

Segmentação de imagens multiespectrais utilizando-se o atributo matiz

Sumaia Resegue Aboud Neta ¹
Luciano Vieira Dutra ¹
Bruno Rodrigues do Prado ¹

¹ Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Caixa Postal 515 - 12245-970 - São José dos Campos - SP, Brasil
{sumaia, dutra}@dpi.inpe.br
prado@dsr.inpe.br

Abstract. This paper had as objective, evaluation of segmentation algorithms and classification of hue images from color composit. The advantage of working with this representation of color, is the possibility of separating the intensity of hue and saturation information. In this context, this article discusses the segmentation of multispectral images based on hue. It generated a number of results of the classification of scenes from the segmentation of the image of hue, based on a synthetic image and a high resolution image. As high-resolution image was used an IKONOS scene taking the city of Sao Jose dos Campos. Through the tests performed and the images presented, it was possible to prove the efficiency of the segment hue. This is evidenced by the good separability of targets with different conditions of illumination, as seen in high-resolution image. However, in some tests done where the light was too low, the value of nuance has become unstable, receiving values without any meaning. At all stages of testing, it was found that the average hue of the image was preserved, the segmentation of images filtered and grouped, their average values of hue were almost equal. Noting thus the integrity of the method used in the calculation of average value of hue.

Palavras-chave: hue, segmentation, color composit, RGB, remote sensing, matiz, segmentação, composição colorida, RGB, sensoriamento remoto.

1. Introdução

A extração de características e recuperação de informações visuais de imagens digitais é uma área que cresce juntamente com as tecnologias de geração e armazenamento de informações digitais. A segmentação é geralmente o primeiro passo na análise de uma imagem, pois se tem como premissa a idéia de que segmentar algum objeto possibilita dividir a imagem em partes ou blocos considerados homogêneos de acordo com algum critério de uniformidade, sendo o processo finalizado quando os objetos de interesse tiverem sido separados. Diversas são as técnicas de segmentação existentes, sendo em geral baseadas no valor numérico de cada *pixel* (nível de cinza), na análise de textura e no histograma da imagem (Gonzalez e Woods, 2000).

Em imagens monocromáticas, os métodos de segmentação usualmente são baseados na análise de descontinuidade ou de similaridade dos valores digitais dos elementos da cena. Já em imagens multiespectrais, o processo de segmentação pode utilizar a análise dos valores digitais dos *pixels* nas diversas bandas disponíveis. No entanto, tal procedimento pode implicar em um elevado processamento computacional, proporcional ao número de bandas consideradas.

Em análises não automatizadas, a extração de informações das imagens multiespectrais pode ser realizada através de uma composição colorida, permitindo que informações espectrais das bandas sejam realçadas. Deste modo, relaciona-se as bandas espectrais aos canais RGB (*red, green, blue*). Entretanto, essa representação não é capaz de abranger todas as cores perceptíveis pelo ser humano. Assim, uma alternativa de um espaço de cores que mais se aproxima ao modo como o cérebro humano identifica as propriedades dos objetos coloridos é o HSI (*hue, saturation, intensity*)(Gonzalez e Woods, 2000).

A vantagem de se trabalhar com essa representação de cor, é a possibilidade de separar a intensidade da informação tonalidade e saturação, bem como na relação que existe entre essas

componentes, muito próximas da forma pela qual o homem percebe a cor. Neste contexto, este artigo discute a segmentação de imagens multiespectrais baseada no atributo matiz.

2. Fundamentação

O espaço de cores é um sistema tridimensional de coordenadas no qual cada eixo refere-se a uma cor primária onde a quantidade de cor primária necessária para reproduzir uma determinada cor é atribuída a um valor sobre o eixo correspondente (Foley et al., 1990).

Com a finalidade de descrever as cores usando termos mais comuns ao ser humano foram criados sistemas alternativos, como o sistema HSI, o qual é associado ao matiz (tonalidade), saturação e intensidade. O matiz é o aspecto colorido da impressão visual, o qual corresponde ao estímulo da retina por determinados comprimentos de onda. A saturação se refere ao grau de pureza da cor predominante, que também pode ser descrita como o conteúdo de branco de um estímulo percebido e a intensidade, corresponde ao total de energia incidente em todos os comprimentos de onda que podem ser percebidos pelo olho humano (Harris e Murray, 1990).

Pode-se definir o espaço de atributos como um sistema de coordenadas cilíndricas (r , φ , z), onde o valor de saturação corresponde ao raio (componente saturação = eixo r), o ângulo φ corresponde ao valor de matiz da cor (componente matiz = eixo φ) e em seu eixo vertical situam-se os valores de intensidade (componente intensidade = eixo z). Os valores de intensidade e de saturação variam desde 0 a 1, enquanto os valores de matiz estão compreendidos entre os ângulos 0° a 360° . Para φ igual a 0° , 120° e 240° , o matiz será respectivamente vermelho, verde e azul, isto é, as três cores primárias. (Gonzalez e Woods, 2000).

Na transformação do sistema RGB para o HSI escolhem-se três bandas de uma imagem e associam-se cada banda a um dos componentes RGB. Assim, cada *pixel* na imagem de saída possuirá uma correspondência a um ponto no espaço HSI. O resultado é um conjunto de três novas imagens: uma de matiz, uma de saturação e outra de intensidade. Estas imagens podem ser realçadas, expandindo o intervalo de intensidade e saturação através de contraste, e quando posteriormente convertidas de HSI para RGB, permitem uma melhor separação das cores e das feições que se deseja observar.

A utilização do atributo matiz na segmentação traz consigo certas características vantajosas, as quais possibilitam um melhor aproveitamento dos dados para a identificação de feições. Dentre tais características está à utilização de apenas uma componente no emprego da segmentação, diminuindo assim o custo computacional e conseqüentemente obtendo uma maior agilidade no processamento. Outro fator relevante é o comportamento do valor homogêneo de matiz em áreas de um mesmo alvo com diferentes luminosidades. Contudo, em algumas situações, sob condições de saturação e/ou intensidade com reduzido valor, o valor de matiz se torna instável – valores de saturação ou intensidade muito baixos que não podem ser levados em conta na segmentação (Souto, 2000).

3. Materiais e Métodos

3.1 Materiais

Foi gerada uma série de classificações das cenas a partir da segmentação da imagem de matiz, tendo como base uma imagem sintética de testes e uma imagem de alta resolução espacial. Como imagem alta resolução espacial foi empregada uma cena IKONOS tendo recorte espacial a cidade de São José dos Campos (compreendendo o bairro residencial Jardim Esplanada), delimitada pelo retângulo envolvente: 407395W, 7433715S e 408329W, 7434623S no Fuso 23 Sul, projeção UTM e datum planimétrico WGS84.

Através do software SPRING (Câmara et al., 1996), foi realizada uma fusão na imagem (pancromática com resolução espacial de 1 metro e radiométrica de 11 bits e multiespectral

com resolução espacial de 4 metros e radiométrica de 8 bits) no qual se utilizou o método de principais componentes com o interpolador “vizinho mais próximo”.

3.2 Metodologia

3.2.1 Segmentação de imagem do componente matiz

A técnica utilizada na segmentação sobre a imagem foi o crescimento de regiões adaptado ao matiz, onde os parâmetros de entrada do segmentador foram o limiar de similaridade e o tamanho mínimo de área. Segundo Souto (2000), é possível ignorar os pixels de matiz cujos valores de saturação ou intensidade forem muito baixos (valores instáveis que não podem ser levados em conta na segmentação).

Na metodologia utilizada, cada região possui um atributo numérico que a caracteriza, sendo que todo pixel vizinho a esta região é aspirante a pertencê-la, desde que a diferença do valor do atributo deste pixel e da região seja inferior ao limiar de similaridade estipulado. Se esta diferença for menor ou igual a este limiar, o pixel é agregado à região.

3.2.2 Crescimento de Regiões - Valores médios do componente matiz

Devido à natureza circular dos dados de matiz, é recomendado uma maneira diferente de se obter o valor médio correspondente a um conjunto de matizes de diferentes valores, pois o cálculo de uma média aritmética simples tornaria imprecisa a exatidão dos dados (Souto, 2000).

Na metodologia empregada, a segmentação iniciou-se a partir de uma escolha aleatória do pixel semente, no qual será feito o primeiro crescimento de regiões na imagem. Cada valor de pixel foi considerado como argumento de um vetor, sendo que inicialmente cada vetor é considerado unitário. Em seguida, efetuou-se a soma vetorial entre eles com o intuito de se obter um vetor resultante a partir do qual se obteve o argumento. Logo, o argumento é definido como valor médio dos argumentos dos vetores unitários, sendo portanto o valor médio dos pixels.

As próximas etapas utilizaram o mesmo procedimento, porém agora a busca foi em relação aos pixels vizinhos a esta região recém encontrada. Sobre os pixels vizinhos que atendessem a condição de similaridade estipulada foi realizada a soma vetorial com o vetor resultante, obtendo-se assim um novo vetor resultante da região em questão. Esses passos foram realizados sucessivamente até que não houvesse mais nenhum pixel vizinho que pudesse ser agregado à região.

No próximo passo foi realizada uma escolha aleatória do novo *pixel* semente, repetindo-se o mesmo procedimento até finalizar o crescimento desta nova região. A segmentação finalizou quando todos os pixels da imagem foram atribuídos a alguma região.

Seja $v_k = \cos(h_k)i + \sin(h_k)j$ o vetor unitário onde h_k é o ângulo que representa o k -ésimo componente matiz, sendo os vetores unitários direcionais dos eixos x e y do sistema de coordenadas cartesianas no plano respectivamente i e j (Souto, 2000).

A soma vetorial de n vetores é dada por:

$$v = ai + bj \tag{1}$$

Onde:

$$a = \sum_{k=1}^n \cos(h_k) \tag{2}$$

$$b = \sum_{k=1}^n \text{sen}(h_k) \quad (3)$$

O valor médio dos n componentes matiz é dado por:

$$\overline{M} = \arg(v) = \arctan\left(\frac{b}{a}\right) \quad (4)$$

Terminada a segmentação por crescimento de regiões, tem-se como resultado uma imagem com uma quantidade significativa de pequenas regiões, as quais conferem um aspecto ruidoso ao resultado da segmentação. Assim, o próximo passo foi realizar uma filtragem destas pequenas regiões adicionando regiões menores ou iguais a p pixels à região vizinha a sua borda mais frequente.

A próxima etapa visou obter as classes sobre a imagem agregando as regiões mediante seus valores médios a partir da região de maior tamanho em pixels até a de menor tamanho. Para tanto, estipulou-se um limiar de agrupamento que serviu de parâmetro na decisão de agrupar ou não duas regiões. Através de critérios de otimização, pode-se ainda estipular o tamanho mínimo em pixels de uma classe tendo como parâmetro o total de pixels na imagem.

4. Resultados

Foi gerada uma série de classificações das cenas a partir da segmentação da imagem de matiz, tendo como dados de entrada uma imagem sintética e uma imagem de alta resolução.

4.1 Imagem Sintética

Na Figura 1 encontra-se a imagem sintética a qual foi associada aos canais RGB do segmentador. Na Figura 2, segue as composições oriundas do segmentador: em (a) temos a composição colorida RGB e em (b) encontra-se o matiz da composição colorida, ou seja, a imagem de fase com valores angulares de 0° a 360° gerada a partir da Figura 2(a).

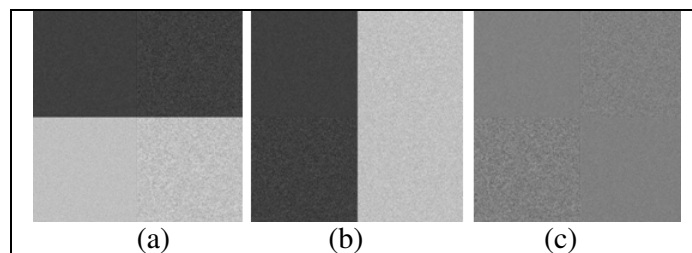


Figura 1. Imagem Sintética associada aos canais (a)R, (b)G e (c)B

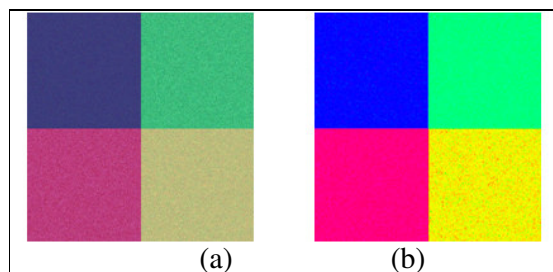


Figura 2. (a) Composição colorida RGB e em (b) matiz da composição

Na Figura 3 segue o teste realizado a partir dos limiares estipulados:

Em (a) é evidenciado o resultado da segmentação (método de crescimento de regiões) realizado sobre a imagem matiz da composição. Foi determinado um limiar de segmentação de 100 (no segmentador implementado é possível a escolha de limiares de segmentação entre 10 e 100, variando com intervalos de 5 entre um e outro) quanto maior o valor deste limiar, maior a chance dos pixels pertencerem a uma dada região (como pode ser evidenciando na Figura 3(a) em comparação com a imagem matiz de composição, onde podemos notar um “ruído” de pixels amarelos na parte inferior da imagem, mostrando que a maior parte dos pixels pertencentes a esta classe foram englobados pela região vizinha).

Em (b) é apresentado o resultado da imagem a qual sofreu filtragem das regiões pequenas da imagem segmentada. No teste realizado foi determinado um parâmetro de filtragem de tamanho mínimo de 15 pixels, onde as regiões que não obedeceram ao limiar estipulado foram agrupadas à região mais frequente ao seu redor (no segmentador implementado é possível a escolha do tamanho máximo da região que será filtrada, variando esse parâmetro de 1 em 1 até 15). Pode-se evidenciar que o “ruído” de pixels referente à classe amarela diminuiu, sendo filtrados da imagem.

Em (c) é apresentado o resultado da imagem a qual ocorreu agrupamento das regiões. No teste realizado, foi estipulado um limiar de agrupamento de 40 e um percentual mínimo de 8%. A decisão de agrupar ou não duas regiões é realizada mediante seus valores médios a partir de regiões de maior tamanho em pixels até as de menor tamanho (no segmentador implementado é possível a escolha de limiares de agrupamento entre 0 e 40, variando com intervalos de 5 entre um e outro e do percentual mínimo das classes, variando esse parâmetro de 1 em 1 até 8). Assim, o limiar de agrupamento de 40 é o parâmetro que servirá na decisão de agrupar ou não estas regiões. Já o percentual mínimo de 8%, estipula que caso uma classe tenha uma quantidade de pixels menor do que o 8% do total de pixels da imagem, a classe será agregada à classe de mais próximo valor médio que tenha tamanho superior a esse mínimo valor estipulado. Pode-se evidenciar que o “ruído” de pixels referente à classe amarela diminuiu, sendo filtrados da imagem.

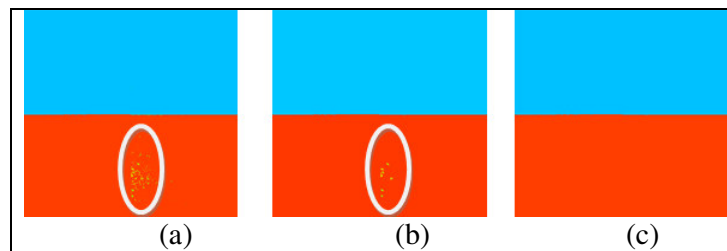


Figura 3. Testes realizados a partir de limiares estipulados: Em (a) Crescimento por Regiões - limiar 100, em (b) Filtragem das Regiões - *pixel* 15 e em (c) Agrupamento das Regiões - limiar 40 e percentual mínimo de 8%

Na Tabela 1 são demonstrados os valores estatísticos das classes e seus respectivos valores médios de matiz, total de pixels e percentual com relação ao total de pixels da imagem para o teste realizado na imagem sintética.

Tabela 1. Composição das classes na classificação da imagem sintética, limiar 100, tamanho de *pixel* 15, limiar de agrupamento 40 e tamanho mínimo 8%

Classe	1	2	
Média	14	194	
Total	131204	130940	262144
Percentual (%)	50.05	49.95	100

Deste modo o segmentador baseado em matiz retornou duas classes, lembrando que inicialmente (Figura 2) haviam quatro classes.

4.2 Imagem de alta resolução

Na Figura 4 encontra-se a cena IKONOS da área de estudo. A composição 3R 2G 1B é ilustrado na Figura 5(a).

Na Figura 5(b) encontra-se o matiz da composição colorida obtido a partir da Figura 5(a).

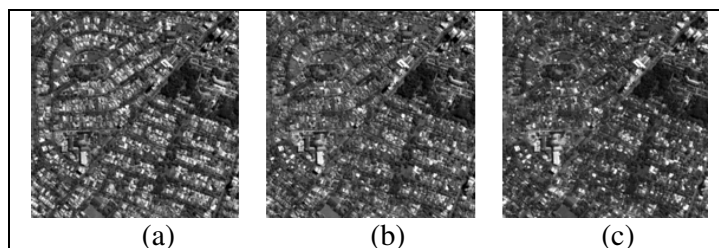


Figura 4. Imagem IKONOS e respectivas banda: (a) Banda 3, (b) Banda 2 e (c) Banda 1

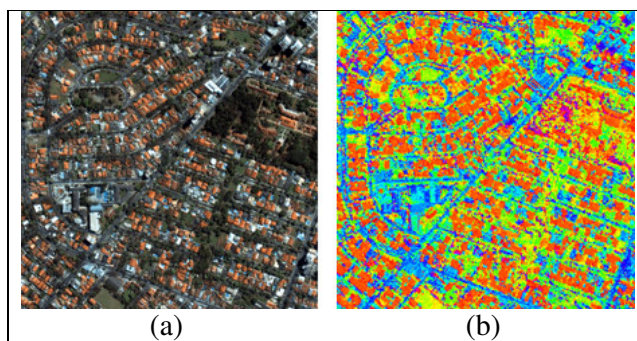


Figura 5. Em (a) composição colorida e em (b) matiz da composição

Na Figura 6 encontram-se as imagens resultantes de dois testes realizados: um com limiar de crescimento de regiões igual a 20 (a) e outro igual a 40 (b). Nota-se na área destacada pelo círculo que quanto maior o valor do limiar maior a chance dos *pixels* pertencerem a uma dada região. É possível evidenciar pelas cores a segmentação eficiente pelo atributo matiz, onde se obteve uma boa identificação das ruas (azul), telhados (laranja) e áreas verdes.

Na Figura 7 encontram-se as imagens resultantes de dois testes realizados: um com limiar de filtragem de regiões *pixel* 2 (a) e outro *pixel* 10 (b), realizados respectivamente sobre as imagens da Figura 6 (a) e (b).

Na Figura 8 é possível evidenciar o resultado das imagens pelo agrupamento por regiões, onde em (a) temos limiar 5 e percentual mínimo 1%, realizado sobre a imagem da Figura 7 (a) e em (b) agrupamento por regiões limiar 10 e percentual mínimo 3%, realizado sobre a imagem da Figura 7 (b).

Em todos os casos, é possível analisar pela área em destaque a influência do limiar escolhido em relação ao resultado final.

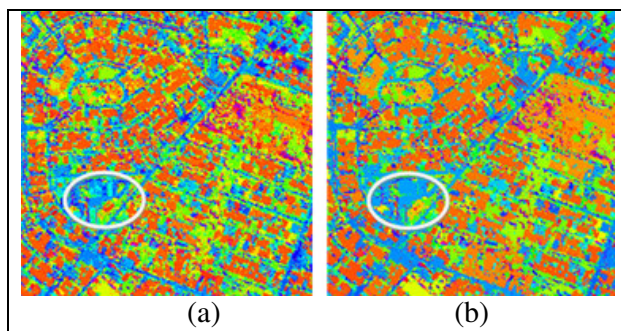


Figura 6. Crescimento por regiões: Em (a) limiar 20 e em (b) limiar 40

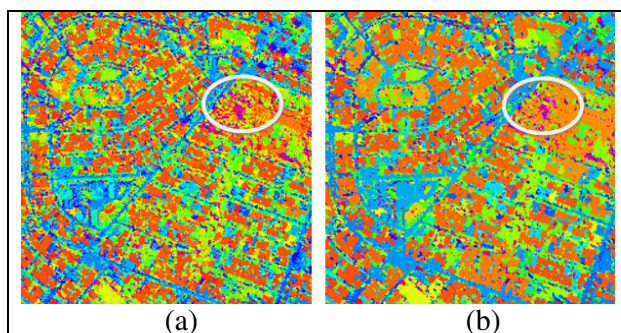


Figura 7. Filtragem das regiões: Em (a) *pixel 2* e em (b) *pixel 10*

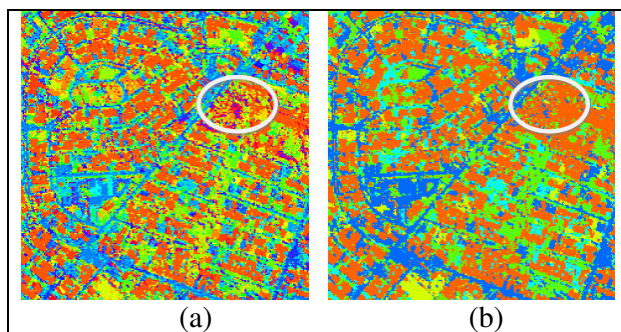


Figura 8. Agrupamento das Regiões: Em (a) Limiar 5 e Percentual mínimo de 1% e em (b) Limiar 10 e Percentual mínimo de 3%.

Como estatística geral dos testes realizados obteve-se os seguintes valores da Tabela 2 e Tabela 3, a qual apresentam as classes e seus respectivos valores médios de matiz, total de *pixels* e o percentual com relação ao total de *pixels* da imagem:

Tabela 2. Composição das classes na classificação da imagem de alta resolução, limiar 20, tamanho *pixel 2*, limiar de agrupamento 5 e tamanho mínimo 1%

Classe	1	2	3	4	5	6	7	8
Média	21	206	85	93	265	336	54	215
Total	192794	73123	39685	36937	36670	32860	28494	28322
Percentual (%)	21.68	8.22	4.46	4.15	4.12	3.7	3.2	3.19

(a) Valores estatísticos das classes de 1 a 8

Classe	9	10	11	12	13	14	15	16
Média	13	76	45	68	26	100	117	35
Total	28001	27972	27955	24021	23224	21210	20770	20388
Percentual (%)	3.15	3.15	3.14	2.7	2.61	2.39	2.34	2.29

(b) Valores estatísticos das classes de 9 a 16

Classe	17	18	19	20	21	22	23	24
Média	197	172	132	182	0	61	189	239
Total	34995	18696	18250	17816	17076	15560	14849	12991
Percentual (%)	3.94	2.1	2.05	2	1.92	1.75	1.67	1.46

(c) Valores estatísticos das classes de 17 a 24

Classe	25	26	27	28	29	30	31	
Média	224	231	143	107	164	157	150	
Total	12355	12258	11753	10865	10552	9411	9371	889224
Percentual (%)	1.39	1.38	1.32	1.22	1.19	1.06	1.05	100

(d) Valores estatísticos das classes de 25 a 31

Tabela 3. Composição das classes na classificação da imagem, limiar 40, tamanho *pixel* 10, limiar de agrupamento 10 e tamanho mínimo 3%

Classe	1	2	3	4	5	
Média	23	215	98	176	70	
Total	377821	211224	169618	84971	45590	889224
Percentual (%)	42.49	23.75	19.07	9.56	5.13	100

Deste modo, pode-se evidenciar que dependendo dos limiares estipulados, o segmentador baseado em matiz tem como resultado um número de classes diferentes.

5. Considerações Finais

Através dos testes realizados e das imagens apresentadas, foi possível comprovar a eficiência do segmentador matiz. Isso é evidenciado pela boa separabilidade dos alvos, sendo portanto de grande valia na distinção de alvos com diferentes condições de iluminação, como pode ser observado na imagem de alta resolução. Isto ocorreu devido à característica do atributo matiz de considerar a cor predominante da composição colorida na *pixel*. Porém, em alguns testes efetuados onde a luminosidade foi excessivamente baixa, o valor de matiz tornou-se instável, recebendo valores sem qualquer significado.

Em todas as etapas dos testes realizados, constatou-se que o valor médio de matiz da imagem foi preservado, ou seja, nas imagens de segmentação, filtrada e agrupada, seus respectivos valores médios de matiz foram praticamente iguais, constatando assim a integridade do método utilizado no cálculo de valor médio de matiz.

6. Referências Bibliográficas

Câmara, G.; Freitas, U. M.; Souza, R. C. M.; Garrido, J. SPRING: Integrating Remote Sensing and GIS by Object-Oriented Data Modelling. **Computers and Graphics**, vol. 15, n.6, 1996.

Foley, J. D.; Van, D. A.; Feiner, S.K.; Hughes, J. F. **Computer graphics: principles and practice**. Reading, MA: Addison-Wesley, 1990. 1176 p.

Gonzalez, R. C.; Woods, R. E. **Processamento de imagens digitais**. São Paulo: Ed. Edgard Blücher, 2000. 509 p.

Harris, J. R. e Murray, R., **IHS transform for the integration of radar imagery with other remotely sensed data**, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, v. 56, n.12, 1631-1641p., 1990.

Souto, R. P. **Segmentação de imagens multiespectrais utilizando-se o atributo matiz**. 2000. 171 p. (INPE-10104-TDI/895). Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2000.