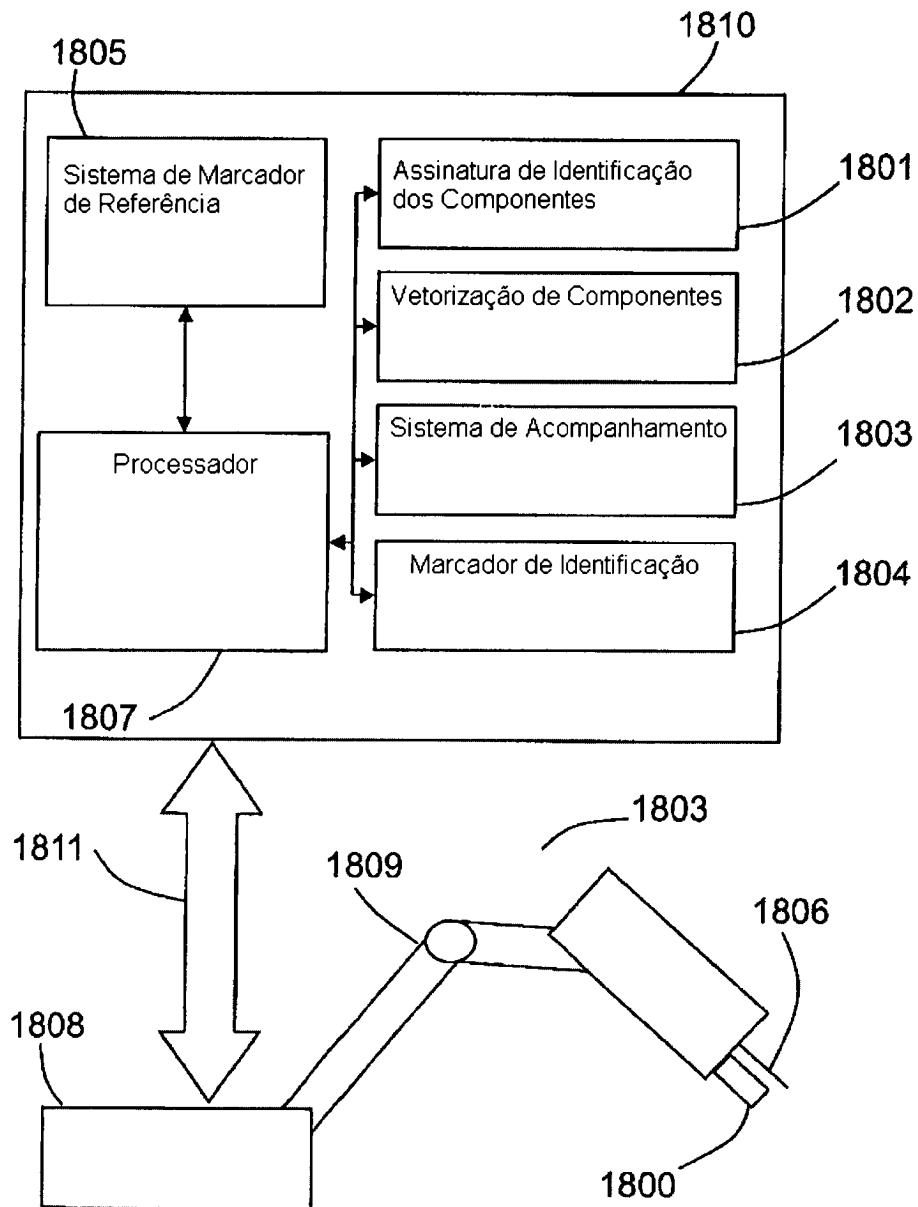


Fig. 18