



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

(21) BR 112020011259-3 A2



(22) Data do Depósito: 06/12/2018

(43) Data da Publicação Nacional: 17/11/2020

(54) **Título:** MÉTODO E SISTEMA PARA SELECIONAR UM FILTRO DE COR, ARTIGO ÓPTICO COMPREENDENDO TAL FILTRO DE COR

(51) **Int. Cl.:** G02C 7/10; A61B 3/06.

(30) **Prioridade Unionista:** 06/12/2017 EP 17306709.1.

(71) **Depositante(es):** ESSLOR INTERNATIONAL.

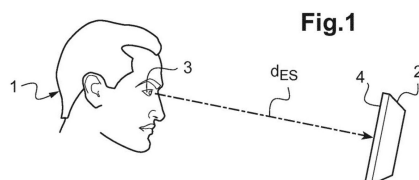
(72) **Inventor(es):** RÉMY ALLARD; DAPHNÉ SILVESTRE; YANNIS CHENGUITI.

(86) **Pedido PCT:** PCT EP2018083869 de 06/12/2018

(87) **Publicação PCT:** WO 2019/110758 de 13/06/2019

(85) **Data da Fase Nacional:** 04/06/2020

(57) **Resumo:** A invenção se refere a um método para selecionar um filtro de cor destinado a ser usado por um sujeito, a fim de melhorar o seu desempenho visual para uma determinada tarefa visual a ser realizada em um determinado ambiente. De acordo com a invenção, o referido método compreende as etapas de: - submeter o referido sujeito a um estímulo visual espaçotemporal colorido, adaptado de modo a avaliar o referido desempenho visual para a referida determinada tarefa visual, o referido estímulo sendo concebido de modo que a sua cromaticidade possa ser modificada; - avaliar o desempenho visual do sujeito com base na sua percepção visual do referido estímulo visual, a cromaticidade do estímulo visual assumindo pelo menos dois valores distintos, cada cromaticidade sendo uniforme; e - selecionar o referido filtro de cor com base nos resultados da referida avaliação. A invenção propõe adicionalmente um artigo óptico compreendendo tal filtro de cor. Finalmente, a invenção confere um sistema para selecionar um filtro de cor usando o referido método.



“MÉTODO E SISTEMA PARA SELECIONAR UM FILTRO DE COR, ARTIGO ÓPTICO
COMPREENDENDO TAL FILTRO DE COR”

CAMPO TÉCNICO DA INVENÇÃO

[0001] A invenção se destina ao domínio da optometria e à seleção de um filtro cromático de acordo com a sensibilidade do usuário.

[0002] Mais precisamente, a invenção se refere a um método para selecionar um filtro de cor destinado a ser usado por um sujeito, a fim de melhorar o seu desempenho visual para uma determinada tarefa visual a ser realizada em um determinado ambiente.

[0003] A invenção também propõe um artigo óptico compreendendo um filtro de cor escolhido usando tal método de seleção.

[0004] Outro objetivo da invenção é fornecer um sistema para selecionar um filtro de cor usando o referido método de seleção.

INFORMAÇÃO ANTECEDENTE E TÉCNICA ANTERIOR

[0005] É bem conhecido na técnica dos filtros oftálmicos que os filtros de cor, também conhecidos por "cromáticos", podem melhorar ou degradar a sensibilidade visual de um usuário desse filtro de cor, dependendo das condições ambientais (níveis de luminância, teor espectral da iluminação circundante, frequências espaciais e/ou temporais), tarefa visual (leitura, direção,...) e fatores do observador (por exemplo, idade, etnia, patologias,...).

[0006] Usualmente, a cor de um filtro é escolhida subjetivamente pelo usuário entre muitos filtros de cor possíveis de acordo com a análise qualitativa ou opinião do usuário: percepção preferida, consideração estética, a crença na visão melhorada (por exemplo, o laranja para o nevoeiro e o castanho para os dias ensolarados).

[0007] No entanto, a correlação entre preferência qualitativa e desempenho visual é baixa.

[0008] Portanto, as verdadeiras necessidades do usuário para uma determinada tarefa visual muitas vezes não é considerada (ou é pouco considerada) para otimizar o seu desempenho visual para essa tarefa em um determinado ambiente. Por outras palavras, não há qualquer quantificação objetiva do desempenho visual para

selecionar o filtro de cor ideal.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

[0009] Portanto, um objetivo da invenção é fornecer uma solução para otimizar a prescrição do espectro, a fim de selecionar o filtro de cor ideal para funções e condições visuais específicas.

[0010] Um objetivo adicional da invenção é o de fornecer um método de seleção de filtro de cor que pode reduzir a apreciação subjetiva dos filtros de cor e para orientar a prescrição do filtro de cor de modo a otimizar a sensibilidade ao contraste, ao escolher a melhor cromaticidade para cada usuário.

[0011] Os objetivos acima são alcançados de acordo com a invenção, ao fornecerem um método para selecionar um filtro de cor destinado a ser usado por um sujeito, a fim de melhorar o seu desempenho visual para uma determinada tarefa visual a ser realizada em um determinado ambiente, o referido método compreendendo as etapas de:

- submeter o referido sujeito a um estímulo visual espaçotemporal colorido, adaptado de modo a avaliar o referido desempenho visual para a referida determinada tarefa visual, o referido estímulo sendo concebido de modo que a sua cromaticidade possa ser modificada, a cromaticidade do estímulo visual assumindo pelo menos dois valores distintos, cada cromaticidade sendo uniforme;
- avaliar o desempenho visual do sujeito com base na sua percepção visual do referido estímulo visual, a cromaticidade do estímulo visual assumindo pelo menos dois valores distintos, cada cromaticidade sendo uniforme; e
- selecionar o referido filtro de cor com base nos resultados da referida avaliação do desempenho visual.

[0012] A "cromaticidade" acima do estímulo visual é definida como uma quantidade colorimétrica de acordo com o espaço de cores da CIE 1931 (CIE significa "Commission Internationale de l'Éclairage"): o que basicamente representa a "sensação de cor" do olho, ou seja, a resposta do olho a um estímulo visual colorido

específico, isto é, um estímulo visual colorido tendo uma densidade espectral ou distribuição de potência espectral específica.

[0013] Deve-se enfatizar que dois estímulos visuais coloridos distintos, tendo, por isso, densidades espectrais diferentes, podem causar a mesma resposta por parte do olho do sujeito, que é a mesma sensação de cor. Esse fenômeno é chamado de metamerismo. Se entende pelo termo "metamerismo", uma combinação percebida das cores com diferentes distribuições de potência espectral.

[0014] Apesar do padrão CIE, a cromaticidade percebida de um estímulo visual é pessoal e depende da fisiologia individual de percepção de cores. Por exemplo, a sensibilidade espectral real de diferentes fotorreceptores da retina (S para curto, M para médio ou L para longo), ou como as informações desses fotorreceptores são combinadas na retina e no cérebro. Da mesma maneira, a cromaticidade na qual o desempenho visual é ótimo varia de pessoa para pessoa. É por isso que avaliamos a capacidade visual para diferentes cromaticidades uniformes de modo a selecionar o melhor filtro cromático.

[0015] Em uma modalidade preferida do método, o estímulo visual é concebido de modo que, enquanto a sua cromaticidade global é variada durante a etapa de submissão, os seus perfis de luminância espacial e temporal permanecem inalterados.

[0016] Alternativamente, o estímulo visual é concebido de forma a que o seu perfil de luminância espacial e/ou temporal seja variado enquanto a sua cromaticidade permanece uniforme.

[0017] O estímulo visual apresentado ao sujeito é preferencialmente da forma $VS(\lambda, x, y, t) = C(\lambda) * L(x, y, t)$, onde $C(\lambda)$ é a densidade espectral do estímulo visual VS; e $L(x, y, t)$ representa os perfis de luminância espaciais e temporais do estímulo visual VS.

[0018] Outras características vantajosas e não limitativas do método de acordo com a invenção são as seguintes:

- o filtro de cor selecionado na etapa de seleção otimiza a percepção visual do referido estímulo visual;
- o estímulo visual é concebido de modo a estimular de maneira diferente

as vias de estimulação dos cones M e L dos olhos do sujeito;

- os perfis de luminância espacial e temporal do estímulo visual são predeterminados de acordo com a necessidade do sujeito para a determinada tarefa visual;
- o método de seleção compreende adicionalmente uma etapa de comparação consistindo em comparar pelo menos um dos referidos resultados da avaliação de desempenho visual com um valor de referência predeterminado, a seleção do referido filtro de cor sendo adicionalmente baseada no resultado dessa comparação;
- na etapa de seleção:
 - quando o resultado da comparação mostra que o desempenho visual do sujeito é melhorado, se escolhe o referido filtro de cores como tendo uma resposta espectral T_λ de modo que a cromaticidade do ambiente envolvente do sujeito, visto através do referido filtro de cor, esteja globalmente em conformidade com a referida cromaticidade durante a etapa de submissão correspondente; e
 - quando o resultado da comparação mostra que o desempenho visual do sujeito está degradado, se escolhe outro filtro de cor;
- o filtro de cor é escolhido de modo que a proporção de excitação dos cones L-/M- do sujeito quando vir o determinado ambiente através do referido filtro seja substancialmente igual à sua proporção de excitação dos cones L-/M- quando for submetido ao estímulo visual relevante durante a etapa de submissão correspondente;
- a etapa de seleção tem adicionalmente em consideração o teor espectral do referido determinado ambiente;
- a referida densidade espectral $C(\lambda)$ do estímulo visual é tal como $C(\lambda) = w_1 * C_1(\lambda) + w_2 * C_2(\lambda)$, onde $C_1(\lambda)$ e $C_2(\lambda)$ são espectros diferentes concebidos de modo a estimular de forma diferente as vias de estimulação dos cones L ou M dos olhos do sujeito; e w_1 e w_2 são os pesos respectivos dos referidos espectros;

- o valor de referência predeterminado é um valor de desempenho visual previamente avaliado usando o referido método de seleção;
- o desempenho visual avaliado é um dos seguintes: sensibilidade ao contraste espacial e/ou temporal; acuidade visual; sensibilidade cromática; sensibilidade espectral; fusão de frequência crítica; e/ou capacidade de leitura ou de direção.
- o referido estímulo visual é gerado por uma tela colorida;
- na etapa de avaliação, o desempenho visual é avaliado ao usar um gráfico de teste iluminado pela fonte de luz ambiente, a densidade espectral da referida fonte de luz ambiente sendo modificada durante a etapa de submissão.

[0019] O método de seleção de acordo com a invenção visa maximizar a sensibilidade do usuário para uma determinada atividade em um determinado ambiente. As várias vantagens do referido método de seleção são:

- prescrever um filtro de cor personalizado para a sensibilidade cromática do usuário. A cromaticidade na qual a percepção visual é ótima varia de observador para observador. Assim sendo, o método de seleção reivindicado otimiza a percepção visual para um determinado observador;
- prescrever um filtro de cor personalizado para as necessidades ou atividades do usuário (leitura, navegação, direção, visão de cores). O perfil de luminância espacial e temporal pode ser ajustado de modo a otimizar a visão de acordo com as necessidades do usuário, a fim de otimizar a visão para tarefas específicas (por exemplo, baixas e altas frequências espaciais e temporais, visão central vs. periférica, luminância de baixa e alta intensidade). Dada uma permuta entre várias funções visuais, alterar a cromaticidade pode melhorar algumas funções visuais e prejudicar outras. Por exemplo, um determinado filtro de cor pode prejudicar a acuidade espacial, mas melhorar a acuidade temporal, ou vice versa.

- prescrever um filtro de cor personalizado para a cromaticidade do ambiente do usuário. A percepção visual depende do teor espectral da informação visual que entra no olho, a qual depende da densidade espectral da iluminação, da reflexão espectral do ambiente e da filtragem cromática. Desse modo, a cromaticidade do ambiente em que o filtro será usado pode ser tida em consideração para otimizar a percepção visual. O filtro selecionado pode ser ajustado para ambientes particulares (por exemplo, quando o azul domina, tal como na água, ou quando o verde domina, tal como em uma floresta).

[0020] Um objetivo adicional da invenção se destina a um artigo óptico, por exemplo, um equipamento oftálmico para correção visual, compreendendo um filtro de cor selecionado usando um método de seleção de acordo com a invenção.

[0021] Outro objetivo da invenção é proporcionar um sistema inventivo para a seleção de um filtro de cor destinado a ser usado por um sujeito, a fim de melhorar o seu desempenho visual para uma determinada tarefa visual a ser realizada em um determinado ambiente.

[0022] De acordo com a invenção, o referido sistema compreende:

- meios de exibição configurados de modo a submeter o referido sujeito a um estímulo visual espaçotemporal colorido, adaptado de modo a avaliar o referido desempenho visual para a referida determinada tarefa visual, o referido estímulo sendo concebido de modo que a sua cromaticidade possa ser modificada, a cromaticidade do estímulo visual assumindo pelo menos dois valores distintos, cada cromaticidade sendo uniforme;
- meios de avaliação para avaliar o desempenho visual do sujeito com base na sua percepção visual do referido estímulo visual exibido ao sujeito, a cromaticidade do estímulo visual assumindo pelo menos dois valores distintos, cada cromaticidade sendo uniforme;
- seleção de meios para selecionar o referido filtro de cor com base nos resultados da referida avaliação do desempenho visual efetuado pelos

meios de avaliação.

DESCRIÇÃO DETALHADA DE EXEMPLO(S)

[0023] A descrição que se segue, feita com referência aos desenhos em anexo, dados a título de exemplo não limitativo, faz perceber claramente em que é que a invenção consiste e como pode ser reduzida à prática.

[0024] Nos desenhos em anexo:

- a figura 1 é um desenho esquemático que mostra um sujeito colocado na frente de uma tela colorida para testar a sua sensibilidade ao contraste e encontrar o melhor filtro de cor;
- a figura 2 é um gráfico que mostra as curvas dos espectros de emissão das duas pistolas de cor da tela colorida da figura 1 usadas para produzir um estímulo visual colorido;
- as figuras 3 e 4 são desenhos esquemáticos de duas grelhas sinusoidais usadas para testar a sensibilidade ao contraste do sujeito da figura 1;
- a figura 5 é um gráfico que mostra o padrão das curvas de probabilidade de absorção de fótons para os cones S, M, e L do sujeito da figura 1, cada curva sendo individualmente normalizada pelo seu valor máximo;
- a figura 6 é um gráfico que mostra as curvas de sensibilidade ao contraste de quatro sujeitos diferentes em função do peso relativo das duas pistolas coloridas da figura 2.

[0025] Ao longo da descrição, consideraremos um ou vários sujeitos que não sejam daltônicos. De fato, a invenção não é dedicada a esse tipo de pessoa patológica e não pode ser implementada para esse tipo de pessoa.

[0026] O método de seleção descrito no presente documento foi desenvolvido no sentido de melhorar ou otimizar o desempenho visual de um sujeito (para o resto da descrição, consideraremos que o sujeito principal é um homem) para que uma determinada tarefa visual seja realizada em um determinado ambiente.

[0027] O desempenho visual avaliado do sujeito é um dos seguintes: sensibilidade ao contraste espacial e/ou temporal; acuidade visual; sensibilidade cromática; sensibilidade espectral; fusão de frequência crítica; e/ou capacidade de leitura ou de

direção.

[0028] O determinado ambiente se refere às condições de iluminação ao redor do sujeito. Esse compreende todas as contribuições visuais para a luminância ambiente experimentadas pelo sujeito sob teste.

[0029] O método de seleção de acordo com a invenção descrito a seguir no presente documento permite revelar e medir a sensibilidade espectral de um sujeito usando um filtro de cor; por outras palavras, o objetivo da invenção é proporcionar um método de seleção de filtro de cor que possa reduzir a apreciação subjetiva dos filtros de cor e orientar a prescrição do filtro de cor no sentido de otimizar a sensibilidade ao contraste, ao escolher a melhor cromaticidade para cada usuário.

[0030] De acordo com a invenção, o método para a seleção de um filtro de cor de acordo com a invenção compreende as etapas de:

- submeter o sujeito a um estímulo visual espaçotemporal colorido, denominado a seguir no presente documento como VS, a fim de avaliar o desempenho visual (sensibilidade ao contraste) para uma determinada tarefa visual (por exemplo, leitura), o estímulo visual VS sendo concebido de modo que a sua cromaticidade possa ser modificada;
- avaliar o desempenho visual do sujeito com base na sua percepção visual do referido estímulo visual VS por pelo menos duas cromáticas do estímulo visual (duas "sensações de cor"), cada cromaticidade sendo uniforme; e
- selecionar o referido filtro de cor com base nos resultados da referida avaliação do desempenho visual.

[0031] As pelo menos duas cromaticidades do estímulo visual são dois valores distintos da cromaticidade em diferentes momentos do estímulo visual usado na etapa de submissão.

[0032] Por "cromaticidade uniforme", se pretende significar que o estímulo visual, que possui uma certa extensão espacial (isto é, não é zero) em um plano na frente do sujeito e que compreende várias zonas de estimulação visual, causa a mesma

sensação visual de cor independentemente da zona do estímulo visual, em um determinado momento durante o estímulo visual.

[0033] A Figura 1 representa um sujeito 1 (apenas a sua cabeça é mostrada no presente documento) para o qual se deseja determinar um filtro de cor que possa aprimorar a sua sensibilidade ao contraste, ou seja, a sua capacidade de distinguir entre recursos escuros e claros, dependendo do seu tamanho e periodicidade.

[0034] Para essa determinação, o sujeito 1 é colocado (em pé ou sentado em uma cadeira), mesmo em frente a uma tela colorida 2 a uma distância d_{ES} entre o olho 3 do sujeito 1 e o écran 4 da tela 2.

[0035] Para um teste de sensibilidade ao contraste, a distância entre o olho e o écran d_{ES} está compreendida entre 20 centímetros (cm) e 5 metros (m) de modo a permitir uma visão nítida com compensação visual se necessário. No presente documento é definida como um valor de 100 cm. A essa distância, apenas a visão de perto/intermédia é solicitada.

[0036] A tela 2 é uma tela digital de cor, onde o écran 4 é um écran de 3 cores tendo uma matriz bidimensional de pixels "azuis", "verdes" e "vermelhos". No presente documento, para o teste de sensibilidade ao contraste, apenas são usadas as "pistolas coloridas" verde e vermelha para estimular a visão do sujeito 1. A Figura 2 representa duas curvas $C1(\lambda)$ e $C2(\lambda)$, que são respectivamente os espectros 5 da pistola de cor verde da tela 2 e os espectros 6 da pistola de cor vermelha da tela 2.

[0037] A tela colorido 2 gera um estímulo visual VS visível para o sujeito 1, ao exibir no écran 4 diferentes padrões de cor ou preto e branco, tal como por exemplo letras ou números, símbolos com significado, desenhos simples, figuras geométricas, etc.

[0038] Na presente experiência, a fim de testar a sensibilidade ao contraste do sujeito 1, as grelhas sinusoidais monocromáticas 7, 8 são exibidas no écran 4 por um tempo predeterminado compreendido entre 10 milissegundos e 5 segundos. No presente documento, as grelhas senoidais 7, 8 são apresentadas brevemente por 500 ms, orientadas aleatoriamente, tanto verticalmente (caso da fig. 3) como horizontalmente (caso da fig. 4).

[0039] As grelhas sinusoidais 7, 8 são, no presente documento, "monocromáticas", ou seja, apresentam a mesma cromática em toda a sua superfície. De fato, ao misturar em proporções diferentes as duas pistolas de cor (verde e vermelho) do écran 4 (ver figura 2), é possível gerar um estímulo visual de cor VS tendo uma cromaticidade específica, ou seja, causando uma determinada "sensação de cor" no sujeito 1 que está olhando para as grelhas 7, 8 no écran 4.

[0040] Na etapa de submissão, o sujeito é convidado a olhar para o écran 4 colocado na sua frente (ver fig. 1) e a tarefa do sujeito é discriminar a orientação (vertical ou horizontal) da grelha sinusoidal 7, 8 exibida.

[0041] Dependendo da resposta do sujeito 1 sobre a orientação da grelha, o contraste da grelha sinusoidal 7, 8 é variada: reduzida após uma resposta correta e aumentada na sequência de uma resposta errada. Dessa forma, é possível encontrar o limite de valor de contraste em que o sujeito poderia executar a tarefa em relação a um nível de critério (75% resposta correta: ponto médio entre o desempenho perfeito, ou seja, 100%, e do acaso, ou seja, 50%).

[0042] Na modalidade preferida da invenção, conforme ilustrado na figura 1, o estímulo visual VS é tal que os seus perfis de luminância espacial e temporal permanecem inalterados (isto é, a mesma "sensação de nível de luz") enquanto a sua cromaticidade global é modificada durante a etapa de submissão.

[0043] A propriedade acima é realizada com um estímulo visual VS apresentado ao sujeito o qual é da forma: $VS(\lambda, x, y, t) = C(\lambda) * L(x, y, t)$, onde:

- $C(\lambda)$ é a densidade espectral (ou "teor espectral" ou "espectro") do estímulo visual VS; e
- $L(x, y, t)$ representa o perfil de luminância espaçotemporal do estímulo visual VS, ou seja, uma informação definida pela luminância/um sinal baseado na luminância.

[0044] A sensibilidade ao contraste CS pode ser definida como o inverso do limiar do contraste CT, ou seja, o menor contraste c necessário para perceber visualmente um dado sinal $S(x, y, t)$, que representa um padrão espaçotemporal como uma função de espaço (x, y) e tempo (t) .

[0045] Assim sendo, o perfil de luminância espacial e temporal $L(x,y,t)$ pode ser definido no presente documento conforme se segue: $L(x,y,t) = L_0 * [1 + c * S(x,y,t)]$, em que o sinal $S(x,y,t)$ é tal que $S(x,y,t) = \cos(2*\pi*\omega*t)*\cos(2*\pi*x/\Lambda_x)*\cos(2*\pi*y/\Lambda_y)$. A quantidade ω é a pulsação temporal, $\omega = 500$ ms; Λ_x e Λ_y são as periodicidades (por exemplo, em milímetros) das grelhas sinusoidais verticais e horizontais 7, 8 (ver figs. 3 e 4) respectivamente.

[0046] Conforme especificado acima, o estímulo visual $VS(\lambda,x,y,t)$ é concebido de forma a que a sua densidade espectral $C(\lambda)$ e, desse modo, a sua cromaticidade, possam ser variadas de modo a estimular os olhos 3 do sujeito 1 de diferentes maneiras.

[0047] Ao seleccionar frequências espaciais e temporais, $k_x = 2*\pi/\Lambda_x$, $k_y = 2*\pi/\Lambda_y$ (ver as figs. 3 e 4) e ω , que são relevantes para as necessidades do usuário, a cromaticidade na qual é otimizada a percepção visual dessas frequências espaçotemporais por parte do sujeito 1, se pode verificar como otimizar o desempenho visual das necessidades do sujeito.

[0048] Para ilustrar a solução técnica, a seção atual confere um exemplo específico da percepção de alguma informação definida pela luminância $L(x,y,t)$ que pode ser implementado.

[0049] No exemplo atual, a cromaticidade $C(\lambda)$ pode ser ajustada de modo a otimizar a sensibilidade ao contraste em algumas frequências espaçotemporais específicas k_x , k_y , ω relevantes para as necessidades do sujeito (por exemplo, otimiza o desempenho visual para baixas frequências espaciais e elevadas frequências temporais para navegação, esportes ou direção, e para elevadas frequências espaciais e baixas frequências temporais para atividades manuais detalhadas, tal como a leitura).

[0050] Por outras palavras, a presente solução técnica visa determinar a cromaticidade $C(\lambda)$ na qual a percepção visual da informação definida pela luminância, ou seja, o perfil espaçotemporal da luminância $L(x,y,t)$, é otimizada (melhora a sensibilidade ou realça a informação supraluminal, melhorando desse modo algum desempenho visual).

[0051] Os perfis de luminância espaçotemporal $L(x,y,t)$ são determinados de acordo com as necessidades do usuário (por exemplo, baixas frequências espaciais e temporais vs. elevadas, visão central vs. periférica, média intensidade de luminância).

[0052] A percepção ideal da informação definida pela luminância é encontrada pela avaliação (por exemplo, tarefa visual ou julgamentos subjetivos) da percepção visual do sujeito 1 em várias cromaticidades.

[0053] O efeito dos filtros de cor na sensibilidade ao contraste foi investigado na literatura científica. Mas a facilitação da sensibilidade ao contraste com filtros cromáticos ainda é debatida.

[0054] A presente invenção se focou em um novo paradigma, tendo em conta uma abordagem fisiológica baseada em distribuições de cones curtos (S), médios (M) e longos (L) (sensores fisiológicos específicos para processar a sensibilidade espectral). Para uma determinada tarefa e um determinado ambiente, os filtros de cor ideais serão determinados ao otimizar a integração neural dos cones, em particular os cones M e L.

[0055] A lógica por trás da interação entre cromaticidade e luminosidade é que a via de luminância do sistema visual se origina a partir da integração das vias dos cones L e M. No entanto, os cones S desempenham um papel insignificante no processamento da luminância.

[0056] Ao variar a densidade espectral $C(\lambda)$ do estímulo visual VS apresentado ao sujeito 1, os cones M e os cones L podem ser estimulados em diferentes proporções, uma vez que a probabilidade de um fóton de ser absorvido por um determinado fotorreceptor (isto é um cone S, M ou L) depende do seu comprimento de onda λ ($P_X(\lambda)$, $X = S, M, \text{ ou } L$).

[0057] A Figura 5 é um gráfico que mostra o padrão (ou seja, independente do sujeito) de curvas 21, 22, 23 de probabilidade de absorção de fótons $P_S(\lambda)$, $P_M(\lambda)$, $P_L(\lambda)$ para os cones S, M, e L respectivamente, cada curva 21, 22, 23 sendo individualmente normalizada (para 1) pelo seu valor máximo.

[0058] Pode ser entendido a partir da figura 5 que um estímulo visual em um único

comprimento de onda de 510 nm (ver linha vertical 24) ativará mais os cones M (ponto 25) do que os cones L (ponto 26) em comparação com um estímulo visual em um único comprimento de onda de 630 nm (ver linha vertical 27 e pontos 28, 29).

[0059] Se pode calcular a ativação A_X do $X =$ cones S, M, L como: $A_X = \int_{-\infty; +\infty} C(\lambda) * P_X(\lambda)$ e a proporção de ativação de L/M $\alpha_{L/M}$ por $\alpha_{L/M} = A_L / A_M$.

[0060] Desse modo, dada a integração não linear das vias dos cones M e L, alguma proporção de ativação dos cones L e M, $\alpha_{L/M}$, pode resultar em algum ganho no contraste de sensibilidade dentro do percurso de luminância do sistema visual do sujeito 1.

[0061] Idealmente, a proporção de ativação ótima pode ser medida individualmente, mas também pode ser aproximada para alguns grupos (por exemplo, sujeitos mais velhos podem tender para uma proporção diferente em comparação com sujeitos mais jovens).

[0062] Assim sendo, a fim de estimular diferencialmente os fotorreceptores - cones M e L - responsáveis pela sensibilidade ao contraste, a cromaticidade percebida (dependendo do teor espectral $C(\lambda)$) do estímulo visual VS é variada e toma pelo menos dois valores distintos (duas "sensações de cor").

[0063] Por exemplo, isso pode ser conseguido com uma densidade espectral $C(\lambda)$ que é preferencialmente tal como $C(\lambda) = w_1 * C_1(\lambda) + w_2 * C_2(\lambda)$, onde $C_1(\lambda)$ e $C_2(\lambda)$ são os espectros diferentes ("cromaticidades de linha de base"; ver a figura 2) concebidos de modo a estimular de forma diferente as vias de estimulação dos cones L ou M dos olhos 3 do sujeito 1; e w_1 e w_2 são os pesos respectivos dos referidos espectros C_1, C_2 .

[0064] A fim de variar apenas a cromaticidade e não a luminância (em cd/m^2) do estímulo visual VS, a luminância das cromaticidades de linha de base $C_1(\lambda)$ e $C_2(\lambda)$ são equalizadas entre si, e a soma $w = w_1 + w_2$ dos pesos é mantida substancialmente constante.

[0065] Dentro dessas restrições, a modificação dos pesos respectivos w_1 e w_2 das cromaticidades da linha de base varia então o teor espectral $C(\lambda)$ do estímulo visual percebido VS e, desse modo, a cromaticidade (isto é, a "sensação de cor") do estímulo visual VS, mas sem afetar o nível de luminância geral percebido (ou seja, a "sensação

de brilho") do referido estímulo visual VS.

[0066] Os pesos w_1 e w_2 nos quais a percepção visual é otimizada correspondem à proporção ótima da ativação do cone para o desempenho visual do sujeito 1 nas condições visuais conferidas.

[0067] De acordo com esses princípios, a figura 6 mostra as curvas de sensibilidade ao contraste 31, 32, 33, 34 de quatro sujeitos diferentes como uma função do peso relativo $w_{1/2} = w_1 / w_2$ das duas pistolas de cor $C1(\lambda)$, $C2(\lambda)$ da figura 2 (enquanto $w_1 + w_2 = \text{constante}$).

[0068] Conforme pode ser visto a partir da fig. 6, o contraste de sensibilidade c dos vários sujeitos para as grelhas sinusoidais de luminância varia em relação à cromaticidade do estímulo visual VS (uma vez que a cromaticidade está ligada à proporção de ativação $\alpha_{L/M}$ e aos pesos relativos w_1, w_2).

[0069] Também foi observado que o pico da sensibilidade ao contraste (valor máximo) geralmente não ocorre em uma das duas proporções extremas ($w_1=0$ e $w_2=1$, ou $w_1=1$ e $w_2=0$). Desse modo, isso sugere que a sensibilidade ao contraste é maximizada para algumas proporções de excitação de cone $\alpha_{L/M}$ específicas, o que varia de observador para observador.

[0070] A solução técnica acima detalhada pode ser implementada ao usando um mostrador digital ou através da variação da cromaticidade de, pelo menos, duas fontes de luz iluminadoras ao medir o desempenho visual do sujeito usando um gráfico em papel, por exemplo, um gráfico de sensibilidade ao contraste de Pelli Robson.

[0071] Além disso, em vez de alterar a cromaticidade da tela ou da iluminação ambiente, a cromaticidade do estímulo visual também pode ser variada usando filtros cromáticos usados pelo sujeito.

REIVINDICAÇÕES

1. Método para selecionar um filtro de cor destinado a ser usado por um sujeito, a fim de melhorar o seu desempenho visual para uma determinada tarefa visual a ser realizada em um determinado ambiente, sendo o referido método caracterizado pelo fato de que compreende as etapas de:

- submeter o referido sujeito a um estímulo visual espaçotemporal colorido, adaptado de modo a avaliar o referido desempenho visual para a referida determinada tarefa visual, o referido estímulo visual sendo concebido de modo que a sua cromaticidade possa ser modificada e assuma pelo menos dois valores distintos, cada cromaticidade sendo uniforme;

- avaliar o desempenho visual do sujeito com base na sua percepção visual do referido estímulo visual; e

- selecionar o referido filtro de cor com base nos resultados da referida avaliação do desempenho visual, o filtro de cor selecionado otimizando a percepção visual do referido estímulo visual.

2. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o estímulo visual é concebido de modo que, enquanto a sua cromaticidade global é modificada durante a etapa de submissão, os seus perfis de luminância espacial e temporal permanecem inalterados.

3. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 ou 2, caracterizado pelo fato de que o estímulo visual VS apresentado ao sujeito é da forma: $VS(x,y,t,\lambda) = C(\lambda) * L(x,y,t)$, onde:

- $C(\lambda)$ é a densidade espectral do estímulo visual; e

- $L(x,y,t)$ representa os perfis de luminância espacial e temporal do estímulo visual.

4. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1, 2 ou 3, caracterizado pelo fato de que os perfis de luminância espacial e temporal do estímulo visual são predeterminados de acordo com a necessidade do sujeito para a determinada tarefa visual.

5. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 4,

caracterizado pelo fato de que compreende adicionalmente uma etapa de comparação consistindo em comparar pelo menos um dos referidos resultados da avaliação de desempenho visual com um valor de referência predeterminado, a seleção do referido filtro de cor sendo adicionalmente baseada no resultado dessa comparação.

6. Método, de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de que na etapa de seleção:

- quando o resultado da comparação mostra que o desempenho visual do sujeito é melhorado, se escolhe o referido filtro de cores como tendo uma resposta espectral T_λ de modo que o teor espectral $C_E(\lambda)$ do ambiente envolvente do sujeito, visto através do referido filtro de cor, esteja globalmente em conformidade com a referida densidade espectral $C(\lambda)$ do estímulo visual durante a etapa de submissão correspondente; e

- quando o resultado da comparação mostra que o desempenho visual do sujeito está degradado, se escolhe outro filtro de cor.

7. Método, de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pelo fato de que o filtro de cor é escolhido de modo que a proporção de excitação dos cones L-/M- do sujeito quando vir o determinado ambiente através do referido filtro seja substancialmente igual à sua proporção de excitação dos cones L-/M- quando for submetido ao estímulo visual relevante durante a etapa de submissão correspondente.

8. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 7, caracterizado pelo fato de que a etapa de seleção tem adicionalmente em consideração o teor espectral do referido determinado ambiente.

9. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 8, caracterizado pelo fato de que a referida densidade espectral $C(\lambda)$ do estímulo visual é tal como $C(\lambda) = w_1 * C_1(\lambda) + w_2 * C_2(\lambda)$, onde:

- $C_1(\lambda)$ e $C_2(\lambda)$ são espectros diferente concebidos para estimular de forma diferente as vias de estimulação dos cones L ou M dos olhos do sujeito; e

- w_1 e w_2 são pesos respectivos dos referidos espectros.

10. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 5 a 9,

em dependência da reivindicação 4, caracterizado pelo fato de que o valor de referência predeterminado é um valor de desempenho visual previamente avaliado usando o referido método de seleção.

11. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 10, caracterizado pelo fato de que o desempenho visual avaliado é um dos seguintes:

- sensibilidade ao contraste espacial e/ou temporal;
- acuidade visual;
- sensibilidade cromática;
- sensibilidade espectral;
- fusão de frequência crítica; e/ou
- capacidade de leitura ou direção.

12. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 11, caracterizado pelo fato de que o referido estímulo visual é gerado por uma tela colorida.

13. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 11, caracterizado pelo fato de que na etapa de avaliação, o desempenho visual é avaliado ao usar um gráfico de teste iluminado pela fonte de luz ambiente, a densidade espectral da referida fonte de luz ambiente sendo modificada durante a etapa de submissão.

14. Artigo óptico caracterizado pelo fato de que compreende um filtro de cor selecionado usando um método de seleção, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 13.

15. Sistema para selecionar um filtro de cor destinado a ser usado por um sujeito, a fim de melhorar o seu desempenho visual para uma determinada tarefa visual a ser realizada em um determinado ambiente, sendo o referido sistema caracterizado pelo fato de que compreende:

- meios de exibição configurados de modo a submeter o referido sujeito a um estímulo visual espaçotemporal colorido, adaptado de modo a avaliar o referido desempenho visual para a referida determinada tarefa visual, o referido estímulo visual sendo concebido de modo que a sua cromaticidade possa ser modificada e

assuma pelo menos dois valores distintos, cada cromaticidade sendo uniforme;

- meios de avaliação para avaliar o desempenho visual do sujeito com base na sua percepção visual do referido estímulo visual exibido ao sujeito;

- meios de seleção para selecionar o referido filtro de cor com base nos resultados da referida avaliação do desempenho visual efetuado pelos meios de avaliação, o filtro de cor selecionado otimizando a percepção visual do referido estímulo visual.

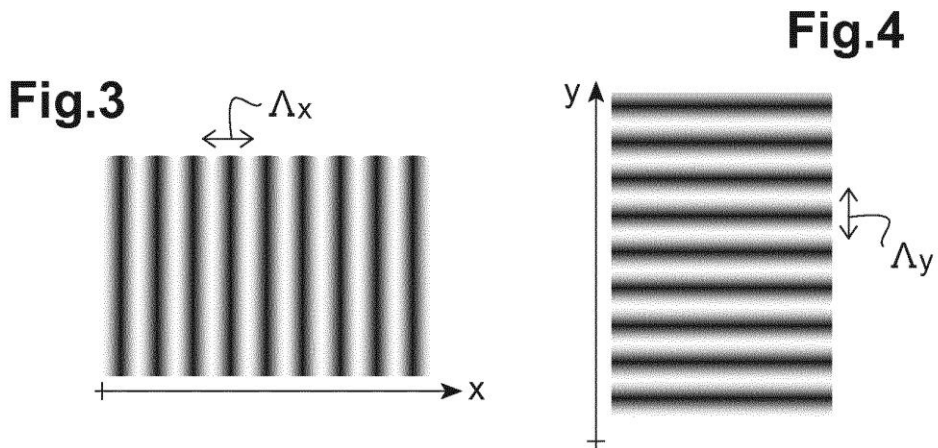
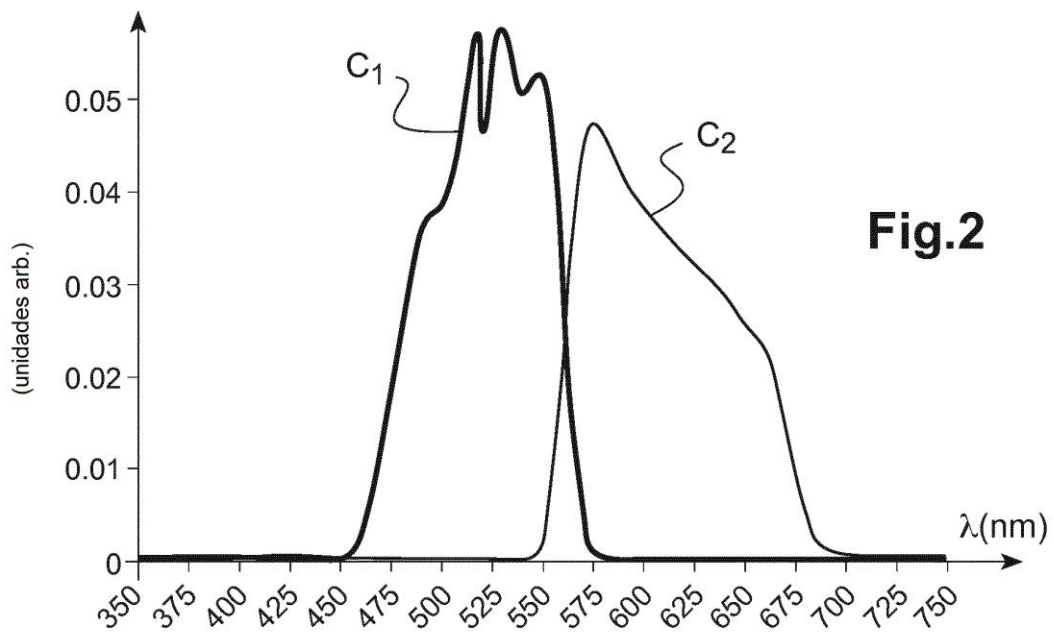
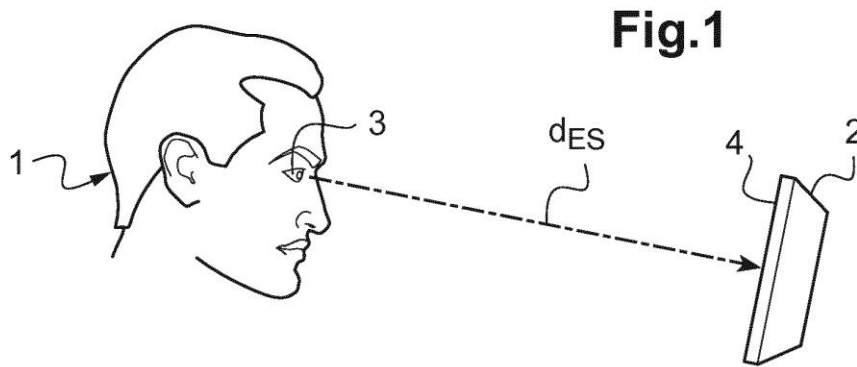


Fig.5

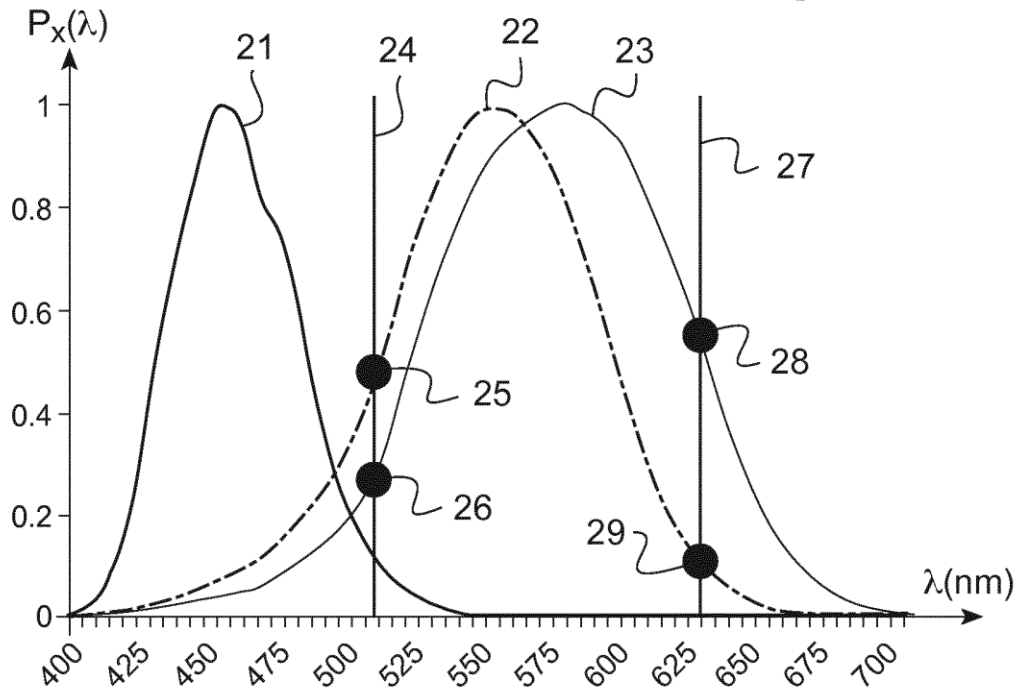
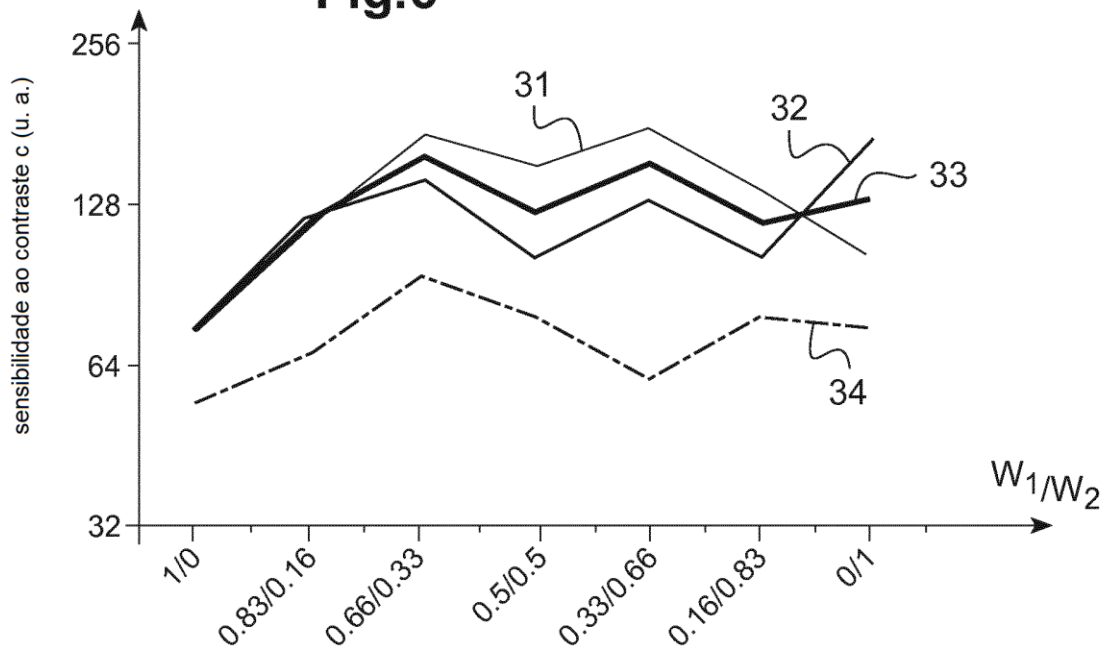


Fig.6



RESUMO**“MÉTODO E SISTEMA PARA SELECIONAR UM FILTRO DE COR, ARTIGO ÓPTICO COMPREENDENDO TAL FILTRO DE COR”**

A invenção se refere a um método para selecionar um filtro de cor destinado a ser usado por um sujeito, a fim de melhorar o seu desempenho visual para uma determinada tarefa visual a ser realizada em um determinado ambiente. De acordo com a invenção, o referido método compreende as etapas de: - submeter o referido sujeito a um estímulo visual espaçotemporal colorido, adaptado de modo a avaliar o referido desempenho visual para a referida determinada tarefa visual, o referido estímulo sendo concebido de modo que a sua cromaticidade possa ser modificada; - avaliar o desempenho visual do sujeito com base na sua percepção visual do referido estímulo visual, a cromaticidade do estímulo visual assumindo pelo menos dois valores distintos, cada cromaticidade sendo uniforme; e - selecionar o referido filtro de cor com base nos resultados da referida avaliação. A invenção propõe adicionalmente um artigo óptico compreendendo tal filtro de cor. Finalmente, a invenção confere um sistema para selecionar um filtro de cor usando o referido método.