República Federativa do Brasil
Ministério do Desenvolvimento, Indústria e do Comércio Exterior
Instituto Nacional da Propriedade Industrial.

(21) **PI0614619-8 A2**

BRPI0614619A2

(22) Data de Depósito: 26/07/2006
(43) Data da Publicação: 12/04/2011
(RPI 2101)

(51) Int.Cl.:
A61B 3/10

(54) Título: **SISTEMA E MÉTODOS ASSOCIADOS DE POSICIONAMENTO DE DISPOSITIVO OFTÁLMICO**

(30) Prioridade Unionista: 29/07/2005 US 60/703,618

(73) Titular(es): ALCON REFRACTIVEHORIZONS, INC.

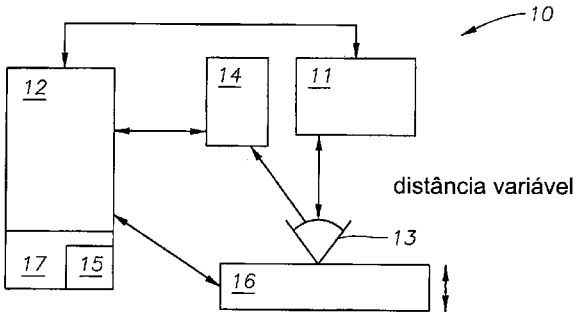
(72) Inventor(es): John A. Campin, John J. Bowes

(74) Procurador(es): Dannemann ,Siemsen, Bigler & Ipanema Moreira

(86) Pedido Internacional: PCT US2006029169 de 26/07/2006

(87) Publicação Internacional: WO 2007/016231de 08/02/2007

(57) Resumo: SISTEMA E MÉTODOS ASSOCIADOS DE POSICIONAMENTO DE DISPOSITIVO OFTÁLMICO. A presente invenção refere-se a um sistema e um método para determinar uma posição ótima de um olho, relativa a um dispositivo oftálmico, são descritos. Uma concretização do método inclui receber dados compreendendo uma imagem de uma superfície de um olho, com o olho em uma primeira posição relativa a um dispositivo oftálmico. Uma característica de borda na imagem é localizada, e um cálculo de agudeza na característica de borda é feito, usando um algoritmo predeterminado para obter um valor de agudeza. A superfície do olho é então ajustada a uma segunda posição, relativa ao dispositivo oftálmico, e as etapas prévias são repetidas até que o valor de agudeza seja maximizado, que é uma indicação de que uma posição do olho ótima foi obtida. Uma concretização do sistema inclui um processador e um pacote de software executável pelo processador, o pacote de software adaptado para fazer os cálculos, como indicados acima. Meios são também proporcionados para ajustar a superfície do olho a uma segunda posição relativa ao dispositivo oftálmico.



Relatório Descritivo da Patente de Invenção para **"SISTEMA E MÉTODOS ASSOCIADOS DE POSICIONAMENTO DE DISPOSITIVO OFTÁLMICO".**

Campo Técnico da Invenção

A presente invenção refere-se a sistemas e métodos para realizar medidas de frente de onda corneana e cirurgia corneana auxiliada por laser, e, mais particularmente, a esses sistemas e métodos para otimizar um foco do olho sofrendo tal cirurgia.

Antecedentes da Invenção

É conhecido na técnica como realizar ablação corneana por meio de cirurgia de laser refrativo orientado por frente de onda. Tipicamente, um sensor de frente de onda mede um mapa de aberração e a sua posição relativa às referências anatômicas, que podem ser aspectos intrínsecos ou aplicados externamente. Os dados de aberração, algumas vezes juntamente com informações de registro geométrico, podem ser transferidos diretamente para um laser de excímero de tratamento, que é tipicamente usado para conduzir a ablação.

Em dispositivos oftálmicos, o posicionamento de um dispositivo de medida ou ablação a uma distância conhecida de, e corretamente alinhado com, um olho, de modo que o dispositivo possa ser terapeuticamente eficaz, é de grande importância. Em alguns sistemas, o olho deve ser centralizado e em foco claro para interação da imagem com um operador. Pode ser também importante que um feixe de laser chegue a focalizar um plano predeterminado com relação ao olho, por exemplo, em um sistema de laser de excímero, ou tenha o olho posicionado para uma medida eficaz subseqüente do olho, por exemplo, uma medida de frente de onda.

Entre as técnicas conhecidas para auxiliar no posicionamento de um dispositivo oftálmico estão a ruptura de uma pluralidade de feixes de luz, tais como feixes de luz infravermelha, pelo ápice corneano, e a projeção na córnea de uma pluralidade de feixes de luz, que pode ser analisada subseqüentemente automaticamente ou por um operador, para determinar a precisão do posicionamento do olho. Se o olho for considerado como não estado

em uma posição terapeuticamente eficaz, então o dispositivo e/ou cabeça/olho pode(m) ser movimentado(s) de modo a reposicionar o olho otimamente ou dentro de tolerâncias definidas aceitáveis.

As abordagens atuais conhecidas para solucionar o problema de posicionamento são tipicamente sujeitas a erro e requerem intervenção por um operador e/ou hardware adicional. Portanto, seria vantajoso proporcionar um sistema e um método para aperfeiçoar a precisão e a automação em alinhamento de olho, sem a necessidade para intervenção de operador humano ou hardware adicional.

Sumário da Invenção

A presente invenção é dirigida a um sistema e a um método para determinar uma posição ótima de um olho, relativa a um dispositivo oftálmico. Uma posição ótima pode ser qualquer posição que coloque o olho de modo que o dispositivo oftálmico possa ser terapeuticamente eficaz para o que foi projetado. O posicionamento ótimo pode incluir o posicionamento do olho, de modo que o dispositivo oftálmico possa chegar aos limites das suas tolerâncias de projeto, bem como em qualquer parte nos dispositivos oftálmicos projetados para uma faixa terapeuticamente eficaz. Por exemplo, uma posição ótima pode ser uma posição na qual uma imagem de uma característica selecionada do olho fique em um melhor foco obtenível com o dispositivo oftálmico dentro de quaisquer restrições de posicionamento incremental. Uma concretização do método da presente invenção compreende a etapa de receber dados compreendendo uma imagem de uma superfície de um olho, a uma primeira posição relativa a um dispositivo oftálmico. Uma característica de borda na imagem é localizada, e um cálculo de agudeza na característica de borda é feito usando um algoritmo predeterminado, para produzir um valor de agudeza. A superfície do olho é então ajustada a uma segunda posição relativa ao dispositivo oftálmico, e as etapas anteriores são repetidas até que o valor de agudeza seja maximizado, com base no algoritmo predeterminado, que é uma indicação que uma posição ótima do olho foi alcançada. No caso de um parâmetro de focalização, por exemplo, um ajuste de posicionamento pode ser feito incrementalmente em uma primeira direção,

até que um valor de agudeza atinja um valor máximo e então comece a diminuir, indicando que a posição focal ótima foi passada. Um ajuste de posicionamento em uma segunda direção, oposta à primeira, pode ser feito para retornar para a posição na qual o valor de agudeza foi determinado ter atingido o valor máximo.

Uma concretização do sistema para determinar uma posição ótima de um olho, relativa a um dispositivo oftálmico, de acordo com a presente invenção, pode compreender um processador e um pacote de software executável pelo processador. O pacote de software é adaptado para conduzir os cálculos como indicado acima. Meios são também proporcionados para ajustar a superfície do olho em uma segunda posição, relativa ao dispositivo oftálmico. O pacote de software então recebe novos dados de imagem no olho na segunda posição, e as etapas de cálculo são repetidas até que o valor de agudeza seja maximizado, de acordo com um algoritmo predeterminado. A maximização do valor de agudeza é uma indicação de que uma posição ótima do olho foi obtida.

As concretizações do sistema e do método da presente invenção têm uma vantagem de que nenhum hardware adicional é requerido, se o dispositivo oftálmico já compreender meios para formação de imagem da superfície do olho e para captura dessa imagem. Um elemento adicional pode compreender um pacote de software, para computar a centralização e a posição focal ótimas, e para indicar um movimento necessário do dispositivo oftálmico, ou dirigir a posição do dispositivo oftálmico dependendo da presença de uma capacidade de posicionamento automático.

Nos casos nos quais se deseja que o software ou um operador interaja com a imagem, é preferível que as características na imagem sejam as mais agudas possíveis, dentro dos limites do dispositivo oftálmico. As concretizações da presente invenção podem otimizar o foco por maximização da clareza das características na imagem.

Os aspectos que caracterizam a invenção, tanto na organização quanto no método operacional, juntamente com outros objetos de vantagens dela, vão ser melhor entendidos da descrição apresentada a seguir, utilizada

em conjunto com os desenhos em anexo. Deve-se entender expressamente que o desenho é com a finalidade de ilustrar e descrever e não é intencionado para ser uma definição dos limites da invenção. Esses e outros objetos alcançados, e as vantagens oferecidas, pela presente invenção vão ficar mais inteiramente evidentes na medida em que a descrição, que se segue, for lida em conjunto com os desenhos em anexo.

Breve Descrição das Várias Vistas dos Desenhos

Um entendimento mais completo da presente invenção e das suas vantagens pode ser obtido por referência à descrição abaixo, feita em conjunto com os desenhos em anexo, nos quais os números de referência similares indicam características similares, e em que:

a Figura 1 é uma representação esquemática de uma concretização do sistema de posicionamento de olho da presente invenção;

as Figuras 2A e 2B proporcionam um fluxograma de uma concretização exemplificativa do método da presente invenção, para o caso de um algoritmo de agudeza de transformação de Fourier rápida;

a Figura 3 é uma imagem em foco de um olho;

as Figuras 4A - 4J são imagens de olho variando de mais agudas para mais embaçadas (Figuras 4A - 4B), juntamente as representações gráficas de transformação de Fourier rápida correspondentes (Figuras 4F - 4J);

a Figura 5 é uma representação gráfica da variação no conteúdo espectral de freqüências média e superior versus o nível de embaçamento de imagem; e

as Figuras 6A - 6C são imagens de olho, incluindo cílios e pálpebras, mostrando a diferença entre embaçamento mínimo (Figura 6A) e o embaçamento máximo (Figura 6C), usados na Figura 5.

Descrição Detalhada da Invenção

Uma descrição das concretizações preferidas da presente invenção vai ser apresentada a seguir, com referência às Figuras 1 - 6C. Uma concretização exemplificativa do sistema de posicionamento de olho 10 é ilustrada esquematicamente na Figura 1, e um método exemplificativo 100 nas Figuras 2A e 2B.

Uma concretização 100 do método, para determinar uma posição ótima (terapeuticamente eficaz) de um olho relativo a um dispositivo oftálmico 11, compreende a etapa de receber dados em um processador 12 (bloco 102). Os dados compreendem uma imagem de uma superfície de um olho 13, que foi coletada com, por exemplo, uma câmara de vídeo, uma câmara digital, um câmara de imagem parada ou um capturador de imagem de vídeo 14, em comunicação com o processador 12. A imagem é coletada com o olho em uma primeira posição relativa ao dispositivo oftálmico 11 (bloco 101). O dispositivo oftálmico 11 pode ser, por exemplo, e sem limitação, um microceratótomo a laser de femtossegundos, um laser de tratamento, tal como um laser de excímero, um aberrômetro, ou qualquer outro dispositivo oftálmico como do conhecimento daqueles versados na técnica, para os quais posicionamento preciso de um olho pode ser requerido.

Um pacote de software 15, que pode ser residente em uma memória 17 (aqui mostrada como parte do processador 12), inclui um segmento de código para localizar uma característica de borda na imagem (bloco 103). A memória 17 pode ser uma memória separada acoplada operacionalmente ao processador 12, ou pode ser uma parte integral do processador 12. A característica de borda pode incluir, mas não é intencionada para ser limitada a, vaso sangüíneo escleral ou uma característica do íris. Considera-se que uma imagem bem focalizada do olho tem bordas relativamente agudas, e, desse modo, que a característica do olho selecionada é mais claramente definida quando a imagem está em foco. Quando a imagem está um pouco fora de foco, a imagem é atenuada e as bordas dessas características ficam menos claras. Além disso, quando a imagem tem bordas claramente definidas, então a quantidade de informações de alta freqüência na imagem é mais alta.

O processador 12 (circuito de controle) pode ser um único dispositivo de processamento ou uma pluralidade de dispositivos de processamento. Esse dispositivo de processamento pode ser um microprocessador, um microcontrolador, um processador de sinal digital, um microcomputador, uma unidade de processamento central, um arranjo de circuitos de campos

programáveis, máquina de estado, conjunto de circuitos lógicos, conjunto de circuitos analógicos, conjunto de circuitos digitais, e/ou qualquer dispositivo que manipule sinais (analógicos e/ou digitais) com base nas instruções operacionais. A memória 17 acoplada ao processador 12 ou circuito de controle pode ser um dispositivo de memória única ou uma pluralidade de dispositivos de memória. Esse dispositivo de memória pode ser uma memória exclusiva de leitura, uma memória de acesso aleatório, uma memória volátil, uma memória não volátil, uma memória estática, uma memória dinâmica, uma memória instantânea, uma memória cache, e/ou qualquer dispositivo que armazene informações digitais. Notar que quando o microprocessador ou circuito de controle implementa uma ou mais das suas funções por meio de uma máquina de estado, conjunto de circuitos analógicos, conjunto de circuitos digitais e/ou conjunto de circuitos lógicos, a memória armazenando as instruções operacionais correspondentes pode ser embutida dentro do, ou externa ao, conjunto de circuitos compreendendo a máquina de estado, conjunto de circuitos analógicos, conjunto de circuitos digitais e/ou conjunto de circuitos lógicos. A memória armazena, e o microprocessador ou circuito de controle executa, instruções operacionais (por exemplo, o pacote de software 15) correspondente a pelo menos algumas das etapas e/ou funções ilustradas e descritas em associação com as Figuras 2A e 2B.

O pacote de software 15 pode também compreender um segmento de código operável para fazer com que o processador 12 execute um cálculo de agudeza na característica de borda, usando um algoritmo predeterminado de função de agudeza, para produzir um valor de agudeza. O algoritmo de função de agudeza é selecionado no bloco 104. O algoritmo pode incluir, mas não é intencionado para ser limitado a, uma estimativa de variância de nível de cinza da imagem e de amplitude, uma computação de uma diferença de intensidade entre as regiões adjacentes da imagem, uma abordagem com base em histograma, uma máscara de detecção de borda, tal como uma laplaciana, e uma função de transformação de Fourier. O algoritmo de função de agudeza pode ser selecionado, por exemplo, com base nos atributos de imagem, na freqüência com a qual o algoritmo vai ser aplicado,

e/ou nos requisitos de precisão.

Como um exemplo dos critérios usados para seleção de um algoritmo, as abordagens com base em transformação de Fourier produzem uma grande quantidade de dados detalhados, e funções muito sofisticadas podem ser desenvolvidas e sintonizadas finamente, para abordar otimamente um problema definido. No entanto, as transformações de Fourier de grandes imagens requerem um número significativo de computações, e a quantidade relativamente grande de tempo despendido para executar o processamento pode ser problemática em certas aplicações.

Contrariamente, as funções das diferenças de intensidades de pixels, tais como:

$$\Sigma|I(x,y) - I(x,y - 1)| + \Sigma|I(x,y) - I(x + 1, y)|$$

têm resultados computacionais relativamente mínimos, mas carecem de flexibilidade da abordagem de base Fourier. Portanto, diferentes funções podem ser preferidas, dependendo dos detalhes e requisitos das implementações específicas. Essas diferentes funções são conhecidas daqueles versados na técnica e não são consideradas dentro do escopo da presente invenção.

Embora não intencionada com uma limitação, uma abordagem de base Fourier vai ser a seguir discutida. Por computação de uma transformação de Fourier, tipicamente, uma transformação de Fourier rápida, da área ou áreas de interesse na imagem, a quantidade de informações presentes nas seqüências espaciais superiores pode ser determinada. Por ajuste da distância dispositivo - olho, de modo que o conteúdo de freqüência espacial alta seja maximizado, o foco da imagem pode ser otimizado, e, desse modo, a distância olho - dispositivo é também otimizada (por exemplo, o dispositivo oftálmico vai ser terapeuticamente eficaz para os limites do dispositivo).

A Figura 3 ilustra uma imagem típica de um olho capturada em um sensor de frente de onda. Esse olho é bem focalizado e as características escleral e da íris são claramente visíveis. Uma região de interesse é selecionada da imagem, e das imagens do mesmo olho em vários graus de

desfocalização (bloco 105). De preferência, uma área é selecionada que não contém pálpebras ou pestanas de olho. As regiões múltiplas podem ser usadas, se desejado, tais como as diferentes regiões da esclera (por exemplo, para a esquerda, direita, acima e abaixo da esclera), regiões da íris, ou combinações dessas. O pacote de software 15 pode também compreender um algoritmo para selecionar a(s) área(s) de interesse, o pode eliminar automaticamente artefatos na imagem, tais como imagens da fonte de luz.

Uma transformação de Fourier rápida (FFT) bidimensional é conduzida em cada uma das imagens (bloco 107). A característica dominante nas FFTs é o valor do centro morto ("DC") e aqueles valores próximos ao DC. Esses não são de interesse no presente caso, mas podem ser usados para normalizar os dados. As Figuras 4A - 4B são representações gráficas pseudocoloridas de cada uma das imagens, da mais aguda (Figura 4A) à mais embaçada (Figura 4E) e as FFTs correspondentes são proporcionadas nas Figuras 4F - 4J. Nesse cálculo exemplificativo, os tamanhos de FFTs usados são 256 x 512, embora isso não seja intencionado como uma limitação. Nessas representações gráficas, os dados próximos ao DC são eliminados, para fazer com que o teor de freqüências média e alta fique de uma visão mais fácil (bloco 108). Nessas representações gráficas, os componentes de freqüências mais alta estão no centro, e, desse modo, os dados de interesse ficam fora dos cantos. Pode-se notar que, na medida em que a imagem fica mais embaçada, as representações são mais planas fora dos cantos; isto é, há menos informações nas freqüências médias e altas.

Em uma concretização alternativa, uma função de enquadramento, tal como uma janela de Hamming, pode ser aplicada à ou às regiões de interesse, antes da FFT (bloco 106). Além de uma redução benéfica de artefatos harmônicos, que é obtida dessa operação, uma sensibilidade da invenção para a ligeira descentralização ou deslocamento da ou das regiões, que pode resultar do movimento do olho descompensado, pode ser reduzida. Esse benefício é alcançado, uma vez que os dados próximos da periferia da ou das regiões são atenuados maximamente pela função de enquadramento.

Em uma concretização exemplificativa, métricas podem ser computadas (bloco 109), compreendendo a integral pela FFT de uma freqüência inferior até a freqüência máxima nos dados. Os valores de freqüência inferiores são variados de modo a aumentar ou diminuir a quantidade de dados usados na computação da integral. Essas métricas são normalizadas de modo a que se tenha um valor de pico de 1,0, mostrado na representação gráfica da Figura 5. Pode-se notar que, quando apenas os componentes de mais alta freqüência são usados (*), a métrica é extremamente sensível a graus ainda menores de embaçamento. Esses dados são benéficos para a determinação precisa, quando o objeto está no melhor foco. No entanto, essa métrica não pode ser usada para discriminar entre as imagens com diferentes, mas níveis modestos de embaçamento, porque o valor fica eficazmente constante (a linha na Figura 5 é plana), após mesmo um pequeno grau de embaçamento. As integrais que incluem freqüências um pouco mais baixas mostram diferenças para cada imagem em níveis mais altos de embaçamento, e, desse modo, podem ser usadas para discriminar entre imagens mais embaçadas, mas são um pouco menores para o caso de embaçamento mínimo. As métricas ótimas, portanto, consideram esse tipo de variação e podem combinar informações de diferentes freqüências, de modo que podem ser usadas para discriminar entre ambos os níveis grandes e pequenos de embaçamento (bloco 110). Aqueles versados na técnica vão entender que esse exemplo de integração direta é apenas uma das muitas possíveis abordagens.

As Figuras 6A - 6C ilustram algumas imagens integrais em escala cinza, para ilustrar como uma pequena diferença, que aparece, fica entre as imagens inicial (Figura 6A) e a minimamente embaçada (Figura 6B). Isso mostra a extrema sensibilidade da invenção, quando considerando-se apenas as informações de freqüências mais altas. Também se mostra na Figura 6C o caso maximamente embaçado dos exemplos.

O exemplo aqui apresentado indica como os dados pós-FTT têm as informações necessárias para facilitar o posicionamento ótimo dispositivo - olho.

Em uso, as imagens da superfície do olho podem ser feitas várias vezes (por exemplo, se a posição desejada não for obtida) (bloco 11), com a superfície do olho 13 sendo ajustada a uma segunda posição relativa ao dispositivo oftálmico 11 (bloco 112), e as etapas anteriores são repetidas até que o valor de agudeza seja maximizado, o que é uma indicação de que a posição ótima do olho foi alcançada.

Uma vez que essa posição é determinada, o olho 13 é posicionado na posição determinada (bloco 113). O posicionamento do olho pode ser feito manual, ou automaticamente, sob controle do software 15 e do processador 12, por meios que são familiares àqueles versados na técnica, e que são intencionados para estarem dentro do escopo da presente invenção, tal como por uso de um dispositivo de posicionamento 16. Por exemplo, e sem limitação, o paciente pode ser posicionado manualmente, o dispositivo oftálmico pode ser posicionado manualmente, e/ou o dispositivo oftálmico ou uma mesa/cadeira (por exemplo, o dispositivo de posicionamento 16), no qual o paciente está sendo suportado, pode ser posicionado automaticamente por sistemas de controle mecânicos e elétricos, ou quaisquer combinações desses métodos. Uma vez que o olho está na posição desejada, um procedimento desejado pode ser feito no olho 13, usando o dispositivo oftálmico 11 (bloco 114).

Durante o procedimento, pode ser também desejável determinar que uma posição ótima do olho é mantida (bloco 115), usando o procedimento descrito acima, em cujo caso um ajuste adicional na posição do olho pode ser feito, se necessário (bloco 116).

Considera-se que erros de posicionamento podem ser exibidos para um operador, por exemplo, em unidades de comprimento. As informações podem ser também usadas para inibir ou interromper um procedimento, até que uma etapa de calibração seja conduzida. Além disso, as informações podem ser usadas para variar a distância dispositivo - olho a uma pequena quantidade conhecida em torno da posição ótima, antes de começar o procedimento, para relacionar os dados espectrais (pós-FTT) aos erros de distância.

Na descrição precedente, certos termos foram usados para brevidade, clareza e entendimento, mas nenhuma limitação desnecessária vai ser implicada neles além dos requisitos da técnica anterior, porque essas palavras são usadas para fins descritivos do presente relatório e são intencionados para serem considerados genericamente. Além do mais, as concretizações do aparelho ilustradas e descritas aqui são por meio de exemplo, e o escopo da invenção não é limitado aos detalhes construtivos exatos.

REIVINDICAÇÕES

1. Método para determinar uma posição ótima de um olho em relação a um dispositivo oftálmico, compreendendo as etapas de:

(a) receber dados compreendendo uma imagem de uma superfície de um olho, com o olho em uma primeira posição relativa a um dispositivo oftálmico;

(b) localizar uma característica de borda na imagem;

(c) executar um cálculo de agudeza da característica de borda, usando um algoritmo predeterminado para produzir um valor de agudeza;

(d) ajustar a superfície do olho a uma segunda posição relativa ao dispositivo oftálmico; e

(e) repetir as etapas (a) - (d), até que o valor de agudeza seja maximizado, indicando que uma posição do olho ótima foi obtida.

2. Método de acordo com a reivindicação 1, no qual a característica de borda é selecionada de um grupo consistindo em vaso sangüíneo escleral e uma característica de íris.

3. Método de acordo com a reivindicação 1, no qual o algoritmo predeterminado é selecionado de um grupo consistindo em uma estimativa de variância no nível de cinza e da amplitude da imagem, uma computação da diferença de intensidade entre as regiões adjacentes da imagem, uma abordagem baseada em histograma, uma máscara de detecção de borda, e uma função de transformação de Fourier.

4. Método de acordo com a reivindicação 3, que compreende ainda a etapa de selecionar o algoritmo com base nos atributos da imagem, freqüência com a qual o algoritmo vai ser aplicado, e requisito de precisão.

5. Método de acordo com a reivindicação 1, no qual o algoritmo predeterminado compreende uma transformação de Fourier rápida.

6. Método de acordo com a reivindicação 5, no qual o cálculo da agudeza compreende as etapas de triagem dos dados de imagem para reter, de preferência, os teores de freqüências média e alta, e determinar uma quantidade de informações nos teores de freqüências média e alta, e em que uma determinação de uma posição de olho ótima compreende selecio-

nar uma posição do olho, na qual a quantidade determinada de informações nos teores de freqüências média e alta é máxima.

7. Método de acordo com a reivindicação 5, que compreende ainda a etapa, antes do uso da transformação de Fourier rápida, de aplicação de uma função de enquadramento harmônico em uma região da imagem contendo a característica de borda.

8. Método de acordo com a reivindicação 5, no qual a etapa de maximização do valor de agudeza compreende o uso das informações obtidas da transformação de Fourier rápida, em uma pluralidade de valores de freqüência, para permitir uma discriminação de diferentes níveis de foco na imagem.

9. Método de acordo com a reivindicação 1, compreendendo ainda a etapa de seguir a maximização do valor de agudeza, posicionando o olho na posição de olho ótima.

10. Método de acordo com a reivindicação 9, no qual a etapa de posicionamento é feita por um de um ajuste manual e de um ajuste automático da posição do olho.

11. Método de acordo com a reivindicação 9, compreendendo ainda a etapa de executar um procedimento desejado no olho com o dispositivo oftálmico.

12. Método de acordo com a reivindicação 9, compreendendo ainda, durante a etapa de execução do procedimento desejado, de repetir as etapas (a) - (e) e a etapa de posicionamento do olho, para garantir que a posição do olho ótima seja mantida.

13. Sistema para determinar uma posição ótima de um olho relativa a um dispositivo oftálmico, compreendendo:

um processador;

um pacote de software instalável no processador, adaptado para:

(a) receber dados, pelo processador, compreendendo uma imagem de uma superfície de um olho, com o olho em uma primeira posição relativa a um dispositivo oftálmico;

(b) localizar uma característica de borda na imagem; e

(c) executar um cálculo de agudeza da característica de borda, usando um algoritmo predeterminado para produzir um valor de agudeza; e

um meio para ajustar a superfície do olho a uma segunda posição relativa ao dispositivo oftálmico;

em que o pacote de software é adaptado ainda para:

(d) repetir as etapas (a) - (c) após um ajuste da superfície do olho na segunda posição, até que o valor de agudeza seja maximizado, indicando que uma posição de olho ótima foi obtida.

14. Sistema de acordo com a reivindicação 13, no qual a característica de borda é selecionada de um grupo consistindo de vaso sangüíneo escleral e uma característica de íris.

15. Sistema de acordo com a reivindicação 13, no qual o algoritmo predeterminado é selecionado de um grupo consistindo em uma estimativa de variância no nível de cinza e da amplitude da imagem, uma computação da diferença de intensidade entre as regiões adjacentes da imagem, uma abordagem baseada em histograma, uma máscara de detecção de borda, e uma função de transformação de Fourier.

16. Sistema de acordo com a reivindicação 15, no qual o pacote de software é adaptado ainda para selecionar o algoritmo, com base nos atributos da imagem, freqüência com a qual o algoritmo vai ser aplicado, e requisito de precisão.

17. Sistema de acordo com a reivindicação 13, no qual o algoritmo predeterminado compreende uma transformação de Fourier rápida.

18. Sistema de acordo com a reivindicação 17, no qual o cálculo da agudeza é feito por triagem dos dados de imagem para reter, de preferência, os teores de freqüências média e alta, e determinação de uma quantidade de informações nos teores de freqüências média e alta, e em que uma determinação de uma posição de olho ótima compreende selecionar uma posição do olho, na qual a quantidade determinada de informações nos teores de freqüências média e alta é máxima.

19. Sistema de acordo com a reivindicação 17, no qual o pacote

de software é adaptado ainda para, antes do uso da transformação de Fourier rápida, aplicar uma função de enquadramento harmônico em uma região da imagem contendo a característica de borda.

20. Sistema de acordo com a reivindicação 17, no qual a maximização do valor de agudeza é feita por uso das informações obtidas da transformação de Fourier rápida, em uma pluralidade de valores de freqüência, para permitir uma discriminação de diferentes níveis de foco na imagem.

21. Sistema de acordo com a reivindicação 13, que compreende ainda um meio para, seguinte à maximização do valor de agudeza, posicionar o olho na posição de olho ótima.

22. Sistema de acordo com a reivindicação 21, no qual o meio de posicionamento de olho compreende um de um meio para fazer um ajuste manual e um meio, em comunicação com o processador, para fazer um ajuste automático da posição do olho.

23. Sistema de acordo com a reivindicação 21, no qual o pacote de software é adaptado ainda para direcionar o dispositivo oftálmico para realizar um procedimento desejado no olho.

24. Sistema de acordo com a reivindicação 21, no qual o pacote de software é adaptado ainda para, durante a execução do procedimento desejado, repetir as etapas (a) - (d), para garantir que uma posição do olho ótima seja mantida.

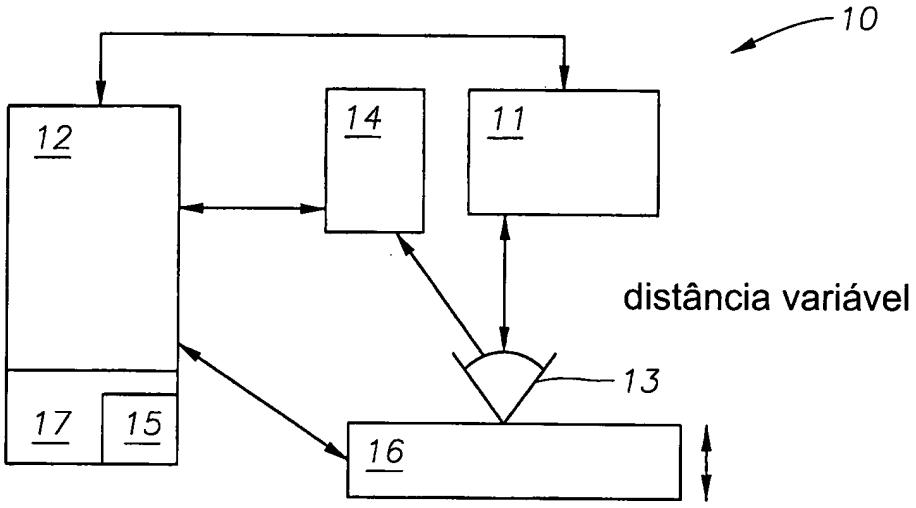

10
12
14
11
distância variável
13
17
15
16

Fig. 1

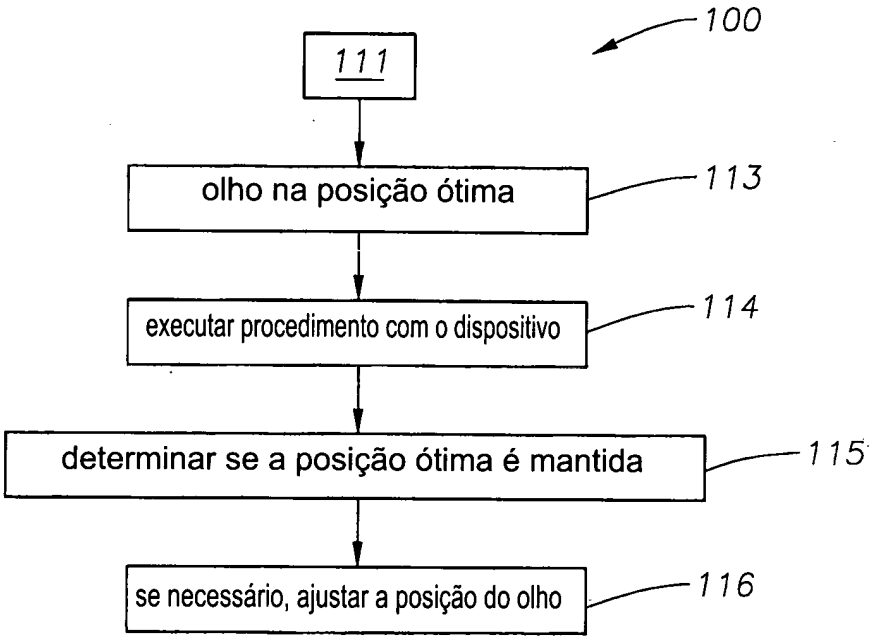
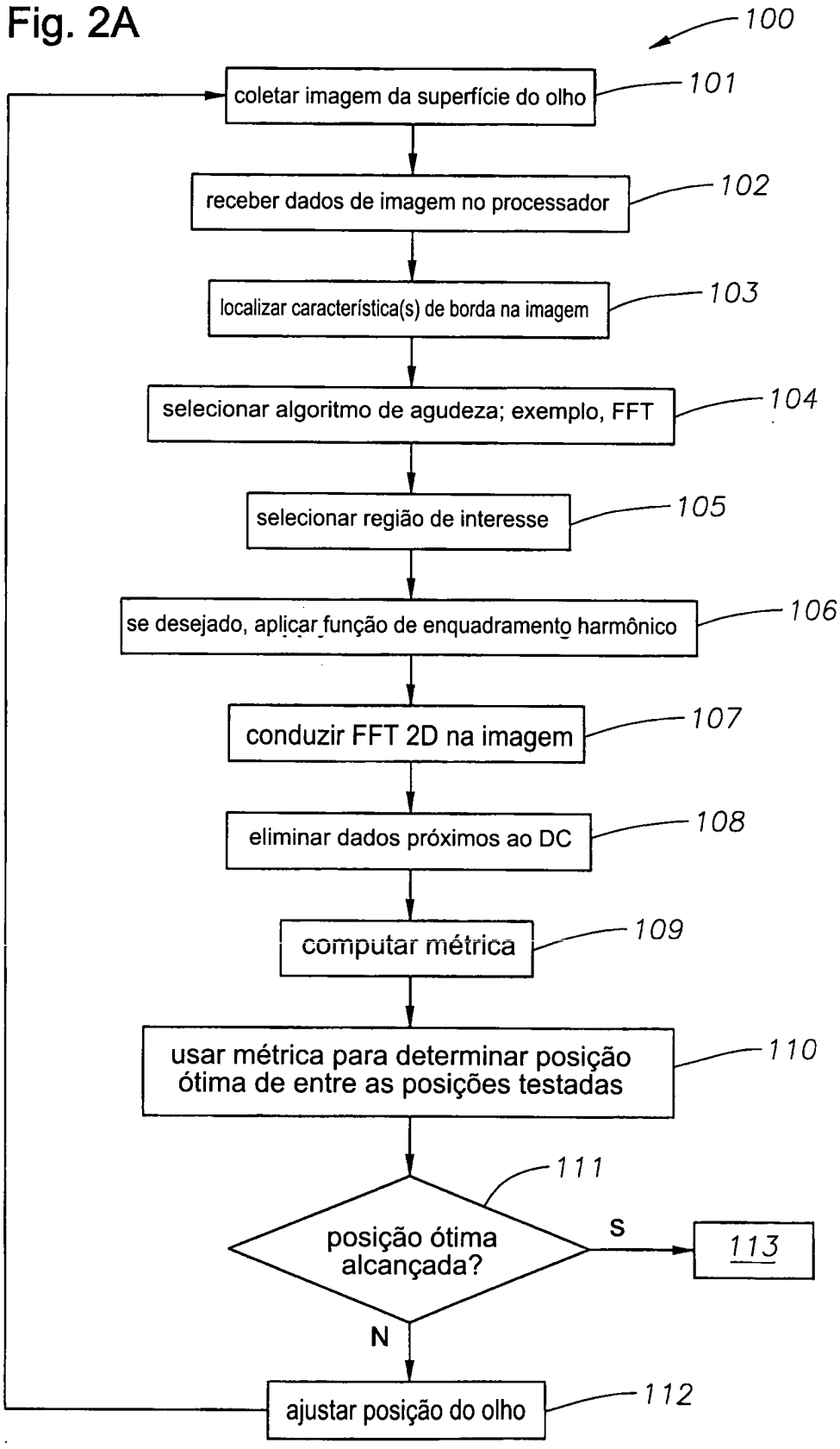

100
111
olho na posição ótima
113
executar procedimento com o dispositivo
114
determinar se a posição ótima é mantida
115
se necessário, ajustar a posição do olho
116

Fig. 2B

Fig. 2A


100
coletar imagem da superfície do olho
101
receber dados de imagem no processador
102
localizar característica(s) de borda na imagem
103
selecionar algoritmo de agudeza; exemplo, FFT
104
selecionar região de interesse
105
se desejado, aplicar função de enquadramento harmônico
106
conduzir FFT 2D na imagem
107
eliminar dados próximos ao DC
108
computar métrica
109
usar métrica para determinar posição ótima de entre as posições testadas
110
111
posição ótima alcançada?
S
113
N
ajustar posição do olho
112

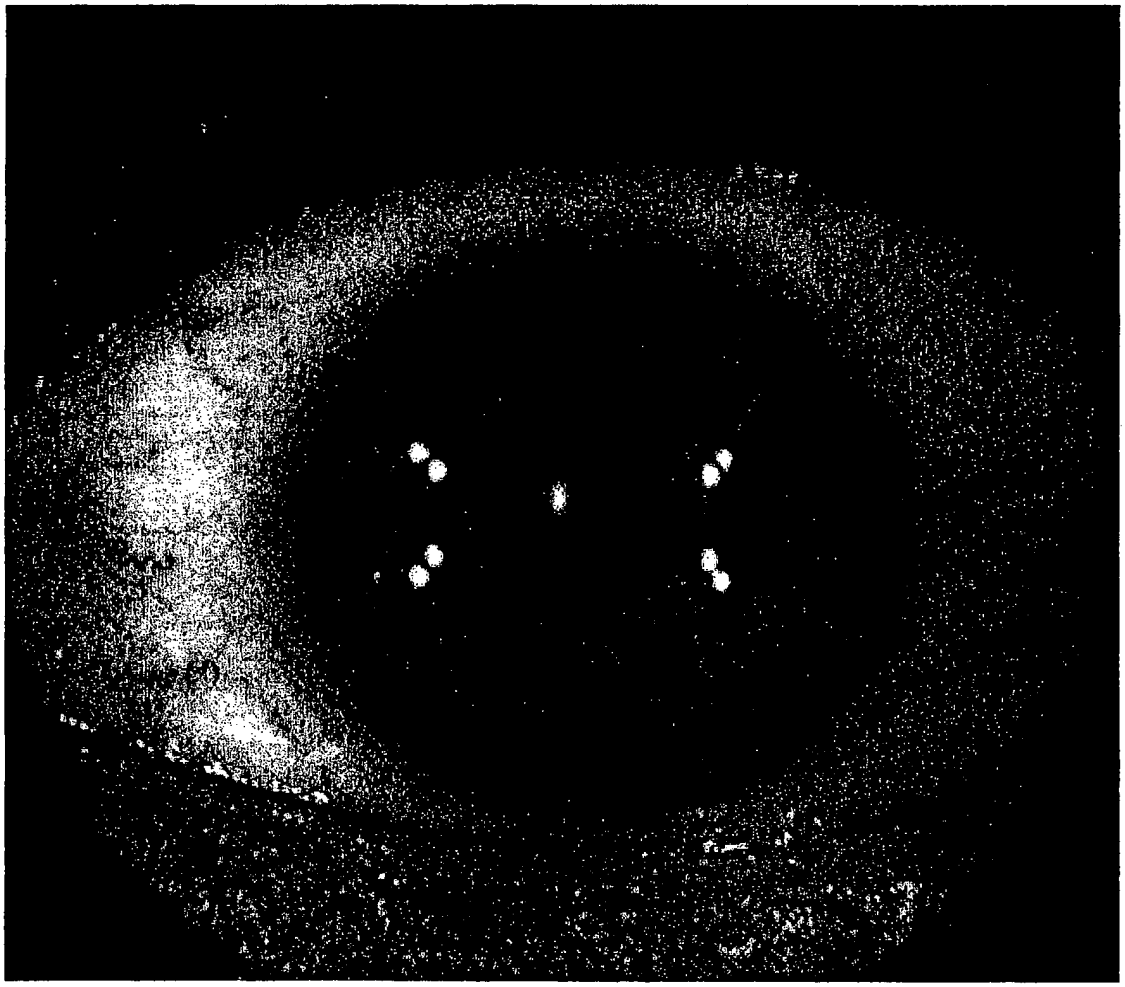


Fig. 3

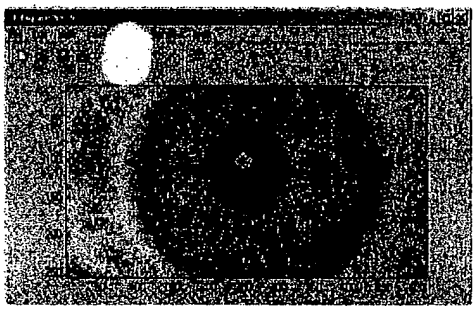


Fig. 4A

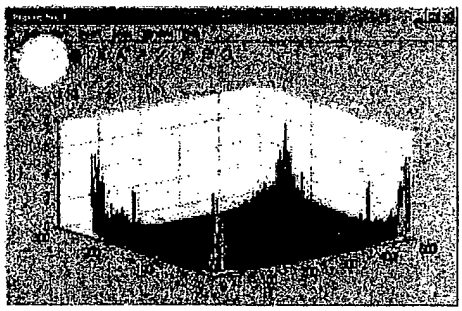


Fig. 4F

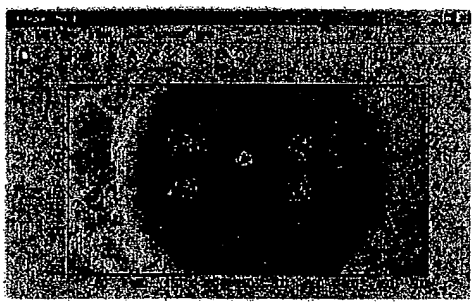


Fig. 4B

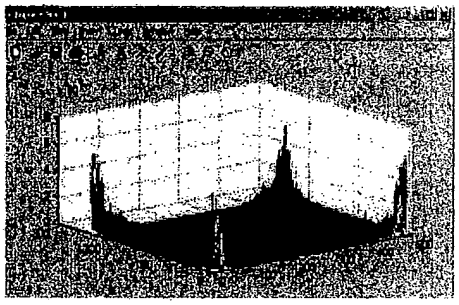


Fig. 4G

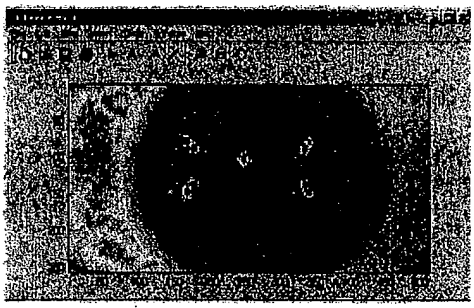


Fig. 4C

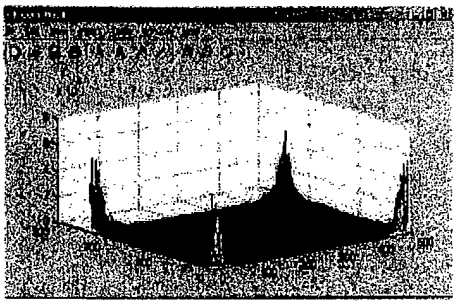


Fig. 4H

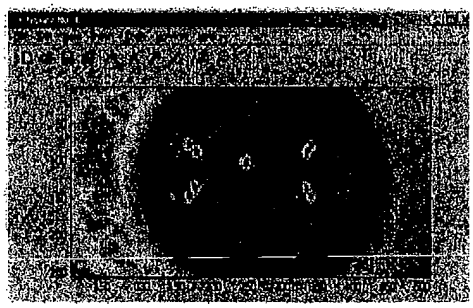


Fig. 4D

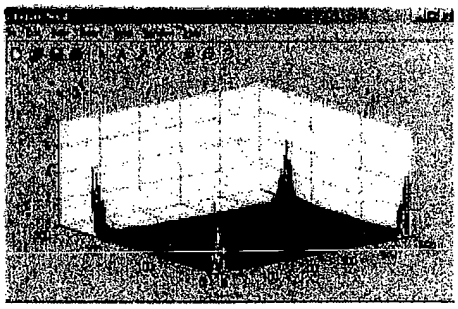


Fig. 4I

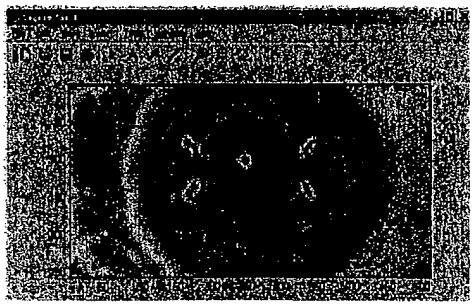


Fig. 4E

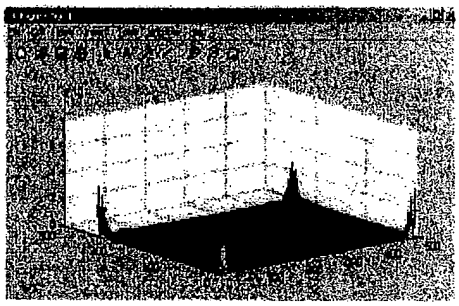


Fig. 4J

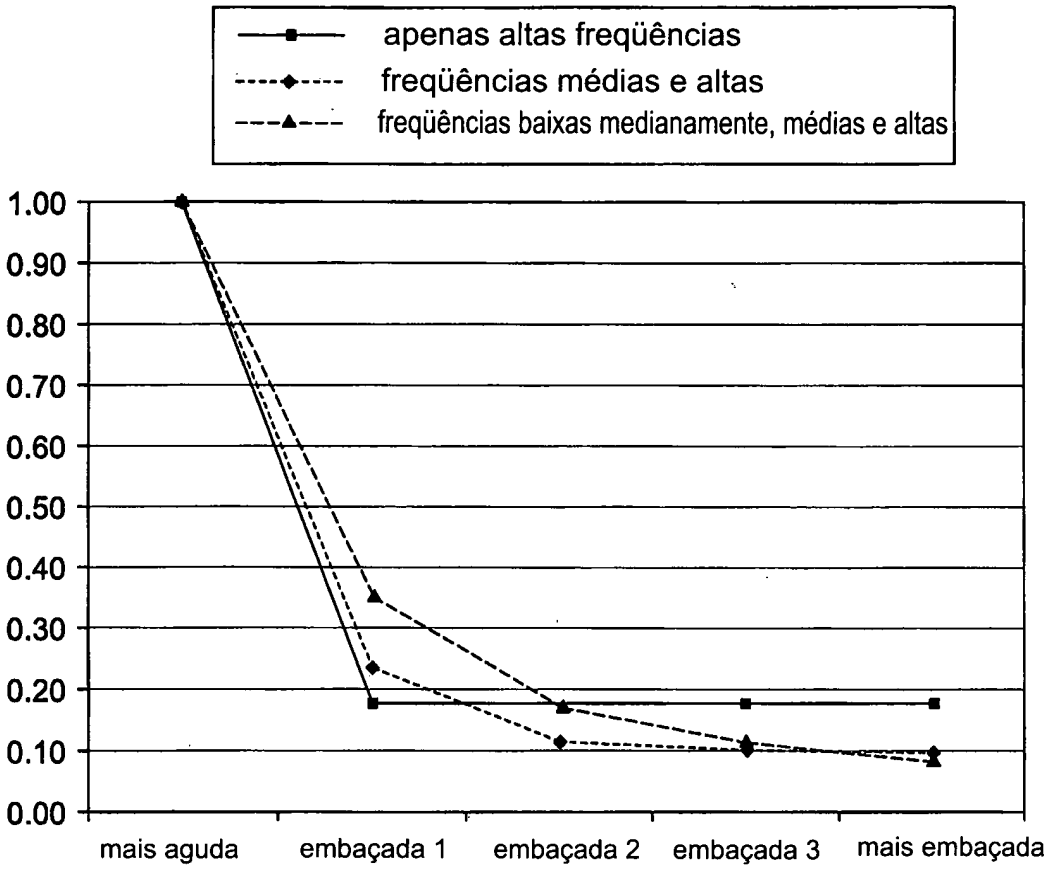


Fig. 5



Fig. 6A

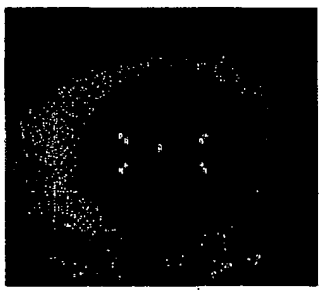


Fig. 6B



Fig. 6C

PI0614619-8

RESUMO

Patente de Invenção: **"SISTEMA E MÉTODOS ASSOCIADOS DE POSICIONAMENTO DE DISPOSITIVO OFTÁLMICO".**

A presente invenção refere-se a um sistema e um método para determinar uma posição ótima de um olho, relativa a um dispositivo oftálmico, são descritos. Uma concretização do método inclui receber dados compreendendo uma imagem de uma superfície de um olho, com o olho em uma primeira posição relativa a um dispositivo oftálmico. Uma característica de borda na imagem é localizada, e um cálculo de agudeza na característica de borda é feito, usando um algoritmo predeterminado para obter um valor de agudeza. A superfície do olho é então ajustada a uma segunda posição, relativa ao dispositivo oftálmico, e as etapas prévias são repetidas até que o valor de agudeza seja maximizado, que é uma indicação de que uma posição do olho ótima foi obtida. Uma concretização do sistema inclui um processador e um pacote de software executável pelo processador, o pacote de software adaptado para fazer os cálculos, como indicados acima. Meios são também proporcionados para ajustar a superfície do olho a uma segunda posição relativa ao dispositivo oftálmico.