



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

(21) PI 0719548-6 A2



(22) Data de Depósito: 27/11/2007
(43) Data da Publicação: 21/01/2014
(RPI 2246)

(51) Int.Cl.:
H04N 1/56

(54) Título: MÉTODO PARA AUMENTAR, APARELHO PARA EXPANDIR E MÉTODO PARA MELHORAR A GAMA DINÂMICA DOS DADOS DE IMAGEM ORIGINAIS. (57) Resumo:

(30) Prioridade Unionista: 27/11/2006 US 60/867325

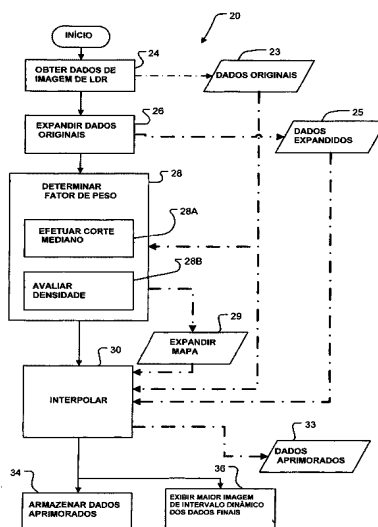
(73) Titular(es): Dolby Laboratories Licensing Corporation

(72) Inventor(es): Alan Chalmers, Francesco Banterle, Kurt Debattista, Patrick Ledda

(74) Procurador(es): Momsen, Leonardos & CIA.

(86) Pedido Internacional: PCT US2007024498 de 27/11/2007

(87) Publicação Internacional: WO 2008/066840 de 05/06/2008



“MÉTODO PARA AUMENTAR, APARELHO PARA EXPANDIR E
MÉTODO PARA MELHORAR A GAMA DINÂMICA DOS DADOS DE
IMAGEM ORIGINAIS”

Referência Cruzada para os Pedidos Relacionados

5 Este pedido reivindica o benefício de Pedido Provisório da
U.S. número de série 60/867.325 depositado em 27 de novembro de 2006, e
com o título APPARATUS AND METHODS FOR BOOSTING DYNAMIC
RANGE IN DIGITAL IMAGES que é aqui incorporado em sua totalidade
para referência.

10 Campo técnico

Esta invenção se refere ao tratamento de imagem digital. A
invenção se refere especificamente aos métodos e aparelho para aumentar a
gama dinâmica de imagens digitais.

Fundamentos

15 O olho humano é sensível à luz sobre uma muito ampla gama
de intensidades. Imagens precisam ter altas gamas dinâmicas para
precisamente reproduzir cenas reais. Sensores de imagem de alto
desempenho, tais como arranjos de CCD de alto desempenho são capazes de
adquirir imagens tendo altas gamas dinâmicas. Há mostradores, tais como os
20 mostradores disponíveis da Dolby Canada Corporation que são capazes de
exibir imagens de alta gama dinâmica. Contudo, muitos mostradores de
computadores, televisores e o similar têm gamas dinâmicas limitadas e são
incapazes de exibir tais imagens de alta gama dinâmica.

25 Alguns dados de imagem tem baixa gama dinâmica por causa
da maneira que os dados de imagem são adquiridos ou gerados. Em outros
casos, a gama dinâmica dos dados de imagem pode ser reduzida para
coincidir com as características de exibição nas quais a imagem dos dados de
imagem serão reproduzidos. Um operador de mapeamento de tom pode ser
aplicado aos dados de imagem de mais alta gama dinâmica para reduzir a

gama dinâmica dos dados de imagem. Isto pode ser feito, por exemplo, para fornecer dados de imagem que coincidem com a gama dinâmica de um tipo de mostrador ou um particular formato de dados de imagem formato.

Há uma vasta quantidade dados de imagem existentes que tem uma gama dinâmica que é mais baixa do que a gama dinâmica que pode ser exibida por mostradores de alta gama dinâmica e/ou apreciada pelo olho humano.

Há uma necessidade métodos e aparelhos que podem expandir a gama dinâmica dos dados de imagem de mais baixa gama dinâmica.

10 Sumário

As seguintes modalidades e aspectos delas são descritas e ilustradas em conjunto com sistemas, ferramentas e métodos que se destinam a serem exemplares e ilustrativos, não limitando em escopo. Em várias modalidades, um ou mais dos problemas descritos acima foram reduzidos ou eliminados, enquanto outras modalidades são direcionadas a outros melhoramentos.

Um aspecto da invenção fornece um método para aumentar a gama dinâmica de dados de imagem originais representando uma imagem. O método compreende, em qualquer ordem: aplicar uma função de expansão para gerar, a partir dos dados de imagem originais, dados expandidos tendo uma gama dinâmica maior do que aquela dos dados de imagem originais; e, obter uma mapa de expansão compreendendo dados indicativos de um grau de luminância das regiões associadas aos pixéis na imagem. O método combina os dados de imagem originais e os dados expandidos de acordo com o mapa de expansão para produzir dados de imagem melhorados.

Um outro aspecto da invenção fornece aparelho para expandir a gama dinâmica de dados de imagem originais. O aparelho compreende: um expensor de gama dinâmica conectado para receber dados de imagem originais e para emitir dados expandidos tendo uma gama dinâmica maior do

que aquela dos dados de imagem originais; um analisador de distribuição de luminância configurado para gerar um mapa de expansão indicativo da luminância das regiões associadas aos pixels na imagem dos dados de imagem originais; e um combinadores de imagem configurado para combinar os dados de imagem originais com os dados expandidos a partir de um expensor de gama dinâmica de acordo com o mapa de expansão para produzir dados de imagem melhorados.

Um outro aspecto da invenção fornece um método para melhorar a gama dinâmica dos dados de imagem originais, o método compreendendo processar valores de luminância para os pixels dos dados de imagem originais de acordo com to operador de mapeamento de tom inverso, dado por:

$$\frac{\alpha^2}{L_{\text{branco}}^2 \bar{L}_w^2} L_w^2(x, y) + \frac{\alpha}{\bar{L}_w} (1 - L_d(x, y)) L_w(x, y) - L_d(x, y) = 0$$

ou um equivalente matemático do mesmo, onde α , L_{branco} , e $\bar{L}_w$ são parâmetros e L_d é um valor de luminância correspondendo a um pixel nos dados de imagem originais.

Em adição aos aspectos e modalidades exemplares descritos acima, aspectos e modalidades adicionais serão descritos abaixo e/ou se tornarão aparente através da referência aos desenhos e através do estudo da descrição detalhada a seguir.

Descrição Breve dos Desenhos

Os desenho anexos que ilustram modalidades não limitantes da invenção.

Figura 1 é um fluxograma ilustrando um método de acordo com uma modalidade da invenção.

Figura 2 é um diagrama em bloco de um aparelho de acordo com a invenção.

Figura 3 é um diagrama em bloco de um aparelho de acordo

com uma outra modalidade da invenção.

Descrição

Ao longo da seguinte descrição, detalhes específicos são estabelecidos de modo a fornecer um mais aprofundado entendimento para as
 5 pessoas com qualificação na técnica. Contudo, elementos bem conhecidos podem não ter sido mostrados ou descritos em detalhes, para evitar desnecessariamente obscurecer a divulgação. Conseqüentemente, a descrição e os desenhos são para serem considerados em um sentido ilustrativo, mais propriamente do que um sentido restritivo.

10 Esta invenção fornece métodos e aparelho para expandir uma gama dinâmica de dados de imagem. Os métodos e aparelho podem ser aplicados, por exemplo, para aumentar a gama dinâmica de imagens legadas (que podem ser imagens fixas ou de vídeo, por exemplo) para exibir em mostradores de alta gama dinâmica.

15 Figura 1 mostra um método **20** de acordo com uma modalidade da invenção. O método **20** atua nos dados de imagem originais **23** obtidos no bloco **24** para expandir a gama dinâmica dos dados de imagem **23**. No bloco **26**, o método **20** expande os dados de imagem originais **23** para obter dados expandidos de imagem **25**. A expansão mapeia os valores de
 20 luminosidade do pixel a partir da primeira gama para a segunda gama. A segunda gama fornece mais valores possíveis do que a primeira gama. Por exemplo, a primeira gama pode permitir valores no intervalo de 0 a 255 enquanto a segunda gama expandida, pode permitir valores no intervalo de 0 a 1023 ou valores no intervalo de 0,00 a 1,00 para alguma precisão
 25 especificada. Em algumas modalidades, o valor da luminosidade um pixel nos dados expandidos de imagem **25** é uma função do valor da luminosidade do correspondente pixel nos dados de imagem originais **23**.

A expansão pode envolver qualquer de: escalonamento linear, escalonamento não linear ou aplicar uma função mais complicada de

expansão tal como o inverso de uma função de mapeamento de tom. Onde o bloco 26 aplica uma função de mapeamento de tom inversa, a função de mapeamento de tom inversa aplicada no bloco 26 não é necessariamente o inverso de qualquer particular função de mapeamento de tom usada na criação dos dados de imagem originais 23. De fato, em alguns casos, os dados de imagem originais 23 podem ter sido obtidos sem a aplicação de uma função de mapeamento de tom ou através da aplicação de uma função de mapeamento de tom diferente a partir do inverso da função de mapeamento de tom aplicada no bloco 26.

Um exemplo de função de mapeamento de tom é a *Photographic Tone Reproduction* descrita em Reinhard et al., *Photographic tone reproduction for digital imagens*, ACM Trans. Graph., 21, 3, 267-276 (2002). Outras funções de mapeamento de tom são descritas, por exemplo, em Smith et al, *Beyond tone mapping: Enhanced depiction of tone mapped HDR imagens*.

Computador Graphics Forum 25, 3 (2006); e Ledda et al. *Evaluation of tone mapping operators using a high dynamic range display*, ACM Trans. Graph., 24, 3, 640-648 (2005).

O operador de mapeamento de tom por redução de tom fotográfico escalona valores de luminosidade de pixel com base em uma média geométrica, que é ou se aproxima do principal da cena e então comprime os valores resultantes. O escalonamento pode ser dado por:

$$L_m(x, y) = \frac{\alpha}{L_w} L_w(x, y)$$

onde L_m é o valor escalonado, α é um parâmetro de usuário, L_w é a luminosidade do pixel nos dados de imagem originais 23. Se dados de imagem originais 23 estão em um formato de RGB então L_w pode ser dado por:

$$L_w = 0.213R_w + 0.715G_w + 0.072B_w \quad (2)$$

onde R_w , G_w e B_w são respectivamente os valores do pixel do vermelho, verde,

e azul para o pixel o espaço de cor de RGB. $\bar{L}_w$ é a média geométrica definida por:

$$\bar{L}_w = \exp\left(\frac{1}{N} \sum_{x,y} \log(\delta + L_w(x,y))\right) \quad (3)$$

onde δ é um valor pequeno não negativo e N é um número de pixels na imagem.

5 A compressão pode ser fornecida através de uma função que pega os valores de entrada dentro de uma primeira gama e produz os valores de saída dentro de uma segunda gama mais estreita. Por exemplo, compressão poderia ser fornecida por:

$$L_d(x,y) = \frac{L_m(x,y)}{1 + L_m(x,y)} \quad (4)$$

10 onde L_d é o valor comprimido para o pixel em (x, y) . Em uma modalidade mais flexível, a compressão é fornecida por:

$$L_d(x,y) = \frac{L_m(x,y) \left(1 + \frac{L_m(x,y)}{L_{branco}^2}\right)}{1 + L_m(x,y)} \quad (5)$$

onde L_{branco} é um parâmetro que corresponde ao menor valor de luminância dos dados não comprimidos que serão mapeados para branco no dados comprimidos.

15 Equação (5) pode ser invertida resolvendo a equação quadrática:

$$\frac{L_m^2(x,y)}{L_{branco}^2} + L_m(x,y)(1 - L_d(x,y)) - L_d(x,y) = 0 \quad (6)$$

Na equação (5), L_m pode ser substituída pelo valor da equação (1) para fornecer:

$$\frac{\alpha^2}{L_{branco}^2 \bar{L}_w^2} L_w^2(x,y) + \frac{\alpha}{\bar{L}_w} (1 - L_d(x,y)) L_w(x,y) - L_d(x,y) = 0 \quad (7)$$

Equação (7) pode ser resolvido para L_w usando a fórmula quadrática para obter uma solução positiva maior avaliada. Isto pode ser

efetuado para cada pixel em uma imagem para obter dados expandidos de imagem 25.

Para aplicar a solução da equação (7) para mapeamento de tom inverso alguém precisa atribuir valores para os parâmetros α , L_{branco} , L_d e a
 5 média geométrica $\bar{L}_w$. Ao menos que alguém conheça que operador de mapeamento de tom (se qualquer) foi aplicado para obter a imagem de mais baixa gama dinâmica sendo trabalhada, esses parâmetros não serão conhecidos. Em métodos de acordo com algumas modalidades, um usuário pode estabelecer valores para esses parâmetros. Em algumas modalidades, os
 10 parâmetros podem ser automaticamente estabelecidos ou predeterminados. Em algumas modalidades, alguns ou todos os parâmetros são estabelecidos automaticamente para valores iniciais e um usuário pode variar os valores dos parâmetros a partir daqueles valores iniciais, se desejado.

Uma maneira de atribuir $\bar{L}_w$ é usar a luminância média
 15 geométrica da imagem de mais baixa gama dinâmica sendo processada. Tem sido encontrado que a luminância média geométrica de uma imagem de mais alta e mais baixa gama dinâmica da mesma cena são tipicamente bastante similares (ao menos que a imagem de mais baixa gama dinâmica seja, de forma significativa, sobre ou sub-exposta). Determinados operadores de
 20 mapeamento de tom tendem a mudar a luminância. Onde tais operadores de mapeamento de tom foram usados na geração de dados de imagem originais 23, pode ser desejável usar uma função da luminância média geométrica da imagem de mais baixa gama dinâmica sendo processada para $\bar{L}_w$. A função pode ser escolhida com base no conhecimento do operador de mapeamento de
 25 tom usado para gerar os dados de imagem originais 23 ou pode ser determinado empiricamente.

Uma maneira de atribuir um valor para o parâmetro $L_d(x,y)$ é realizar que L_d é a luminância da imagem de mais baixa gama dinâmica sendo processada.

Os parâmetros α e L_{branco} pode ser estabelecido pelo usuário. O significado do parâmetro α é um pouco enigmático. Por conseguinte, os inventores preferem definir um parâmetro L_{max}' tal que:

$$L'_{max} = \frac{L_{branco} \bar{L}_v}{\alpha} \quad (8)$$

L_{max}' é o valor máximo de luminância esperada na imagem mapeada de tom inversa. L_{branco} afeta a expansão dos valores originais de luminância baixa e média. Se L_{branco} é muito alta, aqueles valores são mapeados para valores de luminância muito baixa. Se L_{branco} é muito baixa, a imagem mapeada de tom inversa vai ter valores de luminância similares àqueles na imagem original de gama dinâmica mais baixa escalonada pelo fator L_{max}' . Em aplicações típicas, estabelecendo L_{branco} e L_{max}' para terem valores que são iguais ou da mesma ordem tendem a produzir resultados razoáveis.

A função de expansão aplicada no bloco 26 pode produzir uma imagem expandida que não é completamente aceitável. Se a função de expansão produz os valores de luminância de saída que são altos então a imagem resultante pode ser “bloqueada” na aparência.

O método 20 obtém uma imagem de saída 33 combinando a imagem expandida 25 com a imagem original 23 de acordo com um mapa de expansão 29 gerado no bloco 28. O mapa de expansão 29 identifica áreas de maior luminância e menor luminância da imagem original 23. Usando o mapa de expansão 29, o método 20 baseia a imagem de saída 33 mais pesadamente na imagem expandida 25 em áreas de maior luminância e baseia a imagem de saída 33 mais pesadamente na imagem original 23 em áreas de menor luminância. Bloco 28 pode usar qualquer método adequado para avaliar o nível de luminância de uma área para o qual cada pixel pertence. Por exemplo, o bloco 28 pode computar uma luminância média ou luminância média ponderada dos pixels em uma área a qual cada pixel pertence. O mapa de expansão 29 inclui pesos associados com cada pixel. Os pesos indicam o

grau relativo para aquela imagem original **23** e a imagem expandida **25** contribui para o valor para aquele pixel na imagem melhorada **33**.

Na modalidade ilustrada, o bloco **28** aplica um algoritmo de corte mediano no bloco **28 A**. O algoritmo de corte mediano é descrito, por exemplo, em Debevec, P., *A median cut algorithm for light probe sampling*, ACM Siggraph 2005 posters (2005). O algoritmo de corte mediano identifica um conjunto de ponto de fontes de luz que são aglomeradas perto de área de alta luminância em uma imagem. Em algumas modalidades, o número e intensidade tais fontes de luz na vizinhança de um pixel são usados para criar o mapa de expansão **29**.

O algoritmo de corte mediano divide uma imagem em $2n$ regiões de energia de luz similar. Essas áreas podem ser identificadas subdividindo a imagem ao longo da dimensão mais longa tal que a luminância é igualmente repartida entre as regiões resultantes. O processo é repetido para as regiões resultantes. A fonte de luz é colocada no centróide cada uma das $2n$ regiões obtidas através da iteração do processo de dividir a imagem nas regiões n vezes. A cor de cada fonte de luz é estabelecida para um valor médio através da região (por exemplo, a cor pode ser estabelecida para igualar uma soma de valores de pixel dentro da região).

Em algumas modalidades da invenção n é pelo menos, 9 (correspondendo a 512 fontes de luz). Em algumas modalidades n é 10 ou mais.

Em algumas implementações, as fontes de ponto de luz pode ser armazenada em uma estrutura de dados compreendendo uma árvore de 2D para facilitar pesquisas de vizinhos mais próximos que podem ser efetuados na criação do mapa de expansão **29**.

Não é obrigatório que a imagem original **23** seja usado para identificação de áreas de maior e menor luminância. A distribuição das áreas de maior ou menor luminância será similar em dados de imagem originais **23**

e dados expandidos de imagem 25. O algoritmo de corte mediano pode ser efetuado nos dados expandidos de imagem 25.

Uma maneira de obter um conjunto de pesos a partir das fontes de luz identificadas pelo algoritmo de corte mediano efetuado no bloco 28A é determinar, para cada pixel (x,y), a densidade fontes de luz dentro de uma área envolvendo o pixel. A área pode convenientemente compreender, por exemplo, uma área circular tendo alguns raios r. Outras formas de área poderiam também ser usadas. A estimativa de densidade é descrita em Duda et al. *Pattern Classification 2ª Edição*, Wiley Interscience (2001).

Uma fórmula básica que pode ser usada para a estimativa de densidade é:

$$\Lambda(X, r) = \frac{\sum_{p \in P} \Psi_p}{\pi r_{\max}^2} \quad (9)$$

onde: Λ é a densidade; X é a localização (x,y) na imagem; Ψ_p é o valor de luminância para uma fonte de luz no ponto p; e, P é o conjunto de pontos dentro da área (um círculo tendo raio r e centrado no X neste exemplo,) que corresponde às fontes de luz identificadas pelo algoritmo de corte mediano, r

A estimativa de densidade pode ser melhorada em um número de maneiras incluindo:

- fazer iteração do algoritmo de corte mediano para obter um maior número de fontes de luz (i. e. tornando n maior);
- aplicar um filtro de retificação aos resultados da estimativa de densidade;
- requerer que pelo menos, um número limite de fontes de luz (por exemplo, onde há 1024 ou mais fontes de luz - $n = 10$, o número limite poderia ser 4 ou mais - em alguns casos 4-6 fontes de luz) esteja dentro de uma região de influência de um pixel (e. g. dentro de um raio r do pixel) antes atribuindo uma densidade Λ não zero ao pixel.

Um filtro de retificação pode compreender um filtro Gaussiano

de retificação. Por exemplo, uma modalidade protótipo aplicado a um filtro Gaussian definido pelo peso de kernel dado por:

$$w_g^p = \gamma \left[1 - \frac{1 - e^{-\beta \frac{r_p^2}{2r_{\max}^2}}}{1 - e^{-\beta}} \right] \quad (10)$$

onde: w_g^p é o kernel; γ e β são parâmetros. Isto filtro é descrito, por exemplo in Pavicic, *Convenient Anti-Aliasing Filters that Minimize Bumpy Sampling*, Morgan Kaufmann, (1990). Valores exemplos para γ e β são $\gamma = 0,918$ e $\beta = 1,953$. Este filtro é normalizado e pode ser aplicado graduando as luminâncias de w_g^p quando computando a estimativa de densidade como descrito acima. Pode ser visto que este filtro pondera fontes de luz que estão mais próximas do pixel mais pesadamente do que fontes de luz que estão mais longe do pixel.

No bloco 30, os dados originais 23 e dados expandidos 25 são combinados usando o mapa de expansão 29 para produzir dados melhorados 33. Em um exemplo ilustrativo, o mapa de expansão 29 fornece um valor no intervalo para cada pixel. Este valor pode ser usado como pesos para uma interpolação linear entre os dados originais 23 e os dados expandidos 25. Por exemplo:

$$L_{final}(x, y) = \Lambda(x, y)L_w(x, y) + (1 - \Lambda(x, y))L_d(x, y) \quad (11)$$

onde: L_{final} é um valor de luminância do pixel em dados melhorados 33 para um pixel em localização (x, y) ; L_w é um valor de luminância para o pixel em dados expandidos 25; L_d é um valor de luminância para o pixel nos dados originais 23; e Λ é um peso para o pixel no intervalo $[0, 1]$ do mapa de expansão 29.

Bloco 30 poderia opcionalmente combinar os dados originais 23 e os dados expandidos 25 em outras maneiras. Por exemplo, a interpolação poderia ser não linear.

Os métodos descritos aqui podem, por exemplo, ser aplicados para melhorar um gama dinâmica de imagens fixas ou vídeo digitais. Dados melhorados **33** podem ser salvos, como indicado no bloco **34** ou exibidos em um mostrador, como indicado no bloco **36**.

5 O operador de mapeamento de tom inverso descrito acima com referência as equações (6) e (7) tem aplicação fora do método 20. Por exemplo, o operador de mapeamento de tom inverso poderia ser aplicado diretamente para aumentar a gama dinâmica dos quadros em um vídeo. Em tais modalidades, a imagem de cada quadro do vídeo pode ser processada pelo
10 operador de mapeamento de tom inverso para obter um quadro expandido. Os quadros expandidos podem ser armazenados e/ou reproduzidos para fornecer vídeo tendo uma gama dinâmica maior do que aquela do vídeo original.

Imagens típicas contém centenas de milhares de pixéis e, mais tipicamente, milhões de pixéis. Os métodos descritos aqui são efetuados
15 usando aparelho automatizado, tal como hardware especializado e/ou sistemas de computador programado.

Figura 2 mostra, de forma esquemática, o aparelho **40** para produzir imagens tendo gamas dinâmicas expandidas a partir dos dados de imagem originais **23**. O aparelho **40** compreende um expensor de gama
20 dinâmica **44** que processa os dados de imagem originais **23** para produzir dados expandidos **25**. Em algumas modalidades, o expensor de gama dinâmica **44** compreende um módulo de software que pega os dados de imagem originais **23** e aplica uma função de expansão de gama dinâmica para cada valor de luminância nos dados de imagem originais **23** para produzir os
25 dados expandidos **25**.

O aparelho **40** compreende um analisador de distribuição de luminância **46** que processa os dados de imagem originais **23** (ou opcionalmente os dados expandidos **25**) para produzir o mapa de expansão **29**. O analisador de distribuição de luminância **46** determina o grau para o

qual os pixéis nos dados de imagem originais **23** pertencem para áreas de alta luminância e baixa luminância da imagem representada pelos dados de imagem originais **23**.

O combinador **48** combina os dados de imagem originais **23** e os dados expandidos **25** para produzir os dados melhorados **33**. O grau relativo, para o qual cada pixel dos dados melhorados **33** é baseado no valor para o correspondente pixel dos dados de imagem originais **23** e dos dados expandidos **25**, dependem do valor do correspondente pixel no mapa de expansão **29**.

Cada expensor de gama dinâmica **44**, analisador de distribuição de luminância **46** e combinador **48** pode compreender um módulo de hardware, uma combinação de hardware e software, ou hardware configurável, tal como uma ou mais arranjos de portas programáveis pelo utilizador configuradas adequadamente (FPGAs). Em algumas modalidades, o aparelho **40** é fornecido em um sistema de exibição eletrônico de alta gama dinâmica capaz de exibir imagens fixas e/ou vídeo. Em tais modalidades, o aparelho **40** pode ser ativado para melhorar imagens legadas e/ou imagens de vídeo tendo gamas dinâmicas mais baixas do que uma gama dinâmica que o sistema de exibição é capaz de reproduzir.

Figura 3 ilustra o aparelho **50** de acordo com uma outra modalidade da invenção. O aparelho **50** tem uma interface de usuário **52** que permite a um usuário controlar os valores de parâmetros **31** em um armazenamento de dados **54**. Os parâmetros **31** controlam a operação de um sistema de expansão de gama dinâmica **56** que processa dados de imagem originais **23** para obter dados de imagem melhorados **33** como aqui descrito. Dados de imagem melhorados **33** são exibidos em um mostrador **60** controlado por um mecanismo de mostrador de alta gama dinâmica **58**. Na modalidade ilustrada, um usuário pode ver o efeito de um particular conjunto de parâmetros **31** na imagem exibida no mostrador **60** e então alterar os

valores de um ou mais parâmetros **31** por meio da interface de usuário **52** para alcançar uma aparência desejada da imagem. O usuário pode então salvar os dados de imagem melhorados **33** para posterior exibição no mostrador **60** ou em outros mostradores de alta gama dinâmica.

5 Certas implementações da invenção compreendem processadores de computador que executam instruções de software que forçam os processadores a efetuar um método da invenção. Por exemplo, um ou mais processadores em um sistema de exibição de imagem ou de processamento de imagem pode implementar os métodos da Figura 1
10 executando as instruções de software em uma memória de programa acessível aos processadores. A invenção também pode ser fornecida na forma de um produto de programa. O produto de programa pode compreender qualquer meio que carregue um conjunto de sinais legíveis de computador compreendendo instruções que, quando executados por um processador de
15 dados, força o processador de dados a executar um método da invenção. Os produtos de programa de acordo com a invenção podem ser em qualquer de uma ampla variedade formas. O produto de programa pode compreender, por exemplo, mídia física tal como mídia de armazenamento de dados magnéticos incluindo disquetes flexíveis, discos rígidos, mídia de armazenamento de
20 dados óptica incluindo CD ROMs, DVDs, mídia de armazenamento de dados eletrônicos incluindo ROMs, RAM temporária, ou o similar. Os sinais legíveis de computador no produto de programa pode opcionalmente ser comprimido ou criptografado.

 Onde um componente (e. g. um módulo de software,
25 processador, montagem, dispositivo, circuito, etc.) é referido acima, ao menos que ao contrário indicado, referência àquele componente (incluindo uma referência a um “meios”) deve ser interpretado como incluindo como equivalente daquele componente qualquer componente que efetua a função do componente descrito (i. e., isto é funcionalmente equivalente), incluindo

componentes que não são estruturalmente equivalente para a estrutura divulgada que efetua a função nas modalidades da invenção exemplares.

Enquanto um número de aspectos e modalidades exemplares foi discutido acima, aqueles com qualificação na técnica vão reconhecer certas modificações, permutações, adições e combinações secundárias deles. Por exemplo:

- Aplicação da invenção não é limitado a qualquer particular formato para representar dados de imagem ou para qualquer particular espaço de cor. Embora os valores de luminância sejam processados, não é necessário que os dados de imagem originais **23** ou os dados de imagem melhorados **33** estejam em um LUV ou outro formato no qual os valores de luminância são explicitamente representados. A invenção pode ser praticada com outros formatos de imagem que contém informação a partir dos valores de luminância pode ser derivada. Por exemplo, onde os dados de imagem são representados em um formato de RGB, os valores de luminância podem ser derivados através da aplicação da equação (2) ou outra relação adequada que produz um valor relacionado à luminância a partir dos valores para cores individuais na imagem.

Por conseguinte, é pretendido que as seguintes reivindicações anexas e reivindicações daqui em diante introduzidas são interpretadas para incluir todas tais modificações, permutações, adições e combinações secundárias conforme esteja dentro de seu verdadeiro espírito e escopo.

REIVINDICAÇÕES

1. Método para aumentar a gama dinâmica dos dados de imagem originais representando uma imagem, caracterizado pelo fato de compreender: em qualquer ordem:

5 - aplicar uma função de expansão para gerar, a partir dos dados de imagem originais, dados expandidos tendo uma gama dinâmica maior do que aquela dos dados de imagem originais; e,

 - obter um mapa de expansão compreendendo dados indicativos de um grau de luminância das regiões associadas aos pixéis na
10 imagem; e,

 combinar os dados de imagem originais e os dados expandidos de acordo com o mapa de expansão para produzir dados de imagem melhorados.

 2. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo
15 fato de que obter o mapa de expansão compreende efetuar um algoritmo de corte mediano nos dados representando a imagem.

 3. Método de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que os dados representando a imagem compreendem os dados da
imagem originais.

20 4. Método de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que os dados representando a imagem compreendem os dados expandidos.

 5. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 2 a 4, caracterizado pelo fato de que obter o mapa de expansão compreende
25 estimar uma densidade de fontes de luz identificada pelo algoritmo de corte mediano nas regiões associadas aos pixéis.

 6. Método de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de que as regiões associadas aos pixéis compreendem regiões circulares centradas nos pixéis.

7. Método de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pelo fato de que as regiões circulares têm raios no intervalo de 10 a 20 pixéis.

8. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 5 a 7, caracterizado pelo fato de que estimar a densidade compreende ponderar as fontes de luz de acordo com uma função de retificação.

9. Método de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de que a função de retificação compreende computar uma exponencial de um valor negativo que é uma função de uma distância da fonte de luz do pixel.

10. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 5 a 7, caracterizado pelo fato de que estimar a densidade para um pixel compreende ponderar as fontes de luz de acordo com sua distância do pixel com fontes de luz mais perto do pixel ponderado mais pesadamente do que as fontes de luz mais longe do pixel.

11. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 2 a 7, caracterizado pelo fato de compreender efetuar o algoritmo de corte mediano para obter pelo menos, $2^{n-ésima}$ fontes de luz, em que n é pelo menos, 9.

12. Método de acordo com a reivindicação 11, caracterizado pelo fato de compreender estabelecer um valor do pixel no mapa de expansão para um valor predeterminado se não há, pelo menos, um número limite de fontes de luz na região associada ao pixel.

13. Método de acordo com a reivindicação 12, caracterizado pelo fato de que o limite é pelo menos 4.

14. Método de acordo com a reivindicação 13, caracterizado pelo fato de que o limite está no intervalo de 4 a 6.

15. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 14, caracterizado pelo fato de que aplicar a função de expansão compreende aplicar um operador de mapeamento de tom inverso.

16. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 14, caracterizado pelo fato de que aplicar a função de expansão compreende escalonar linearmente os valores de luminosidade do pixel dos dados de imagem originais.

5 17. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 14, caracterizado pelo fato de que aplicar a função de expansão compreende escalonar não linearmente os valores de luminosidade do pixel dos dados de imagem originais.

10 18. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 14, caracterizado pelo fato de que aplicar a função de expansão compreende resolver para L_w na equação quadrática:

$$\frac{\alpha^2}{L_{branco}^2 \bar{L}_w^2} L_w^2(x, y) + \frac{\alpha}{\bar{L}_w} (1 - L_d(x, y)) L_w(x, y) - L_d(x, y) = 0$$

ou um equivalente matemático dela, onde α , L_{branco} e $\bar{L}_w$ são parâmetros e L_d é um valor de luminância correspondendo a um pixel nos dados de imagem originais.

15 19. Método de acordo com a reivindicação 18, caracterizado pelo fato de compreender estabelecer $\bar{L}_w$ igual a uma luminância média geométrica dos dados de imagem originais.

20 20. Método de acordo com a reivindicação 18 ou 19, caracterizado pelo fato de compreender estabelecer $\bar{L}_w$ e L_{branco} para ter valores que são da mesma ordem de magnitude.

21. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 20, caracterizado pelo fato de que combinar os dados de imagem originais e os dados expandidos compreende computar médias ponderadas dos valores de luminância de pixel dos dados de imagem originais e dos dados expandidos com valores de ponderação determinados a partir do mapa de expansão.

22. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 20, caracterizado pelo fato de que combinar os dados de imagem originais e os dados expandidos compreende interpolar os valores de luminância de pixel

dos dados de imagem originais e dos dados expandidos com valores de ponderação determinados a partir do mapa de expansão.

23. Aparelho para expandir a gama dinâmica de dados de imagem originais, caracterizado pelo fato de compreender:

- 5 - um expensor de gama dinâmica conectado para receber dados de imagem originais e dados de saída expandidos tendo uma gama dinâmica maior do que aquela dos dados de imagem originais;
- um analisador de distribuição de luminância configurado para gerar um mapa de expansão indicativo da luminância de regiões associadas com pixels na imagem dos dados de imagem originais;
- 10 - um combinadores de imagem configurado para combinar os dados de imagem originais com os dados expandidos a partir de um expensor de gama dinâmica de acordo com o mapa de expansão para produzir os dados de imagem melhorados.

15 24. Aparelho de acordo com a reivindicação 23, caracterizado pelo fato de que o analisador de distribuição de luminância é configurado para efetuar um algoritmo de corte mediano.

20 25. Aparelho de acordo com a reivindicação 24, caracterizado pelo fato de que o analisador de distribuição de luminância é configurado para gerar pelo menos, 512 fontes de luz aplicando o algoritmo de corte mediano.

26. Método para melhorar a gama dinâmica dos dados de imagem originais, caracterizado pelo fato de compreender processar os valores de luminância para pixels dos dados de imagem originais de acordo com o operador de mapeamento de tom inverso dado por:

$$\frac{\alpha^2}{L_{branco}^2 \bar{L}_w^2} L_w^2(x, y) + \frac{\alpha}{\bar{L}_w} (1 - L_d(x, y)) L_w(x, y) - L_d(x, y) = 0$$

25 ou um equivalente matemático do mesmo, onde α , L_{branco} e $\bar{L}_w$ são parâmetros e L_d é um valor de luminância correspondendo a um pixel nos dados de imagem originais.

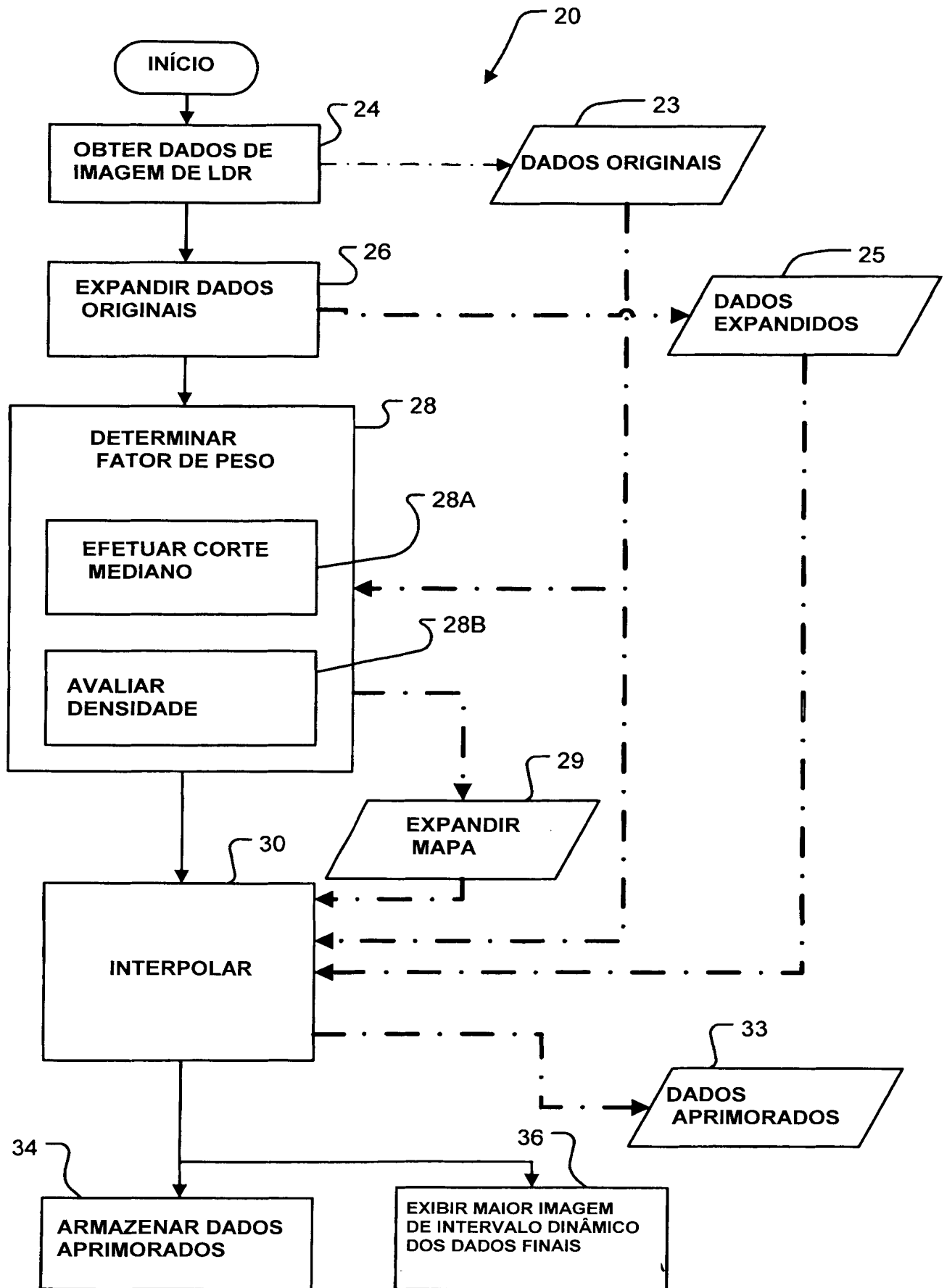


FIG. 1

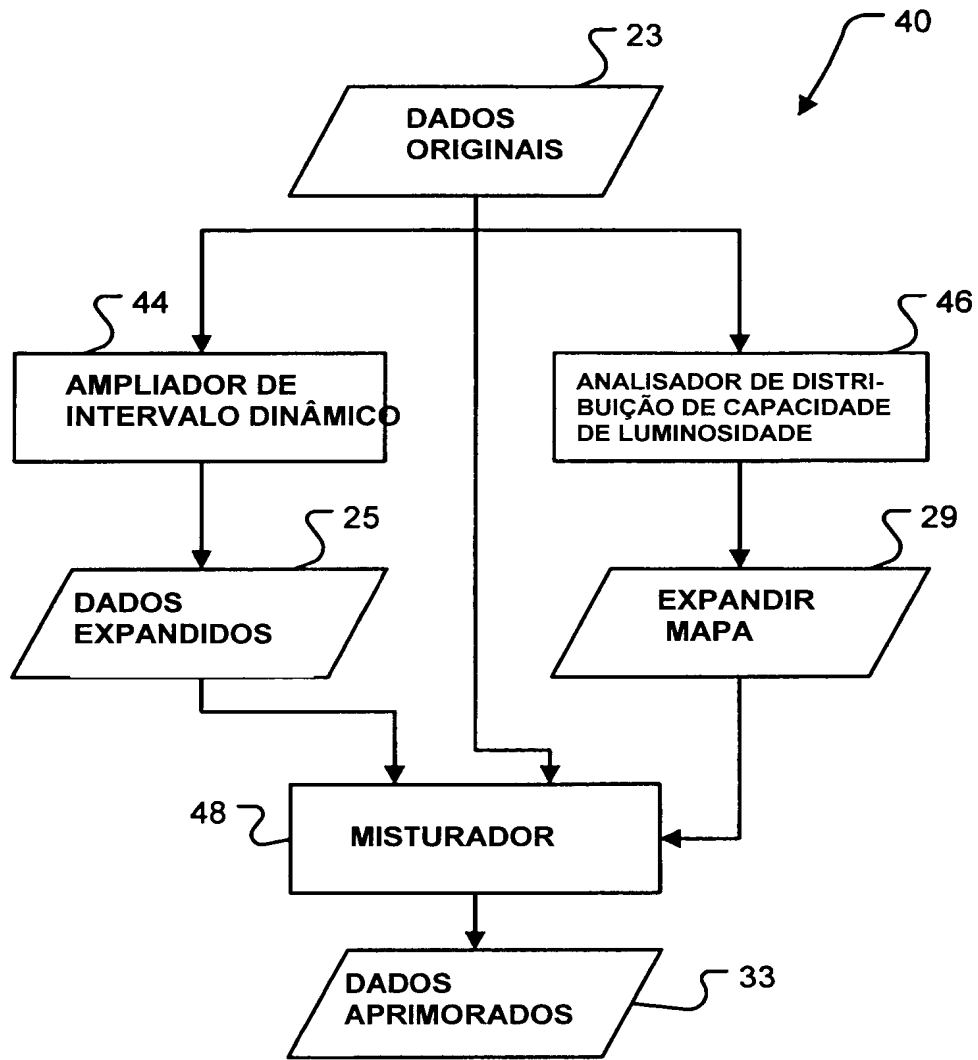


FIG. 2

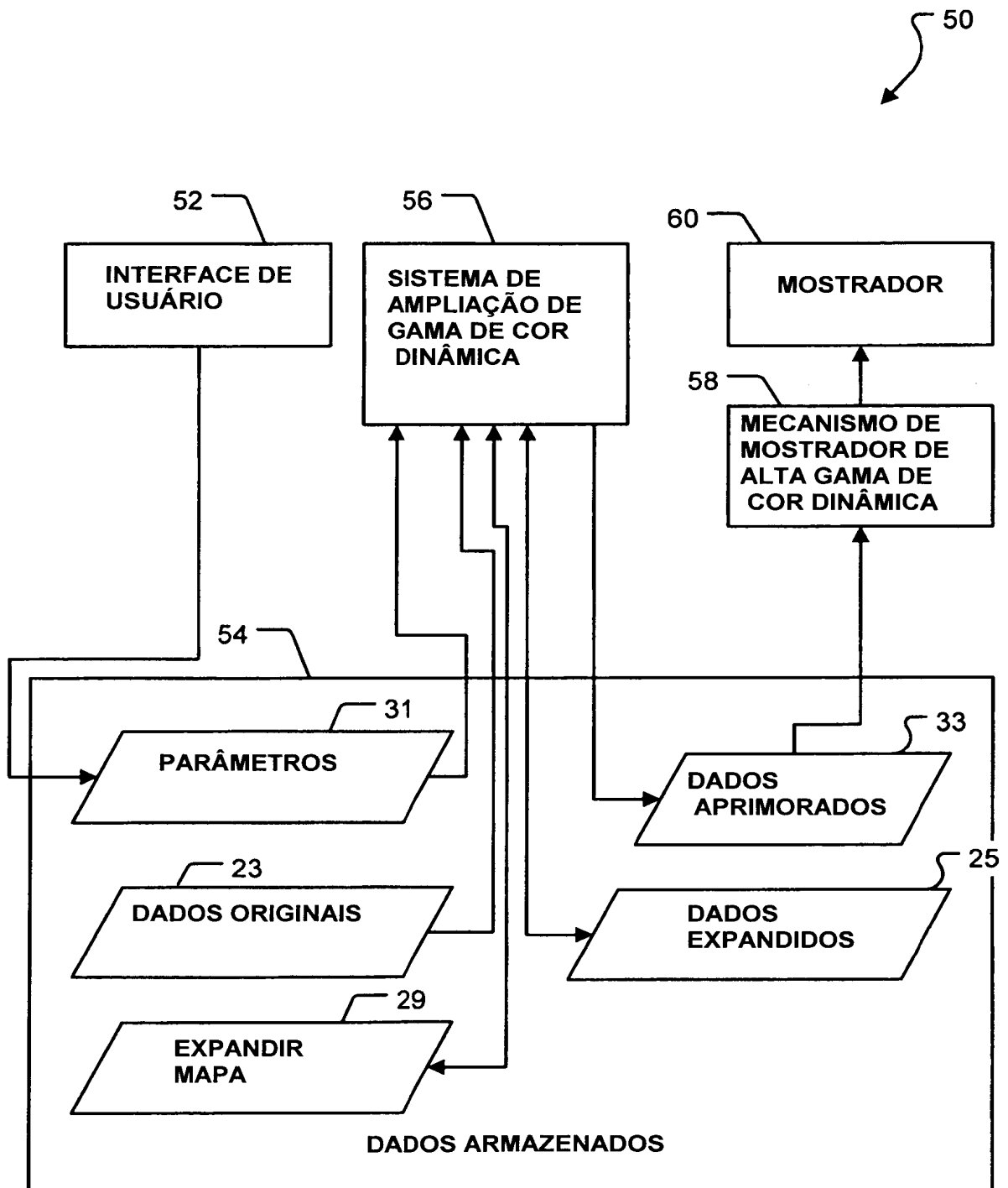


FIG. 3

RESUMO

“MÉTODO PARA AUMENTAR, APARELHO PARA EXPANDIR E MÉTODO PARA MELHORAR A GAMA DINÂMICA DOS DADOS DE IMAGEM ORIGINAIS”

5 Um método para aumentar a gama dinâmica de dados de imagem originais representando uma imagem compreende aplicar uma função de expansão para gerar, a partir dos dados de imagem originais, dados expandidos tendo uma maior gama dinâmica do que aquela dos dados de imagem originais e, obter uma mapa de expansão compreendendo dados
10 indicativos de um grau de luminância das regiões associadas aos pixéis na imagem. O método então combina os dados de imagem originais e os dados expandidos de acordo com o mapa de expansão para produzir os dados de imagem melhorados. Aparelho para expandir a gama dinâmica de dados de imagem compreende um expansor de gama dinâmica que produz os dados
15 expandidos, um analisador de luminância que produz um mapa de expansão e um combinador que combina os dados originais e expandidos de acordo com uma ponderação variável fornecida pelo mapa de expansão.