

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

(21) **PI0620000-1 A2**



(22) Data de Depósito: 04/07/2006
(43) Data da Publicação: 06/12/2011
(RPI 2135)

(51) *Int.Cl.:*
G02C 7/02

(54) **Título:** MÉTODO PARA DETERMINAÇÃO DE UMA LENTE OFTÁLMICA

(30) **Prioridade Unionista:** 16/12/2005 FR 0512822

(73) **Titular(es):** Essilor International (Compagnie Générale D'Optique)

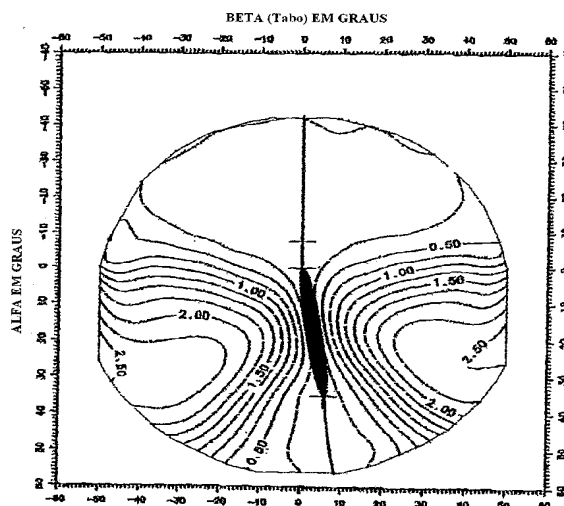
(72) **Inventor(es):** Bourdoncle, Bernard, Gildas Marin

(74) **Procurador(es):** Di Blasi, Parente, Vaz e Dias & Al.

(86) **Pedido Internacional:** PCT IB2006002497 de 04/07/2006

(87) **Publicação Internacional:** WO 2007/069006de
21/06/2007

(57) **Resumo:** MÉTODO PARA A DETERMINAÇÃO DE UMA LENTE OFTÁLMICA. O objeto da invenção é um método para a determinação por otimização de uma lente oftálmica de um usuário, para o qual uma adição de poder foi prescrita. O método propõe utilizar como um alvo para a otimização das lentes, sob condições de utilização, uma diferença de orientação média dos eixos de astigmatismo resultante para a vertical de menos de 2,5° ou em uma primeira zona de controle delimitada por uma elipse centrada no meridiano de progressão a meia altura entre a cruz de ajuste e o ponto de referência de visão para perto, a referida elipse tendo um eixo maior superior a 35° e um eixo menor compreendido entre 3,8° e 4,5°. A invenção permite a melhoria do desempenho das lentes multifocais progressivas na visão intermediária.



Relatório Descritivo da Patente de Invenção para: **"MÉTODO PARA DETERMINAÇÃO DE UMA LENTE OFTÁLMICA"**.

O assunto da presente invenção é um método para a determinação de uma lente oftálmica e uma lente oftálmica
5 obtida por esse método.

Qualquer lente oftálmica destinada a ser fixada em uma armação envolve uma prescrição. A prescrição oftálmica pode incluir uma prescrição de potência positiva ou negativa, bem como uma prescrição de astigmatismo. Estas prescrições
10 correspondem às correções que permitem ao usuário das lentes corrigir defeitos de sua visão. Uma lente é ajustada na armação, em conformidade com a prescrição e com a posição dos olhos do usuário em relação à armação.

Nos casos mais simples, a prescrição não é nada mais do
15 que uma prescrição de poder positiva ou negativa. A lente é dita ser unifocal e tem uma simetria rotacional. É ajustada em uma forma simples na armação de modo que a direção de visualização principal do usuário coincide com o eixo de simetria da lente.

20 Para usuários com presbiopia, o valor da correção de potência é diferente para a visão de longe e para a visão próxima, devido às dificuldades de acomodação na visão próxima. A prescrição, portanto, compreende um valor de potência para visão distante e uma adição (ou progressão de

potência), representando o incremento de potência entre a visão para longe e a visão para perto, esta se resume a uma prescrição de potência de visão para longe e uma prescrição de potência de visão para perto. Lentes adequadas para

5 usuários com presbiopia são lentes multifocais progressivas; estas lentes são descritas, por exemplo, nos documentos FR-A-2 699 294, US-A-5 270 745 ou US-A-5 272 495, FR-A-2 683 642, FR -A-2 699 294 ou ainda FR-A-2 704 327. Lentes oftalmológicas multifocais progressivas incluem uma

10 zona de visão distante, uma zona de visão próxima e uma zona de visão intermediária, um meridiano de progressão principal cruza estas três zonas. Elas geralmente são determinadas por otimização, com base em um certo número de restrições impostas sobre as diferentes características da lente. Estas

15 lentes são lentes para todos os fins, na medida em que são adaptadas às diferentes necessidades do usuário na hora. Famílias de lentes multifocais progressivas são definidas, cada lente de uma família sendo caracterizada por uma adição que corresponde à variação de potência entre a zona de visão

20 próxima e a zona de visão distante. Mais precisamente, a adição, referenciada como A, corresponde à variação de potência no meridiano entre um ponto FV da zona de visão distante e um ponto NV da zona de visão próxima, que são chamadas respectivamente ponto de referência de visão

distante e ponto de referência de visão próxima, e que representam os pontos de intersecção de visualização com a superfície da lente para a visão para longe e para a visão de leitura.

- 5 Independentemente da potência e da prescrição de adição de potência, um usuário pode ter prescrição correção de astigmatismo. Tal prescrição de astigmatismo é feita pelo oftalmologista, sob a forma de um par formado por um valor de eixo (em graus) e um valor de amplitude (em diopters). Em
- 10 uma superfície, o valor de amplitude representa a diferença entre a curvatura principal; valor de eixo representa a orientação, em relação a um eixo de referência e, em um sentido convencional de rotação, de uma das duas curvaturas de acordo com a fórmula que é escolhida para ser utilizada.
- 15 Na prática, existem duas convenções, a chamada convenção de "cilindro negativo", neste caso, se $1/R_1$ é a curvatura máxima e $1/R_2$, a curvatura mínima, o valor é de amplitude $(1/R_2 - 1/R_1)$ e o eixo é a orientação, em relação ao eixo de referência, da curvatura máxima $1/R_1$, e a chamada convenção
- 20 de "cilindro positivo", neste caso, o valor de amplitude é $(1/R_1 - 1/R_2)$ e o eixo é a orientação, em relação ao eixo de referência, a curvatura mínimo, $1/R_2$. O eixo de referência é horizontal e o sentido de rotação é o sentido anti-horário quando olhando para o usuário. Um valor de eixo de 45° ,

portanto, representa um eixo orientado obliquamente, o que, ao olhar para o usuário, estende-se desde quadrante superior direito até o quadrante inferior esquerdo. Em termos de prescrição de astigmatismo, valor de amplitude representa a
5 diferença entre a potência mínima e a potência máxima em uma determinada direção e o eixo representa a orientação de potência máxima se o valor de astigmatismo é negativo (o eixo representa a orientação de potência mínima se o valor de astigmatismo é positivo). Essa prescrição de astigmatismo
10 é medida para a visão para longe do usuário. Embora seja linguisticamente incorreto, o termo astigmatismo é frequentemente utilizado para a amplitude do astigmatismo, ao passo que este termo refere-se ao par amplitude / ângulo. O contexto permite que uma pessoa competente na técnica
15 compreenda qual significado é pretendido.

Além disso, as leis da óptica de traçados de raios significam que defeitos ópticos aparecem quando os raios de luz desviam-se do eixo central de uma lente. Estes defeitos conhecidos, que incluem, entre outras, uma curvatura ou
20 defeito de potência e defeito de astigmatismo podem ser genericamente chamados de defeitos de obliquidade dos raios.

Uma pessoa competente na arte sabe como compensar estes defeitos. Por exemplo, o documento EP-AA 990 939 propõe um método para a determinação por otimização de uma lente

oftálmica para um usuário com uma prescrição de astigmatismo. Este documento propõe escolher uma lente alvo e usar um método de traçado de raio e minimizar a diferença entre o astigmatismo residual e o astigmatismo da lente
5 alvo. O astigmatismo residual é definido neste documento como as diferenças de amplitude e o eixo entre o astigmatismo prescrito e o astigmatismo gerado pela lente. Este método permite uma melhor adaptação das lentes dos usuários com astigmatismo, evitando as aberrações ópticas
10 causadas pela adição de superfície toroidal. O cálculo é realizado em um ponto de referência ligado ao olho, que permite que seja levado em conta o efeito da torção ocular quando o usuário olha em uma direção fora do centro.

Os defeitos de obliquidade também foram identificados
15 para lentes multifocais progressivas. Por exemplo, o documento WO-A-98 12590 descreve um método para a determinação por otimização de um conjunto de lentes oftálmicas multifocais. Este documento propõe definir o conjunto de lentes em consideração das características
20 ópticas das lentes e em particular a potência do usuário e o astigmatismo oblíquo, sob condições de uso. A lente é otimizada por traçado de raios, usando uma ergorama ligando um ponto do objeto alvo com cada uma das direções de visualização sob condições de uso. Este ergorama prevê alvos

para uma otimização das lentes por traçados de raios, a fim de calcular a potência do usuário e o astigmatismo resultante em cada ponto da lente através da qual passa a linha de visão.

5 O defeito de astigmatismo ou o astigmatismo resultante é um defeito que é inerente às lentes progressivas, podendo, portanto, ser considerado como um defeito tolerável, pelo menos na zona periférica da lente. Na zona de visão intermediária, de uma lente multifocal progressiva, a
10 largura entre as linhas de isoastigmatismo é essencialmente controlada pela taxa de variação de potência ao longo do meridiano.

Lentes multifocais progressivas geralmente são otimizadas através do controle da variação de potência ao
15 longo do meridiano e definindo um astigmatismo resultante que é nulo no meridiano. Além disso, a zona de visão intermédia geralmente é otimizada pelo controle da largura de uma zona em torno do meridiano onde o módulo do astigmatismo resultante é mantido abaixo de um valor que não
20 é considerado perturbador.

Embora a prescrição de astigmatismo contenha um valor de eixo além do módulo, tal como definido anteriormente, apenas o módulo do astigmatismo resultante é geralmente considerado na otimização de uma lente oftálmica

progressiva. O astigmatismo resultante é o resto da subtração vetorial do astigmatismo efetivo introduzido pela lente sob condições de uso a partir do astigmatismo prescrito para o usuário. O astigmatismo resultante,
5 portanto, tem um eixo.

Agora, foi observado que quando astigmatismo está presente, o sistema visual prefere a posição vertical do foco sobre a retina, quer com sua acomodação remanescente ou pelo ajuste da potência necessária. Estas observações foram
10 feitas no contexto da tese de doutorado de C. Mieke sobre a função de acomodação do olho humano ou no artigo por Charman & al. ", Astigmatismo, acomodação e instrumentação visual" publicado na revista *Applied Optics*, vol. 17, No. 24, pp. 3903-3910, 1978.

15 Assim, uma lente progressiva que inclui uma zona de visão intermediária em que o eixo do astigmatismo é mantido vertical satisfaria as necessidades fisiológicas da maioria dos usuários e proporcionaria uma impressão de um campo de visão mais amplo.

20 Ainda existe uma necessidade de uma lente que é mais adequada para usuários presbiopsia. A invenção propõe controlar os valores do eixo do astigmatismo resultante além dos valores do módulo do astigmatismo que resulta em uma lente multifocal progressiva.

Assim, a invenção propõe um método para a determinação de uma lente oftálmica multifocal progressiva compreendendo as etapas de:

- escolher uma lente de partida tendo uma cruz de
5 ajuste que marca a direção de visualização principal sob condições de uso e um meridiano de progressão substancialmente umbilical tendo uma adição de potência maior ou igual a 2 diopters entre um ponto de referência de visão para longe e um ponto de referência de visão para
10 perto (NV);

- definir uma lente atual igual à lente de partida;

- otimização, sob condições de uso, das lentes atuais utilizando como alvos:

- um comprimento de progressão igual ou inferior a 25° ,
15 o comprimento de progressão sendo definido como o ângulo de visualização rebaixado a partir da cruz de ajuste, até o ponto do meridiano no qual a potência óptica do usuário chega a 85% da prescrição de adição; e

- uma diferença de orientação média dos eixos de
20 astigmatismo resultante para a vertical de menos de $2,5^\circ$ em uma primeira zona de controle delimitada por uma elipse centrada sobre o meridiano de progressão a meia altura entre a cruz de ajuste e a ponto de referência de visão próxima, a

referida elipse tendo um eixo maior superior a 3° e um menor eixo compreendido entre $3,8^{\circ}$ e $4,5^{\circ}$.

De acordo com uma característica, a etapa de otimização
5 do método também usa como alvo uma diferença da orientação média dos eixos de astigmatismo resultante com a vertical de menos de 3° em uma segunda zona de controle delimitada por uma elipse centrada no meridiano de na progressão a meia altura entre a cruz de ajuste e o ponto de referência de
10 visão próxima, a referida elipse com um eixo maior superior a 35° e um eixo menor compreendida entre $7,5^{\circ}$ e $8,5^{\circ}$.

De acordo com uma característica, a etapa de otimização do método também usa como alvo uma diferença da orientação média dos eixos de astigmatismo resultante com a vertical de
15 menos de $3,5^{\circ}$ em uma terceira zona de controle delimitada por uma elipse centrada no meridiano de na progressão a meia altura entre a cruz de ajuste e o ponto de referência de visão próxima, a referida elipse com eixo maior superior a 35° e um eixo menor compreendido entre 11° e 13° .

20 De acordo com uma característica, para um usuário para o qual uma correção de astigmatismo foi prescrita, a otimização da lente atual inclui uma etapa que consiste de subtrair vetorialmente o astigmatismo prescrito a partir do astigmatismo gerado pela lente sob condições de uso.

A invenção também propõe uma lente oftálmica multifocal progressiva com uma superfície complexa com:

- uma cruz de ajuste marcando a direção de visualização primária sob condições de uso;

5 - um meridiano de progressão substancialmente umbilical tendo uma adição de potência maior ou igual a 2 diopeters entre um ponto de referência de visão para longe e um ponto de referência de visão para perto;

10 a lente tendo, sob condições de uso e reduzida para uma prescrição plana na visão para longe por ajuste dos raios de curvatura de pelo menos uma das suas faces:

15 - um comprimento de progressão igual ou inferior a 25° , o comprimento de progressão sendo definido como o ângulo de visualização rebaixado a partir da cruz de ajuste até o ponto do meridiano no qual a potência óptico do usuário chega a 85% da prescrição de adição; e

20 - uma diferença de orientação média dos eixos de astigmatismo resultante para a vertical de menos de $2,5^\circ$ em uma primeira zona de controle delimitada por uma elipse centrada sobre o meridiano de progressão a meia altura entre a cruz de ajuste e a ponto de referência de visão próxima, a referida elipse tendo um eixo maior superior a 35° e um menor eixo compreendido entre $3,8^\circ$ e $4,5^\circ$.

De acordo com uma característica, a lente tem também, sob condições de uso e reduzida a prescrição plana na visão para longe pelo ajuste dos raios de curvatura de pelo menos uma das suas faces, uma diferença da orientação média dos eixos de astigmatismo resultante para a vertical de menos 3° em uma segunda zona de controle delimitada por uma elipse centrada no meridiano de progressão a meia altura entre a cruz de ajuste e o ponto de referência de visão próxima, a referida elipse com eixo maior superior a 35° e um eixo menor compreendido entre 7,5° e 8,5°.

De acordo com uma característica, a lente tem também, sob condições de uso e reduzida prescrição plana na visão distante por ajuste dos raios de curvatura de pelo menos uma das suas faces, uma diferença de orientação média dos eixos de astigmatismo resultante para a vertical de menos de 3,5° em uma terceira zona de controle delimitada por uma elipse centrada no meridiano de progressão a meia altura entre a cruz de ajuste e o ponto de referência de visão próxima, a referida elipse com eixo maior superior a 35° e um eixo menor compreendido entre 11° e 13°.

De acordo com uma característica, o eixo maior da elipse que delimita a zona de controle de orientação média dos eixos do astigmatismo resultante está compreendido entre 35° e 36°.

A invenção também diz respeito a um dispositivo visual compreendendo pelo menos uma lente de acordo com a invenção e um método para corrigir a visão de um sujeito com presbiopia, que inclui prover o sujeito com, ou o uso pelo
5 sujeito de tal dispositivo. Outras vantagens e características da invenção irão se tornar aparentes a partir da leitura da seguinte descrição das concretizações da invenção, dadas a título de exemplo, com referência aos desenhos que mostram:

- 10 - A figura 1, um diagrama de um sistema óptico olho-lente, na seção transversal vertical.
- As figuras 2 e 3, diagramas em perspectiva de um sistema olho-lente.
- A figura 4, um gráfico mostrando a potência óptica do
15 usuário, ao longo do meridiano da lente de acordo com uma concretização da invenção.
- A figura 5, um mapa da potência óptica do usuário para a lente da figura 4.
- A figura 6, um mapa do módulo de astigmatismo
20 resultante de um usuário da lente da figura 4.
- A figura 7, o mapa do módulo de astigmatismo resultante da figura 6, que mostra uma primeira zona de controle do eixo de astigmatismo.

- A figura 8, o mapa do módulo de astigmatismo resultante da figura 6, que mostra uma segunda zona de controle do eixo do astigmatismo.

- A figura 9, o mapa do módulo de astigmatismo resultante da figura 6, que mostra uma terceira zona de controle do eixo do astigmatismo.

De um modo conhecido por si, em qualquer ponto de uma superfície esférica, uma esfera média D é dada pela fórmula:

$$D = \frac{n-1}{2} \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

é definida, em que R_1 e R_2 são os raios de curvatura máximos e mínimos, expresso em metros, e n é o índice do material que constitui a lente.

Um cilindro C, dado pela fórmula:

$$C = (n-1) \left| \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right|$$

é assim definido.

Para uma determinada lente, as variáveis ópticas correspondente são definidas, a saber, uma potência e um astigmatismo, sob condições de uso. A figura 1 mostra um diagrama de um sistema óptico olho-e-lente em vista superior, e mostra a seguir as definições utilizadas na descrição. O centro de rotação do olho é chamado Q'; o eixo Q'F' representado na figura em cadeiras de linhas

pontilhadas é o eixo horizontal que passa pelo centro de rotação do olho, e continua em frente do usuário - em outras palavras, o eixo $Q'F'$ corresponde à direção de visualização primária. Este eixo corta, na face frontal, um ponto sobre a

5 lente chamado de cruz de ajuste, que é marcado sobre as lentes, a fim de permitir seu posicionamento por um oculista; esta cruz de ajuste FC torna possível localizar na lente da direção de visualização principal sob condições de uso. Deixe o ponto O ser o ponto de interseção da face

10 posterior e este eixo $Q'F'$. A esfera dos vértices é definida, com um centro Q' , e um raio q' , que corta a face posterior da lente, no ponto O. A título de exemplo, um valor de raio q' de 27 milímetros corresponde a um valor corrente e produz resultados satisfatórios quando as lentes

15 são usadas. A seção da lente pode ser traçadas no plano (O, x, y) , que é definido com referência à figura 2. A tangente a esta curva no ponto O é inclinada em relação ao eixo (O, y) em um ângulo denominado ângulo. O valor do ângulo pantoscópico é atualmente 8° . A seção das lentes também pode

20 ser traçada no plano (O, x, z) . A tangente a esta curva no ponto O é inclinada em relação ao eixo (O, z) em um ângulo chamado de contorno de curva. O valor do contorno de curva é atualmente 0° .

Estas condições de ajuste da lente em relação ao olho, a saber:

- uma distância de 27 mm entre o centro de rotação do olho e a face posterior da lente, sobre o eixo $Q'F'$;

5 - um ângulo pantoscópico de 8° ;

- Um contorno de curva de 0°

são chamados a seguir condições de uso.

Estes valores são os escolhidos para os exemplos descritos, mas eles podem variar, a fim de serem iguais aos
10 valores peculiares a cada indivíduo.

Uma determinada direção de visualização - representada em linhas contínuas na figura 1 - corresponde a uma posição do olho em rotação em torno de Q' e para um ponto J da esfera dos vértices; uma direção de visualização também pode
15 ser marcada, em coordenadas esféricas, por dois ângulos α e $\hat{\alpha}$. O ângulo $\hat{\alpha}$ é o ângulo formado entre o eixo $Q'F'$ e a projeção da linha reta $Q'J$ sobre o plano vertical que contém o eixo $Q'F'$; este ângulo aparece no diagrama da figura 1. O ângulo α é o ângulo formado entre o eixo $Q'F'$ e a projeção da
20 linha reta $Q'J$ sobre o plano horizontal que contém o eixo $Q'F'$. Uma determinada direção de visualização, portanto, corresponde a um ponto J da esfera dos vértices ou para um par $(\alpha, \hat{\alpha})$.

As figuras 2 e 3 apresentam diagramas em perspectiva de um sistema olho-lente. A figura 2 mostra a posição dos olhos e da armação de referência ligada a olho, na direção de visualização principal, $\alpha = \hat{\alpha} = 0$, chamada de direção de visualização principal. Os pontos J e O foram, assim, fundidos. A figura 3 mostra a posição dos olhos e da armação de referência que está ligada a ela em uma direção $(\alpha, \hat{\alpha})$. Nas figuras 2 e 3, uma armação de referência fixa $\{x, y, z\}$ e uma armação de referência $\{x_m, y_m, z_m\}$ ligadas aos olhos estão representadas, a fim de demonstrar a rotação do olho claramente. A origem da armação de referência $\{x, y, z\}$ é o ponto Q'; o eixo x é o eixo Q'F' - o ponto F' não sendo representado nas figuras 2 e 3 e passa pelo ponto O; este eixo é orientado a partir da lente em direção o olho. O plano $\{y, z\}$ é o plano vertical, o eixo y é vertical e orientado para cima, o eixo z é horizontal, a armação de referência sendo diretamente ortonormalizada. A armação de referência $\{X_m, Y_m, Z_m\}$ ligada ao olho tem o ponto Q' como o seu centro, o eixo X_m é dada pela direção de visualização JQ', e coincide com a armação de referência $\{x, y, z\}$ para a direção de visualização principal. A lei de Listing dá as relações entre os pontos de referência $\{x, y, z\}$ e $\{X_m, Y_m, Z_m\}$, para cada direção de visualização, consulte Legrand,

Optique Physiologique, Volume 1, edição de La Revue d'Optique, Paris 1965.

Em uma determinada direção de visualização, a imagem de um ponto M do espaço objeto situado a uma determinada
 5 distância objeto forma entre os dois pontos S e T correspondendo às distâncias mínima e máxima JT e JS (que são distâncias focais sagital e tangencial no caso superfícies de revolução, e de um ponto M no infinito). O ângulo γ marcado como o eixo de astigmatismo na chamada
 10 convenção de "cilindro positivo" é o ângulo formado pela imagem correspondente à maior distância com o eixo (Z_m), no avião (z_m, y_m) definido com referência às figuras 2 e 3. O ângulo γ é medido no sentido anti-horário quando olhando para o usuário. No exemplo da figura, sobre o eixo $Q'F'$, a
 15 imagem de um ponto do espaço objeto no infinito forma-se no ponto F' ; os pontos S e T se fundiram, o que é uma outra forma de dizer que a lente é localmente esférica na direção principal de visualização.

Uma função que liga a distância usual do ponto objeto
 20 com cada direção de visualização é chamada um ergorama. Normalmente, na visão de longe na direção de visualização principal, o ponto objeto está no infinito. Na visão próxima, em uma direção substancialmente correspondente a um ângulo α da ordem de 5° e a um ângulo $\hat{\alpha}$ da ordem de 35° , a

distância objeto é da ordem de 30 a 50 cm. Para mais detalhes acerca de uma possível definição de um ergorama, o documento FR-A-2 753 805 (US-A-6 318 859) pode ser consultado. Este documento descreve um ergorama, sua
 5 definição e um método para o seu modelamento. Um determinado ergorama consiste em tomar apenas pontos no infinito. Pelo método da invenção, pontos no infinito ou não podem ser considerados. O ergorama também pode ser uma função do ametropia do usuário.

10 Usando esses dados, uma potência e uma astigmatismo podem ser definidos em cada direção de visualização. Para uma direção de visualização (α , $\hat{\alpha}$), um ponto objeto M a uma distância objeto dado pelo ergorama é considerado. Os pontos S e T entre os quais a imagem do objeto se forma são
 15 determinados. A proximidade da imagem IP é então dada por:

$$IP = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{JT} + \frac{1}{JS} \right)$$

enquanto a proximidade do objeto OP é o recíproco da distância entre o ponto M e o ponto J da esfera dos vértices. A potência é definido como a soma do objeto e as
 20 proximidades das imagens, ou seja:

$$P = OP + IP = \frac{1}{MJ} + \frac{1}{2} \left(\frac{1}{JT} + \frac{1}{JS} \right)$$

A amplitude do astigmatismo é dada por

$$A = \left| \frac{1}{JT} + \frac{1}{JS} \right|$$

O ângulo do astigmatismo é o ângulo γ acima definido: é
 5 o ângulo medido em uma armação de referência ligada ao olho,
 em relação à direção z_m , com a qual a imagem S se forma, no
 plano (z_m, y_m) . Estas definições de potência e de
 astigmatismo são definições ópticas, sob condições de uso em
 uma armação de referência ligada ao olho. Qualitativamente,
 10 o astigmatismo e a potência assim-definidos correspondem às
 características de uma lente delgada, que, ajustada, em vez
 da lente na direção de visualização, fornece as mesmas
 imagens localmente. Note-se que, na direção de visualização
 principal, a definição fornece o valor padrão do
 15 astigmatismo.

A potência e astigmatismo assim definidos podem ser
 medidos experimentalmente na lente utilizando um
 frontofocomêtro; eles também podem ser calculados por
 traçados de raios sob condições de uso. A fim de aproximar
 20 as fórmulas utilizadas pelos oftalmologistas ao prescrever,
 a potência máxima da lente também pode ser definida como:

$$P_{\max} = \frac{1}{MJ} + \frac{1}{JT}$$

E a potência mínima como:

$$P_{\min} = \frac{1}{MJ} + \frac{1}{JS}$$

Os oftalmologistas prescrevem para potência e para astigmatismo, proporcionando:

- 5 - o valor mínimo da potência $P_{\min}$ e um valor de amplitude de astigmatismo positivo;
- o valor máximo da potência $P_{\max}$ e um valor de amplitude de astigmatismo negativo.

É evidente que os valores do ângulo de astigmatismo na
 10 prescrição variam de acordo com a convenção de prescrição usada. Em cada uma das duas convenções de prescrição, o ângulo que a imagem, S ou T, forma é dado, correspondendo à potência recomendada, com o eixo Z_m medido no sentido anti-horário quando olhando para o usuário. O ângulo α da
 15 convenção assim chamada "cilindro positivo" é obtido quando o valor de amplitude de astigmatismo é positivo, o eixo do astigmatismo, em seguida, sendo o ângulo menos poderoso da distância focal em relação a um eixo horizontal de referência.

20 A invenção propõe, a fim de determinar as características de uma lente oftálmica progressiva, controlar não apenas o módulo do astigmatismo, mas também o eixo de astigmatismo resultante. As características da lente

podem ser determinadas por otimização, conforme descrito abaixo.

A lente é colocada em frente dos olhos e o astigmatismo introduzido pela lente é calculado sob condições de uso, por exemplo, traçado de raios. Se o usuário tiver recebido uma prescrição de astigmatismo, esta prescrição é vetorialmente subtraída, a fim de dar o astigmatismo resultante da lente. Entende-se que a invenção é aplicável mesmo quando a prescrição não inclui uma prescrição de astigmatismo porque as lentes progressivas causam um defeito de astigmatismo devido à progressão de potência. No entanto, no caso de uma prescrição para astigmatismo do usuário, o chamado astigmatismo "útil" é vetorialmente subtraído, a fim de permitir a otimização do astigmatismo resultante da lente. Para a otimização da lente, o módulo e o eixo do astigmatismo resultante são, portanto, considerados para um ergorama ligando um ponto da lente com cada direção de visualização.

Em especial, o método de determinação de uma lente de acordo com a invenção propõe o controle dos valores do eixo do astigmatismo resultante em pelo menos uma zona de controle delimitada na zona de visão intermediária das lentes, e de preferência em três zonas de controle

concêntricas delimitadas na zona de visão intermediária da lente.

A lente é descrita a seguir com referência a uma expressão que é adequada para usuários com presbiopia que
5 têm uma prescrição para uma progressão de potência de 2 diopters.

As figuras 4 a 6 mostram uma lente com um diâmetro de 60 mm com uma face frontal multifocal progressiva e compreendendo um prisma de $1,15^\circ$ com uma base geométrica
10 orientada a 270° na referência TABO. O plano da lente está inclinado 8° com relação à vertical e a lente tem uma espessura de 1,9 mm. Um valor de q' de 27 mm (conforme definido com referência à figura 1) foi considerado para as medições sobre a lente das figuras 4 a 6.

15 Nas figuras 5 e 6, a lente é representada em uma armação de referência em coordenadas esféricas, o ângulo beta sendo desenhado sobre o eixo das abscissas e o ângulo alfa sobre das ordenadas.

A lente tem uma linha substancial umbilical, chamada de
20 meridiano, em que o astigmatismo é praticamente nulo. O meridiano coincide com o eixo vertical na parte superior da lente e tem uma inclinação no lado do nariz na parte inferior da lente, a convergência sendo mais acentuada na visão próxima.

As figuras mostram o meridiano, bem como os pontos de referência sobre a lente. A cruz de ajuste FC da lente pode ser marcada geometricamente sobre a lente por uma cruz ou qualquer outra marca, como um ponto cercado por um círculo
5 marcado na lente, ou por qualquer outro meio adequado; este é um ponto centralizado produzido na lente que é usado pelo oftalmologista para encaixar a lente na armação. Em coordenadas esféricas, a cruz de ajuste FC tem as coordenadas $(0, 0)$, uma vez que corresponde ao ponto de
10 intersecção da face frontal da lente e a direção de visualização principal, tal como definido anteriormente. O ponto de referência para visão distante FV situa-se sobre o meridiano, e corresponde à visualização levantada por 8° acima da cruz de ajuste, o ponto de referência de visão
15 distante FV tem as coordenadas $(0, -8^\circ)$, na referência esférica predefinida. O ponto de referência visão próxima NV está situado sobre o meridiano, e corresponde à visualização rebaixada de 35° abaixo da cruz de ajuste, o ponto de referência de visão próxima NV tem as coordenadas $(6^\circ, 35^\circ)$,
20 na referência esférica predefinida.

A figura 4 mostra um gráfico da potência óptica do usuário, ao longo do meridiano, o ângulo α é representado nas ordenadas e a potência sobre a abscissa em dioptrias. As potências ópticas mínima e máxima, respectivamente

correspondentes às quantidades $1/JS$ e $1/JT$ anteriormente definidas estão representadas por linhas pontilhadas, e a potência óptica P , tal como definida anteriormente por uma linha sólida.

5 É, então, possível observar na figura uma potência óptica do usuário, que é substancialmente constante em torno do ponto de referência de visão distante FV , uma potência óptica do usuário, que é substancialmente constante em torno do ponto de referência de visão próxima NV e uma progressão
10 regular de potência ao longo do meridiano. Os valores são transferidos a zero na origem quando a potência óptica é realmente $-0,05$ diopters correspondendo a uma lente plana na visão distante prescrita para os usuários emetrópicos com presbiopsia. A zona de visão intermediária geralmente
15 começa, para uma lente multifocal progressiva, na cruz de ajuste FC , é aqui que começa a progressão de potência. Assim, a potência óptica aumenta, a partir da cruz de ajuste para o ponto de referência de visão próxima NV , para valores de um ângulo α de 0 a 35° . Para valores de ângulo acima 35° ,
20 a potência óptica torna-se substancialmente constante novamente, com um valor de $2,24$ diopters. Note-se que a progressão da potência óptica do usuário ($2,24$ diopters) é maior do que a adição de potência prescrita A (2 diopters).

Esta diferença de valor de potência é devido aos efeitos oblíquos.

É possível definir em uma lente um comprimento de progressão PL, que é a distância angular - ou a diferença de ordenadas - entre o centro óptico da lente - ou a cruz de ajuste FC - e um ponto do meridiano em que a progressão de potência chega a 85% da adição de potência prescrita A. No exemplo da figura 4, uma potência óptica de 0,85 x 2 diopeters, ou seja, 1,7 diopeters, é obtido para um ponto de coordenado do ângulo α de aproximadamente 23° .

A lente de acordo com a invenção, portanto, tem uma acessibilidade para potências necessárias para a visão próxima com uma diminuição moderada da visão, inferior ou igual a 25° . Esta acessibilidade garante confortável utilização da zona de visão próxima.

A figura 5 mostra as linhas de contorno da potência óptica do usuário definido em uma direção de visualização e para um ponto objeto. Como é normal, as linhas de mesma potência são representadas na figura 5, em uma referência com coordenadas esféricas, estas linhas são formadas pelos pontos com o mesmo valor da potência óptica P. As linhas de mesma potência de 0 diopeters para 2 diopeters são representadas.

Na figura 5, uma zona de visão que se estende acima da cruz de ajuste com praticamente nenhuma variação de potência é observada. O valor da potência óptica do usuário é, assim, substancialmente constante em torno da cruz de ajuste FC.

5 Esta variação de potência quase nula em torno da cruz de ajuste permite uma certa margem de tolerância de posicionamento quando do ajuste da lente no dispositivo visual.

A figura 6 mostra as linhas de contorno da amplitude do
10 astigmatismo oblíquo sob condições de uso, ou seja, o módulo do astigmatismo resultante. Como é normal, as linhas de mesmo astigmatismo são representadas na figura 6, em uma referência com coordenadas esféricas, estas linhas são formadas pelos pontos com o mesmo valor de amplitude de
15 astigmatismo, tal como definido anteriormente. As linhas de isoastigmatismo de 0,25 diopters para 2,50 diopters são representadas.

Note que a zona de visão distante é relativamente clara: as linhas de isoastigmatismo superiores a 0,25
20 diopters se abrem para fora, a fim de liberar o campo de visão para longe. Deve-se também notar que as linhas de isoastigmatismo acentuam-se, na parte inferior da lente, na altura do ponto de referência para a visão próxima NV. Na parte inferior da lente, as linhas de isoastigmatism de 0,75

e de 1 dioptr são substancialmente paralelas e verticais e delimitam uma zona que contém o ponto de referência de visão próxima NV.

As figuras 7 a 9 novamente mostram o mapa do módulo do astigmatismo resultante da figura 6. Nestas figuras 7 a 9, três diferentes zonas de controle do eixo do astigmatismo na zona de visão intermediária da lente são apresentadas, respectivamente.

Cada zona de controle é definida por uma elipse centrada sobre o meridiano, a meia altura entre a cruz de ajuste FC e o ponto de referência da visão próxima NV. O eixo maior da elipse segue o meridiano, é igual ou superior a 35° , de preferência compreendido entre 35° e 38° . A elipse assim rodeia o ponto central da cruz de ajuste FC e o ponto de referência de visão próxima NV. Segundo a concretização ilustrada nas figuras 7 a 9, o eixo maior de cada elipse delimita três zonas de controle concêntricas é igual a 36° .

O eixo menor da elipse varia entre as três zonas de controle representadas respectivamente nas figuras 7 a 9. A primeira zona de controle do eixo do astigmatismo, representada na figura 7, é delimitada por uma elipse, tal como definido anteriormente, o eixo menor da qual está compreendido entre $3,8^\circ$ e $4,5^\circ$. Este eixo menor é igual a 4° no exemplo da figura 7. Uma segunda zona de controle,

representada na figura 8, é delimitada por uma elipse, tal como definido anteriormente, o eixo menor da qual está compreendido entre $7,5^\circ$ e $8,5^\circ$. Este eixo menor é igual a 8° no exemplo da figura 8. Uma terceira zona de controle, 5 representada na figura 9, é delimitada por uma elipse, tal como definido anteriormente, na qual o eixo menor está compreendido entre 11° e 13° . Este eixo menor é igual a 12° no exemplo da figura 9.

Em cada uma das três zonas de controle, a orientação 10 média dos eixos do astigmatismo é substancialmente vertical, ou seja, um valor de eixo médio próximo a 90° , de acordo com a convenção adotada anteriormente. Na primeira zona de controle (figura 7), a diferença entre a média dos valores do eixo de astigmatismo e a vertical (90°) é inferior a 2,5°; na segunda zona de controle (figura 8), a diferença 15 entre o média dos valores do eixo de astigmatismo e a vertical é inferior a 3° , e na terceira zona de controle (figura 9), a diferença entre a média dos valores do eixo do astigmatismo e a vertical é inferior a $3,5^\circ$. A título de 20 comparação, para uma lente da técnica anterior comercializada pelo depositante sob a marca Varilux Comfort®, a orientação média dos eixos de astigmatismo tem uma diferença de cerca de 6° em relação à vertical na primeira zona de controle definida acima.

Para realizar a otimização de uma lente de acordo com a invenção, uma lente com pelo menos uma superfície complexa é considerada como a lente de partida. A lente é considerada sob condições de uso, por exemplo, com valores de distância
5 q' de 27 mm, um ângulo pantoscópico de 8° e um contorno de curva de 0° , como proposto acima. Uma lente de espessura no centro, por exemplo, uma espessura de 1,9 mm e um índice de lente, por exemplo, $n = 1,665$ são escolhidos.

Metas para a otimização, em seguida, são fixadas, essas
10 metas com valores de potência, do módulo de astigmatismo e do eixo do astigmatismo para determinadas direções de visualização. Em particular, é usado como meta, pelo menos um valor máximo da diferença da orientação média dos eixos de astigmatismo em uma primeira zona de controle delimitada
15 por uma elipse, tal como definido anteriormente. Uma variação da potência ao longo do meridiano e, em particular um valor de comprimento de progressão ao longo do meridiano menor do 25° também é utilizado como um alvo. Também é possível utilizar como alvo os valores máximos da diferença
20 da orientação média dos eixos do astigmatismo nas três zonas de controle delimitada por elipses, tal como definido anteriormente. Metas de um módulo de astigmatismo também podem ser fixadas em um corredor ao redor do meridiano e na zona de visão distante.

Uma vez que as metas são definidas, a lente é determinada pela otimização. Para esse efeito, uma lente atual é considerada, na inicialização, esta lente corrente é a lente de partida. As características da lente atual são variadas, de modo a aproximar-se dos valores alvo. Para essa
5 otimização, podem ser utilizados diferentes representações da superfície ou superfícies que variam. No exemplo, apenas a face posterior da lente é variada, mas a face frontal também poderia ser variada. A face ou as faces que variam
10 pode ser representadas por polinômios de Zernike; uma camada esférica superpostas em uma ou outra das faces pode ser utilizada e esta camada esférica pode ser variada. A otimização pode usar as técnicas que são conhecidas por si. Em particular, o método de otimização por mínimos quadrados
15 amortecida (DLS) pode ser utilizado.

Para lentes multifocais progressivas, a invenção permite a melhoria do desempenho das lentes na visão intermediária.



PI0620000-1

REIVINDICAÇÕES

1. Método para a determinação de uma lente multifocal progressiva oftálmica **caracterizado pelo fato de que** compreende as etapas de:

- 5 - escolher uma lente de partida tendo uma cruz de ajuste (FC) que marca a direção de visualização principal sob condições de uso e um meridiano de progressão substancialmente umbilical tendo uma adição de poder (A) maior ou igual a 2 diopters entre um ponto de referência
- 10 de visão para longe referência (FV) e um ponto de referência de visão para perto (NV);
- definir uma lente igual à lente de partida lente;
- otimização, sob condições de uso, das lentes atuais utilizando como alvos:
- 15 - um comprimento de progressão igual ou inferior a 25°, o comprimento de progressão sendo definido como o ângulo de visualização baixado a partir da cruz de ajuste (FC), até o ponto do meridiano no qual o poder óptico do usuário chega a 85% da prescrição de adição (A); e
- 20 - uma diferença de orientação média dos eixos de astigmatismo resultante para a vertical de menos de 2,5 ° em uma primeira zona de controle delimitada por uma elipse centrada sobre o meridiano de progressão a meia altura entre a cruz de ajuste (FC) e a ponto de referência de

visão próxima (NV), a referida elipse tendo um eixo maior superior a 3° e um menor eixo compreendido entre $3,8^{\circ}$ e $4,5^{\circ}$.

2. Método para a determinação de uma lente oftálmica,
5 de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo** fato de que compreende também como alvo uma diferença de orientação média dos eixos de astigmatismo resultante para a vertical de menos de 3° em uma segunda zona de controle delimitada por uma elipse centrada sobre o meridiano de progressão a
10 meia altura entre a cruz de ajuste (FC) e o ponto de referência de visão próxima (NV), a referida elipse tendo um eixo maior superior a 35° e um menor eixo compreendido entre $7,5^{\circ}$ e $8,5^{\circ}$.

3. Método para a determinação de uma lente oftálmica,
15 de acordo com a reivindicação 1 ou 2, **caracterizado pelo** fato de que compreende também como alvo uma diferença de orientação média dos eixos de astigmatismo resultante para a vertical de menos de $3,5^{\circ}$ em uma terceira zona de controle delimitada por uma elipse centrada no meridiano de
20 progressão a meia altura entre a cruz de ajuste (FC) e o ponto de referência de visão próxima (NV), a referida elipse ter um eixo maior superior a 35° e um eixo menor compreendida entre 11° e 13° .

4. Método para a determinação de uma lente oftálmica, de acordo com uma das reivindicações de 1 a 3, **caracterizado pelo** fato de que para um usuário, para o qual uma correção de astigmatismo foi prescrita, no qual a
5 otimização da lente atual inclui uma etapa que consiste de subtrair vetorialmente o astigmatismo prescrito a partir do astigmatismo gerado pela lente sob condições de uso.

5. Lente multifocal progressiva oftálmica **caracterizada pelo** fato de que contém uma superfície
10 complexa tendo:

- uma cruz de ajuste (FC) marcando a direção de visualização primária sob condições de uso;

- Um meridiano de progressão substancialmente umbilical tendo uma adição de poder (A) maior ou igual a 2
15 diopters entre um ponto de referência de visão para longe (FV) e um ponto de referência de visão para perto (NV);

a lente tendo, sob condições de uso e reduzida para uma prescrição plana na visão para longe por ajuste dos raios de curvatura de pelo menos uma das suas faces:

- 20 - um comprimento de progressão igual ou inferior a 25°, o comprimento de progressão sendo definido como o ângulo de visualização baixado a partir da cruz de ajuste (FC), até o ponto do meridiano no qual o poder óptico do usuário chega a 85% da prescrição de adição (A); e

- uma diferença de orientação média dos eixos de astigmatismo resultante para a vertical de menos de $2,5^\circ$ em uma primeira zona de controle delimitada por uma elipse centrada sobre o meridiano de progressão a meia altura entre a cruz de ajuste (FC) e a ponto de referência de visão próxima (NV), a referida elipse tendo um eixo maior superior a 3° e um menor eixo compreendido entre $3,8^\circ$ e $4,5^\circ$.

6. Lente, de acordo com a reivindicação 5, **caracterizado pelo** fato de que tem, sob condições de uso e reduzida a uma prescrição plana na visão distante pelo ajuste dos raios de curvatura de pelo menos uma das suas faces, uma diferença entre a orientação média dos eixos de astigmatismo resultante e a vertical de menos de 3° em uma segunda zona de controle delimitada por uma elipse centrada sobre o meridiano de progressão a meia altura entre a cruz de ajuste (FC) e o ponto de referência de visão para perto (NV), a referida elipse tendo um eixo maior superior a 35° e um menor eixo compreendido entre $7,5^\circ$ e $8,5^\circ$.

20 7. Lente, de acordo com a reivindicação 5 ou 6, **caracterizado pelo** fato de que também tem, sob condições de uso e reduzida a uma prescrição plana na visão distante pelo ajuste dos raios de curvatura de pelo menos uma das suas faces, uma diferença entre a orientação média dos

eixos de astigmatismo resultante e a vertical de menos de 3° em uma segunda zona de controle delimitada por uma elipse centrada sobre o meridiano de progressão a meia altura entre a cruz de ajuste (FC) e o ponto de referência de visão para perto (NV), a referida elipse tendo um eixo maior superior a 35° e um menor eixo compreendido entre 11° e 13°.

8. Lente, de acordo com qualquer uma das reivindicações de 5 a 7, **caracterizado pelo** fato de que o eixo maior da elipse delimita a zona de controle da orientação média dos eixos de astigmatismo resultante está compreendido entre 35° e 36°.

9. Dispositivo visual **caracterizado pelo** fato de que inclui pelo menos uma lente definida em qualquer uma das reivindicações de 5 a 8.

10. Método para corrigir a visão de um sujeito com presbiopia **caracterizado pelo** fato de que inclui fornecer aos sujeitos, ou o uso pelo sujeito de um dispositivo conforme definido na reivindicação 9.

Figura 4

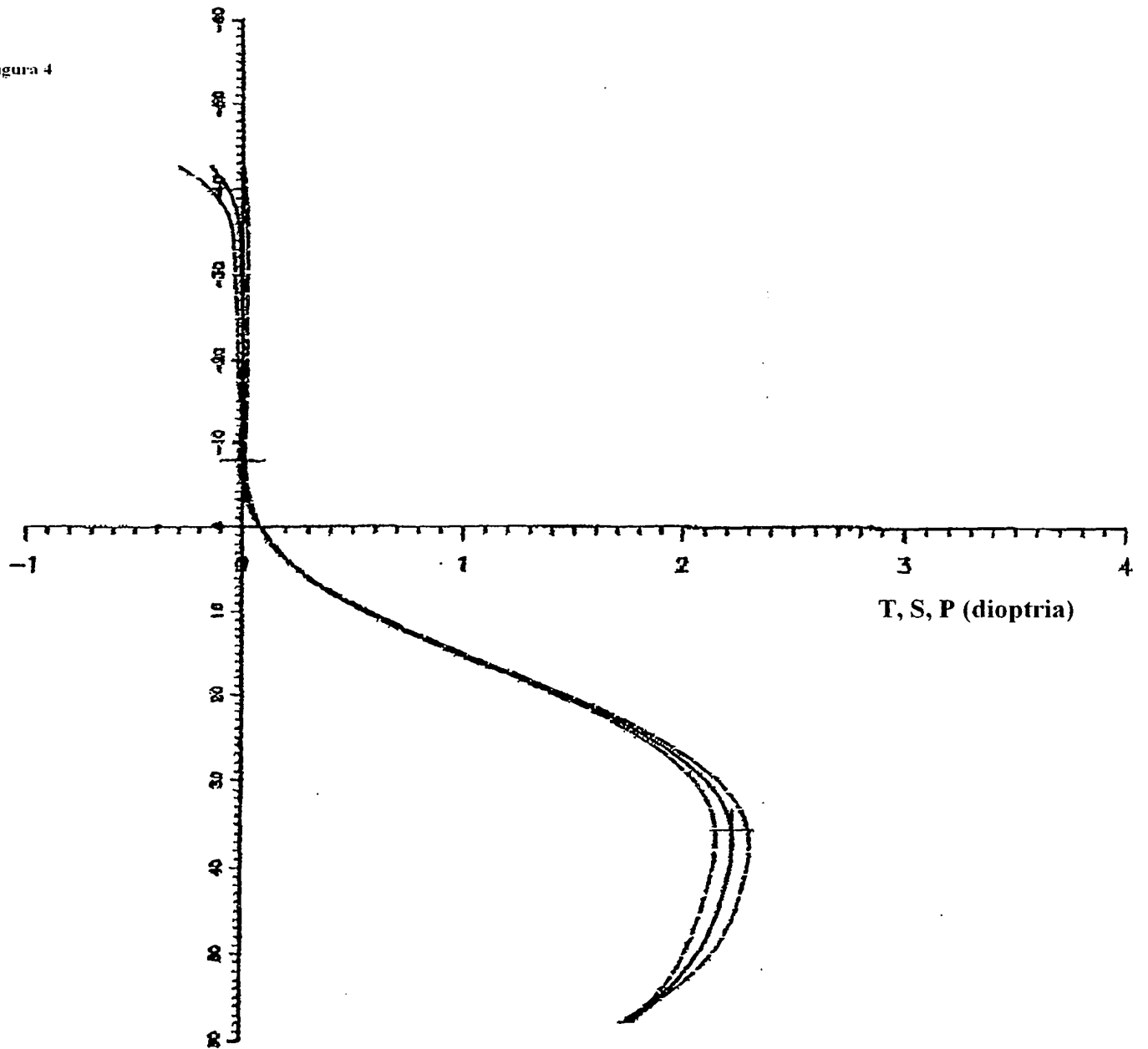


Figura 5

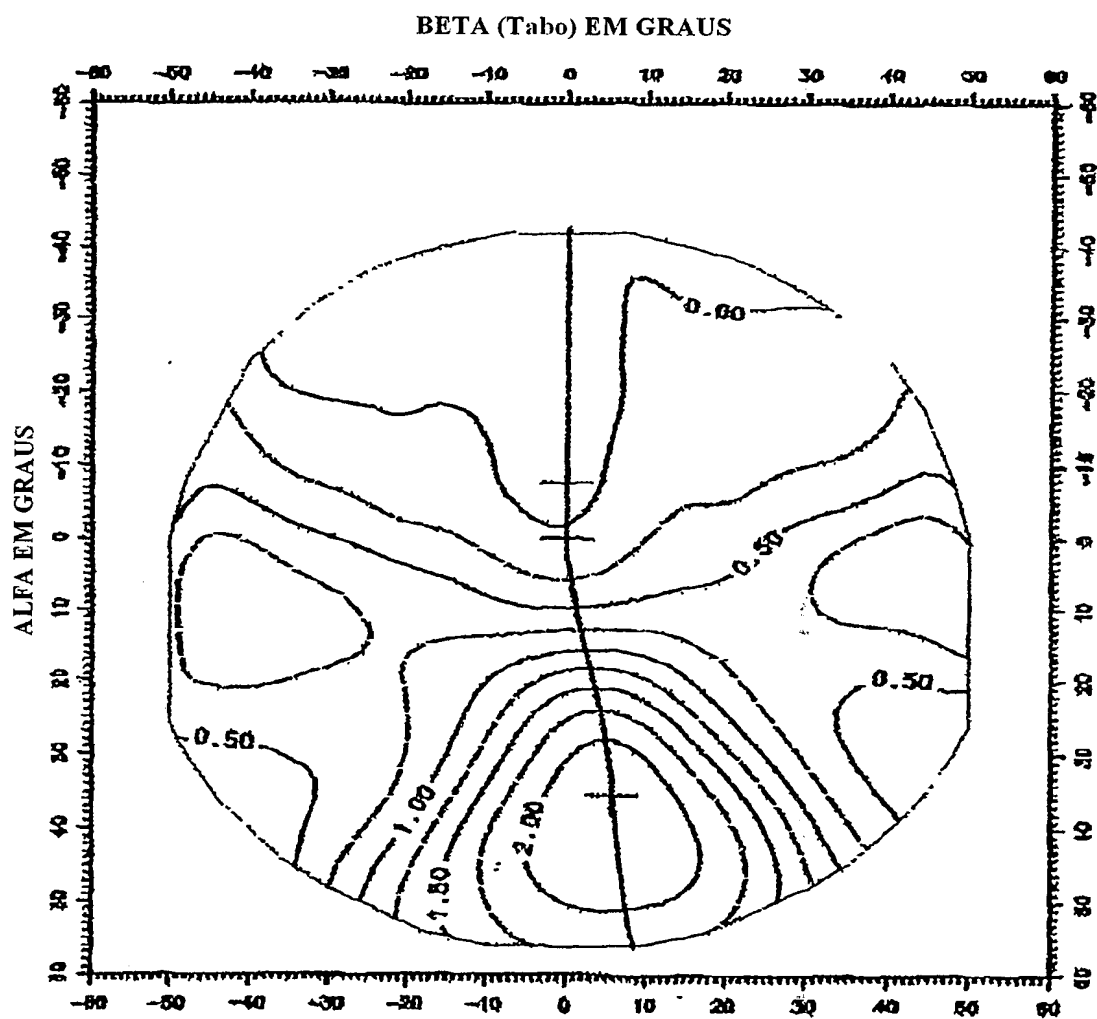


Figura 6

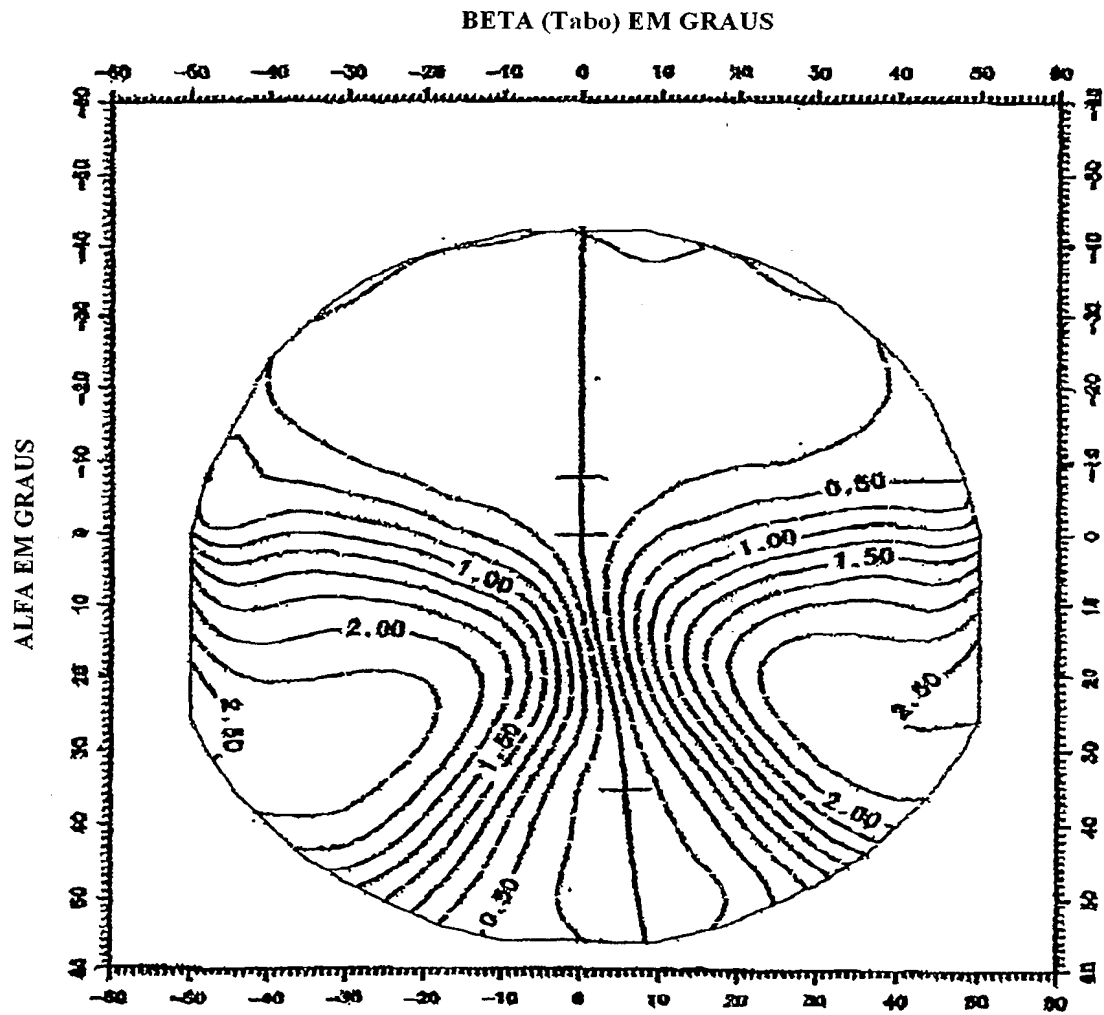


Figura 7

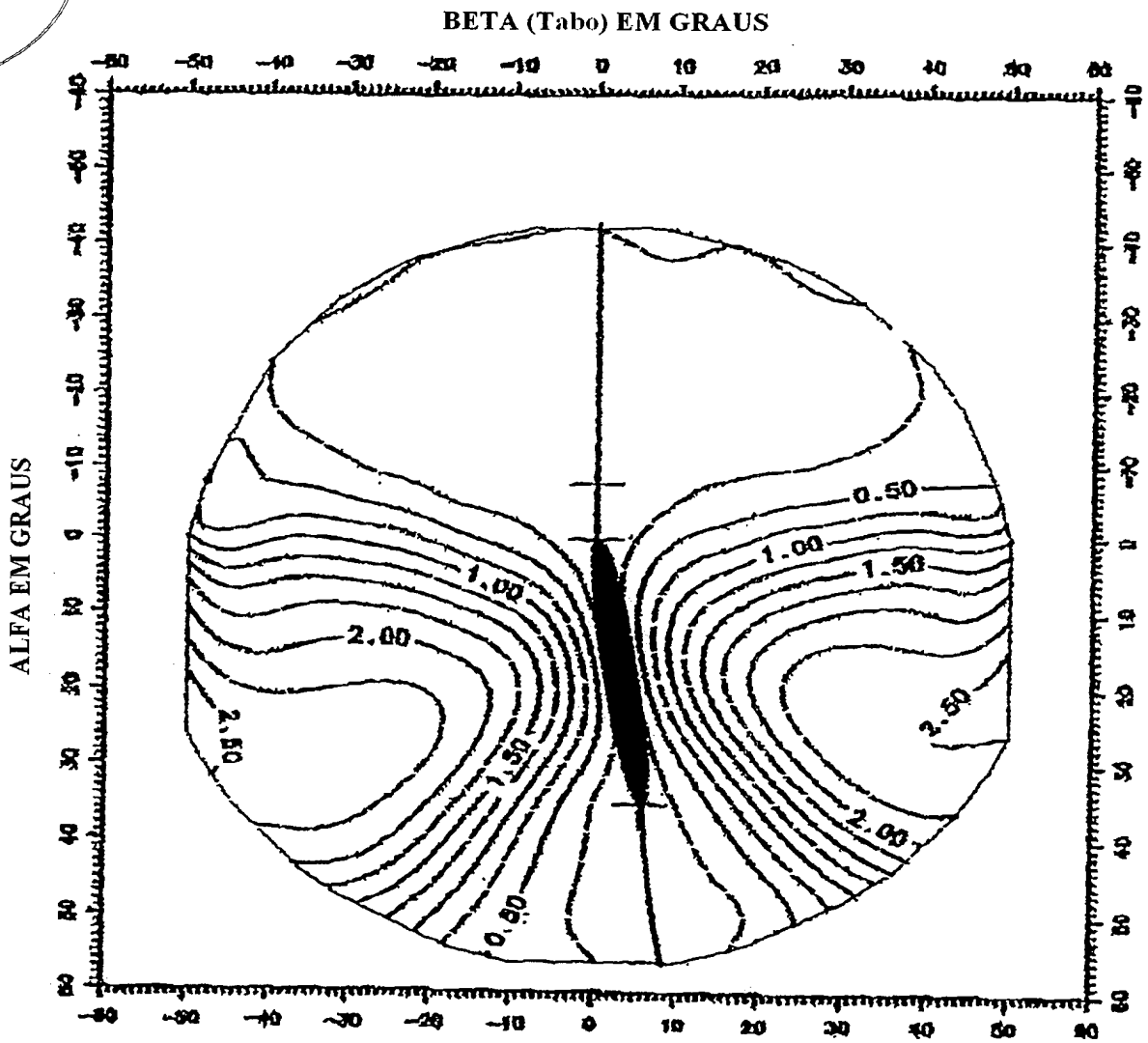


Figura 8

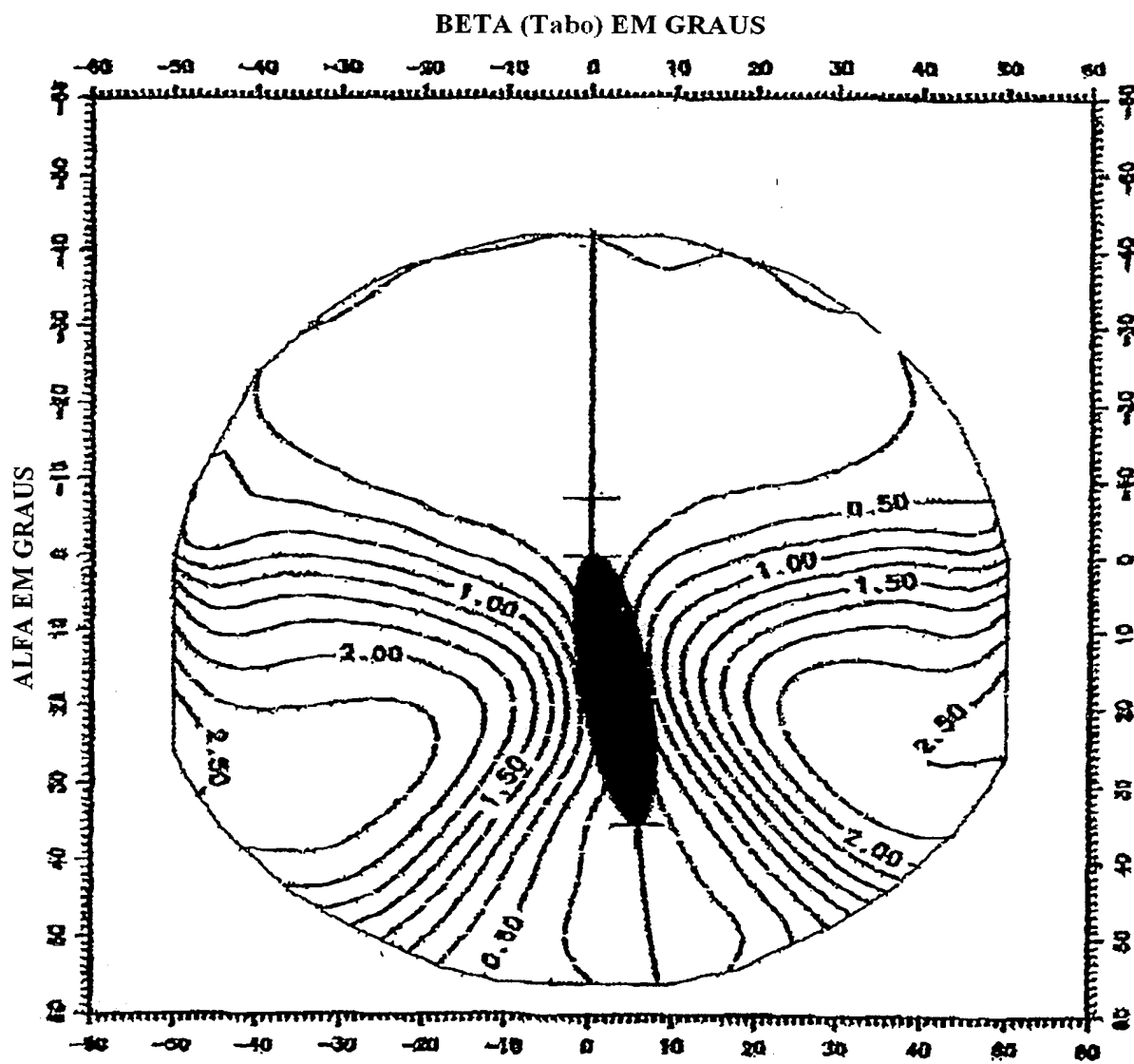
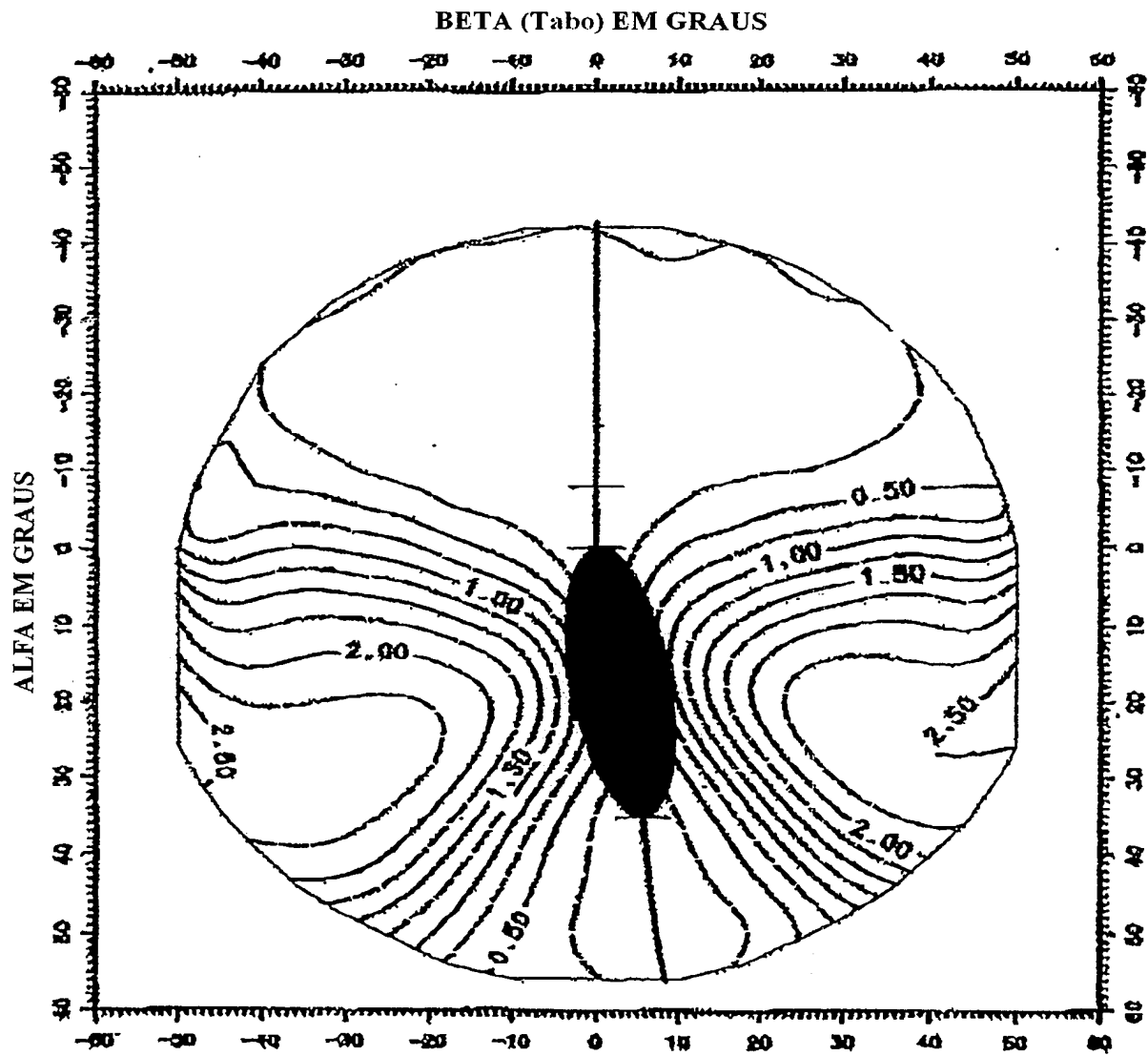


Figura 9



Resumo da Patente de Invenção para: "MÉTODO PARA A DETERMINAÇÃO DE UMA LENTE OPTÁLMICA".

O objeto da invenção é um método para a determinação por otimização de uma lente oftálmica de um usuário, para o qual uma adição de poder foi prescrita. O método propõe utilizar como um alvo para a otimização das lentes, sob condições de utilização, uma diferença de orientação média dos eixos de astigmatismo resultante para a vertical de menos de $2,5^\circ$ em uma primeira zona de controle delimitada por uma elipse centrada no meridiano de progressão a meia altura entre a cruz de ajuste e o ponto de referência de visão para perto, a referida elipse tendo um eixo maior superior a 35° e um eixo menor compreendido entre $3,8^\circ$ e $4,5^\circ$. A invenção permite a melhoria do desempenho das lentes multifocais progressivas na visão intermediária.