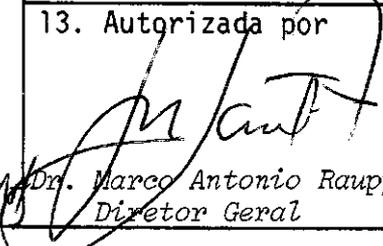


|  |                           |   |  |
|--|---------------------------|---|--|
| 1. Publicação nº<br><i>INPE-4207-PRE/1088</i>  | 2. Versão                 | 3. Data<br><i>Julho, 1987</i>   | 5. Distribuição<br><input type="checkbox"/> Interna <input checked="" type="checkbox"/> Externa<br><input type="checkbox"/> Restrita |
| 4. Origem<br><i>DPI</i>  | Programa<br><i>PREPRO</i> |   |  |
| 6. Palavras chaves - selecionadas pelo(s) autor(es)<br><i>REALCE DE CORES</i><br><i>IMAGENS DIGITAIS</i><br><i>IHS</i>   |                           |   |  |
| 7. C.D.U.: <i>621.376.5</i>  |                           |   |  |
| 8. Título<br><i>REALCE DE CORES EM IMAGENS DE SENSORIAMENTO</i><br><i>REMOTO UTILIZANDO ROTAÇÃO DE MATIZ NO ESPAÇO IHS</i>   |                           | 10. Páginas: <i>13</i>  |  |
|  |                           | 11. Última página: <i>13</i>  |  |
|  |                           | 12. Revisada por<br><br><i>Gerald Jean F. Bignon</i>                               |  |
| 9. Autoria<br><br><i>Luciano Vieira Dutra</i><br><i>Paulo Roberto Meneses</i>  |                           | 13. Autorizada por<br><br><i>Dr. Marco Antonio Raupp</i><br><i>Diretor Geral</i> |  |
| Assinatura responsável    |                           |   |  |
| 14. Resumo/Notas<br><br><i>As composições coloridas de imagens multiespectrais, usadas em processamento digital são apresentadas em monitores de vídeo, onde a representação básica destas cores se dá através das cores fundamentais verde, vermelho e azul. A percepção visual no entanto trabalha com combinações independentes destas cores fundamentais que são intensidade (I), matiz (H de Hue) e saturação (S), ou seja, é possível perceber cada um destes atributos de cor independentemente. Neste trabalho é apresentado um método de aumento de contraste de cores utilizando uma transformação para o espaço IHS e manipulando cada um desses componentes separadamente, de forma a obter um maior controle sobre o resultado da composição colorida gerada no monitor de vídeo. O procedimento básico utilizado é a manipulação do histograma dos componentes I, H e S, de modo a aumentar, diminuir ou deslocar o intervalo de valores possíveis dos componentes através de transformações lineares. Testes efetuados com a imagem TM de uma região de interesse de pesquisa geológica mostraram que manipulações diferentes nos componentes como por exemplo, alterar I e S mantendo H inalterado, ou alterar também H, promovendo uma rotação em determinados ângulos, resultaram em diferentes realces de suas litologias; anteriormente não-distinguidas nas composições dos canais originais.</i> |                           |   |  |
| 15. Observações <i>Trabalho submetido para apresentação no 5º Simpósio Brasileiro de Telecomunicações, que se realizará de 8 a 10 de setembro de 1987, Campinas, SP.</i>   |                           |   |  |

REALCE DE CORES EM IMAGENS DE SENSORIAMENTO REMOTO  
UTILIZANDO ROTAÇÃO DE MATIZ NO ESPAÇO IHS

Luciano Vieira Dutra

Paulo Roberto Meneses

Ministério da Ciência e Tecnologia - MCT

Instituto de Pesquisas Espaciais - INPE

Caixa Postal 515 - 12201 - São José dos Campos - SP - Brasil

RESUMO

As composições coloridas de imagens multiespectrais, usadas em processamento digital são apresentadas em monitores de vídeo, onde a representação básica destas cores se dá através das cores fundamentais verde, vermelho e azul. A percepção visual no entanto trabalha com combinações independentes destas cores fundamentais que são intensidade (I), matiz (H de *Hue*) e saturação (S), ou seja, é possível perceber cada um destes atributos de cor independentemente. Neste trabalho é apresentado um método de aumento de contraste de cores utilizando uma transformação para o espaço IHS e manipulando cada um desses componentes separadamente, de forma a obter um maior controle sobre o resultado da composição colorida gerada no monitor de vídeo. O procedimento básico utilizado é a manipulação do histograma dos componentes I, H e S, de modo a aumentar, diminuir ou deslocar o intervalo de valores possíveis dos componentes através de transformações lineares. Testes efetuados com a imagem TM de uma região de interesse de pesquisa geológica mostraram que manipulações diferentes nos componentes como por exemplo, alterar I e S mantendo H inalterado, ou alterar também H, promovendo uma rotação em determinados ângulos, resultaram em diferentes realces de suas litologias, anteriormente não-distinguidas nas composições coloridas dos canais originais.

## ABSTRACT

The multispectral color composite imagery, obtained by digital processing and displayed on video monitors through the combination of the fundamental colors red, green and blue, consists in an efficient form of presentation. The visual or psychophysiologic perception of the brain to the stimulus of particular colors, tends to combine independently the quantitative components of the fundamental colors, the intensity (I), hue (H) and saturation (S), and so it is possible to perceive each one of these attributes of color, separately. In this work a method is presented to increase the contrast of the colors, using a transformation to the IHS coordinates which permits individual manipulation in each of these components, in order to obtain a better control about the color composite generated in the video display. The basic procedure is a manipulation of the histograms of the components - I, H and S, in order to increase, decrease or offset the range of possible values of the components, by linear transformations. Test of this procedure using LANDSAT-TM scene of a region covered by geological research showed that different component manipulations resulted in different enhancements of lithologic units, formerly not distinguished in the original color composition, which allowed an easier photogeologic interpretation.

## 1. INTRODUÇÃO

Processamentos automáticos de imagens digitais multiespectrais, LANDSAT, SPOT ou similares, quando usados para maximizar o conteúdo e a qualidade da imagem para uma interpretação direta pelo analista (interpretação visual), têm-se mostrado como uma valiosa técnica para a extração dos dados às várias aplicações de pesquisa de recursos naturais. A extração das informações espectrais registradas pelos objetos nas diferentes partes do espectro eletromagnético, visando a identificação e discriminação dos alvos de interesse, depende primordialmente da qualidade de representação dos dados contidos nas imagens. Um dos métodos mais comuns e que tem demonstrado maior efetividade no realce das informações, é a reconstituição de cores das imagens, obtida pelo processo aditivo da combinação de três cores básicas com três diferentes bandas espectrais. Tal codificação de cores é denominada codificação RGB e se refere aos *valores triestímulos* associados aos monitores coloridos de TV, e que correspondem às intensidades de energia total gerada pelos canais de elétrons no tubo de imagem para cada cor básica.

Neste processo, uma cor é associada a uma determinada banda de uma imagem de uma maneira um tanto empírica, isto é, sem que haja sido estabelecida uma relação entre os valores triestímulos dos monitores de TV com as cores naturais dos objetos presentes nas imagens as quais, observadas pelo analista, são definidas pelos valores triestímulos do olho humano, através de atividades eletroquímicas nos nervos e que transmitem a informação dos olhos ao cérebro. Estes valores, como um atributo da experiência visual do que é cor, são descritos por dimensões quantitativamente especificáveis e independentes de brilho (intensidade) matiz (*hue*) e croma (saturação). Isto posto, é necessário decompor as imagens em componentes de intensidade, *hue* e saturação (IHS) para que se

possa dimensionar quantitativamente seus valores, de maneira a permitir ajustes individuais diretamente em cada componente. Nos monitores de TV, os ajustes que são feitos nas cores, através dos potenciômetros de ganho e brilho, alteram simultaneamente os valores de intensidade, *hue* e saturação das imagens, distorcendo os valores espectrais correspondentes aos objetos da cena. O que interessa ao analista é que as informações contidas nas imagens sejam totalmente reproduzidas nos monitores de TV, de uma maneira balanceada, para que o intérprete possa compreender e explicar o fenômeno físico detectável na imagem.

Neste contexto, o presente trabalho aborda a aplicação da transformação IHS como um método mais efetivo para manipulação de imagens coloridas. Os testes realizados consistiram na transformação IHS/RGB de bandas originais TM e manipulação dos histogramas dos componentes no sentido de reescalar os seus valores, com o objetivo de realçar a discriminação litológica. A área tomada para ilustração do método é representativa das regiões de transições morfoclimáticas do cerrado com a caatinga situada na região sudoeste do Estado da Bahia.

## 2. TRANSFORMAÇÃO IHS

Qualquer vetor de cores baseado nas cores primárias vermelho, verde e azul (RGB), pode ser representado alternativamente por três parâmetros independentes, os quais descrevem a cor em sua intensidade (I), matiz (H) e saturação (S).

As cores podem ser representadas por coordenadas polares ou triangulares mas mesmo assim variações dessas representações são possíveis. A representação por coordenadas polares (Pratt, 1978) (King et al., 1984) conduz as expressões mais complexas que as de coordenadas triangulares (Haydn et alii, 1982) usadas neste trabalho. A Figura 1 mostra uma

relação gráfica entre RGB e IHS. Nesta figura H é definido por partes medindo-se na periferia do triângulo no sentido anti-horário e que tem valores que variam de 0 a 3. A saturação S é definida como 1 no vértice do triângulo e 0 no centro. As equações de 1 a 6 são definidas para o intervalo  $0 \leq H < 1$  e podem ser estendidas para o intervalo  $1 \leq H < 3$ .

$$I = R+G+B \quad (1)$$

$$H = (G - B)/(I - 3B) \quad (2)$$

$$S = (I - 3B)/ I \quad (3)$$

$$R = \frac{1}{3} I(1 + 2S - 3SH) \quad (4)$$

$$G = \frac{1}{3} I(1 - 2S + 3SH) \quad (5)$$

$$B = \frac{1}{3} I(1 - S) \quad (6)$$

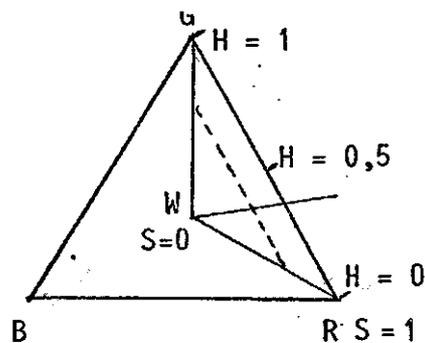


Fig. 1 - Representação IHS triangular

As transformações no espaço IHS utilizadas neste trabalho são os reescalamentos lineares e rotação de matiz definida na Figura 2. As rotações em H são definidas em graus, correspondendo então a variação de  $360^\circ$  para  $0 \leq H < 3$ . Seja  $\theta$ , o ângulo de rotação da matiz desejado, os novos valores para a matiz é dada pela Equação 7:

$$S(h) = \begin{cases} h - d & d \leq h < 3 \\ h - d + 3 & 0 \leq h < d, \end{cases} \quad (7)$$

onde  $d = \frac{3 \cdot \theta}{360}$ .

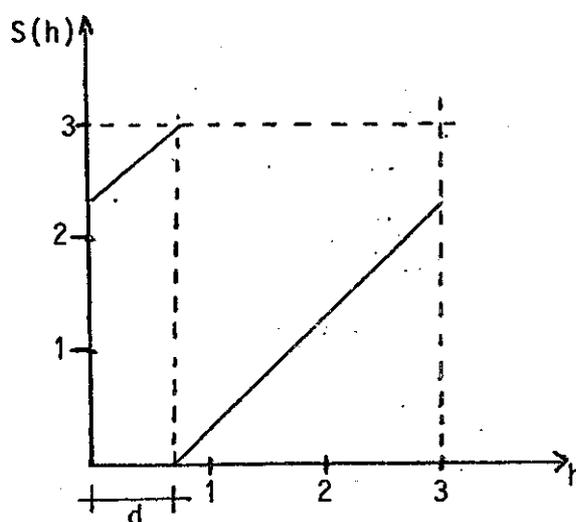


Fig. 2 - Rotação de matiz.

O sistema de transformação IHS foi implementada no imageador I-100 pertencente ao Laboratório de Tratamento de Imagens Digitais (LTID), do Departamento de Processamento de Imagens do Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE) em São José dos Campos e consta de quatro módulos de software. O primeiro módulo transforma a imagem colorida armazenada na memória do imageador I-100 para o espaço IHS usando as equações de 1 a 3. O segundo módulo realiza transformações lineares (reescalamentos lineares), somando-se "offsets" aos valores de entrada e alterando-lhes o ganho. O terceiro módulo realiza a rotação de matiz e o quarto módulo realiza as equações de 4 a 6 (transformação IHS inversa) para obter as compo

nentes RGB processadas que voltam a ser expostas no monitor colorido do imageador I-100.

A Figura 3 apresenta o esquema do processo de realce de cores usando as transformações IHS onde RE é o módulo de reescalonamento linear.

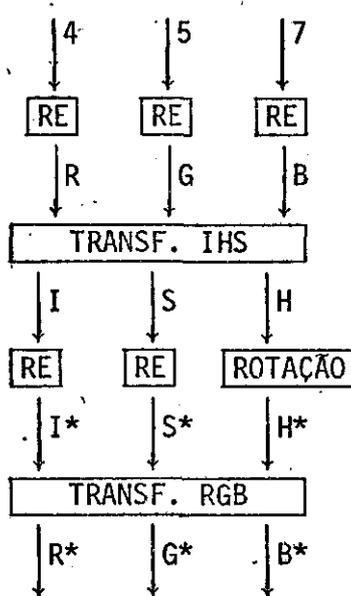


Fig. 3 - Processo de Realce de cores utilizando-se de transf. IHS (RE=Reescalonamento).

### 3 - RESULTADOS

A constatação mais direta que se nota nas imagens processadas por transformação IHS, é uma acentuada ampliação de realce do contraste de cor entre os vários tipos de objetos ou materiais presentes numa dada cena. Este realce pode ser visto da comparação das Figuras 4, 5 e 6, que correspondem respectivamente a uma composição colorida normal RGB das bandas originais 4, 5 e 7 do sensor TM do satélite Landsat-5, e de suas processadas por transformação IHS, com diferentes reescalonamentos nas suas componentes individuais.

Na composição colorida RGB original da Figura 4 as diferenças de matiz entre os vários alvos são relativamente sutis, impedindo uma separabilidade entre as várias litologias (alvos geológicos), principalmente nas regiões de relevo plano. Diferenças são observadas somente entre litologias que constituem um relevo acidentado ou quando as rochas estão totalmente expostas, sem cobertura de vegetação ou solo.



Fig. 4 - Composição colorida RGB normal bandas 4,5 e 7 TM, região Serra Ramalho.

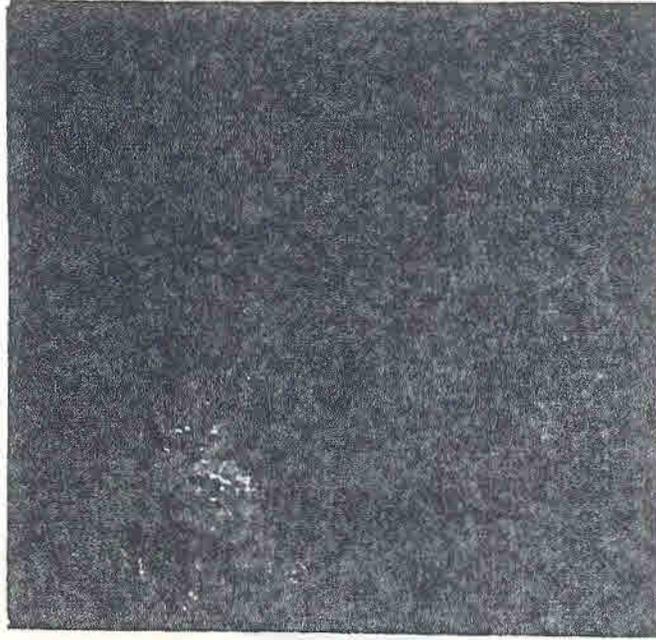


Fig. 5 - Imagem Realçada em I, H e S.

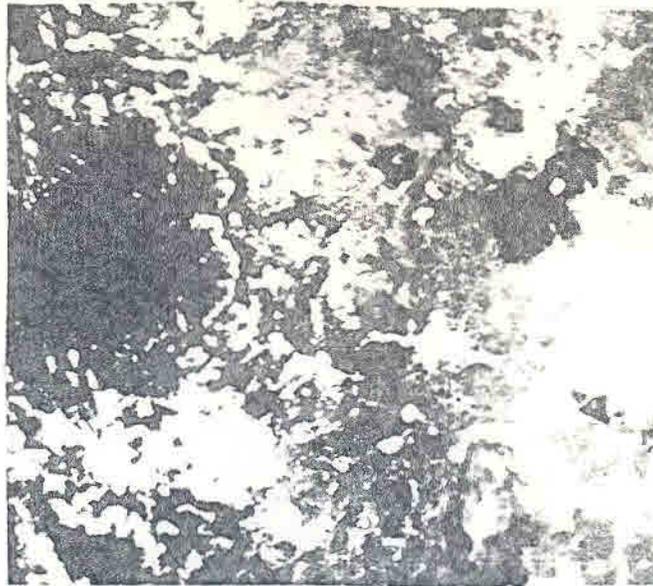


Fig. 6 - Imagem Realçada em I e S com  
pré-ajuste de médias.

#### 4 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

HAYDN, R.; DALKE, G.W.; HENKEL, J.; BARE, J.E. Application of the IHS color transform to the processing of multisensor data and image enhancement. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON REMOTE SENSING OF ARID AND SEMI-ARID LANDS, 2th Thematic Conference, Cairo, Egypt. *Proceedings*. Environmental Research Institute of Michiganm Ann Arbor, Michiganm, 1982, p. 599-616.

KING, R.W.; KAUPP, V.H.; WAITE, W.P.; MACDONALD, H.C. Digital color space transformations. In: INTERNATIONAL GEOSCIENCE APPLICATION REMOTE SENSING SYMPOSIUM. *Proceedings*. Strasbourg, August 1984, p. 649-654.

PRATT, W.K. *Digital Image Processing*, Wiley, New York, 1978.

tureza diferentes e também imagens de diferentes resoluções.

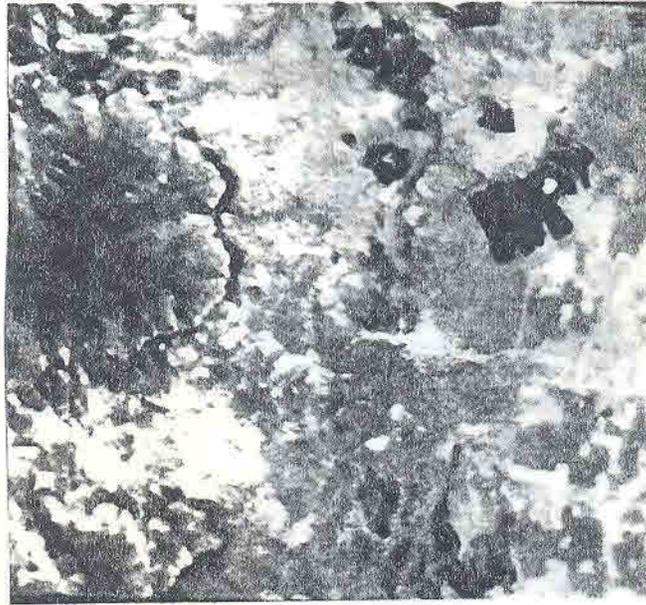


Fig. 7 - Imagem realçada em I e S com ajuste de médias e rotação de matiz de  $30^{\circ}$ .

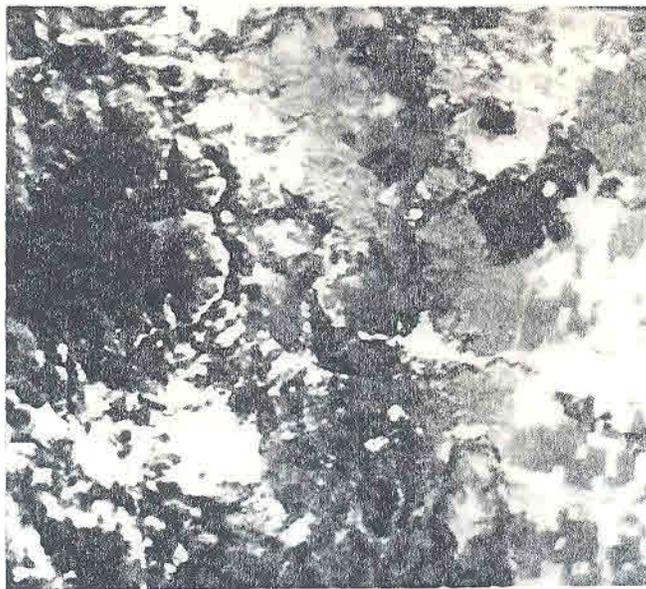


Fig. 8 - Imagem realçada em I e S com ajuste de médias e rotação de matiz de  $-30^{\circ}$ .

tir do ajuste de média das bandas TM originais. A componente saturação foi somado o valor 0,25 e a componente I foi realçada linearmente de [32,96] para [0;255]. Comparada à imagem anterior da Figura 5, observa-se que as cores atingem um equilíbrio mais uniforme e de bom realce. Nota-se que, enquanto anteriormente em algumas porções da imagem somente alguns detalhes de certos alvos eram realçados, agora tem-se uma caracterização mais completa deste, podendo precisar melhor a sua ocorrência e distribuição em relação aos alvos vizinhos, bem como sua variabilidade espectral geral.

Na etapa seguinte foi testada a rotação da matriz conforme de finido na seção anterior, com o objetivo de associar aos alvos novos conjuntos de cores (básicas e complementares) procurando assim conseguir outras composições que facilitem a interpretação visual. Os canais 4, 5 e 7 originais são pré-ajustados em média e é feita a transformação para o espaço IHS. O canal I é reescalado de [32,96] para [0,255) e o valor 0,25 é somado à saturação.

Dois resultados são mostrados nas Figuras 7 e 8, respectivamente com rotação angular de  $30^{\circ}$  e  $-30^{\circ}$ , a partir das bandas 4, 5 e 7 de médias ajustadas. As imagens são ambas bastante similares à da Figura 6 no que diz respeito à diferenciação entre os alvos, mas nelas é observado o aparecimento de cores básicas (verde) ou de cores complementares (amarelo) antes não tão evidentes em certos alvos, o que realmente tornou as imagens um tanto quanto mais fácil à interpretação.

De um modo geral conclui-se que a utilização de transformação do espaço de cores para o realce de imagens de satélites de sensoriamento remoto, demonstra ser uma técnica bastante eficiente para o auxílio na interpretação voltada à pesquisa de recursos naturais. A transformação IHS abre também perspectivas para a integração de dados de na

Nas duas composições coloridas processadas por transformação IHS é notável o quanto as cores aumentaram seus contrastes, facilmente permitindo diferenciar os alvos ou as litologias, tornando inclusive a imagem muito mais agradável para a interpretação. No primeiro caso, Figura 5, é mostrado o resultado da transformação IHS quando são manipuladas individualmente os seus componentes I, H e S, os quais foram todos reescalados para uma ampliação de seus intervalos dinâmicos. O componente I que ocupa um intervalo de nível de cinza de 15 a 90 foi escalonado linearmente para o intervalo de 0 a 255, com a intenção de realçar as áreas de baixo albedo; o componente H que ocupava um intervalo de 0,38 a 1,13, ou seja, concentrado nos valores de matizes verde e vermelho, foi reescalado para ocupar o intervalo dinâmico de 0,1 a 0,25; e o componente S que ocupava o intervalo de 0,18 a 0,5 foi também reescalado linearmente para o intervalo 0,5 a 1,0 com o objetivo de aumentar a saturação e tornar as cores mais vivas.

Esta concentração do componente H, basicamente entre duas cores fundamentais, acontece porque normalmente os canais TM têm médias de cinza (ou radiância) diferentes em cada banda e a cor da banda de menor média quase sempre aparece inferiorizada em relação aos valores de cor das outras bandas, levando a uma situação em que a maior parte das cores se concentram na região de cor complementar à cor associada à banda de menor média.

Para evitar tal situação faz-se um processo de ajuste de média entre as bandas (pré-processamento) de modo que elas coincidam. Para isso é somado um valor constante às bandas de menor média para se equiparar à de maior média. O processo utilizado é também o de reescalamento.

A imagem da Figura 6 é o resultado da transformação IHS a par