



AULAS PRÁTICAS

**PROCESSAMENTO DE IMAGENS  
DE SENSORIAMENTO REMOTO**

Alexandre Falcão  
Alvaro P. Crósta  
Neucimar J. Leite

*CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM GEOPROCESSAMENTO*

*2004*

## 1. DESCRIÇÃO DAS IMAGENS

Estão disponíveis para as aulas práticas deste curso imagens dos satélites CBERS, SPOT, LANDSAT-5, e IKONOS, conforme descrição abaixo.

### (a) CBERS\_Campinas

Imagem multiespectral (bandas 1, 2, 3 e 4 - azul, verde, vermelho e infravermelho) do satélite Sino-Brasileiro CBERS, órbita/ponto 154/126, sensor CCD, da região de Campinas, SP, de 27 de Abril de 2000.

### (b) Ikonos\_Holambra\_MS\_Pan

Imagem multiespectral fundida (MS+PAN com as bandas azul, verde e vermelho - 1, 2 e 3 + Pan), do satélite de alta resolução Ikonos, da região de Holambra, SP, de 12 de Julho de 2000.

### (c) Landsat\_Campinas

Imagem multiespectral (bandas 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7 - azul, verde, vermelho, NIR, SWIR, Termal e TIR) do satélite Landsat-5, sensor Thematic Mapper (TM), órbita/ponto 219/076, da região de Campinas, SP, de 19 de Março de 1999.

### (d) Spot\_Campinas\_XS

Imagem multiespectral (bandas 1, 2 e 3 - verde, vermelho e infravermelho próximo) do satélite Spot, sensor MS, órbita/ponto 715/396, da região de Campinas, SP, de 18 de Maio de 1988.

## 2. OBSERVAÇÕES GERAIS SOBRE O ENVI

### (a) Uso do cursor

O botão esquerdo seleciona funções e define o início de ações interativas. Para desenhar ou mover objetos, movimente o cursor com o botão esquerdo pressionado. O botão da direita aceita a última ação e finaliza tarefas.

### (b) Opção de ajuda

Em caso de dúvida no uso de alguma função, selecione Help no menu da janela principal e localize a descrição da função desejada.

### (c) Entrada e saída de dados

Em todas as janelas do ENVI existe uma opção File que permite salvar e recuperar as informações relacionadas com a função da janela corrente.

## 3. PRÁTICA: APRENDENDO A USAR O ENVI.

### (a) Carregando uma imagem

**Janela Principal** => File => Open Image File => **Janela Enter Data Filenames** => Selecione Ikonos\_Holambra\_MS\_Pan.img => Abrir => **Janela Available Bands List** => Selecione RGB

Color => Selecione as bandas R, G, e B => Selecione **Load RGB** => **Janelas Scroll, Image, Zoom.**

**Janela Scroll:** Apresenta a imagem completa de toda a região e um retângulo referente à subregião em observação na janela image. A posição do retângulo pode ser alterada com o cursor.

**Janela Image:** Apresenta a imagem do interior do retângulo de observação da janela scroll e um retângulo referente à subregião em observação na janela zoom. A posição do retângulo pode ser alterada com o cursor.

**Janela Zoom:** Apresenta a imagem do interior do retângulo de observação da janela image. A posição do retângulo da janela image (ou seja a região apresentada na janela zoom) pode ser modificada com o cursor na janela zoom.

**Observações:** Os dados sobre a imagem podem ser vistos e editados em **Janela Principal** => File => Edit ENVI Header. Qualquer banda pode ser visualizada isoladamente em um novo display selecionando-se GRAY e Display #1 => New Display na janela available band list.

### **(b) Localizando uma região de interesse na imagem**

**Janela Scroll** => Movimente o retângulo de observação com o cursor até encontrar na janela image uma plantação de laranja no formato triangular com o solo exposto no formato trapezoidal ao lado.

### **(c) Fazendo anotações**

**Janela Image** => Overlay => Annotation => **Janela Annotation** => Mude cor do texto para amarelo e escreva "Plantacao de Laranja". **Janela Image** => Selecione posição do texto sobre a plantação de laranja. **Janela Annotation** => Mude objeto para Arrow no menu Object. **Janela Image** => Desenhe e selecione posição da seta sobre a plantação de laranja. **Janela Annotation** => File => Save Annotation => salve em um arquivo holambra.ann no seu diretório de trabalho. Observe que a opção **Janela Annotation** => File => Restore Annotation permite recuperar as anotações posteriormente.

### **(d) Visualizando a localização e os valores dos pixels**

**Janela Image** => Tools => Cursor Location/Value => **Janela Cursor Location/Value.** Movimentando o cursor na janela image observa-se na janela cursor location/value a localização em coordenadas de pixel e cartográficas, e os valores das bandas 1, 2 e 3, que no caso são R,G,B, do pixel localizado na posição do cursor.

Observe que o valor G dos pixels é maior que os valores R e B na vegetação, R é maior que G e B no solo exposto e B é maior que R e G na água das piscinas que aparecem na imagem.

**Janela Image** => Tools => Pixel Locator => **Janela Pixel Locator.** Movimentando o cursor na janela zoom com o botão esquerdo pressionado observa-se na janela pixel locator a localização em coordenadas de pixel do pixel localizado na posição do cursor. No menu options de pixel locator é possível mudar de coordenadas de pixel para cartográficas.

### (e) Obtendo medidas na imagem

**Janela Image** => Tools => Measurement Tool => **Janela Display Measurement Tool** . Escolha opções na janela display measurement tool para obter área e perímetro da plantação de laranja em m<sup>2</sup>. Estas medidas são obtidas delineando-se com o cursor na janela image o contorno da plantação de laranja. Em seguida selecione na janela display measurement tool a janela de zoom e obtenha usando o cursor na janela image a distância entre dois pés de laranja.

**Exercício: Recupere sua anotação anterior e acrescente a área, o perímetro, a distância entre dois pés de laranja e as coordenadas cartográficas dos vértices da região que corresponde à plantação de laranja. Salve o resultado no mesmo arquivo holambra.ann.**

### (f) Isolando regiões de interesse

**Janela Image** => Tools => Region of Interest => ROI Tool => **Janela ROI Tool**. Delineie e selecione o contorno da plantação de laranja na janela image com o cursor.

**Janela ROI Tool** => Edit => troque a cor da região para verde e o preenchimento de sólido para linha => New Region.

Delineie e selecione o contorno do terreno exposto na janela image com o cursor, depois troque a cor para amarelo e o preenchimento sólido para linha.

**Janela ROI Tool** => File => Save ROIS => Salve regiões de interesse no arquivo holambra.roi.

### (g) Calculando estatísticas

**Janela ROI Tool** => Selecione região de interesse => Mean => **Janela ROI Means**. A janela ROI means apresenta de forma gráfica o valor médio de cada banda na região de interesse selecionada.

**Janela ROI Tool** => Selecione região de interesse => Stats => **Janelas Statistics Report e Average Spectrum**. A janela statistics report apresenta os valores mínimo, máximo, médio e desvio padrão de cada banda na região de interesse selecionada. A mesma informação é apresentada de forma gráfica na janela Average Spectrum, onde linhas coloridas representam as medidas acima mencionadas.

**Observações:** As informações estatísticas de todas as regiões de interesse podem ser obtidas ao mesmo tempo no menu options da janela ROI Tool. As informações estatísticas de todas as bandas, sem levar em conta regiões de interesse, podem ser obtidas no menu **basic tools** da janela principal.

## 4. PRÁTICA: REGISTRO E GEOREFERENCIAMENTO.

Este exercício tem por objetivo fazer o geo-referenciamento de uma imagem cujo sistema interno de coordenadas encontra-se especificado em termos de "linhas" (*lines*) e "colunas" (*samples*), a fim de que ela possa passar a ter os seus pixels localizados em um sistema de projeção cartográfica (por exemplo, em graus/minutos/segundo).

Para a finalidade deste exercício, pressupõe-se que a imagem disponível ("*Spot\_Campinas\_XS*") não seja geo-referenciada e que um conjunto de pontos de controle no terreno (GCPs, ou *Ground*

*Control Points*) encontra-se previamente disponível. Estes GCPs podem ser obtidos por meio da identificação de pontos comuns entre a imagem e um mapa cartográfico, no qual se obteve as coordenadas exatas de cada um deles no mapa (utilizando, por exemplo, uma mesa digitalizadora para maior precisão). Outra maneira de se obter esses pontos é através da coleta em campo utilizando um receptor GPS. Em ambos os casos, o sistema de projeção cartográfico, bem como o *datum*, a serem atribuídos à imagem após o processo de geo-referenciamento será o mesmo do mapa ou o do receptor GPS. Uma vez geo-referenciada, a imagem pode ser posteriormente convertida para qualquer outro sistema de projeção e *datum*, utilizando o software de PDI ou de SIG.

1. Inicialize o Envi e abra as imagem "*Spot\_Campinas\_XS*", exibindo-a em uma composição RGB das bandas 3, 2 e 1.
2. No menu principal, clique em Map => Registration => Select GCPs: Image to Map.
3. Na janela **Image to Map Registration** selecione a projeção UTM, digite 23 em "Zone" e clique em "S". Em seguida, clique em "Datum" e selecione "Córrego Alegre" da lista. Finalmente, estabeleça o tamanho do pixel, tanto em X quanto em Y, em 20 metros ("X Pixel Size" e "Y Pixel Size"). Isto quer dizer que a região de Campinas encontra-se na zona 23 do hemisfério Sul no sistema UTM, o *datum* utilizado foi Córrego Alegre e a imagem resultante do processo de geo-referenciamento terá resolução espacial de 20 metros (que é a resolução normal desse sensor). Após clicar **OK** aparecerá o menu "**Ground Control Points Selection**", que deverá ficar aberto durante a etapa de definição dos GCPs deste exercício.
4. Utilize a tabela de pontos de controle (GCPs) abaixo para localizar na imagem alguns pontos cujas coordenadas precisas já foram previamente obtidas e que serão utilizados no exercício.

<b>GCP</b>	<b>Image X</b>	<b>Image Y</b>	<b>E</b>	<b>N</b>
1	396	361	282543	7476275
2	287	637	280353	7470762
3	499	944	284610	7464621
4	651	1068	287650	7462135
5	977	850	294157	7466502
6	799	560	290603	7472301
7	1053	314	295677	7477222
8	650	413	287617	7475228

5. Entre com as coordenadas Image X e Image Y do primeiro GCP da tabela no lado direito do menu **Ground Control Points Selection**. Em seguida, entre com as coordenadas E e N do ponto 1 do lado esquerdo do mesmo menu, e finalize clicando no botão Add Point. Para cada um dos pontos definidos pelas coordenadas de Sample (Coluna) e Line (Linha) da tabela acima, entre na janela de **Ground Control Points Selection** com as respectivas coordenadas de longitude (E) e latitude (N). Faça o mesmo para todos os 8 GCPs.
6. Observe o Erro Médio Quadrático (RMS Error), que já é automaticamente calculado pelo programa conforme os GCPs são fornecidos e que idealmente devem ficar abaixo do valor 1,0 (pixel). O programa dá várias opções para cada GPC, tal como editá-lo, removê-lo, atualizá-lo, etc.
7. Uma vez satisfeito com o resultado do RMS para o seu conjunto de GCPs, salve-os em um arquivo por meio de File => Save GCPs w/ Map Coordinates, escolhendo o nome de

arquivo "**GCPs\_Camp\_Spot.pts**". Lembre-se de selecionar o mesmo diretório onde está o arquivo da imagem.

8. No menu principal, clique em Map => Registration => Warp From GCPs => Image to Map. O programa solicitará que você indique o arquivo contendo os GCPs que acabou de criar. Feito isto, aparecerá novamente a janela **Image to Map Registration**. Selecione a projeção UTM, zona 23, datum Córrego Alegre, X Pixel Size = 20 e Y Pixel Size = 20, clicando OK ao final.
9. O programa solicitará então que você selecione o arquivo contendo a imagem que vai ser geo-referenciada. Como este arquivo já está aberto, selecione-o e clique OK.
10. Na janela **Registration Parameters** indique somente o nome do arquivo de saída, que irá então conter a imagem geo-referenciada a ser criada. Digite "**Spot\_Campinas\_XS\_Geo**", selecionando o mesmo diretório onde está a imagem original, e clique OK.
11. Abra o arquivo com a imagem recém-criada e exiba-a numa janela de display. No menu dessa janela clique em Tools => Cursor Location/Value. Ao passar o cursor pela janela contendo a imagem recém geo-referenciada você irá notar que aparecem as coordenadas geográficas dos pixels da imagem (tanto em lat/long como também em grau/minuto/segundo), indicado que ela está efetivamente geo-referenciada.

## 5. PRÁTICA: MANIPULANDO, VISUALIZANDO E INTERPRETANDO IMAGENS.

### (a) Gerando e aplicando uma máscara a partir das regiões de interesse

Recarregue a imagem Ikonos de Holambra. Recupere as regiões de interesse em holambra.roi selecionando **Janela Image => Overlay => Region of Interest => Janela ROI Tool => File => Restore ROIs => Procure, selecione e abra o arquivo holambra.roi.**

Para gerar a máscara da plantação de laranja selecione **Janela Principal => Basic Tools => Masking => Build Mask => Janela Mask Definition => Selecione Display #1 => Options => Import ROIs => Janela Mask Definition Input ROIs => Selecione região que corresponde à plantação de laranja e pressione ok. Na janela **Mask Definition**, escolha o diretório de trabalho e o nome do arquivo de saída como holambra\_mask, e pressione Apply.**

Para aplicar a máscara na imagem de Holambra selecione **Janela Principal => Basic Tools => Masking => Apply Mask => Janela Apply Mask Input File => Selecione a imagem Ikonos\_Holambra\_MS\_Pan.img => Select Mask Band => Selecione a banda de holambra\_mask e depois pressione ok => Janela Mask Parameters => escolha o diretório de trabalho e o nome do arquivo de saída como holambra\_laranjal e pressione OK. Use a janela **Available Band List** para carregar e visualizar a imagem holambra\_laranjal. Aproveite e recarregue a anotação em holambra.ann sobre esta imagem.**

### (b) Gerando composições coloridas

Feche todas as janelas e faça **Janela Principal => File => Open Image File => Janela Enter Data Filenames => Selecione Landsat\_Campinas.img => Abrir => Janela Available Band List => Selecione banda 3 (red) como R, banda 2 (green) como G, e banda 1 (blue) como B =>**

Load RGB. Esta é a composição em cores naturais da imagem de Campinas. Localize na imagem a mata de Santa Genebra ao lado de uma plantação de cana, o terreno exposto próximo à região do CTI, e a lagoa do taquaral. Centralize o retângulo da janela de scroll para que todas essas regiões fiquem na janela image.

Sabemos que a vegetação absorve 80-90% do vermelho (banda 3) incidente e reflete 40-50% do infra-vermelho próximo (banda 4). Então devemos esperar que na imagem da banda 4 a mata apareça em tons mais claros do que a plantação de cana ao seu lado? Para verificar esta pergunta abra um segundo display gray com a banda 4 (**Janela Available Band List** => Selecione banda 4 da imagem de Campinas e Gray Scale => Selecione display #1 => New Display => Load Band. Posicione as janelas image de ambas uma ao lado da outra e faça com que as imagens mostrem a mesma região (**Janela Image** => Tools => Link => Link Displays => **Janela Link Displays** => Selecione Ok. Observe que o brilho da mata na banda 4 não está mais claro que o da plantação de cana. Portanto a resposta a pergunta acima é **Não**. Isto porque o que importa é a diferença entre a reflectância na banda 4 e a reflectância na banda 3. Vegetação mais sadia apresenta maiores diferenças. Assim podemos dizer que se dividirmos a banda 4 pela banda 3, então a mata aparecerá em tons mais claros do que a plantação de cana ao lado. Esta forma de realce é chamada **razão de bandas** e pode ser obtida de duas formas no ENVI:

(i) **Janela Principal** => Transform => Band Ratios => **Janela Band Ratio Input Bands** => Selecione banda 4 no numerador e banda 3 no denominador => Selecione Enter Pair e pressione OK => **Janela Band Ratio Parameters** => Selecione diretório de trabalho e arquivo de saída como campinas\_ratio e pressione OK. Agora troque o display #2 para apresentar a imagem campinas\_ratio de razão de bandas e verifique que a mata está bem mais clara que a plantação de cana.

(ii) **Janela Principal** => Basic Tools => Band Math => **Janela Band Math** => Entre com a expressão  $\text{float}(B4)/\text{float}(B3)$  e pressione ok => **Janela Variables to Band Pairings** => Selecione a variável B3 e a banda b3 da Landsat\_Campinas, a variável B4 e a banda b4 da Landsat\_Campinas, e escolha como saída a memória só para teste. Carregue no display #2 a imagem gerada na memória a partir da janela available band list para verificar que o resultado é o mesmo do procedimento (i).

**Observações:** A opção band math pode ser utilizada na operação aritmética entre bandas todas as vezes que o ENVI não possuir uma opção direta para o cálculo. A razão de bandas pode ser obtida em qualquer outro sensor que tenha uma banda no infra-vermelho próximo e outra no vermelho.

Continuando o laboratório, podemos esperar que a vegetação aparecerá avermelhada em qualquer composição colorida que associe a banda infra-vermelho próximo (b4 do TM) à componente R (red) do RGB. A mais comum no TM associa a banda b4 ao R, a banda b3 ao G e a banda b2 ao B. Visualize esta composição da imagem Landsat\_Campinas no display #2 junto com a composição natural no display #1. Observe que a vegetação fica avermelhada, o terreno exposto fica esverdeado e a água da lagoa do taquaral fica azul escura.

Visualize outras composições coloridas, tais como TM  $b7=R$ ,  $b4=G$ , e  $b2=B$  onde as regiões úmidas aparecem mais escuras, a vegetação aparece verde, e é possível distinguir regiões mais úmidas das menos úmidas na vegetação. Compare a umidade da mata de Santa Genebra com a da plantação de cana ao lado.

### (c) Calculando índices

Os índices podem ser usados no estudo de solos, na avaliação da vegetação, em aplicações agrícolas, e como atributos para classificação. O índice NDVI (normalized density vegetation index) explora a razão de bandas infra-vermelho próximo e vermelho dos sensores para medir a quantidade e as condições da vegetação em uma dada região. Sua fórmula geral é:

$$\text{NDVI} = \frac{\text{IR} - \text{R}}{\text{IR} + \text{R}}$$

onde IR é a banda infra-vermelho próximo e R é a banda do vermelho. No caso do TM temos as bandas b4 e b3 como IR e R, respectivamente. No ENVI podemos calcular a imagem GRAY do NDVI por operações matemáticas ou diretamente em **Janela Principal** => Transform => NDVI (Vegetation Index) => **Janela NDVI Calculation Input File** => Selecione a imagem Landsat\_Campinas, pressione OK, e salve o arquivo como campinas\_ndvi no diretório de trabalho. Agora carregue a imagem campinas\_ndvi e use a opção **Janela Image** => Tools => Pixel Location/Value para verificar os valores NDVI sobre a mata de Santa Genebra e a plantação de cana. Observe que quanto melhor for a saúde da vegetação, mais claro serão os pixels na imagem NDVI.

O índice Tasseled Cap desenvolvido por Kauth e Thomas em 1976 produz ao mesmo tempo várias informações importantes sobre uma região (e.g. sua concentração de clorofila - verde, seu brilho e a umidade). Para cada sensor existe uma fórmula diferente que pode ser calculada através de operações matemáticas ou diretamente em **Janela Principal** => Transform => Tasseled Cap => **Janela Tasseled Cap Transform Input File**. Selecione a imagem Landsat\_Campinas e salve a saída como campinas\_tcap no seu diretório de trabalho. Em seguida visualize cada banda de campinas\_tcap em um display separado. Observe que na banda Greenness a vegetação mais verde aparece mais clara e na banda Third (associada à umidade) a água da lagoa do taquaral fica completamente branca. Os valores reais desses índices podem ser vistos em **Janela Image** => Tools => Pixel Location/Value.

#### (d) Espaços de cores

Espaços de cores podem ser usados para realce de imagens e para extração de atributos para classificação. Os espaços HSV e HLS expressam as três componentes principais da cor: matiz, saturação e brilho. Considere inicialmente a composição R=TM3, G=TM2, e B=TM1 da imagem Landsat\_Campinas no display #1. Para visualizar esta imagem HSV faça: **Janela Principal** => Transform => Color Transforms => RGB to HSV => **Janela RGB to HSV Input** => Selecione display #1 => **Janela RGB to HSV Parameters** => Escolha o diretório de trabalho para salvar o arquivo de saída como campinas\_hsv e pressione OK. Em seguida abra cada uma das imagens matiz, saturação e brilho em um novo display. O caminho inverso de HSV para RGB pode ser realizado de forma similar.

Um experimento interessante é modificar a composição de cores da imagem Landsat\_Campinas para R=TM4, G=TM3, B=TM2 e converter para HSV. A princípio não existe nenhum significado físico para esta transformação, uma vez que TM 4,3,2 não correspondem ao RGB da luz visível, mas podemos observar que após a transformação a mata de Santa Genebra e a água da lagoa do taquaral ficam com brilhos homogêneos e bem caracterizados na imagem de saturação. Podemos inclusive distinguir a vegetação e a água na lagoa do taquaral. Essas diferenças podem ser ainda mais realçadas com o uso de mapa de cores.

Um mapa de cor associa uma cor R, G, B para cada valor de brilho de uma imagem cinza. Experimente, por exemplo, selecionar na imagem de saturação **Janela Image** => Tools => Color Mapping => ENVI Color Tables => **Janela ENVI Color Tables** => Selecione mapa BLUE/GREEN/RED/YELLOW. Outro exemplo interessante é a visualização da banda termal do TM, onde regiões mais claras indicam maior temperatura. Visualize esta imagem usando os tons



avermelhados do mapa de cores RED TEMPERATURE e observe que a mata de Santa Genebra e a lagoa do taquaral aparecem escuras por serem regiões mais frias, e o solo exposto e a cidade aparecem mais claros devido a maior dissipação de calor.

Outra forma de usar mapa de cores é na operação de fatiamento de níveis de cinza (density slicing). Nesta operação podemos associar uma cor distinta para certos intervalos de cinza. Por exemplo, carregue a banda b7 do TM da imagem de Campinas. Selecione **Janela Image** => Tools => Color Mapping => Density Slice => **Janela Density Slice** => Use o botão Delete Range para remover todos os intervalos deixando apenas três => Use o botão Edit Range para modificar a cor e o intervalo desejado na janela Edit Density Slice Range. Sabemos que na banda b7 do TM, a água tem reflectância próxima de zero, a vegetação tem reflectância um pouco maior que a água e o solo exposto tem reflectância maior que a vegetação. Poderíamos calcular o valor médio e o desvio padrão nessas regiões e usar esses valores para definir cada intervalo. Em vez disso vamos definir a cor cyan no intervalo de 0 a 7 para representar a água, a cor verde no intervalo de 9 a 15 para representar a vegetação e a cor marrom no intervalo de 40 a 51 para representar o solo exposto. Selecione Apply para visualizar o resultado desta operação. Observe as regiões correspondentes à mata de Santa Genebra e à plantação de cana, à lagoa do taquaral e ao solo exposto.

**Exercício: Através de operações matemáticas, converta a imagem TM b3 = R, b2 = G, e b1 = B de Campinas de RGB para o espaço IHS de Pratt.** Esta transformação segue a seguinte receita:

$$I = \frac{R + G + B}{3} \quad V_1 = \frac{R + G + 2B}{\sqrt{V_1^2 + V_2^2}} \quad V_2 = \frac{R + 2G}{\sqrt{6}}$$

$$H = \tan^{-1}\left(\frac{V_2}{V_1}\right)$$

onde  $S \geq 0$ ,  $V \leq 1$ , e  $0 \leq H \leq 2\pi$ .

**Observação: A transformação inversa é dada por:**

$$V_1 = S \cos(H) \quad V_2 = S \sin(H)$$

$$R = 12I - 4.9V_1 - 2.45V_2 \quad G = -6I + 2.45V_1 + 2.45V_2 \quad B = -3I + 2.45V_1$$

## 6. PRÁTICA: REALCE DE IMAGENS

### (a) Aplicando transformações radiométricas

No final do laboratório 4 vimos uma forma simples de realce usando mapa de cores para distinguir melhor as mudanças de contraste em uma imagem cinza. Na verdade, os valores originais dos pixels nas imagens de sensoriamento remoto normalmente apresentam baixo contraste e o que vemos na tela é resultado de uma transformação radiométrica. Carregue, por exemplo, a imagem SPOT\_Campinas\_XS.img. Para melhorar o contraste da imagem selecione **Janela Image** =>

Enhance => Linear 2%. Observe que a imagem do SPOT combina infra-vermelho próximo em R, com vermelho em G, e azul em B. Isto é equivalente a TM  $b_4=R$ ,  $b_3=G$ ,  $b_2=B$ . Experimente outras transformações radiométricas nesta opção. Para entender como funcionam essas transformações, selecione **Janela Image** => Enhance => Interactive Stretching => **Janela Interactive Stretching**. Esta janela mostra o histograma original e o transformado para as opções anteriores e permite ainda a modificação interativa do histograma. Para modificar o histograma de qualquer banda interativamente, selecione a banda e use o cursor para movimentar as barras verticais no gráfico do histograma original. No menu da janela interactive stretching é possível modificar o tipo de stretching e salvar o mapeamento em uma look-up table.

### **(b) Realce por decorrelação**

Um dos aspectos importantes no realce de imagens coloridas é a decorrelação entre as bandas. Quando a composição envolve bandas correlacionadas, a alteração do contraste de uma banda independente do contraste da outra afeta a matiz das cores originais. Tomemos o exemplo de uma composição TM  $b_3=R$ ,  $b_2=G$ , e  $b_1=B$  da imagem Landsat\_Campinas. Experimente equalizar a imagem selecionando **Janela Image** => Enhance => Image Equalization. Equalize esta imagem sem alterar as matizes originais, convertendo de RGB para HSV, equalizando S e/ou V, e depois voltando para RGB. Verifique que o mesmo é válido para outros tipos de realce.

### **(c) Realce por casamento de histogramas**

Algumas situações, tais como registro de duas imagens, requerem que os histogramas estejam casados. Isto significa que uma das imagens deve sofrer uma transformação radiométrica tal que o histograma da imagem transformada seja o mais próximo possível do histograma da outra imagem. Quando as imagens são coloridas, o casamento ocorre entre as respectivas imagens de brilho.

Selecione, por exemplo, a composição TM  $b_3=R, b_2=G, b_1=B$  da imagem Landsat\_Campinas no display #1 e a mesma composição da imagem CEBERS\_Campinas no display #2. Na janela image da segunda, selecione Enhance => Histogram Matching => display #1.

**Exercício: Faça o casamento de histogramas entre as imagens CEBERS e Landsat de Campinas convertendo ambas de RGB para HSV, fazendo o casamento entre as respectivas bandas de brilho e voltando a imagem do CEBERS para RGB. Compare seu resultado com aquele obtido pela opção Janela Image => Enhance => Histogram Matching.**

## **7. PRÁTICA: FILTRAGEM DE IMAGENS**

Filtros podem ser usados para realce de imagens, redução de ruído, e extração de atributos para classificação. Neste laboratório vamos exercitar várias classes de filtros. Selecione **Janela Principal** => Filters => Convolutions ou Morphology => **Janela Convolutions and Morphology Tools**. Nesta janela é possível definir os valores e as dimensões das máscaras de convolução ou operação morfológica. Também é possível combinar através de média ponderada, o resultado da filtragem com a imagem original. A opção Quick Apply aplica o filtro sobre uma dada banda enquanto a opção Apply to File aplica sobre todas as bandas da imagem. Inicialmente experimente alguns filtros já definidos nas opções convolution e morphology. Alguns desses filtros também podem ser aplicados a partir da opção enhance da janela image.

### **(a) Realce de bordas (*Edge enhancement*)**

Os filtros de Sobel, de Robert, e os Laplacianos realçam as bordas da imagem em detrimento das regiões homogêneas. No menu da janela convolutions and morphology, as opções Sobel e Robert calculam a magnitude do vetor gradiente cujas componentes são representadas pelos resultados da filtragem de Sobel nas direções  $0^\circ$  e  $90^\circ$  e Robert nas direções  $45^\circ$  e  $-45^\circ$ . Defina e aplique as máscaras direcionais dos filtros de Sobel à imagem CBERS\_Campinas. O resultado dessas máscaras isoladamente embossa as bordas. Depois use as operações aritméticas para combiná-las na imagem de magnitude de gradiente. Compare seu resultado com a opção correspondente já definida no menu. Repita o exercício para outros filtros direcionais de realce de bordas dados na aula teórica e para os filtros Laplacianos.

A combinação ponderada entre filtros de realce de bordas e a imagem original pode ser usada para reduzir efeitos de borramento na imagem original. Comparando lado a lado a imagem CBERS\_Campinas com a imagem SPOT\_Campinas\_XS, que tem a mesma resolução espacial, ou mesmo com a imagem Landsat\_Campinas que tem uma resolução espacial um pouco menor, podemos verificar que a imagem do CEBERS está borrada. Para melhorar sua qualidade, tente adicionar 70% da imagem original nas operações de realce de bordas. Outra opção é aumentar o valor do pixel central nas máscaras de Laplacianos. Teste esta alternativa e compare os resultados.

### **(b) Suavização (*Smoothing*)**

Filtros Gaussianos e média são utilizados para tornar mais homogêneas regiões de interesse na imagem. Eles podem ser usados como pré-processamento antes da extração de atributos para classificação dessas regiões. Em contrapartida, esses filtros borram as bordas da imagem. Uma opção interessante é aplicar um filtro de suavização e depois um filtro sharpen. Experimente esta opção na imagem Landsat\_Campinas (use composição  $b3=R, b2=G, b1=B$ ) via **Janela Image** => Enhance => Filters. Para verificar que as regiões de interesse ficaram mais homogêneas (i.e. o desvio padrão ficou menor), selecione uma região de interesse sobre a mata de Santa Genebra e compare os resultados estatísticos antes e depois dos filtros. Verifique que as curvas de desvio padrão ao longo das bandas ficam mais próximas no segundo caso.

### **(c) Mediana**

Filtros de mediana são normalmente usados para remover ruído do tipo speckle (comum em imagens de radar), mas também podem auxiliar na detecção de características pontuais nas imagens. Um bom exemplo são os pés de laranja na imagem holambra\_laranjal que geramos no primeiro laboratório. Para estimar o número de pés de laranja, nós poderíamos usar as informações de área e distância entre os pés, mas uma forma mais precisa seria detectar os pés de laranja como componentes conexas e contar o número de componentes. A primeira etapa pode ser feita com o seguinte procedimento. Converta a imagem holambra\_laranjal de RGB para HSV. Selecione a banda S, onde os pés aparecem como pontos brancos na imagem. Aplique um filtro mediana com janela de tamanho  $7 \times 7$  pixels sobre a banda S e subtraia o resultado da filtragem da própria banda S para eliminar ruído de fundo. Em seguida aplique sobre a imagem da subtração a opção de fatiamento de níveis para selecionar uma única região branca com valores mínimo 0.1 e máximo 1.0. Observe que os pés ficam pintados de branco e o resto da imagem fica preto.

### **(d) Morfológicos**

No resultado acima, cada pé de laranja deveria ser representado por uma única componente conexa branca, mas se observarmos com cuidado vamos ver que alguns pés correspondem a duas ou mais componentes próximas. A operação de fechamento morfológico pode ser usada para unir as componentes próximas. Na janela convolutions and morphology existem opções para dilatação, erosão, fechamento e abertura morfológicos. Essas operações podem ser aplicadas em imagens cinzas e binárias, como foi visto na aula teórica. Verifique os resultados dessas operações na imagem de brilho V do HSV da plantação de laranja.

**Exercício: Calcule o gradiente morfológico na banda V do espaço HSV para a imagem CBERS\_Campinas e depois combine cada banda da imagem original com a imagem de gradiente para realçar o contraste da imagem original. Lembre-se que o gradiente morfológico pode ser definido pela subtração da imagem dilatada pela erodida. Compare seu resultado com os resultados dos filtros sharpen do menu Enhance => Filters da janela image.**

## 8. PRÁTICA: ESPAÇO DE ATRIBUTOS

- a) Abra a imagem *Landsat\_Campinas*
- b) Selecione uma composição RGB com as bandas 4, 5 e 2
- c) Na janela da imagem vá em *Tools -> 2-D Scatter Plots* e faça um scattergrama das bandas 4 e 2; na janela do scattergrama, vá em *Options* e selecione *Density Slice* para ver as concentrações dentro do conjunto de pixels em cores;
- d) Desenhe polígonos em diferentes regiões do conjunto de pixels (mantenha pressionado o botão da esquerda do mouse ao desenhar o polígono e clique no botão da direita para fechá-lo) e observe na imagem onde estão localizados esses pixels. Para representar cada polígono numa cor diferente, vá em *Class -> Items 1:20* e mude a cor a cada novo polígono. Para apagar todos os polígonos, vá em *Options* e selecione *Clear All*.
- e) Mantendo o botão esquerdo do mouse pressionado, percorra diferentes áreas da imagem e observe no scattergrama onde os pixels correspondentes estão localizados; isto é chamado de *Dancing Pixels*.
- f) Para fazer o contrário (desenhar polígonos na imagem e observar onde os pixels se localizam no scattergrama), vá em *Options* e selecione *Image:ROI*.
- g) Repita essa mesma operação para outros conjuntos de duas bandas (por ex., bandas 1 e 5, bandas 3 e 4, etc.). Para isso, vá em *Options -> Change Bands* e selecione as bandas desejadas.
- h) Várias janelas de *Scatter Plot* podem ser abertas simultaneamente, se necessário.

## 9. PRÁTICA: REGIÕES DE INTERESSE PARA CLASSIFICAÇÃO

Regiões de interesse (ROIs) são porções de uma imagem que podem ser selecionadas interativamente ou por meio do estabelecimento de limiares de DNs. As ROIs podem ter qualquer formato, sendo normalmente definidas por polígonos irregulares, e são utilizadas para extrair parâmetros estatísticos para operação de classificação e para aplicação de máscaras. O ENVI permite a seleção de uma combinação de polígonos, pontos ou vetores para definir ROIs. Uma ou mais ROIs podem ser definidas e desenhadas na janela de Imagem Principal, na janela de Scroll ou na janela de Zoom. ROIs podem ainda ser expandidas para pixels adjacentes, limitadas por limiares.

Para fins de classificação de imagens, as ROIs são utilizadas para definir as **Áreas de Treinamento**, a partir das quais serão coletados os parâmetros estatísticos para uso na classificação. Podem ser usadas diversas **Áreas de Treinamento** para definir as classes, sendo o conjunto então denominado **Conjunto de Treinamento**.

Utilizando a imagem **Landsat\_Campinas** e faça uma composição colorida das bandas 453 em RGB. Vamos estabelecer algumas áreas de treinamento por meio de ROIs, para posterior uso no exercício de classificação.

- a) A partir do menu principal do Envi, selecione *Basic Tools -> Regions of Interest -> ROI Tool*.
- b) Na janela *ROI Tool*, selecione a opção *Zoom* para poder definir os polígonos da ROI com maior precisão na imagem ampliada da janela de zoom. Recomenda-se aumentar o tamanho da janela de zoom, para ter uma área maior de visão da imagem. (**Obs.: quando a função de definição de ROI está ativada, ações como zoom, movimentação sobre a imagem, etc. são desativadas; para ativá-las e ao mesmo tempo manter a definição de ROIs, acione a opção "Off" na janela de "ROI Tool"**)
- c) Com o curso do mouse na janela de zoom ampliada, desenhe o polígono que representa a região de interesse selecionada:
  - a. A primeira ROI vai definir uma área de treinamento pertencente à categoria "Mata Atlântica" (vegetação florestal original da região de Campinas, hoje reduzida a poucos fragmentos). Para isso, usaremos a área da Mata de Santa Genebra (em cor vermelho vivo na composição RGB 453, situada no centro do quadrante superior esquerdo da cena Landsat). Desenhe o polígono clicando no botão esquerdo do mouse para definir os vértices e no botão direito (2 vezes) para fechá-lo. Se cometer algum erro na definição da ROI, selecione "Delete" e desenhe novamente o polígono. (**Obs.: a opção "Erase" da janela "ROI Tool" apenas apaga a ROI da tela, mas a mantém no sistema**). Usando a opção "Edit", mude o nome da área de treinamento para "Mata". Em seguida ao nome da ROI, aparece o número de pixels que compõem cada área de treinamento.
  - b. A segunda ROI vai definir uma área de treinamento referente à cultura de cana. Para desenhá-la, selecione "New Region" e desenhe um novo polígono na área imediatamente a sul da Mata de Santa Genebra, ocupada por cana na época da aquisição da imagem (cor vermelho claro na composição 453). Nomeie esta área de treinamento como "Cana".
  - c. Usando a janela principal da imagem, mova o zoom um pouco mais para sudeste da área anterior (área vermelho escuro na composição 453) e selecione em seguida uma área plantada com eucalipto. Nomeie esta área de treinamento como "Eucalipto".
  - d. Em seguida, use a área urbana ao lado do eucalipto para definir uma nova área de treinamento (cor azul claro a cinza), a ser nomeada de "Urbano 1".
  - e. Em seguida, mova o zoom para a área central de Campinas (área de cor cinza escura/azulada no centro da mancha urbana) e defina a área de treinamento "Urbano 2".
  - f. Mova a janela de zoom para a área da Lagoa do Taquaral (é recomendável aumentar o zoom em algumas vezes) e selecione a área de treinamento "Água" usando os pixels da Lagoa (de cor escura na composição 453).
  - g. Mova o zoom para a região superior direita da imagem e selecione uma área de solo exposto (cor cyan/azul claro), denominando a área de treinamento "Solo1".
  - h. Em seguida, mova o zoom para uma área de outro tipo de solo exposto situada no canto inferior esquerdo da imagem (cor verde), nomeando-a de "Solo2".

- i. Finalmente, mova o zoom para uma área de pastagem situada imediatamente a nordeste da Mata de Santa Genebra (cor vermelho/alaranjado na composição 453), nomeando-a de "Pasto".
- d) A opção de "Stats" da janela "ROI Tool" permite o cálculo dos parâmetros estatísticos para cada área de treinamento em todas as bandas do Landsat, mostrando o espectro médio de todos os pixels, os valores mínimo e máximo e o desvio-padrão. A opção "Mean" mostra apenas o espectro médio de todos os pixels em cada área de treinamento. Selecione algumas áreas de treinamento que foram definidas e examine esses parâmetros para cada uma delas.
- e) O próximo passo é salvar as 9 áreas de treinamento definidas por meio das respectivas ROIs. Para isso, na janela "ROI Tools" vá em "File" e clique em "Save ROIs". Ao abrir a janela de "Save ROIs to File" clique em "Select All Items" e em seguida em "Choose" para abrir um diretório. Use o diretório do curso, onde está a imagem original, e dê o nome de "**camp\_rois.roi**" para o arquivo.

## 10. PRÁTICA: CLASSIFICAÇÃO SUPERVISIONADA

Vamos em seguida utilizar as áreas de treinamento que acabamos de definir para classificar toda a cena Landsat de Campinas utilizando diferentes técnicas de classificação supervisionada.

### Método do Paralelepípedo

- a) No menu principal, vá em "Classification => Endmember Collection" e selecione a imagem a ser classificada, dando um "Ok" em seguida.
- b) Na janela "Endmember Collection" que irá se abrir selecione "Import -> from ROI from Input File". Na janela "Input Regions of Interest" que irá se abrir, clique em "Select All Items" e "Ok". Todas as áreas de treinamento definidas irão aparecer na janela "Endmember Collection".
- c) Selecione "Options" e "Plot Endmembers" para visualizar o espectro médio de todas as áreas de treinamento nas 7 bandas do Landsat TM (clicando o botão da direita do mouse dentro da janela "Endmember Spectra" selecione Plot Key e irá aparecer uma legenda com o nome da área de treinamento e respectiva cor da curva no gráfico).
- d) Na janela "Endmember Collection" selecione "Algorithm" para definir qual a técnica de classificação a ser utilizada. Inicialmente, selecione o método do Paralelepípedo, seguido de "Apply".
- e) A janela "Parallelepiped Parameters" irá se abrir; digite "20" no parâmetro "Pipe Half Width DN" (esse valor representa a dimensão do paralelepípedo em DNs), entre com o nome da imagem de classificação a ser criada em "Enter Output Class Filename" (use "**camp\_class\_paralel**" no diretório do curso) e selecione "No" na opção "Output Rule Filename?".
- f) A imagem de classificação irá aparecer no topo da lista de imagens disponíveis ("Available Bands List"). Selecione-a, clique na opção "Gray Scale" e escolha "New Display" para abrir uma nova janela de imagem (mantenha a janela com a composição colorida RGB 453 para comparação com a imagem de classificação).
- g) Clique em "Load Band" para abrir a imagem de classificação na nova janela de imagem. Repare que, apesar de você ter selecionado uma imagem preto e branco ("Gray Scale"), a imagem de classificação vem em cores, pois o sistema a reconhece automaticamente. As cores que você vê nessa imagem são as mesmas cores das áreas de treinamento selecionadas (mata em vermelho, cana em verde, etc.). Uma característica deste classificador é que dificilmente ele consegue classificar todos os pixels de uma imagem, deixando muitos deles como "não classificados" ("unclassified"), que estão representados na cor preta.
- h) Para inserir uma legenda na imagem de classificação, siga os seguintes passos:

- a. Na janela da imagem classificada, clique em "Overlay -> Annotation"; na janela "Annotation Text" clique em "Object -> Map Key".
  - b. Clique o botão esquerdo do mouse no local da imagem classificada onde quer colocar a legenda; você pode arrastá-la para qualquer parte da imagem que desejar. A cor do fundo da legenda pode ser mudada em "Back -> Itens 1:20 -> Black". O nome de cada classe também pode ser editado, assim como o tamanho e a cor da fonte, etc.
- i) Compare os resultados obtidos na imagem classificada e na imagem colorida RGB 453. Note, por exemplo, que o classificador paralelepípedo não foi capaz de separar a Mata de Santa Genebra da plantação de cana que fica logo abaixo, ainda que diferentes áreas de treinamento tenham sido usadas para definir ambas como sendo diferentes. Procure outros possíveis erros comparando as duas imagens (classificação e composição colorida 453).

### **Método da Distância Mínima**

- a) No menu principal, vá em "Classification" e selecione "Endmember Collection".
- b) Repita os passos já explicados anteriormente até a seleção do "Algorithm" de distância mínima na janela "Endmember Collection".
- c) A janela "Minimum Distance Parameters" irá se abrir; o parâmetro "Max Distance Error (DN)" pode ser deixado em branco, e neste caso todos os pixels da imagem serão atribuídos a uma das classes, ou então pode-se estabelecer o valor máximo da distância em DN, que representa um limiar para limitar o número de pixels atribuído a cada classe com base na distância; experimente fazer a classificação deixando esse parâmetro em branco e depois repetindo a classificação com esse parâmetro igual a 35 – compare os resultados.
- d) Entre com o nome da imagem de classificação a ser criada em "Enter Output Class Filename" (use "*camp\_class\_min\_dist*" para a primeira e "*camp\_class\_min\_dist\_35*" para a segunda, salvando ambas no diretório do curso); selecione "No" na opção "Output Rule Filename?". Em seguida clique "Ok".
- e) Repita os demais passos já vistos na classificação pelo método do paralelepípedo para visualizar e comparar as imagens de classificação com a composição colorida 453 e também com a imagem de classificação pelo método do paralelepípedo.

### **Método da Distância de Mahalanobis**

- a) No menu principal, vá em "Classification" e selecione "Supervised -> Mahalanobis Distance".
- b) Na janela "Classification Input File" selecione a imagem Landsat\_Campinas. e de um "Ok".
- c) A janela "Mahalanobis Distance Parameters" irá se abrir; o parâmetro "Max Distance Error (DN)" pode ser deixado em branco (todos os pixels da imagem serão atribuídos a uma das classes); em seguida clique no botão "Select All Items" para selecionar as áreas de treinamento,
- d) Entre com o nome da imagem de classificação a ser criada em "Enter Output Class Filename" (use "*camp\_class\_mahalanobis*", e salve no diretório do curso); selecione "No" na opção "Output Rule Filename?" e clique "Ok".
- e) Repita os demais passos já vistos na classificação pelos dois métodos anteriores para visualizar e comparar as imagens de classificação com a composição colorida 453 e também com as outras duas imagens de classificação dos métodos anteriores.

### **Método da Máxima Verossimilhança**

- a) No menu principal, vá em "Classification" e selecione "Supervised -> Maximum Likelihood".

- b) Na janela "Classification Input File" selecione a imagem Landsat\_Campinas. e de um "Ok".
- c) A janela "Maximum Likelihood Parameters" irá se abrir; o parâmetro "Probability Threshold" é opcional e define o nível de probabilidade no qual pixels são considerados corretamente classificados (deixe-o em branco, o que equivale a 1.0); em seguida clique no botão "Select All Items" para selecionar as áreas de treinamento,
- d) Entre com o nome da imagem de classificação a ser criada em "Enter Output Class Filename" (use "**camp\_class\_max\_like**", e salve no diretório do curso); selecione "No" na opção "Output Rule Filename?" e clique "Ok".
- e) Repita os demais passos já vistos na classificação pelos três métodos anteriores para visualizar e comparar as imagens de classificação com a composição colorida 453 e também com as outras três imagens de classificação dos métodos anteriores.

Comparando a Imagem Original com a Classificada

- a) No menu da janela da composição colorida 453, vá em "Overlay -> Classification".
- b) A janela "Interactive Class Tool" permite que você faça a superposição de uma ou mais classes sobre a composição colorida; selecionando cada uma das classes você poderá analisar a sua localização e distribuição na imagem.
- c) Na função "Options" dessa mesma janela você pode analisar a distribuição em área das classes ("Class distribution"), editar e modificar as cores e os nomes das classes ("Edit class/color names") ou mesmo fundir duas classes em uma só ("Merge classes").

## 11. PRÁTICA: CLASSIFICAÇÃO NÃO-SUPERVISIONADA

As técnicas de classificação não supervisionadas são utilizadas para agrupar os pixels de uma imagem em classes, com base apenas na estatística da própria imagem, sem o uso de áreas de treinamento definidas pelo usuário. Dois algoritmos de agrupamento ("*clustering*") são comumente utilizados para isso: K-medias e Isodata.

Classificação Não-Supervisionada Usando o K-Médias

- a) No menu principal, vá em "Classification -> Unsupervised -> K-Means"
- b) Selecione a imagem **Landsat\_Campinas**.
- c) Clique "Ok" para abrir a janela "K-Means Parameters".
- d) O número de classes estabelece quantas classes devem ser definidas pelo processo de agrupamento; selecione 9 classes.
- e) O valor do limiar ("threshold") é usado para terminar o processo de iterações, quando o número de pixels atribuído a cada classe muda num valor menor do que o do desse limiar. O processo de classificação irá terminar ou quando esse valor for alcançado no processo iterativo, ou então quando o número máximo de iterações for atingido; entre com um valor de 5% para o limiar.
- f) O número de iterações define o valor máximo a ser utilizado para separar as classes; entre com o número de 10 iterações;
- g) Os parâmetros "Max Stdev From Mean" e "Maximum Distance Error" são opcionais e alternativos um ao outro; podem ser deixados em brancos, o que faz com que todos os pixels da imagem sejam classificados.
- h) Entre com o nome da imagem de classificação a ser criada em "Enter Output Class Filename" (use "**camp\_class\_kmedias**", e salve no diretório do curso).

Classificação Não-Supervisionada Usando o Isodata

- a) No menu principal, vá em "Classification -> Unsupervised -> Isodata"
- b) Selecione a imagem **Landsat\_Campinas**.
- c) Clique "Ok" para abrir a janela "Isodata Parameters".



- d) O número de classes pode ser fixado entre um mínimo e um máximo; isto se deve a que o algoritmo Isodata divide e funde as classes durante o processo de iterações com base no valor de limiar e não mantém um número fixo de classes; selecione um mínimo de 6 e um máximo de 9 classes.
- e) O número de iterações define o valor máximo a ser utilizado para separar as classes; entre com o número de 10 iterações;
- f) O valor do limiar ("threshold") é usado para terminar o processo de iterações, quando o número de pixels atribuído a cada classe muda num valor menor do que o do desse limiar. O processo de classificação irá terminar ou quando esse valor for alcançado no processo iterativo, ou então quando o número máximo de iterações for atingido; entre com um valor de 5% para o limiar.
- g) O número mínimo de pixels em uma classe define qual o menor tamanho aceitável para que o agrupamento seja considerado uma classe; entre com um valor de 100.
- h) O "Maximum Class Stdev" (em DNs) é um critério usado para dividir uma classe em duas outras; se o desvio-padrão de uma classe for maior do que o valor do limiar, então a classe é dividida em duas; entre com um valor de 1.
- i) O "Minimum Class Distance" (em DNs) define o critério de distância entre as médias das classes, a partir do qual duas ou mais classes serão fundidas em uma só; entre com o valor 5.
- j) O "Maximum # Merge Pairs" define o número máximo de pares de classes a serem fundidas; entre com o valor de 2;
- k) Os parâmetros "Max Stdev From Mean" e "Maximum Distance Error" são opcionais e alternativos um ao outro; podem ser deixados em brancos, o que faz com que todos os pixels da imagem sejam classificados.
- l) Entre com o nome da imagem de classificação a ser criada em "Enter Output Class Filename" (use "**camp\_class\_isodata**", e salve no diretório do curso).

Faça uma comparação entre as imagens classificadas pelos dois métodos não-supervisionados e também com os resultados da classificação supervisionada. Procure notar onde estão as similaridades e as diferenças nos resultados obtidos pelos diferentes métodos.

## 12. PRÁTICA: FUNÇÕES PÓS-CLASSIFICAÇÃO

As imagens de classificação requerem uma etapa final de análise para avaliar a acurácia do processo. O Envi possui uma série de funções de pós-classificação para esse fim.

### Estatísticas das Classes

Esta função permite a extração de dados estatísticos da imagem usada para gerar a imagem classificada e da própria imagem classificada. Esses dados são calculados para cada classe e consistem de: valores mínimo e máximo, média, desvio-padrão, autovalores, histogramas e espectro médio.

- a) No menu principal, vá em "Classification -> Post Classification -> Class Statistics".
- b) Na janela "Classification Input File" selecione o arquivo contendo a imagem classificada (voce pode usar qualquer das imagens de classificação que foram produzidas, como por exemplo **camp\_class\_max\_like**).
- c) Na janela "Statistics Input File" selecione em seguida o arquivo contendo a imagem Landsat de Campinas (**Landsat\_Campinas**).
- d) Na janela "Class Selection" selecione uma das classes.
- e) Na janela "Compute Statistics Parameters" selecione todos os parâmetros estatísticos disponíveis e clique "Ok".

## Matriz de Confusão

Esta função permite a comparação estatística entre duas imagens classificadas (considerando-se uma delas como a imagem de classificação e a outra como a imagem de "verdade terrestre"), ou então entre uma imagem classificada e as ROIs utilizadas no processo. A imagem de "verdade terrestre" ("ground truth") pode ser outra imagem classificada (considerada, neste caso, como sendo 100% correta), ou criada a partir de medidas de verdade terrestre feitas em campo.

- Abra as imagens **Landsat\_Campinas** e **camp\_class\_max\_like**.
- Carregue composição colorida 453 em uma janela de imagem e vá em "Overlay -> Region of Interest". Na janela "ROI Tool" que irá se abrir, vá em "File -> Restore ROI" e selecione o arquivo de ROIs salvo no início desta aula (Tópico 2e): **camp\_rois.roi**.
- No menu principal, vá em "Classification -> Post Classification -> Confusion Matrix -> Using Ground Truth ROIs".
- Na janela "Match Classes Parameters", clique na classe que deseja comparar em "Matched Classes", selecione essa classe no campo "Select Ground Truth ROI" e também no campo "Select Classification Image", clicando em "Ok" ao final e confirmando com outro "Ok" na janela de "Confusion Matrix Parameters".
- Analise a Matriz de Confusão buscando os possíveis erros de omissão e de comissão (pixels que pertenciam a uma das ROIs e que foram classificados como outra classe).
- O parâmetro "Overall Accuracy" é obtido dividindo-se o número de pixels corretamente classificados pelo número total de pixels. No caso deste exercício que acabamos de fazer, um pixel é considerado como corretamente classificado se ele estiver dentro da respectiva ROI.
- O parâmetro "Kappa Coefficient" é outra medida da acurácia da classificação e é obtido pela multiplicação do número total de pixels em todas as classes ( $N$ ) pela soma da diagonal da matriz de confusão ( $x_{kk}$ ), subtraindo a soma dos pixels de verdade terrestre em uma classe vezes a soma dos pixels classificados naquela classe somada sobre todas as classes ( $x_{k\Sigma}x_{\Sigma k}$ ), e dividindo pelo quadrado do número total de pixels menos a soma dos pixels de verdade terrestre naquela classe vezes a soma dos pixels classificados naquela classe somada sobre todas as classes:

## Homogeneização de Classes

O resultado do processo de classificação geralmente produz uma imagem em que áreas são majoritariamente associadas a diferentes classes, mas que também apresentam um número de pixels atribuídos a diferentes classes que ocorrem de forma isolada, espalhados pela imagem.

$$\kappa = \frac{N \sum_k x_{kk} - \sum_k x_{k\Sigma} x_{\Sigma k}}{N^2 - \sum_k x_{k\Sigma} x_{\Sigma k}}$$

Esses pixels possuem a aparência de "ruído" em uma imagem de classificação, dificultando a generalização das classes e a produção de mapas temáticos. As funções de "Clump" e "Sieve" permitem fazer essa generalização e são usadas de forma complementar ("sieve" remove os pixels isolados e "clump" adiciona consistência espacial aos pixels modificados).

- a) No menu principal, vá em "Classification -> Post Classification -> Sieve Classes", selecione uma das imagens de classificação produzidas e defina um nome de arquivo de saída: ***camp\_class\_sieve***.
- b) Em seguida, use esse mesmo arquivo ***camp\_class\_sieve*** como a entrada para a operação de "clump", criando o arquivo ***camp\_class\_clump***.
- c) Compare a imagem classificada original que você utilizou com a imagem produzida pelas operações complementares de "sieve" e "clump". Utilize a janela de zoom para comparar em detalhes.

### **Combinação de Classes**

Essa função é utilizada quando se quer combinar duas ou mais classes em uma só, como alternativa para generalização do resultado de classificação

### **Edição das Cores das Classes**

As cores das classes de uma imagem de classificação podem ser mudadas pelo processo de edição:

- a) Abra uma imagem de classificação qualquer; no menu da janela da imagem vá em "Tools -> Color Mapping -> Class Color Mapping".
- b) Selecione a classe cuja cor deseja editar e mude a cor deslizando as barras no sistema RGB, HLS ou HSV, ou então clicando no botão "V" e selecionando a cor pelo nome. Os pixels pertencentes à classe sendo editada mudarão interativamente na imagem de classificação, permitindo que se faça uma combinação apropriada das cores.