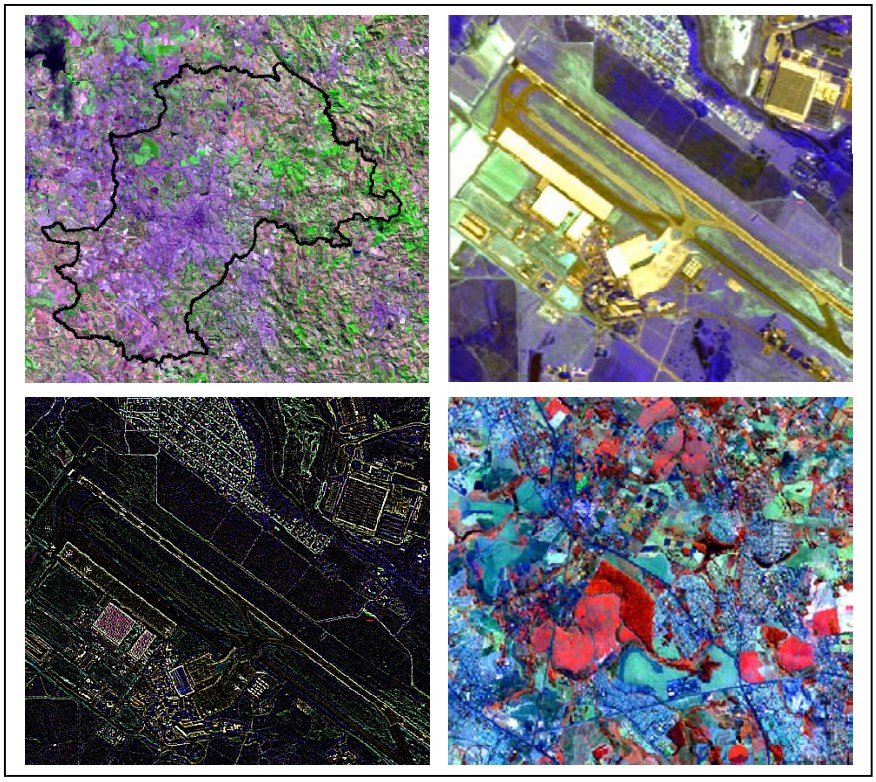
Documentos

ISSN 0103-78110
Dezembro, 2005
44



Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto: Tutorial Básico

Embrapa

ISSN 0103-78110
Dezembro, 2005

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Monitoramento por Satélite
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Documentos 44

Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto: Tutorial Básico

Carlos Fernando Quartaroli
Mateus Batistella

Campinas, SP
2005

Embrapa Monitoramento por Satélite. Documentos, 44
Área de Comunicação e Negócios

Exemplares desta publicação podem ser solicitados à:
Embrapa Monitoramento por Satélite
Av. Dr. Júlio Soares de Arruda, 803 – Parque São Quirino
CEP 13088-300 Campinas-SP – BRASIL
Caixa Postal 491, CEP 13001-970
Fone: (19) 3256-6030
Fax: (19) 3254-1100
sac@cnpm.embrapa.br
http://www.cnpm.embrapa.br

1ª edição
1ª impressão (2005): 50 exemplares
Fotos: Arquivo da Unidade

1ª edição
1ª impressão (2005): 50 exemplares

Quartaroli, Carlos Fernando

Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto: Tutorial Básico. / Carlos Fernando Quartaroli, Mateus Batistella. – Campinas : Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005.

146 p. : il. (Embrapa Monitoramento por Satélite. Documentos, 44)
ISSN 0103-78110

1. Sensoriamento remoto 2. Processamento de imagens de sensoriamento remoto 3. Geoprocessamento 4. Imagens digitais *5. Erdas Imagine* I. Batistella, Mateus. II. Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de Monitoramento por Satélite (Campinas-SP). III. Título. IV Série.

CDD 621.3678

Autores

Carlos Fernando Quartaroli
Mestre em Agronomia, Pesquisador da
Embrapa Monitoramento por Satélite
quarta@cnpm.embrapa.br

Mateus Batistella
PhD em Ciências Ambientais, Pesquisador da
Embrapa Monitoramento por Satélite
mb@cnpm.embrapa.br

Sumário

APRESENTAÇÃO 13

1 – INTRODUÇÃO 15

1.1. CONCEITOS BÁSICOS EM SENSORIAMENTO REMOTO 15
Sensoriamento Remoto e Sensores 15
Radiação Eletromagnética 15
O Comportamento da Radiação Eletromagnética 15
O Espectro Eletromagnético 16
Fontes de Radiação Eletromagnética 17
Interação Matéria e Energia 19
Tipos de Sensores 19
1.2. SATÉLITES DE SENSORIAMENTO REMOTO E SENSORES 19
Landsat (Land Remote Sensing Satellite) 19
SPOT (Système pour l'Observation de la Terre) 21
NOAA (National Oceanic Atmospheric Administration) 23
CBERS (China-Brazil Earth Resources Satellite) 24
IKONOS II 25
1.3. CONCEITOS BÁSICOS EM PROCESSAMENTO DE IMAGENS DE SENSORIAMENTO REMOTO 27
1.4. ALGUNS RECURSOS DISPONÍVEIS NA INTERNET 31
1.5. PEQUENA LISTA BIBLIOGRÁFICA PARA CONSULTAS 32

2. MANIPULANDO IMAGENS DIGITAIS E VETORES 33

EXERCÍCIO 1 - CRIANDO PASTAS PARA ARMAZENAR OS DADOS 33
EXERCÍCIO 2 - ABRINDO O ERDAS IMAGINE E EDITANDO PREFERÊNCIAS 33
EXERCÍCIO 3 - VISUALIZANDO UMA IMAGEM 36
EXERCÍCIO 4 - FERRAMENTAS DE ZOOM E PAN 39
EXERCÍCIO 5 - EMPILHANDO CAMADAS DE IMAGENS 41
EXERCÍCIO 6 - VISUALIZANDO UMA IMAGEM EMPILHADA 43
EXERCÍCIO 7 - OBTENDO INFORMAÇÕES SOBRE UMA IMAGEM 45
EXERCÍCIO 8 - TOMANDO MEDIDAS SOBRE UMA IMAGEM 46
EXERCÍCIO 9 - DEFININDO ÁREAS DE INTERESSE (AOI) 49
EXERCÍCIO 10 - EXIBINDO IMAGENS SOBREPOSTAS 52
EXERCÍCIO 11 - RECORTANDO UMA IMAGEM 54
EXERCÍCIO 12 - ALTERANDO A PROJEÇÃO E DATUM DE UMA IMAGEM 57
EXERCÍCIO 13 - EXIBINDO DUAS IMAGENS SIMULTANEAMENTE E ESTABELECENDO UMA LIGAÇÃO ENTRE ELAS 61
EXERCÍCIO 14 - USANDO AS OPÇÕES PARA EXIBIÇÃO DE UMA IMAGEM (RASTER OPTIONS) 64
EXERCÍCIO 15 - OBTENDO INFORMAÇÕES SOBRE PIXELS E ÁREAS DE UMA IMAGEM 67
EXERCÍCIO 16 - VISUALIZANDO UM ARQUIVO VETORIAL 69
EXERCÍCIO 17 - VISUALIZANDO UMA CAMADA VETORIAL SOBRE UMA IMAGEM 73
EXERCÍCIO 18 - VISUALIZANDO ATRIBUTOS DOS POLÍGONOS 75
EXERCÍCIO 19 - SELECIONANDO FEIÇÕES VETORIAIS SEGUNDO CRITÉRIOS 78
EXERCÍCIO 20 - USANDO SIMBOLOGIA BASEADA EM ATRIBUTOS 80
EXERCÍCIO 21 - CONVERTENDO UM ARQUIVO VETORIAL PARA AOI 83
EXERCÍCIO 22 - CONVERTENDO UM ARQUIVO AOI PARA VETOR 88
EXERCÍCIO 23 - MOSAICO DE IMAGENS 93

3. TÉCNICAS DE REALCE DE IMAGENS 98

INTRODUÇÃO 98
ALTERANDO O CONTRASTE DE UMA IMAGEM 99

Utilização de Filtros 102
Fusão de Imagens 106
Exercício 1 - Alterando o brilho e contraste de uma imagem 107
Exercício 2 - Manipulando histogramas de imagens em tons de cinza 108
Exercício 3 - Manipulando o contraste de composições coloridas 113
Exercício 4 - Aplicando a equalização de histogramas 118
Exercício 5 - Utilizando filtros para detecção de fronteiras 120
Exercício 6 - Aplicando filtros em uma imagem exibida na tela 122
Exercício 7 - Aplicando o filtro Crisp 126
Exercício 8 - Fusão de imagens com diferentes resoluções espaciais. 128

4. RETIFICAÇÃO, GEORREFERENCIAMENTO E REGISTRO DE IMAGENS 132

Introdução 132
Exercício 1 - Preparando Imagens para Retificação 133
Exercício 2 - Adquirindo pontos de controle 137
Exercício 3 - Inserindo pontos de checagem 142
Exercício 4 - Reamostrando uma Imagem 143
Exercício 5 - Exibindo a Imagem Retificada 145

REFERÊNCIAS 146

Tabelas

Tabela 1.1 - Características dos satélites da série Landsat e de seus sensores..... 20
Tabela 1.2 - Características dos satélites SPOT e de seus sensores. 22
Tabela 1.3 - Características dos satélites NOAA e de seus sensores. 23
Tabela 1.4 - Características dos satélites CBERS e de seus sensores..... 24
Tabela 1.5 - Características do Satélite Ikonos II e de seus sensores. 26
Tabela 2.1 - Ferramentas de Zoom e Pan 39
Tabela 2.2 - Função e modo de utilização das ferramentas de medida do ERDAS IMAGINE 47

Figuras

Figura 1.1 - Propagação da energia eletromagnética 16
Figura 1.2 - Representação do espectro eletromagnético 17
Figura 1.3 - Curva de irradiância solar 18
Figura 1.4 - Processo aditivo de combinação de cores 28
Figura 1.5 - Processo subtrativo de combinação de cores..... 28
Figura 2.1 - Painel de ícones do ERDAS IMAGINE 33
Figura 2.2 - Quadro Preference Editor com as opções da categoria User Interface & Session .. 34
Figura 2.3 - Quadro Preference Editor com as opções para definir o padrão de exibição de imagens em composições coloridas 35
Figura 2.4 - Visor onde são mostradas as imagens abertas pelo ERDAS IMAGINE. 36
Figura 2.5 - Quadro de seleção da imagem que será aberta 37
Figura 2.6 - Quadro Select Layer to Add com as opções de exibição de uma imagem 37
Figura 2.7 - Imagem da banda 4 do sensor ETM+ do satélite Landsat. 38
Figura 2.8 - Quadro com a escala de visualização da imagem aberta..... 40
Figura 2.9 - Exemplo de uso da ferramenta Magnifier do ERDAS IMAGINE. 40
Figura 2.10 - Quadro mostrando as imagens disponíveis de oito bandas do sensor ETM+ 41
Figura 2.11 - Quadro que permite escolher as imagens que serão empilhadas pela ferramenta Layer Stack 42
Figura 2.12 - Imagem do município de Campinas e vizinhanças em composição colorida 43
Figura 2.13 - Quadro que permite alterações na combinação de bandas para exibição de uma imagem. 44
Figura 2.14 - Quadro ImageInfo apresentando informações gerais sobre a imagem campinas_b8.img 45
Figura 2.15 - Quadro com as ferramentas para medidas e a tabela descritiva das medidas efetuadas. 46
Figura 2.16 - Caixa de ferramentas AOI e exemplo de delimitação de uma área de interesse sobre uma imagem utilizando a ferramenta retângulo. 49
Figura 2.17 - Quadro que permite alterar o estilo de marcação de uma AOI. 50
Figura 2.18 - Quadro com as propriedades de uma área de interesse (AOI) desenhada sobre uma imagem. 51
Figura 2.19 - Imagens sobrepostas e o quadro Arrange Layers, que permite exibir e alterar a ordem de sobreposição das imagens 52
Figura 2.20 - Exemplo de utilização da ferramenta Swipe que permite descobrir parcialmente imagens sobrepostas. 53
Figura 2.21 - Quadro Select Layer to Add, mostrando o arquivo AOI que deverá ser aberto..... 54
Figura 2.22 - Imagem com uma área de interesse (AOI) demarcada. 55
Figura 2.23 - Quadro da ferramenta Subset, usada para recortar uma imagem e quadro Choose AOI que permite escolher o arquivo AOI que será usado no recorte. 55
Figura 2.24 - Exemplo de uma Inquire Box delimitada sobre uma imagem. 56
Figura 2.25 - Quadro informativo da imagem campinas_20000617.img 57
Figura 2.26 - Quadro Reproject Images. Permite escolher a projeção da imagem de saída..... 58
Figura 2.27 - Quadro utilizado para escolher ou editar uma projeção 58
Figura 2.28 - Quadro para salvar uma projeção editada 59
Figura 2.29 - Quadro que permite definir uma nova categoria de projeções no ERDAS IMAGINE59
Figura 2.30 - Quadro com as informações necessárias para reprojetar a imagem do exercício e o aspecto da quadro informativo da imagem após a reprojeção. 60
Figura 2.31 - Resultado do uso da ferramenta Split Vertical em um visor Viewer..... 61
Figura 2.32 - Exibição simultânea de duas imagens na tela do monitor de vídeo. 62
Figura 2.33 - Quadro com as instruções para estabelecer um link entre duas imagens 63
Figura 2.34 - Tela exibindo duas imagens com link entre elas. 63

Figura 2.35 - Histogramas de uma imagem antes e após a ampliação de contraste. 65
Figura 2.36 - Caixa para definir a faixa de valores de pixel para ampliação do contraste.. 66
Figura 2.37 - Imagem campinas_b8 img antes e após a ampliação de contraste..... 66
Figura 2.38 - Cursor de consulta (Inquire Cursor) mostrando o quadro de informações do pixel sobre o qual o cursor está posicionado. 68
Figura 2.39 - Uso da ferramenta Inquire Box para delimitar áreas retangulares sobre uma imagem; ao lado, quadro informativo dos vértices da área delimitada. 68
Figura 2.40 - Quadro mostrando o arquivo vetorial que será aberto. 69
Figura 2.41 - Mapa de uso e cobertura das terras do município de Campinas em formato vetorial 70
Figura 2.42 - Quadro Properties for uso_cobertura_wgs.shp que permite alterações nas propriedades de exibição das feições vetoriais e o resultado obtido após a aplicação das novas propriedades. 70
Figura 2.43 - Quadro usado para definir a cor de preenchimento e de contorno das feições vetoriais 71
Figura 2.44 - Opções para alterações de formato, cor e espessura das linhas 71
Figura 2.45 - Salvando a simbologia associada a um arquivo vetorial. 72
Figura 2.46 - Instruções para a alteração das propriedades de exibição das feições de um arquivo vetorial. 73
Figura 2.47 - Feições vetoriais sobrepostas a uma imagem. 74
Figura 2.48 - Paleta de ferramentas vetoriais. 75
Figura 2.49 - Seleção de um polígono do arquivo vetorial do mapa de uso e cobertura das terras do município de Campinas. 76
Figura 2.50 - Quadro Attributes for ... exibindo os atributos dos polígonos do arquivo vetorial. 76
Figura 2.51 - Quadro Selection Criteria. Permite selecionar feições segundo critérios 78
Figura 2.52 - Polígonos selecionados (em amarelo) segundo o critério $"AREA">10000000. .. 79
Figura 2.53 - Quadro Symbology for 80
Figura 2.54 - Quadro Unique Value 81
Figura 2.55 - Visual atribuído para cada classe de uso e cobertura das terras 81
Figura 2.56 - Mapa de uso e cobertura das terras de Campinas. 82
Figura 2.57 - Menu utilizado para alterar o tipo de arquivo que será exibido. No caso, será escolhido para a exibição um arquivo tipo shapefile. 83
Figura 2.58 - Arquivo vetorial no formato shapefile representando o limite do município de Campinas. 83
Figura 2.59 - Menu utilizado para a criação de uma camada AOI nova. 84
Figura 2.60 - Caixa de ferramentas Vector e o arquivo vetorial limite_wgs84.shp selecionado. . 84
Figura 2.61 - Menu AOI com a opção para copiar um vetor selecionado como AOI. 85
Figura 2.62 - Quadro Arrange Layer mostrando a presença de uma camada AOI sobre o arquivo vetorial 85
Figura 2.63 - Salvando uma camada AOI 86
Figura 2.64 - Feição vetorial representando o limite do município de Campinas sobreposto a uma imagem Landsat. 87
Figura 2.65 - AOI desenhadas sobre uma imagem. 88
Figura 2.66 - Menu para criação de uma nova camada vetorial. 89
Figura 2.67 - Criando uma nova camada vetorial 89
Figura 2.68 - Definindo o tipo de arquivo Shapefile 89
Figura 2.69 - AOI selecionadas, circundadas por retângulos brancos. 90
Figura 2.70 - Copiando AOI selecionadas para uma camada vetorial. 91
Figura 2.71 - Exibição do arquivo vetorial criado pela conversão de AOI para vetor 91
Figura 2.72 - Menu do Data Preparation e a tela Mosaic Tool. 92
Figura 2.73 - Quadro Add Images. Permite selecionar as imagens que serão adicionadas ao mosaico. 93
Figura 2.74 - Quadros Add Images e Active Area Options com as opções para a área das imagens adicionadas ao mosaico. 93
Figura 2.75 - Tela Mosaic Tool mostrando a área reservada para cada imagem adicionada ao mosaico 94

Figura 2.76 - Tela Mosaic Tool, mostrando as áreas reservadas para as duas imagens que serão unidas. Em amarelo a área de intersecção das duas imagens 95
Figura 2.77 - Quadro Set Overlap Function que permite determinar como as imagens serão unidas no mosaico..... 95
Figura 2.78 - Quadro Run Mosaic. Permite escolher um nome para o arquivo onde será armazenado o mosaico..... 96
Figura 2.79 - Imagens antes e após o mosaico..... 97
Figura 3.1 - Acesso ao menu com as técnicas de realce de imagens do ERDAS IMAGINE 98
Figura 3.2 - Uma imagem com baixo contraste e outra com alto contraste e seus respectivos histogramas.)..... 100
Figura 3.3 - Histograma de entrada de uma imagem (em verde) e o histograma de saída (em vermelho) após a aplicação da função de transferência de contraste (reta azul)..... 101
Figura 3.4 - Aplicação de função de transferência de contraste com perda de informação para os valores extremos altos e baixos.. 101
Figura 3.5 - Quadro Spatial Enhancement. Permite acesso às técnicas de realce do ERDAS IMAGINE..... 102
Figura 3.6 - Definição de janelas de vizinhança para o pixel central, representado em preto.. 102
Figura 3.7 - Representação de um conjunto de pixels e seus valores..... 103
Figura 3.8 - Exemplo de uma máscara de convolução (kernel convolution) aplicada aos dados de conjunto de pixels. 103
Figura 3.9 - Resultado da aplicação da máscara de convolução da Figura 3.8 para os quatro pixels destacados em cinza. 104
Figura 3.10 - Exemplos de máscaras utilizadas em filtros passa-baixa. 104
Figura 3.11 - Resultado da aplicação de um filtro passa-baixa sobre uma imagem. 105
Figura 3.12 - Exemplos de máscaras utilizadas em filtros passa-alta. 105
Figura 3.13 - Exemplos de máscaras de soma zero. 106
Figura 3.14 - A imagem campinas_20000617.img com o brilho e contraste original(valor 50 para ambos) e após uma alteração do brilho para 67 e do contraste para 68. 107
Figura 3.15 - Imagem campinas_b8.img sem a aplicação de qualquer técnica de ampliação de contraste..... 108
Figura 3.16 - Quadro Breakpoint Editor. 109
Figura 3.17 - Histogramas e Lookup Tables da imagem camp_b8 antes e após o realce. 110
Figura 3.18 - Ampliação de contraste aplicado à imagem campinas_b8.img. Observe que a.... 111
Figura 3.19 - Aplicação de uma função de transferência linear inversa à imagem campinas_b8.img. 112
Figura 3.20 - Imagem campinas_20000617.img e os histogramas originais de três bandas da imagem..... 113
Figura 3.21 - Um resumo dos principais aspectos que podem ser observados no histograma de uma imagem antes e depois da ampliação do contraste 115
Figura 3.22 - Sugestões de pontos de controle para realçar o contraste da imagem campinas20000617.img 115
Figura 3.23 - Novos histogramas e a imagem resultantes da aplicação das funções de transferência definidas a partir dos pontos de quebra sugeridos na Figura 3.22. 116
Figura 3.24 - Quadro usado para equalizar o histograma de uma imagem e salvar a imagem resultante em um novo arquivo. 118
Figura 3.25 - Imagem obtida com a equalização de histograma 119
Figura 3.26 - Gráficos das funções de transferência utilizadas na equalização dos histogramas e os histogramas resultantes da aplicação da equalização. 119
Figura 3.27 - Quadro Convolution, utilizado para gerar uma nova imagem pela aplicação da filtragem por convolução. 120
Figura 3.28 - Quadro que permite a edição das máscaras utilizadas no processo de convolução 121
Figura 3.29 - Imagem após a aplicação do filtro de detecção de bordas comparada com a imagem original..... 122

Figura 3.30 - Menu com acesso às diferentes opções de filtros que podem ser aplicados em uma imagem aberta na tela. 123
Figura 3.31 - Imagens resultantes da aplicação dos filtros Smooth, Sharpen e Find Edges 123
Figura 3.32 - Quadro Convolve com acesso às diferentes máscaras de convolução presentes no ERDAS IMAFINE 124
Figura 3.33 - Mensagens alertando que os valores dos pixels da imagem serão editados. 125
Figura 3.34 - Quadro que permite escolher o tipo de filtro estatístico que será aplicado à imagem e o tamanho da janela. 125
Figura 3.35 - Imagem antes e depois da aplicação do filtro Crisp. 127
Figura 3.36 - Menus para acesso às técnicas de Realce Espacial e Fusão de Imagens..... 128
Figura 3.37 - Quadro Resolution Merge onde são introduzidos os arquivos das imagens que serão utilizadas no processo de fusão..... 129
Figura 3.38 - Barra de progresso do ERDAS IMAGINE. 129
Figura 3.39 - Imagem obtida por fusão utilizando o método dos Componentes Principais. 130
Figura 3.40 - Imagem obtida por fusão utilizando o método Multiplicativo..... 130
Figura 3.41 - Imagem obtida por fusão utilizando o método Transformação de Brovey. 131
Figura 4.1 - Quadro Set Geometric Model. 134
Figura 4.2 - Caixa com as ferramentas para correção geométrica..... 134
Figura 4.3 - Quadro que permite acesso às propriedades do modelo polinomial.....132
Figura 4.4 - Quadro GCP Tool. 135
Figura 4.5 - Aspecto das imagens prontas para o início da aquisição de pontos de controle ... 136
Figura 4.6 - Imagem viracopos.tif apresentando algumas sugestões para a aquisição de pontos de controle..... 137
Figura 4.7 - Quadro GCP Tool listando os pontos de controle já adquiridos, suas coordenadas, resíduos e o erro raiz média quadrática. 138
Figura 4.8 - Matriz de transformação..... 141
Figura 4.9 - Quadro GCP Tool apresentando alguns pontos selecionados como pontos de checagem 142
Figura 4.10 - Quadro utilizado para reamostar uma imagem 143
Figura 4.11- Instruções para estabelecer um vínculo entre duas imagens. 145

Apresentação

A Embrapa Monitoramento por Satélite, no exercício de seu relacionamento com clientes, parceiros e usuários, tem constantemente ministrado treinamentos ou disponibilizado material didático em Sensoriamento Remoto e Processamento de Imagens.

Este tutorial visa atender uma demanda recorrente no mercado brasileiro de observação da terra, apresentando conceitos básicos sobre o assunto, bem como exercícios que permitem ao estudantes e profissionais um primeiro contato com as técnicas de Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto, utilizando aplicativos do *Erdas Imagine*. O documento torna disponível material de treinamento em Língua Portuguesa, facilitando o acesso àqueles que dão os primeiros passos no assunto.

Os exercícios propostos foram em grande parte baseados no Tour Guides, tutorial oficial do *Erdas Imagine*, porém adaptados para imagens e dados do Município de Campinas, objeto de pesquisas desenvolvidas pela equipe da Embrapa Monitoramento por Satélite.

O primeiro capítulo apresenta conceitos básicos em Sensoriamento Remoto e Processamento de Imagens, características de alguns satélites e sensores, além de sugerir bibliografia e *sites* da Internet para aprofundamento do estudo pelo leitor. Nos capítulos seguintes, são propostos exercícios que utilizam as ferramentas básicas do *Erdas Imagine* para a visualização e manipulação de imagens, tais como: operações de zoom, composições coloridas, recorte e mosaico de imagens, definição de áreas de interesse, medidas de áreas e distâncias, alterações de projeção e datum, alterações de brilho e contraste, manipulação de histogramas, aplicação de filtros, fusão de imagens com diferentes resoluções espaciais, retificação e registro de imagens. Exercícios básicos sobre a manipulação de arquivos vetoriais no *Erdas Imagine* também são propostos, abordando a visualização de feições vetoriais e seus atributos, consultas por atributos, uso de simbologia e sobreposição a imagens. Sempre que necessário, os exercícios são precedidos de uma introdução teórica.

Esta publicação é a primeira parte de um tutorial sobre Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto que a Embrapa Monitoramento por Satélite pretende publicar. Uma segunda parte está prevista, abordando técnicas de classificação de imagens e sua utilização em mapeamentos de uso e cobertura das terras.

Evaristo Eduardo de Miranda
Chefe Geral da
Embrapa Monitoramento por Satélite

Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto - Tutorial Básico

Carlos Fernando Quartaroli
Mateus Batistella

1 – Introdução

1.1. Conceitos Básicos em Sensoriamento Remoto

Sensoriamento Remoto e Sensores

Sensoriamento Remoto é a ciência e a arte de obter informações sobre um objeto, área ou fenômeno pela análise de dados adquiridos por um instrumento que não está em contato com o objeto, área ou fenômeno sob investigação (LILLESAND *et al.*, 2004). Esses instrumentos recebem o nome de sensores remotos. Os sensores são sistemas fotográficos ou óptico-eletrônicos capazes de coletar e registrar a energia proveniente dos alvos sob investigação (objeto, material, área ou fenômeno) de forma a permitir um posterior processamento e interpretação dos registros por um analista. Portanto, a transferência de dados de um alvo para um sensor dá-se por meio da energia. Os sensores mais comuns operam com a energia ou radiação eletromagnética (REM).

Radiação Eletromagnética

Forma pela qual a energia é transmitida por meio de um campo eletromagnético variável, no qual os campos elétricos e magnéticos têm sempre direções perpendiculares entre si.

O Comportamento da Radiação Eletromagnética

O comportamento da REM é explicado por duas teorias: o Modelo Corpuscular e o Modelo Ondulatório. O Modelo Ondulatório postula que a REM propaga-se na forma de ondas à velocidade da luz. Essas ondas, denominadas ondas eletromagnéticas, são perturbações no campo elétrico e magnético provocadas pela aceleração de uma carga elétrica. O campo elétrico (E) e o campo magnético (B) são ortogonais entre si e oscilam de modo harmônico, perpendicularmente à direção de propagação da onda (Figura 1.1).

Uma onda eletromagnética é caracterizada pelo seu comprimento de onda (λ) ou pela sua freqüência (ν). O comprimento de onda (λ) é definido pela distância média entre dois pontos semelhantes da onda, como, por exemplo, dois mínimos ou dois máximos. A freqüência (ν) é o número de ondas que passa por um ponto do espaço num determinado tempo. Deste modo, a freqüência e o comprimento de ondas relacionam-se pela equação $\lambda = c/\nu$, onde c é a velocidade de propagação da luz.

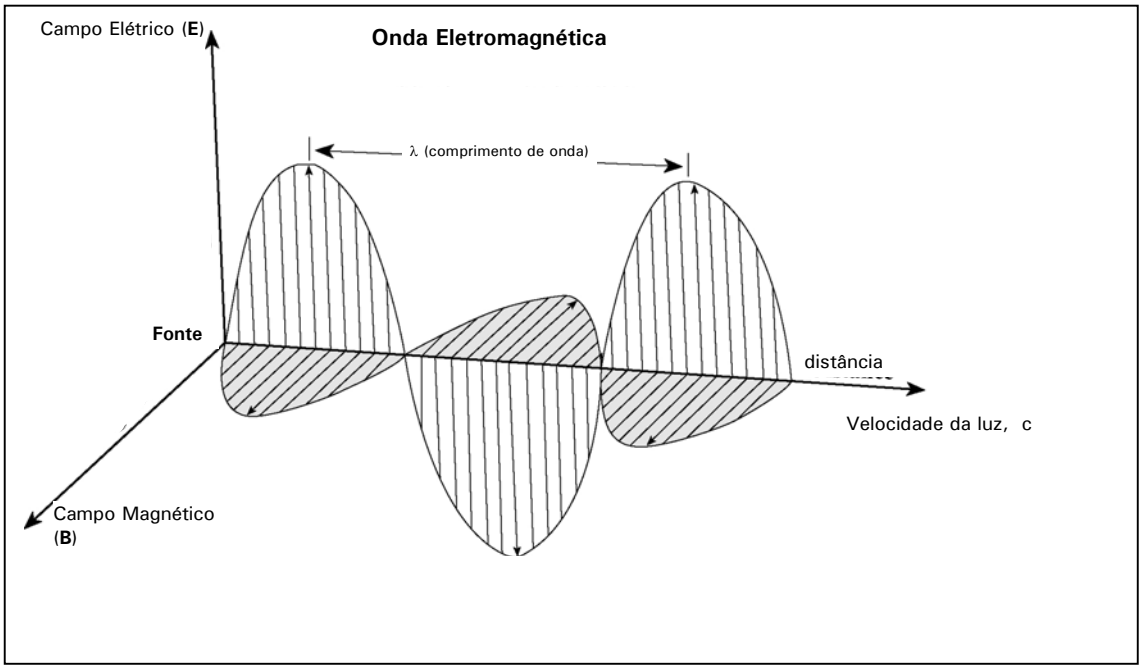


Figura 1.1 – Propagação da energia eletromagnética (Modificado de JENSEN, 2005)

Pelo Modelo Corpuscular a REM é composta por unidades discretas de energia, denominadas fótons ou quanta. A intensidade da radiação é função do número de fótons e da freqüência da onda propagante. A energia de um fóton (Q) é definida pela equação:

$$Q = h\nu \quad \text{ou} \quad Q = hc/\lambda ,$$

onde: Q = energia em Joules (J)

h = constante de Planck ($6{,}626 \times 10^{-34}$ $J.s^{-1}$)

ν = freqüência

c = velocidade da luz (3×10^{-8} $m.s^{-1}$)

λ = comprimento de onda

Portanto, a energia de um fóton é inversamente proporcional ao seu comprimento de onda (λ). Quanto menor o comprimento de onda de um fóton, maior será sua energia.

O Espectro Eletromagnético

Espectro eletromagnético é a distribuição das radiações eletromagnéticas em função do comprimento de onda. O espectro eletromagnético foi subdividido em regiões com denominações específicas em função das fontes e tipos de processos envolvidos na geração da radiação (CRÓSTA; SOUZA FILHO, 1997). Essas regiões incluem as regiões do ultravioleta (UV), visível (VIS), infravermelho (IR) e microondas. As principais faixas do espectro são representadas na Figura 1.2.

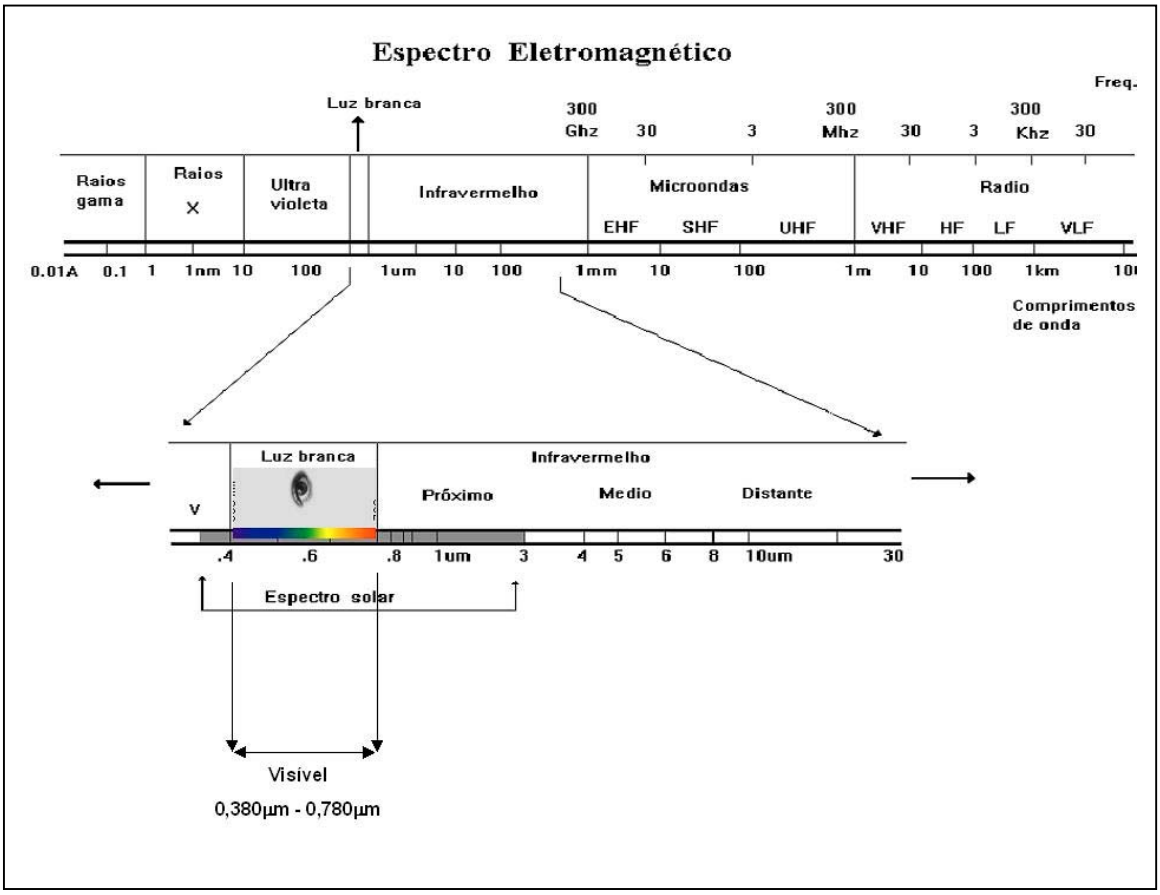


Figura 1.2 – Representação do espectro eletromagnético (Modificado de INPE, 2004).

Fontes de Radiação Eletromagnética

Toda matéria a uma temperatura absoluta acima de zero (0 K ou –273°C) emite radiação eletromagnética como resultado de suas oscilações atômicas e moleculares (INPE, 2002). Portanto, todo corpo com temperatura absoluta acima de zero pode ser considerado uma fonte de radiação. A exitância radiante total de uma superfície (M), ou seja, o fluxo de energia radiante emitida por unidade de área de uma superfície em todo o espectro, relaciona-se com sua temperatura absoluta (T) pela Lei de Stefan-Boltzmann:

$$M = \varepsilon \sigma T^4 ,$$

onde: M = exitância radiante total da superfície de um material (W m^{-2})

σ = constante de Stefan-Boltzmann (5,6697 x 10^{-8} W m^{-2} K^{-4})

T = temperatura absoluta do material emitente (K)

ε = emissividade (depende da constituição do material)

A emissividade é a razão entre a exitância de um material e a exitância de um corpo negro à mesma temperatura. O corpo negro é um radiador ideal e hipotético que absorve e reemite toda a energia incidente sobre ele. Objetos reais apenas aproximam-se de um corpo negro.

Da Lei de Stefan-Boltzmann conclui-se que a energia total emitida por um corpo varia com a T^4 e assim aumenta muito rapidamente com o aumento da temperatura. A distribuição espectral da energia emitida também varia. O comprimento de onda dominante (λ_{max}) da radiação

emitida por um corpo negro ou o comprimento de onda para o qual a exitância radiante espectral de um corpo é máxima pode ser determinado pela Lei do Deslocamento de Wien:

$\lambda_{max} = C/T$,

onde: λ_{max} = comprimento de onda dominante em μm

C = constante de Wien = 2898 μm K

T = temperatura absoluta (K)

Por essa lei, λ_{max} é inversamente proporcional à temperatura do corpo. Aplicando-a para o Sol que emite energia da mesma maneira que um corpo negro a temperatura absoluta de 5780 K, tem-se que a máxima exitância radiante espectral do Sol ocorre em torno de 0,5 μm, que está compreendido na faixa da radiação visível. Já os materiais da superfície terrestre, como água, solo e vegetação, possuem uma temperatura em torno de 300 K (27° C) Pela Lei de Wien, a máxima exitância radiante espectral das feições terrestres ocorre em comprimentos de onda ao redor de 9,7 μm, na região do espectro denominada de infravermelho termal.

O Sol é considerado a principal fonte de energia eletromagnética disponível para o Sensoriamento Remoto da superfície terrestre. A Figura 1.3 mostra um gráfico da irradiância solar (fluxo radiante incidente sobre uma superfície por unidade de área) em função do comprimento de onda da radiação. Essa é a faixa do espectro em que a radiação solar é utilizada em Sensoriamento Remoto. Entretanto, há certas regiões do espectro em que constituintes da atmosfera (O_3, H_2O, CO_2, O_2) não permitem a passagem da radiação eletromagnética e interferem na qualidade e quantidade de energia solar disponível para o sensoriamento remoto dos recursos terrestres. Estas regiões são chamadas de "bandas de absorção da atmosfera". A energia nos comprimentos de onda do visível e infravermelho é razoavelmente bem transmitida pela atmosfera, constituindo regiões de alta transmitância. Essas regiões são denominadas janelas atmosféricas e é nelas que o Sensoriamento Remoto se concentra na aquisição de informações (CRÓSTA; SOUZA FILHO, 1997). A Figura 1.3 mostra também as bandas de absorção, assinalando as regiões onde cada um dos principais constituintes atmosféricos absorve energia.

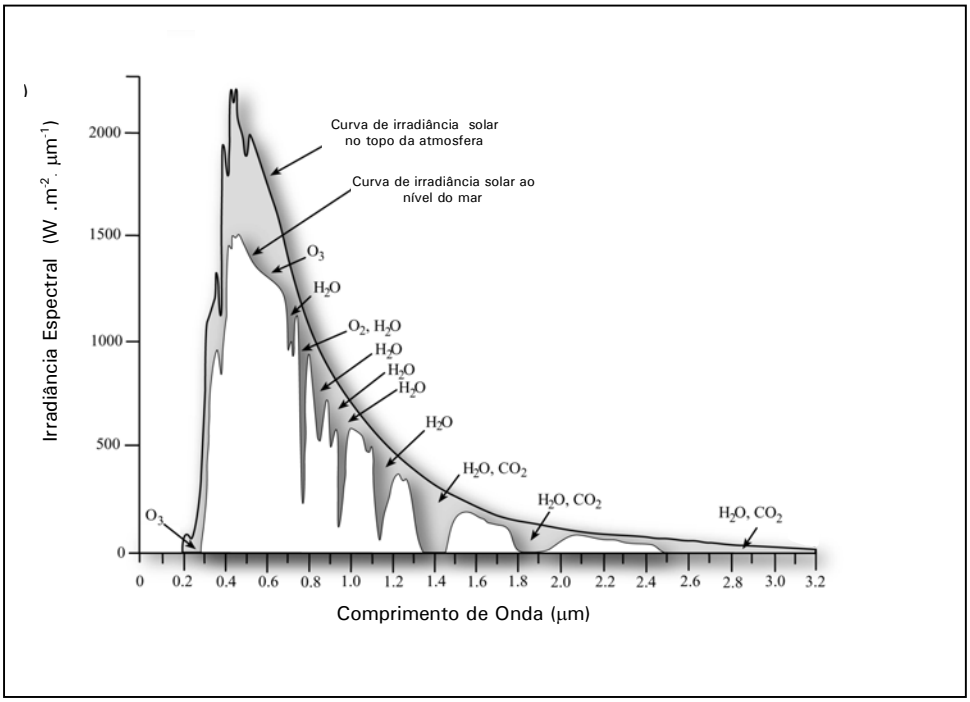


Figura 1.3 – Curva de irradiância solar mostrando as bandas de absorção dos principais constituintes atmosféricos. (Modificado de JENSEN, 2005).

Interação Matéria e Energia

A radiação emitida por um corpo pode incidir sobre um outro corpo onde pode ser refletida, absorvida ou transmitida. Se absorvida, a energia geralmente é reemitida, normalmente com diferentes comprimentos de onda. Dependendo das características físicas e químicas do corpo, os quatro processos, emissão, reflexão, transmissão e absorção da REM, ocorrem com intensidades diferentes em diferentes regiões do espectro. Portanto, o registro do fluxo radiante proveniente de um corpo permite derivar informações importantes sobre suas características físicas (dimensão, forma, temperatura, cor, etc.) e químicas (composição). Esse registro constitui uma espécie de "assinatura espectral" do objeto ou material em estudo e é utilizado em Sensoriamento Remoto para distinguir diversos materiais/alvos entre si, ou até identificá-los.

Tipos de Sensores

Os sensores que operam com a radiação eletromagnética podem ser classificados em função da fonte de energia, em função da faixa do espectro em que operam ou em função do produto que ele produz.

Quanto à fonte de energia, os sensores podem ser classificados em ativos e passivos. Os sensores passivos não possuem uma fonte própria de energia. Captam a radiação solar refletida ou transmitida ou a radiação emitida naturalmente pelo alvo.

Os sensores ativos possuem sua própria fonte de REM que irá interagir com os alvos em estudo. Os radares são exemplos de sensores ativos. Os radares operam na faixa espectral das microondas. Como a quantidade de energia naturalmente emitida pela superfície terrestre nessa faixa do espectro é muito baixa, os radares necessitam gerar sua própria energia (CRÓSTA; SOUZA FILHO, 1997).

Quanto ao produto gerado, os sensores classificam-se em imageadores e não imageadores. Os sistemas imageadores produzem uma imagem que registra a variação espacial da resposta espectral da superfície observada. Essa variação é expressa em uma imagem por diferentes níveis de cinza. Os sistemas não imageadores medem a radiância e apresentam os dados em forma numérica ou de gráficos.

1.2. Satélites de Sensoriamento Remoto

Os sistemas orbitais para monitoramento terrestre incluem centenas de satélites, sensores e programas espaciais. As características de alguns dos satélites mais usados e seus sensores são apresentadas a seguir. Os dados apresentados foram obtidos no site: http://www.sat.cnpm.embrapa.br/ (BATISTELLA *et al.*, 2004). O mesmo site apresenta dados sobre outros satélites, além de aplicações e algumas exemplos de imagens obtidas pelos diferentes sensores e satélites.

Landsat (Land Remote Sensing Satellite)

A série LANDSAT foi iniciada no final dos anos 1960, a partir de um projeto desenvolvido pela Agência Espacial Americana dedicado exclusivamente à observação dos recursos naturais terrestres. O primeiro satélite da série começou a operar em 1972 e a última atualização ocorreu em 1999, com o lançamento do LANDSAT-7

Atualmente, o único satélite em operação é o LANDSAT-5, que leva a bordo o sensor TM e contribui para o mapeamento temático da superfície terrestre. O LANDSAT-7 iniciou suas atividades em abril de 1999 e encerrou em 2003, utilizando o sensor ETM+ (*Enhanced Thematic Mapper Plus*). Este instrumento foi capaz de ampliar as possibilidades de uso dos produtos LANDSAT porque manteve a alta resolução espectral (característica importante desse sistema) e conseguiu ampliar a resolução espacial da banda 6 (Infravermelho Termal) para 60 metros, além de inserir a banda pancromática e permitir a geração de composições coloridas com 15 metros de resolução.

A Tabela 1.1 apresenta as principais características dos satélites Landsat e de seus sensores.

Tabela 1.1 - Características dos satélites da série Landsat e de seus sensores.

Missão	Land Remote Sensing Satellite (Landsat)						
Instituição Responsável	NASA (National Aeronautics and Space Administration)						
País/Região	Estados Unidos						
Satélite	**LANDSAT 1**	**LANDSAT 2**	**LANDSAT 3**	**LANDSAT 4**	**LANDSAT 5**	**LANDSAT 6**	**LANDSAT 7**
Lançamento	27/7/1972	22/1/1975	5/3/1978	16/7/1982	1/3/1984	5/10/1993	15/4/1999
Situação Atual	Inativo (06/01/1978)	Inativo (25/02/1982)	Inativo (31/03/1983)	Inativo (1993)	em atividade	Inativo (05/10/1993)	Inativo (2003)
Órbita	Polar, Circular e heliossíncrona	Polar, Circular e heliossíncrona	Polar, Circular e heliossíncrona	Polar, Circular e heliossíncrona	Polar, Circular e heliossíncrona	s.d.	Polar, Circular e heliossíncrona
Altitude	917 km	917 km	917 km	705 km	705 km	s.d.	705 km
Inclinação	99º	99º	99º	98,20º	98,20º	s.d.	98,3º
Tempo de Duração da Órbita	103,27 min	103,27 min	103,27 min	98,20 min	98,20 min	s.d.	98,9 min
Horário de Passagem	9:15 A.M.	9:15 A.M.	9:15 A.M.	9:45 A.M.	9:45 A.M.	s.d.	10:00 A.M.
Período de Revisita	18 dias	18 dias	18 dias	16 dias	16 dias	s.d.	16 dias
Instrumentos Sensores	RBV e MSS	RBV e MSS	RBV e MSS	MSS e TM	MSS e TM	ETM	ETM+

s.d. = sem dados/informações

Continua...

Tabela 1.1 – Continuação.

Sensor	Bandas Espectrais	Resolução Espectral	Resolução Espacial	Resolução Temporal	Faixa Imageada
MSS	4	0,5 - 0,6 μm	80 m	18 dias	185 km
	5	0,6 - 0,7 μm			
	6	0,7 - 0,8 μm			
	7	0,8 - 1,1 μm			
	8 (somente para o Landsat 3)	10,4 - 12,6 μm	120 m		
TM	1	0,45 - 0,52 μm	30 m	16 dias	185 km
	2	0,50 - 0,60 μm			
	3	0,63 - 0,69 μm			
	4	0,76 - 0,90 μm			
	5	1,55 - 1,75 μm			
	6	10,4 - 12,5 μm	120 m		
	7	2,08 - 2,35 μm	30 m		
ETM+	1	0,45 - 0,52 μm	30 m	16 dias	185 km
	2	0,50 - 0,60 μm			
	3	0,63 - 0,69 μm			
	4	0,76 - 0,90 μm			
	5	1,55 - 1,75 μm			
	6	10,4 - 12,5 μm	60 m		
	7	2,08 - 2,35 μm	30 m		
	8	0,50 - 0,90 μm	15 m		

Fonte: Batistella *et al*, 2004

SPOT (Système pour l'Observation de la Terre)

A série SPOT (*Satellite pour l'Observation de la Terre*), foi iniciada com o satélite franco-europeu SPOT 1, em 1986 sob a responsabilidade do Centre National d'Etudes Spatiales - CNES da França. Hoje a plataforma do SPOT está em órbita com três satélites (2, 4 e 5) o que possibilita acesso a qualquer ponto da Terra em menos de 24 horas e atuando em conjunto, revisitas em intervalos de 3 a 5 dias.

Os satélites da família SPOT operam com sensores ópticos, em bandas do visível, infravermelho próximo e infravermelho médio. Com o lançamento do SPOT 5, ocorrido em maio de 2002, a missão inaugurou a possibilidade de aquisição de imagens orbitais tridimensionais graças a sua capacidade de visada lateral de até 27° (estereoscopia cilíndrica) e também conseguiu melhorar a resolução espacial do canal pancromático para 5 metros.

A Tabela 1.2 apresenta as principais características dos satélites SPOT e de seus sensores.

Tabela 1.2 - Características dos satélites SPOT e de seus sensores.

Missão	Satellite pour l'Observation de la Terre (SPOT)				
Instituição Responsável	Centre National d'Etudes Spatiales - CNES				
País/Região	Estabelecido por iniciativa do governo francês em 1978, com a participação da Suécia, Bélgica e Itália.				
Satélite	**SPOT-1**	**SPOT-2**	**SPOT-3**	**SPOT-4**	**SPOT-5**
Lançamento	22/02/1986	22/01/1990	26/09/1993	24/03/1998	04/05/2002
Situação Atual	Inativo (nov/2003)	Ativo	Inativo (14/11/1996)	Ativo	Ativo
Órbita	Circular, heliossíncrona e polar	Circular, heliossíncrona e polar	Circular, heliossíncrona e polar	Circular, heliossíncrona e polar	Circular, heliossíncrona e polar
Altitude	823 km	823 km	823 km	832 km	832 km
Inclinação	98º	98º	98º	98º	98º
Tempo de Duração da Órbita	101,4 min	101,4 min	101,4 min	101,4 min	101,4 min
Horário de Passagem	10:30 A.M.	10:30 A.M.	10:30 A.M.	10:30 A.M.	10:30 A.M.
Período de Revisita	26 dias	26 dias	26 dias	26 dias	26 dias
Instrumentos Sensores	HRV	HRV	HRV	HRVIR e VEGETATION	HRG, HRS VEGETATION-2

Sensor	**Bandas Espectrais**	**Resolução Espectral**	**Resolução Espacial**	**Resolução Temporal**	**Faixa Imageada**
HRV (com opção de visada lateral)	PAN	0,50 - 0,73μm	10 m	26 dias	60 x 60 km
	XS1	0,50 - 0,59μm	20 m		
	XS2	0,61 - 0,68μm			
	XS3	0,78 - 0,89μm			
HRVIR	Monoespectral	0,61 - 0,68μm	10 m	26 dias	60 x 60 km
	B1	0,50 - 0,59μm	20 m		
	B2	0,61 - 0,68μm			
	B3	0,78 - 0,89μm			
	MIR	1,58 - 1,75μm			
HRG	PA E SUPERMODE	0,48 - 0,71μm	5 m	26 dias	60 x 60 km
	B1	0,50 - 0,59μm	10 m		
	B2	0,61 - 0,68μm			
	B3	0,78 - 0,89μm			
	SWIR	1,58 - 1,75μm			
HRS (gera pares estereoscópicos)	PA	0,49 - 0,69μm	10 m	26 dias	120 x 600 km
VEGETATION e VEGETATION-2	B0	0,43 - 0,47μm	1 km	24 horas	2.250 km
	B2	0,61 - 0,68μm			
	B3	0,78 - 0,89μm			
	MIR	1,58 - 1,75μm			

Fonte: Batistella *et al*, 2004

NOAA (National Oceanic Atmospheric Administration)

A família de satélites NOAA (National Oceanic Atmospheric Administration), administrada pelo National Environmental Satellite and Information Service (NESDIS), foi iniciada em 1960 com os satélites da série TIROS e realizou o lançamento de mais de uma dezena de satélites e diversos instrumentos operacionais (sondas e imageadores). Esta série gera diariamente observações globais de padrões meteorológicos e condições ambientais na forma de dados quantitativos.

As principais características dos satélites NOAA e de seus sensores são apresentadas na Tabela 1.3.

Tabela 1.3 - Características dos satélites NOAA e de seus sensores.

Missão	National Oceanic Atmospheric Administration (NOAA)				
Instituição Responsável	National Environmental Satellite Data and Information Service (NESDIS) e National Aeronautics and Space Administration (NASA)				
País/Região	Estados Unidos				
Satélite	**NOAA-12**	**NOAA-14**	**NOAA-15**	**NOAA-16**	**NOAA-17**
Lançamento	14/05/1991	30/12/1994	13/05/1998	21/09/2000	24/06/2002
Situação Atual	Ativo	Ativo	Ativo	Ativo	Ativo
Órbita	Polar e heliossíncrona	Polar e heliossíncrona	Polar e heliossíncrona	Polar e heliossíncrona	Polar e heliossíncrona
Altitude	833 km	870 km	833 km	870 km	833 km
Inclinação	98,6º	98,9º	98,7º	98,7º	98,7º
Tempo de Duração da Órbita	101,2 min	102 min	101 min	102 min	102 min
Período de Revisita	Diário	Diário	Diário	Diário	Diário
Instrumentos Sensores	AVHRR e TOVS	AVHRR e TOVS	AVHRR/3 e TOVS	AVHRR/3 e TOVS	AVHRR/3 e TOVS

Sensor	**Bandas Espectrais**	**Resolução Espectral**	**Resolução Espacial**	**Resolução Temporal**	**Faixa Imageada**
AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer)	1 (Vermelho)	0,58 - 0,68 μm	1,1 km	Diária (no máximo)	2.400 km
	2 (Infravermelho próximo)	0,72 - 1,10 μm			
	3 (Infravermelho médio)	3,55 - 3,93 μm			
	4 (Infravermelho termal)	10,30 - 11,30 μm			
	5 (Infravermelho termal)	11,30 - 12,50 μm			
AVHRR/3	1 (Vermelho)	0,58 - 0,68 μm	1,1 km	Diária (no máximo)	2.400 km
	2 (Infravermelho próximo)	0,72 - 1,10 μm			
	3A (Infravermelho próximo)	1,58 - 1,64 μm			
	3B (Infravermelho médio)	3,55 - 3,93 μm			
	4 (Infravermelho termal)	10,30 - 11,30 μm			
	5 (Infravermelho termal)	11,30 - 12,50 μm			

Fonte: Batistella *et al*, 2004

CBERS (China-Brazil Earth Resources Satellite)

O programa CBERS (China-Brazil Earth Resources Satellite ou Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres) já colocou em órbita dois satélites de observação: o CBERS-1 e o CBERS-2, lançados na China. Atualmente, só o Cbers-2 está em operação. Os satélites foram equipados com sensores de diferentes resoluções espaciais que podem cobrir o planeta em menos de 5 dias e ao mesmo tempo produzir informações mais detalhadas em uma visada mais estreita. O CBERS carrega câmeras para observação óptica e um sistema de coleta de dados ambientais. É um sistema único, pois mantém em órbita instrumentos sensores que combinam características especialmente adequadas às diversas escalas temporais e espaciais, necessárias ao monitoramento e à preservação do ecossistema. O sistema de coleta de dados é destinado à retransmissão, em tempo real, de dados ambientais coletados em Terra e transmitidos ao satélite por meio de pequenas estações autônomas. Os dados provenientes das diversas estações, localizados em vários pontos do Planeta, são dirigidos ao mesmo tempo às centrais de processamento e usuários finais, por meio de transmissões em freqüências diferentes.

Em 14 de outubro de 1999, ocorreu o lançamento do primeiro Satélite CBERS, utilizando-se o foguete Longa Marcha 4B, a partir da Base de Lançamento de Taiyuan. O segundo satélite foi lançado em 21 de outubro de 2003. As equipes técnicas de ambos os países concluíram estudos de viabilidade para a continuação da série.

As principais características dos satélites CBERS e de seus senores são apresentadas na Tabela 1.4.

Tabela 1.4 - Características dos satélites CBERS e de seus sensores.

Missão	China-Brazil Earth Resources Satellite ou Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres	
Instituição Responsável	INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) e CAST (Academia Chinesa de Tecnologia Espacial)	
País/Região	Brasil e China	
Satélite	**CBERS 1**	**CBERS 2**
Lançamento	14/10/1999	21/10/2003
Situação Atual	Inativo	Ativo
Órbita	Circular, quase-polar e heliossíncrona	Circular, quase-polar e heliossíncrona
Altitude	778 km	778 km
Inclinação	98º	98º
Tempo de Duração da Órbita	100,26 min	100,26 min
Horário de Passagem	10:30 A.M.	10:30 A.M.
Período de Revisita	26 dias	26 dias
Instrumentos Sensores	Câmara CCD, IRMSS e WFI	Câmara CCD, IRMSS e WFI

Continua...

Tabela 1.4 - Continuação.

Sensor	Bandas Espectrais	Resolução Espectral	Resolução Espacial	Resolução Temporal	Faixa Imageada
Câmara CCD	PAN	0,51 - 0,73μm	20 m	26 dias (visada vertical) e 3 dias (visada lateral)	113 km
	AZUL	0,45 - 0,52μm			
	VERDE	0,52 - 0,59μm			
	VERMELHO	0,63 - 0,69μm			
	INFRAVERMELHO PRÓXIMO	0,77 - 0,89μm			
IRMSS	PAN	0,50 - 1,10μm	80 m	26 dias	120 km
	INFRAVERMELHO MÉDIO	1,55 - 1,75μm			
	INFRAVERMELHO MÉDIO	2,08 - 2,35μm			
	INFRAVERMELHO TERMAL	10,40 - 12,50μm	160 m		
WFI	VERMELHO	0,63 - 0,69μm	260 metros	5 dias	890 km
	INFRAVERMELHO PRÓXIMO	0,77 - 0,89μm			

Fonte: Batistella *et al*, 2004

IKONOS II

O satélite Ikonos II, operado pela SPACE IMAGING, foi lançado em 24 de setembro de 1999, sendo o primeiro satélite comercial de alta resolução com capacidade de imageamento de 1 metro. Seu sistema sensor capta imagens no modo pancromático e multiespectral. Adicionalmente, há a possibilidade de combinação de imagens preto e branco com dados multiespectrais para a geração de imagens coloridas, facilitando assim a interpretação visual e substituindo, em grande parte dos casos, o uso de fotografias aéreas. As principais características do satélite Ikonos II e de seus sensores são apresentadas na Tabela 1.5.

Tabela 1.5 - Características do Satélite Ikonos II e de seus sensores.

Missão	IKONOS-II
Instituição Responsável	Space Imaging
País/Região	Estados Unidos
Satélite	**IKONOS-II**
Lançamento	24/09/1999
Situação Atual	Ativo
Órbita	Heliossíncrona
Altitude	681 km
Inclinação	98,1º
Tempo de Duração da Órbita	98 min
Horário de Passagem	10:30 A.M.
Período de Revisita	3 dias
Instrumentos Sensores	PANCROMÁTICO E MULTIESPECTRAL

Sensor	**Bandas Espectrais**	**Resolução Espectral**	**Resolução Espacial**	**Resolução Temporal**	**Faixa Imageada**
PANCROMÁTICO	PAN	0,45 - 0,90μm	1 metro	2,9 dias	13 X 13 km
MULTIESPECTRAL	AZUL	0,45 - 0,52μm	4 metros	1,5 dia	
	VERDE	0,52 - 0,60μm			
	VERMELHO	0,63 - 0,69μm			
	INFRAVERMELHO PRÓXIMO	0,76 - 0,90μm			

Fonte: Fonte: Batistella *et al*, 2004

Vários outros satélites são de interesse para estudos ambientais. Entre eles, destacam-se os satélites meteorológicos (GOES - *Geostationary Operational Environmental Satellites*, DMSP - *Defense Meteorological Satellite Program*, CZCS - *Coastal Zone Color Scanner*), os satélites radares (ERS - *European Remote Sensing Satellite*, JERS - *Japanese Earth Resources Satellite*, RADARSAT), os satélites de alta resolução espacial (por exemplo, IRS 1-C, IKONOS, QuickBird), os satélites hiperespectrais, entre outros. Recentes estratégias incluem extensas missões, como a MTPE/EOS - *Mission to Planet Earth/Earth Observing System* da NASA, com vários instrumentos, os satélites comerciais e os pequenos satélites para aplicações específicas. A MTPE/EOS é a maior contribuição da NASA ao Programa de Pesquisas em Mudanças Globais dos Estados Unidos (USGCRP), tendo um financiamento de aproximadamente 1,3 bilhões de dólares por ano (cerca de 10% do orçamento da NASA). Muitos sensores e plataformas destinados a aplicações ambientais estão previstos: ADEOS (*Advanced Earth Observing Satellite*), em cooperação com o Japão; Landsat 7, já em operação; EOS-AM1, também em operação, incluindo instrumentos como o ASTER, o MODIS, entre outros. A Agência Espacial Européia lançou recentemente o ENVISAT, com vários sensores da faixa do visível às microondas. Os satélites comerciais e os pequenos satélites estão sendo desenvolvidos por várias companhias. Grande iniciativas internacionais, como a *International Space Station* (ISS), também são tendências dessa primeira década do milênio.

1.3. Conceitos Básicos em Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto

Imagem digital: pode ser descrita como uma matriz composta por x linhas e y colunas, com cada elemento possuindo um atributo z que representa a intensidade da radiação refletida ou emitida por uma cena nesse ponto e registrada pelo sensor. Essa intensidade é representada por um valor inteiro, não negativo e finito, chamado nível de cinza, também conhecido por DN (do inglês "digital number"). Cada elemento da matriz que compõe a imagem é denominado pixel.

Resolução: é a medida da habilidade que um sensor possui de distinguir entre respostas que são semelhantes espectralmente ou próximas espacialmente. A resolução pode ser classificada em espacial, espectral e radiométrica.

Resolução espacial: refere-se ao tamanho da área no terreno que é resumida por cada valor de dado nas imagens. Esse valor é a média dos valores das radiâncias dos diferentes objetos que ocorrem dentro da área no terreno.

Resolução espectral: é definida pelo número de bandas espectrais de um sistema sensor e pela amplitude do intervalo de comprimento de onda de cada banda. Quanto maior o número de bandas e menor a largura do intervalo, maior é a resolução espectral de um sensor. (CRÓSTA, 1993).

Resolução radiométrica: é definida pelo número de níveis de cinza usados para expressar as variações na intensidade da energia coletada pelo sensor. Quanto maior o número de níveis, maior a resolução. O número de níveis de cinza de uma imagem é comumente expresso em função do número de dígitos binários (bits) necessários para armazenar em forma digital o valor do nível máximo (CRÓSTA, 1993). O valor em bits é sempre uma potência do número 2, desse modo , uma imagem com resolução radiométrica de 8 bits possui $2^8 = 256$ níveis de cinza. Uma imagem de 6 bits possui $2^6 = 64$ níveis de cinza.

Resolução temporal: indica o intervalo de tempo que um satélite leva para voltar a recobrir uma área de interesse.

Teoria tricromática da visão colorida: baseia-se no fato que os cones, células fotossensíves presentes na retina do olho humano, podem ser divididos em três tipos de acordo com a faixa do espectro para a qual apresentam maior sensibilidade: os cones sensitivos ao azul, os cones sensitivos ao verde e os cones sensitivos ao vermelho. Quando todos os três tipos de cones são estimulados igualmente pela luz, percebe-se a cor branca; quando cada tipo de cone é sensibilizado por diferentes quantidades de luz, percebe-se as demais cores. O azul, o verde e o vermelho são denominados cores primárias. Quando dispõe-se de três fontes de luz, uma emitindo radiação na faixa do azul, outra na faixa do verde e outra na faixa do vermelho, é possível obter qualquer cor pela combinação aditiva, em diferentes proporções, da luz produzida por essas três fontes. Da combinação das cores primárias duas a duas em iguais proporções surgem as cores secundárias: magenta (azul e vermelho), amarelo (vermelho e verde) e ciano (verde e azul) (Figura 1.4).

Os monitores de vídeo operam sob o princípio da combinação aditiva de cores. Possuem em sua superfície pontos triangulares compostos de fósforos sensíveis a cada uma das cores primárias. Cada tipo de fósforo de cada ponto da tela é bombardeado por um feixe eletrônico cuja intensidade é proporcional à quantidade de vermelho, verde ou azul naquele ponto da

imagem que se deseja representar. Os componentes vermelho, verde e azul de cada tríade de fósforo sensibilizam os cones do olho humano e da combinação aditiva deles a cor correspondente é percebida (MARQUES FILHO; VIEIRA NETO, 1999).

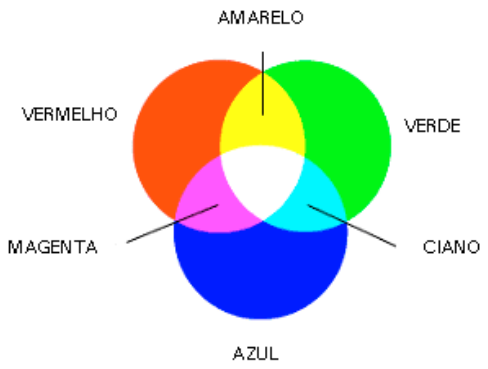


Figura 1.4 - Processo aditivo de combinação de cores

Há uma outra classe de combinação de cores, usada, por exemplo, em impressoras coloridas, onde as cores primárias estão associadas aos pigmentos magenta, ciano e amarelo que, combinados de forma subtrativa, produzem as cores secundárias vermelho, verde e azul. Essas combinações são chamadas subtrativas porque cada pigmento ao ser depositado em um fundo branco, subtrai parte da luz branca incidente, refletindo apenas a cor correspondente ao pigmento (MARQUES FILHO; VIEIRA NETO, 1999). Dessa forma, o magenta absorve o componente verde da luz branca, o ciano absorve o componente vermelho, e o amarelo absorve o componente azul. A combinação de pigmentos das três cores primárias subtrativas em iguais proporções absorve toda a luz branca, o que o olho interpreta como cor preta. A combinação do magenta com o ciano absorve os componentes verde e vermelho da luz branca e reflete a cor azul que será percebida pelo olho humano. As demais combinações do processo subtrativo de formação de cores podem ser vistas na Figura 1.5.

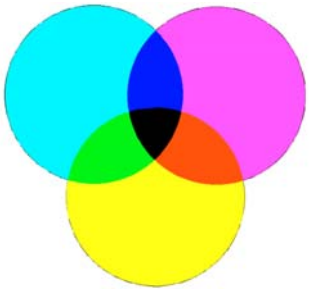


Figura 1.5 - Processo subtrativo de combinação de cores

Os processos de combinação de cores são importantes em Sensoriamento Remoto pois permitem associar cores primárias às informações espectrais, contidas em três bandas quaisquer dos sistemas sensores, obtendo-se uma composição colorida que aumenta a acuidade do sistema visual humano em discernir diferentes feições em uma imagem (MOREIRA, 2001).

Correção geométrica: é o processo de transformação de uma imagem para ajustá-la a um sistema pré-estabelecido de coordenadas, corrigindo distorções geométricas. As principais fontes de distorções são a própria curvatura da Terra, a rotação da Terra, a refração atmosférica, deslocamento devido ao relevo, entre outras. As distorções sistemáticas são bem conhecidas e

facilmente corrigidas, geralmente antes mesmo do usuário receber os dados. As distorções aleatórias não são bem conhecidas, necessitando de pontos de controle para serem corrigidas. Estes pontos de controle devem ser identificados na imagem e na fonte georreferenciada de dados (por exemplo, uma folha topográfica). As melhores feições para usar são intersecções viárias.

Reamostragem: os principais algoritmos utilizados para reamostrar as imagens a serem corrigidas são:

- Vizinho mais próximo: o valor de um pixel da imagem resultante é igual ao valor do pixel da imagem original que está mais próximo do centro do novo pixel. Principal desvantagem: os valores dos pixels se repetem formando uma imagem visualmente com pouca estética (CRÓSTA, 1993). Principal vantagem: transfere os valores originais dos pixels sem efetuar qualquer média entre eles. Ideal para imagens que serão classificadas ou arquivos de imagens temáticas de dados qualitativos (nominais ou ordinais) ou dados quantitativos (intervalos ou razões) (ERDAS, 1999a).

- Interpolação bilinear: toma por base os valores dos quatro pixels vizinhos mais próximos do centro do novo pixel, calculando uma média ponderada pelas distâncias dos centros desses quatro vizinhos ao centro do novo pixel (CRÓSTA, 1993). Principais desvantagens: valores de DN dos pixels são alterados; as feições de bordas da imagem original podem ser suavizadas, perdendo contraste (CRÓSTA, 1993). Principais vantagens: imagens com melhor qualidade visual; imagem mais espacialmente acurada do que a resultante do algoritmo vizinho mais próximo (ERDAS, 1999a).

- Convolução cúbica: baseia-se no ajuste de uma superfície polinomial de terceiro grau (bidimensional) à região circundando o pixel em questão. Neste caso, os 16 vizinhos mais próximos são usados para determinar o valor do novo pixel (CRÓSTA, 1993). Principal vantagem: a qualidade visual da imagem é ainda melhor. Principal desvantagem: valores de DN dos pixels são alterados.

Calibração radiométrica: a radiância medida por um sensor é influenciada por alterações na iluminação da cena, pelas condições atmosféricas, pela geometria de visada e pelas características de resposta do instrumento. Calibração radiométrica é o processo de correção desses fatores, podendo incluir várias técnicas específicas.

- Correção da iluminação solar: refere-se à posição e distância do Sol em relação à Terra.
- Correção atmosférica: minimiza a influência das condições atmosféricas na imagem.
- Remoção de ruídos é o processo de eliminação de distúrbios indesejados na imagem, devido a limitações do sensor, digitalização do sinal ou processo de gravação.

Problemas comuns incluem:

- Faixas: variações nas respostas de distintos detectores utilizados no imageamento de cada banda.
- Linha: quando pixels adjacentes ao longo de uma linha contém DNs espúrios.
- Granulamento: pixels com DNs espúrios mostrando variações não sistemáticas.

Realce de imagem: muitas vezes a aplicação de imagens produzidas por sensores remotos requer a utilização de técnicas de realce. Essas ténicas podem melhorar a qualidade visual da imagem e em alguns casos podem até mesmo serem utilizadas em processos de classificação.

Manipulação de contraste:

- Limiarização: segmentação da imagem em duas classes, baseada em limiares de níveis de cinza. Muito utilizada na geração de máscaras binárias (por exemplo, floresta x desmatamento).
- Fatiamento: segmentação da imagem em uma série de segmentos, cada um com um único nível de cinza.

Aumento de contraste: utilizado porque os valores de cinza (DNs) de uma banda da imagem tendem a não preencher todo o intervalo possível de níveis de cinza. Entre as várias ténicas para aumentar o contraste em imagens, duas delas são freqüentemente utilizadas:

- Aumento linear: o intervalo de DNs é uniformemente expandido para preencher o intervalo total permitido pelo monitor de vídeo. Não leva em conta a freqüência.
- Equalização de histograma: os valores na imagem de saída são baseados na freqüência de ocorrência dos níveis de cinza.

Filtragem: técnica que maximiza ou minimiza áreas de freqüências espaciais específicas. A freqüência espacial é expressa pela 'rugosidade' ou 'textura' numa determinada área da imagem. De forma simples, imagens com alta freqüência espacial são 'rugosas' e imagens com baixa freqüência espacial são 'suavizadas'. Três tipos principais de filtros são utilizados:

- Passa baixa: enfatizam baixas freqüências, removendo ruídos e suavizando a imagem.
- Passa alta: enfatizam altas freqüências, reforçando ruídos e acentuando bordas agudas na imagem.
- Direcionais: podem enfatizar feições horizontais, verticais e diagonais na imagem.

Operações aritméticas: são utilizadas no processamento digital de imagens multiespectrais com diversas finalidades, geralmente relacionadas à redução da dimensionalidade dos dados. Apesar da adição e da multiplicação de bandas também serem utilizadas, as operações aritméticas mais comuns em Sensoriamento Remoto são subtração e, principalmente, razão entre bandas. Esta última tende a realçar algumas feições na cena, degradando outras. Sua função geralmente está associada a maximizar diferenças espectrais para feições distintas ou minimizar diferenças espectrais para as mesmas feições.

Análise por componentes principais: é uma técnica (ou transformação) utilizada para reduzir a dimensionalidade dos dados de sensoriamento remoto. Apesar de pouco utilizada em estudos ambientais, devido principalmente à dificuldade de interpretação de seus resultados, tem grande potencial para o processamento de imagens multiespectrais. Sua função é remover a correlação entre as bandas espectrais através de uma transformação matemática, definindo os principais componentes em uma nuvem de dados. Assim, podem ser criadas 'imagens PC', contendo informações comuns às bandas originais.

1.4. Alguns Recursos Disponíveis na Internet

http://www.earth.nasa.gov - O *site* da NASA: obrigatório.

http://www.research.umbc.edu/~tbenja1/umbc7/ - Uma iniciativa educacional da ASPRS com apoio da NASA/NCGIA/ISPRS. Fotointerpretação, fotogrametria, sensoriamento remoto em meio ambiente, processamento digital de imagens, aplicações.

http://www.asprs.org - *Site* da *American Society for Photogrammetry & Remote Sensing,* incluindo uma seção de publicações.

http://dynamo.ecn.purdue.edu/~biehl/MultiSpec/ - *Software* de domínio público para processamento de imagens.

http://www.inpe.br - Página do INPE: *software* (Spring), produtos, serviços, centros de pesquisa e grandes projetos.

http://www.dpi.inpe.br/spring/ - Página do Spring, *software* gratuito com funções de processamento de imagens, análise espacial, modelagem numérica de terreno e consulta a bancos de dados espaciais. *Download* do *software* e acesso a manuais, tutoriais, exemplos de aplicações e banco de dados.

http://www.esdim.noaa.gov/NOAA-Catalog/ - Extenso catálogo com metadados administrados pela US *National Oceanic and Atmospheric Administration (*NOAA).

http://www.eorc.nasda.go.jp/ - *Site* da *National Space Development Agency* (NASDA) / *Earth Observation Research Center* (EORC), agência japonesa estabelecida para desenvolver tecnologias em Sensoriamento Remoto.

http://www.class.noaa.gov/ - Arquivo *online* com acesso direto aos dados dos satélites NOAA e DMSP.

http://www.spaceimaging.com – *Site* da *Space Imaging* EOSAT, contendo dados pancromáticos, multiespectrais e radar de alta resolução espacial.

http://www.digitalglobe.com/ - *Site* da Digital Globe com dados e informações sobre o satélite QuickBird e suas imagens de alta resolução espacial.

http://www.spot.com – *Site* da *Spot Image Corporation* com dados e informações sobre a série SPOT.

http://www.erdas.com - Empresa líder de mercado em aplicativos para processamento de imagens.

http://www.sat.cnpm.embrapa.br/ - *Site* da Embrapa Monitoramento por Satélite com dados e informações de vários satélites e sensores de Sensoriamento Remoto. Aplicações, *links* para diversos *sites* e exemplos de imagens.

1.5. Pequena Lista Bibliográfica para Consultas

ANDERSON, J. R.; HARDY, E. E.; ROACH, J. T.; WITMER, R. E. **A land use and land cover classification system for use with remote sensor data.** Washington: USGS, 1976. (Professional Paper, 964).

CRÓSTA, A. P. **Processamento digital de imagens de Sensoriamento Remoto**. Campinas: UNICAMP-IG, 1993. 170 p.

JENSEN, J. R. **Remote sensing of the environment**: an earth resource perspective. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 2000. 544 p.

JENSEN, J. R. **Introductory digital image processing**: a remote sensing perspective. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1996. 379 p.

LILLESAND, T. M.; KIEFER, R. W.; CHIPMAN, J. W. **Remote sensing and image interpretation**. 5. ed. New York: J. Wiley & Sons, 2004. 763 p.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e metodologias de aplicação**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2001. 250 p.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento Remoto**: princípios e aplicações. São Paulo: Edgard Blücher, 1992. 308 p.

2. Manipulando Imagens Digitais e Vetores

Exercício 1 - Criando pastas para armazenar os dados do Tutorial

1. Abra o Windows Explorer a partir do menu INICIAR do Windows e crie uma pasta no disco **C** com o nome **Tutorial_Imagine**. Em seguida, crie duas novas pastas dentro da pasta **Tutorial_Imagine**, uma com o nome **Dados**, outra com o nome **Exercicios**. Você poderá escolher outros discos e pastas para arquivar os dados, entretanto, sempre que houver referência neste Tutorial às pastas **Tutorial_Imagine, Dados e Exercicios**, você deverá substituí-las pelas pastas com os nomes que você escolheu. Evite utilizar acentos e caracteres especiais da Língua Portuguesa no nome de pastas e arquivos para evitar incompatibilidade dos arquivos criados com outros *softwares.*

2. Transfira os arquivos necessários para a realização dos exercícios para a pasta **C:/Tutorial_Imagine/Dados**

Exercício 2 - Abrindo o Erdas Imagine e editando suas preferências

1. Para abrir o ERDAS IMAGINE, clique sobre o ícone correspondente na área de trabalho do Windows,

ERDAS IMAGINE 8.7.lnk

ou abra o ERDAS IMAGINE a partir do menu INICIAR do Windows. Acesso: **Iniciar** | **Todos os programas** | **Leica Geosystems GIS & Mapping** | **ERDAS IMAGINE 8.7.**

Se o quadro Select Viewer Type for mostrado, marque a opção Classic Viewer e depois clique em OK. A barra de ícones do ERDAS IMAGINE será mostrada conforme Figura 2.1. A quantidade de ícones presentes no painel do ERDAS IMAGINE pode variar dependendo dos componentes que foram adquiridos pela empresa licenciada para uso do *software.*

Figura 2.1 – Painel de ícones do ERDAS IMAGINE

2. Acima da barra de ícones, há uma barra de menus com as seguintes opções: Session, Main, Tools, Utilities, Help. Clique sobre cada uma dessas opções e veja o que cada uma oferece. A opção Help, por exemplo, irá lhe oferecer auxílio para o painel de ícones, acesso a documentação on-line e lhe informar a versão do ERDAS IMAGINE.

3. Na barra de menus do ERDAS IMAGINE, selecione Session | Preferences. O Editor de Preferências (Figura 2.2) será aberto. Há muitas opções de categorias que permitem você editar suas preferências. Você poderá clicar sobre o Help do Preferences Editor, para um auxílio on-line sobre o Editor de Preferências, ou sobre Category Help, para auxílio sobre a categoria que você selecionar na coluna Category.

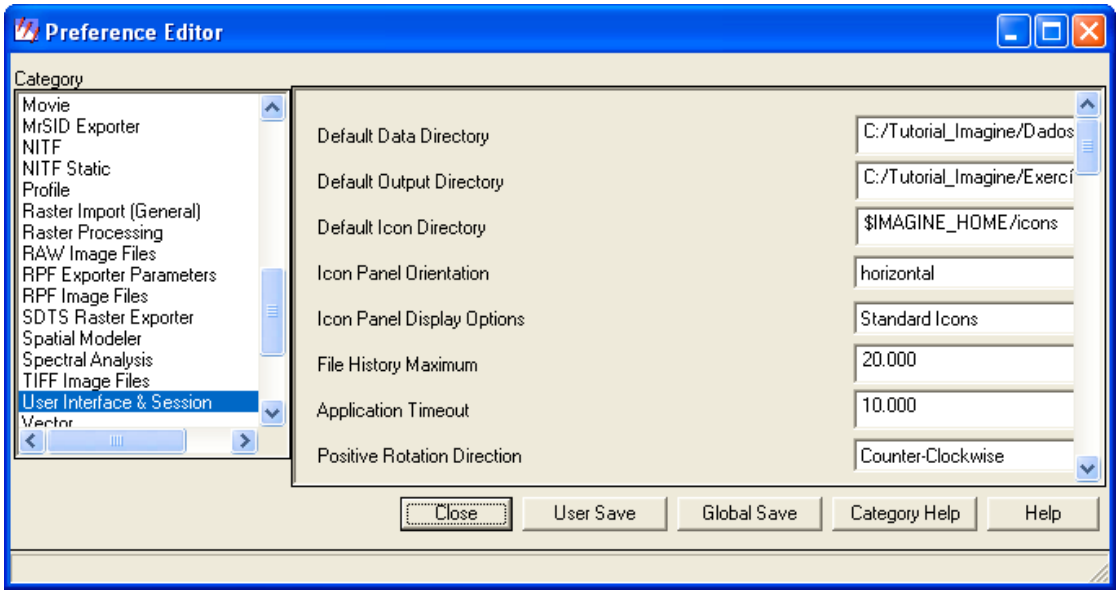


Figura 2.2 Quadro Preference Editor com as opções da categoria User Interface & Session

4. Você irá editar a categoria User Interface & Session para definir a pasta (diretório) default dos dados que serão utilizados neste Tutorial (Default Data Directory) e a pasta onde serão salvos os arquivos gerados durante a realização dos exercícios (Default Output Directory). No quadro Preference Editor, coluna Category, selecione a categoria User Interface & Session (Figura 2.2). Na caixa Default Data Directory digite **C:/Tutorial_Imagine/Dados**. Na caixa Default Output Directory digite **C:/Tutorial_Imagine/Exercicios**. Essas pastas são as mesmas criadas no exercício anterior, portanto, caso você tenha escolhido outros nomes ou caminhos, utilize-os ao invés dos citados. Este procedimento é muito útil, pois evita que você fique procurando pastas para acessar e salvar os dados dos exercícios.

5. Outra opção útil no Preferences Editor | User Interface & Session é a definição dos canais default que serão usados para abrir as imagens Landsat. As imagens Landsat completas têm seis ou mais bandas. Em uma composição colorida podemos apenas visualizar três bandas, cada uma atribuída a um dos três canais que formam a imagem colorida: o vermelho (Red), o verde (Green) e o azul (Blue). Uma composição muito usada é a banda 5 em vermelho, a banda 4 em verde e a banda 3 em azul. Vamos definir esta composição como default, assim as imagens Landsat com seis ou mais bandas serão inicialmente abertas nessa composição. Preencha as linhas "6-ou-greater-Band Image Channel Default" do Preference Editor, conforme a Figura 2.3 (círculo verde). O acesso a esta opção pode ser feito deslocando, com o mouse, o botão deslizante indicado pela seta vermelha na Figura 2.3. Observe também que há opções para definir a composição colorida default para imagens com 5, 4, ou 3 bandas.

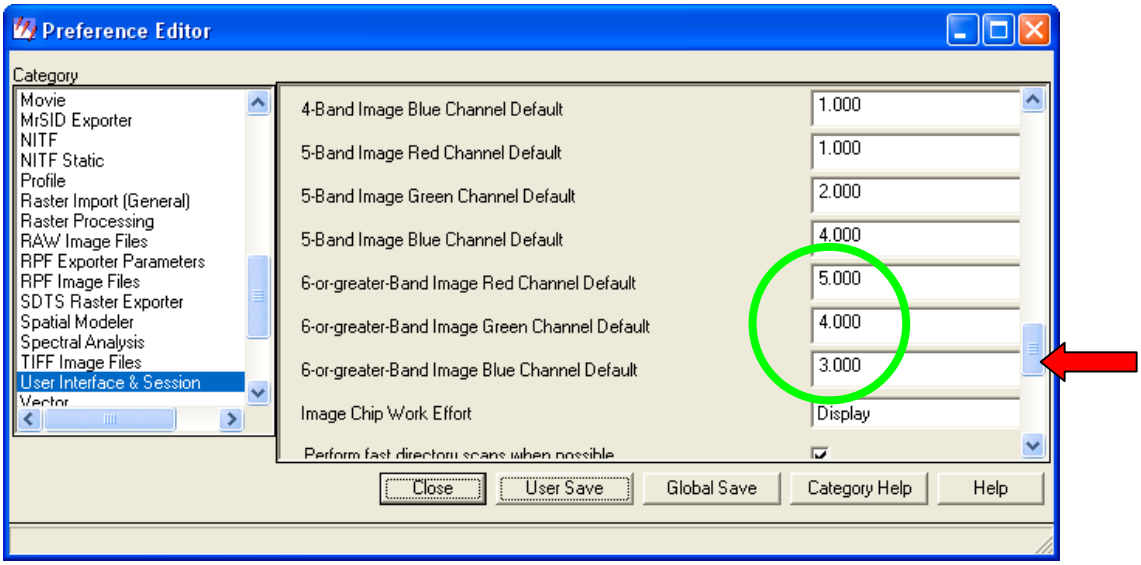
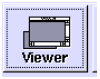


Figura 2.3 – Quadro Preference Editor com as opções para definir o padrão de exibição de imagens em composições coloridas

6. Para salvar suas preferências e fechar o quadro Preference Editor clique em User Save e em seguida em Close

Exercício 3 - Visualizando uma imagem

1. Clique sobre o ícone Viewer.



2. Se aparecer um quadro solicitando Select Viewer Type, marque a opção Classic Viewer e clique em OK.

3. Um visor (Viewer) será aberto conforme Figura 2.4.

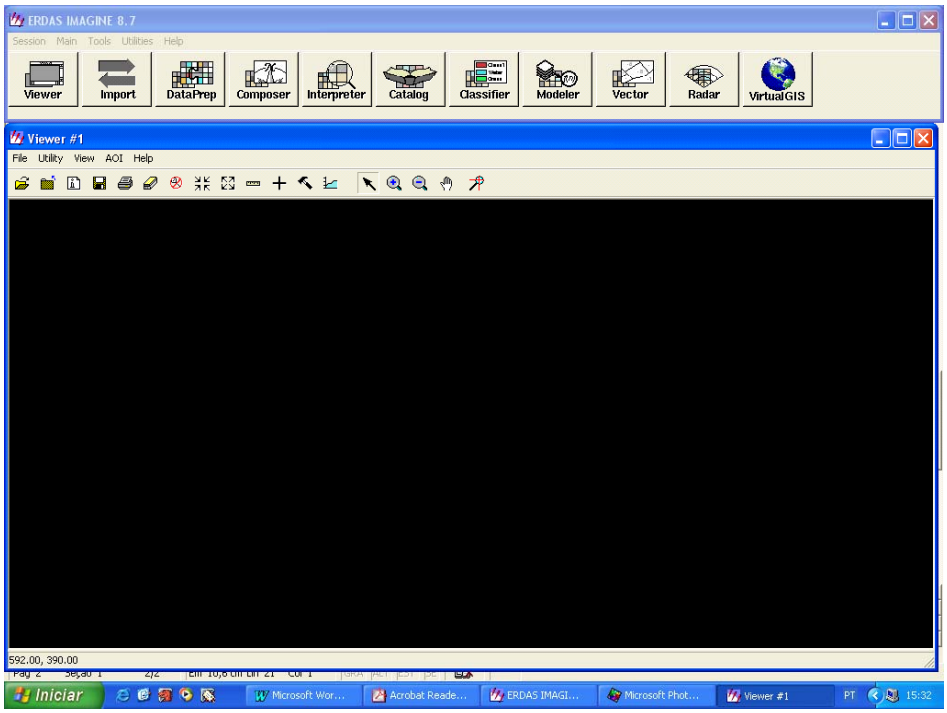


Figura 2.4 Visor onde são mostradas as imagens abertas pelo ERDAS IMAGINE.

4. Na barra de menus do visor selecione File | Open | Raster Layer.

5. O quadro " Select Layer to Add" será mostrado. Selecione a pasta que contém o arquivo da imagem que você deseja abrir. Se você acatou as sugestões do Exercício 1, os arquivos de imagens utilizados neste tutorial estarão na pasta **C:/Tutorial_Imagine/Dados.**

6. Em Files of Type selecione a opção All Raster Extensions.(Figura 2.5, seta vermelha) O ERDAS IMAGINE aceita diversos formatos de arquivo de imagens. Selecione All Raster Extensions quando não souber o formato de arquivo da imagem que você deseja abrir.

7. Clique sobre o nome do arquivo de imagens que vamos abrir: **p219r076_7t20000617_z23_nn40.tif** (Figura 2.5).

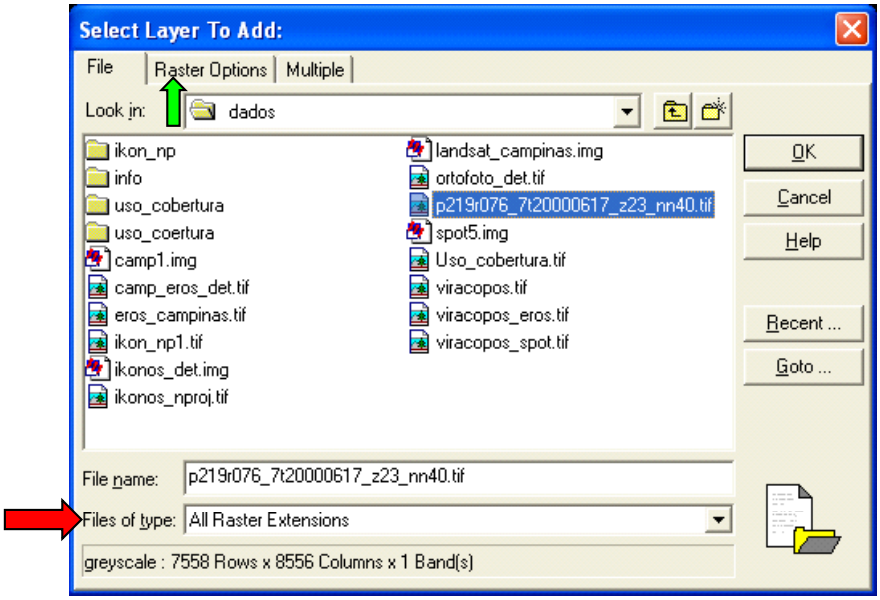


Figura 2.5 – Quadro de seleção da imagem que será aberta

8. Antes do OK, clique sobre Raster Options (Figura 2.5, seta verde,). Um quadro com opções de apresentação da imagem será mostrado. Assinale as mesmas opções da Figura 2.6.

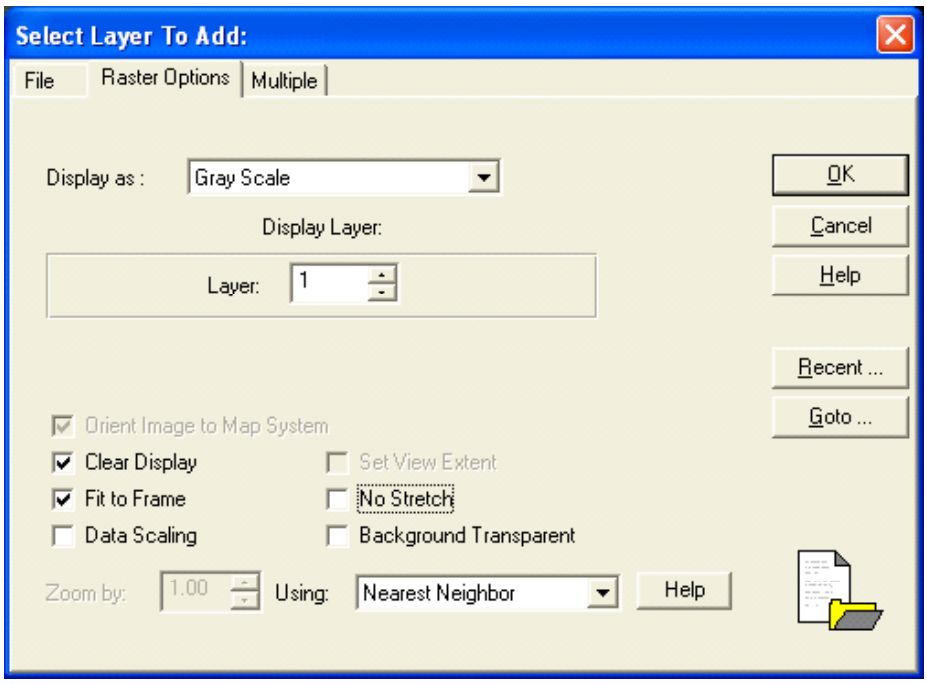


Figura 2.6 – Quadro Select Layer to Add com as opções de exibição de uma imagem

9. Clique em OK. A imagem será mostrada no visor (Figura 2.7).A imagem mostrada é da banda 4 do sensor ETM+ do satélite Landsat. É uma cena da órbita/ponto 217/076 obtida

em 17/06/2000. No canto inferior direito é possível ver o Oceano Atlântico e o litoral dos municípios paulistas de Guarujá e Bertioga. A mancha escura no centro da parte inferior da imagem é a cidade de São Paulo.

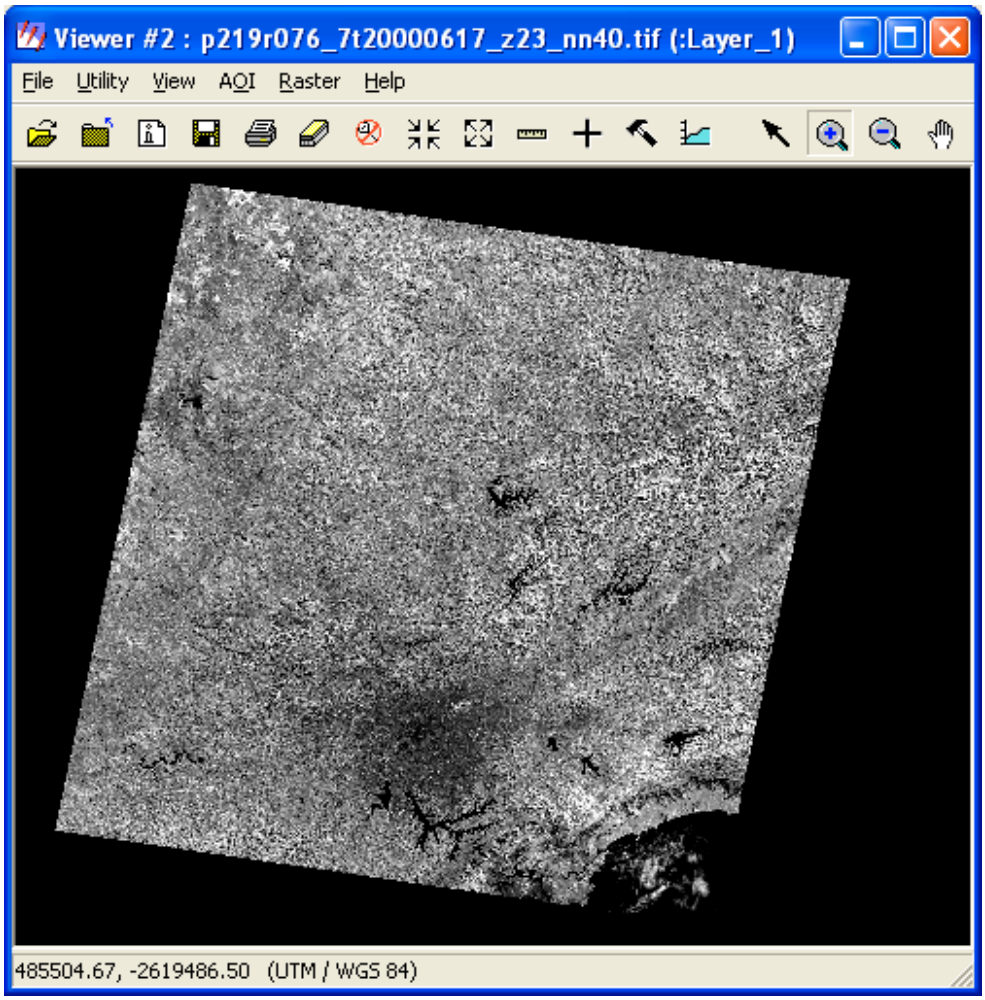


Figura 2.7 – Imagem da banda 4 do sensor ETM+ do satélite Landsat, órbita/ponto 217/076, adquirida em 17/06/2000.

10. Você pode expandir ou reduzir o visor usando os procedimentos usuais de outros aplicativos Windows. Clique nas bordas ou vértices do visor e arraste o mouse. Para que a imagem se ajuste ao novo tamanho do visor, clique com o botão direito do mouse sobre a imagem e escolha a opção Fit Image to Window. Do mesmo modo, você pode acionar a função Fit Window to Image. Nesse caso, a imagem não será ampliada ou reduzida, mas o tamanho do visor será alterado de forma a mostrar toda a imagem.

Exercício 4 - Ferramentas de Zoom e Pan

1. Há vários meios para ampliar ou reduzir uma imagem apresentada em um visor (Viewer). Você pode selecionar no menu do visor a opção View | Zoom e escolher o fator de ampliação (zoom); mas o meio mais simples e rápido é por meio dos ícones da barra de ícones do visor. Veja a função e como operar cada ícone. Experimente usá-los em qualquer imagem que esteja aberta no visor.

Tabela 2.1 - Ferramentas de Zoom e Pan

	Zoom in: aumenta o tamanho da imagem com base em um fator de *zoom* fixo (2 vezes). Basta clicar sobre o ícone e a imagem será ampliada.
	Zoom out: diminui o tamanho da imagem com base em um fator de *zoom* fixo (2 vezes).
	Zoom in: aproxima os dados da área da imagem selecionada pelo usuário. Clique sobre o ícone na barra de ícones do visor e em seguida clique sobre a região da imagem que você deseja aproximar. Clique quantas vezes for necessário. Você pode ainda desenhar um retângulo sobre a área de interesse da imagem mantendo o botão do mouse acionado. Ao soltar o botão do mouse, a área dentro do retângulo será ampliada e ajustada ao visor.
	Zoom out: afasta os dados da área da imagem selecionada pelo usuário. Use-o de forma semelhante à ferramenta anterior.
	Pan: Desloca a imagem para uma direção selecionada pelo usuário. Clique sobre o ícone na barra de ícones do visor. Posicione o mouse sobre uma área da imagem. Arraste o mouse com o botão direito pressionado para uma nova posição. A imagem é deslocada dentro do visor.
	Desabilita o mouse para as ferramentas anteriores. Basta clicar sobre este ícone e o mouse volta a suas funções normais.

2. Há outras opções para ampliar ou reduzir a escala de visualização de uma imagem. Elas estão no menu View do visor. No menu View escolha Scale | Scale Tool.... O quadro Frame Scale (Figura 2.8) será mostrado com a escala de visualização da imagem. Para alterá-la basta digitar o novo valor do denominador da escala, seguido de Enter. Clique em Apply e a imagem será ajustada à nova escala.

Figura 2.8 – Quadro com a escala de visualização da imagem aberta. Permite alterar a escala digitando um novo valor para o denominador da escala.

3. Verifique que no mesmo menu Scale há também as opções de Fit Image to Window e Fit Window to Image, vistos anteriormente, e ainda a opção Extent que permite ajustar ao visor uma área retangular da imagem, definida a partir das coordenadas de seus vértices, digitadas no teclado.

4. Explore também a opção Zoom do menu View. Por meio dela é possível ampliar ou reduzir a imagem por um fator fixo pré-definido ou definido pelo usuário (In/Out By X).

5. Ainda no menu View, clique sobre a opção Create Magnifier (Veja observação abaixo). Um cursor com uma área retangular em seu centro será mostrado sobre a imagem (Figura 2.9). Clique no centro do cursor e com o botão do mouse acionado arraste o cursor para a área que você deseja ver ampliada. Um visor auxiliar mostrará a imagem que está dentro da área retangular do cursor ampliada. A área do cursor poderá ser alterada, assim como a área do visor auxiliar. Amplie e reduza a área de ambos, clicando sobre seus vértices ou lados e arrastando o mouse com o botão esquerdo acionado.

   Observação: Eventualmente um quadro com o título Approximate Statistics pode ser apresentado quando a opção Create Magnifier é acionada. Nesse caso espere a barra de progresso da tarefa atingir 100% e clique em OK.

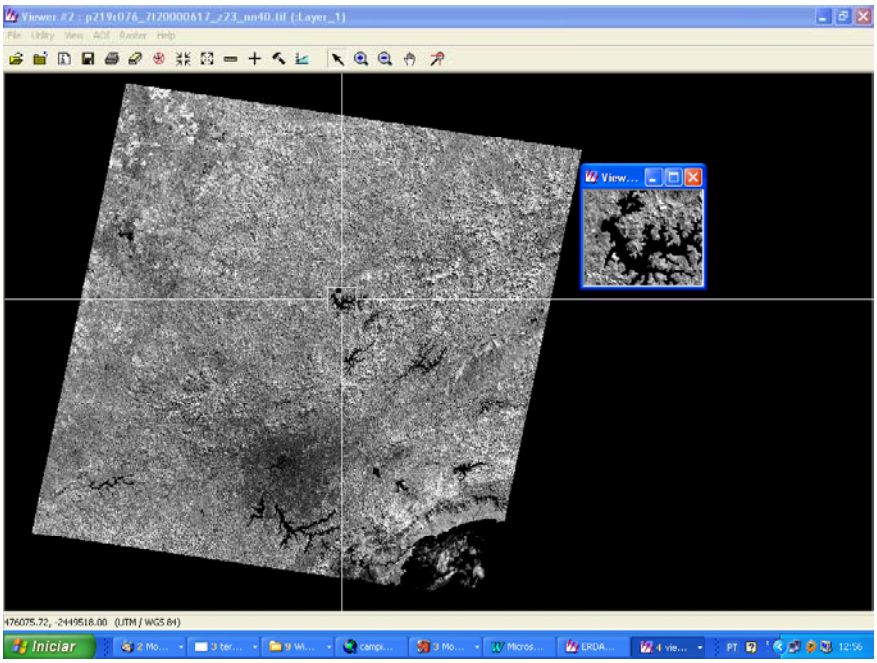


Figura 2.9 – Exemplo de uso da ferramenta Magnifier do ERDAS IMAGINE.

Exercício 5 - Empilhando camadas de imagens

1. Abra um novo visor clicando no ícone Viewer da barra de ícones do ERDAS IMAGINE.

2. No menu File do Viewer selecione Open | Raster Layer

3. No quadro Select Layer to Add, navegue até a pasta C:/Tutorial_Imagine/Dados/campinas_etm (Figura 2.10). Observe que há oito imagens com extensão img (formato padrão do ERDAS IMAGINE para imagens). Estas imagens são da mesma cena, data e sensor da imagem usada anteriormente, porém elas foram recortadas para abrangerem apenas o município de Campinas e vizinhanças. São oito imagens, uma para cada banda do sensor ETM+ do satélite Landsat, identificadas pela numeração após o nome.

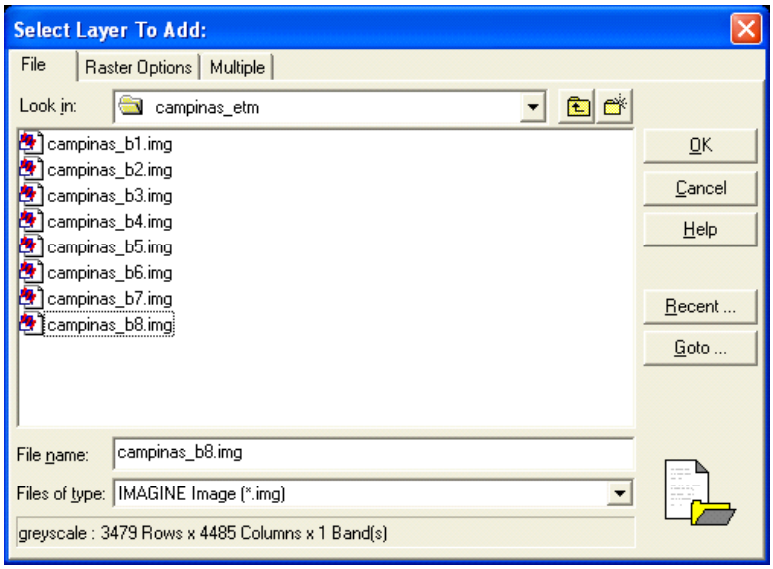


Figura 2.10 – Quadro mostrando as imagens disponíveis de oito bandas do sensor ETM+ do satélite Landsat 7.

4. É possível empilhar essas imagens em apenas um arquivo, o que permitirá, inclusive, abri-las em uma composição colorida no ERDAS IMAGINE.

5. Clique sobre o ícone Interpreter na barra de ícones do ERDAS IMAGINE . Em seguida selecione Utilities | Layer Stack. O quadro Layer Selection and Stacking será mostrado (Figura 2.11).

6. Em Input file navegue até a pasta C:/Tutorial_Imagine/Dados/campinas_etm, selecione a imagem correspondente à banda 1 (campinas_b1.img) e clique OK. Volte ao quadro Layer Selection and Stacking e clique sobre Add. O caminho para a imagem campinas_b1.img é mostrada em uma lista no quadro. Não clique sobre OK, nem feche o quadro Layer Selection and Stacking. Volte ao Input File e repita o procedimento para a imagem correspondente à banda 2 (campinas_b2.img). Faça o mesmo para as imagens das demais bandas, até a banda

8. Todas as imagens adicionadas serão mostradas em uma caixa abaixo do Input File. É importante que você introduza as imagens em ordem crescente de bandas para que o ERDAS IMAGINE consiga interpretar corretamente as bandas introduzidas. Qualquer erro você pode selecionar a imagem introduzida indevidamente e acionar o botão Clear.

7. Após a introdução de todas as imagens, selecione em Output File uma pasta para salvar o arquivo que irá resultar do empilhamento das imagens. Também dê um nome para esse arquivo. A sugestão é salvar na pasta **C:/Tutorial_Imagine/Exercicios** com o nome **campinas_20000617.img**. Preencha os demais dados do quadro Layer Selection and Stacking com as opções da Figura 2.11. A opção Intersection em Output Options significa que, da imagem empilhada, apenas farão parte as áreas comuns a todas as bandas. Clique OK. Será mostrada uma barra de progresso da tarefa. Quando a tarefa estiver completa, clique em OK. A imagem empilhada já pode ser visualizada.

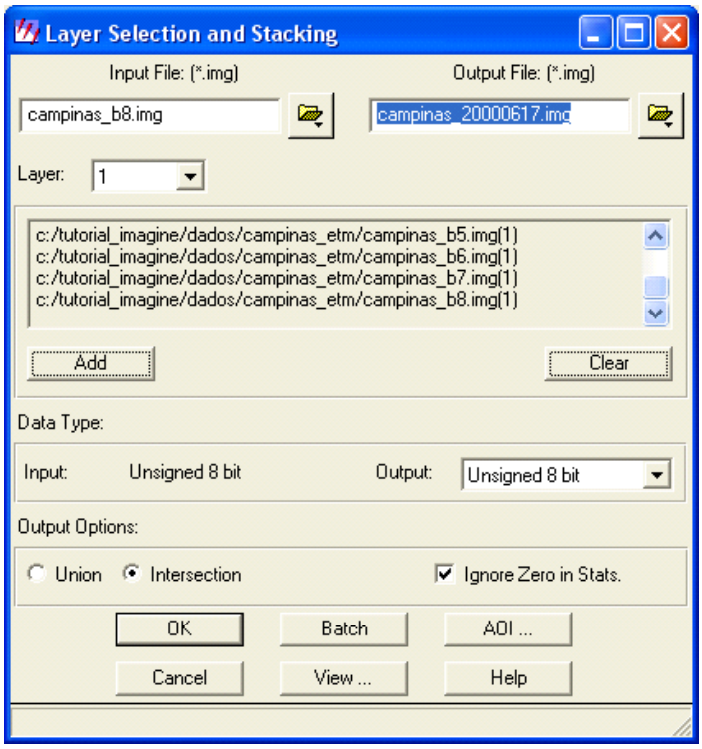


Figura 2.11 – Quadro que permite escolher as imagens que serão empilhadas pela ferramenta Layer Stack

Exercício 6 - Visualizando uma imagem empilhada

1. Abra um novo visor (Viewer) . Na barra de menus do visor selecione File | Open | Raster Layer.

2. O quadro Select Layer to Add será mostrado. Navegue até a pasta onde você salvou a imagem empilhada e selecione-a. Antes do OK, clique sobre Raster Options. Selecione True Color na caixa Display as. Caso você tenha definido corretamente suas preferências no Exercício 2 o padrão default para exibição de imagens coloridas do Landsat será Red: 5; Green: 4; Blue: 3. Caso não seja essa a composição apresentada, altere-a. Clique em OK e a imagem será mostrada na tela em composição colorida RGB (figura 2.12). Esta é uma composição dita "falsa cor" . As cores dos objetos na cena não correspondem às suas cores reais. Nessa composição, o asfalto e áreas urbanas são mostrados em tons de violeta e lilás. As áreas com vegetação, em tons de verde; a água, em tons de azul forte ou mesmo preto; o solo exposto, em tons de rosa e magenta.

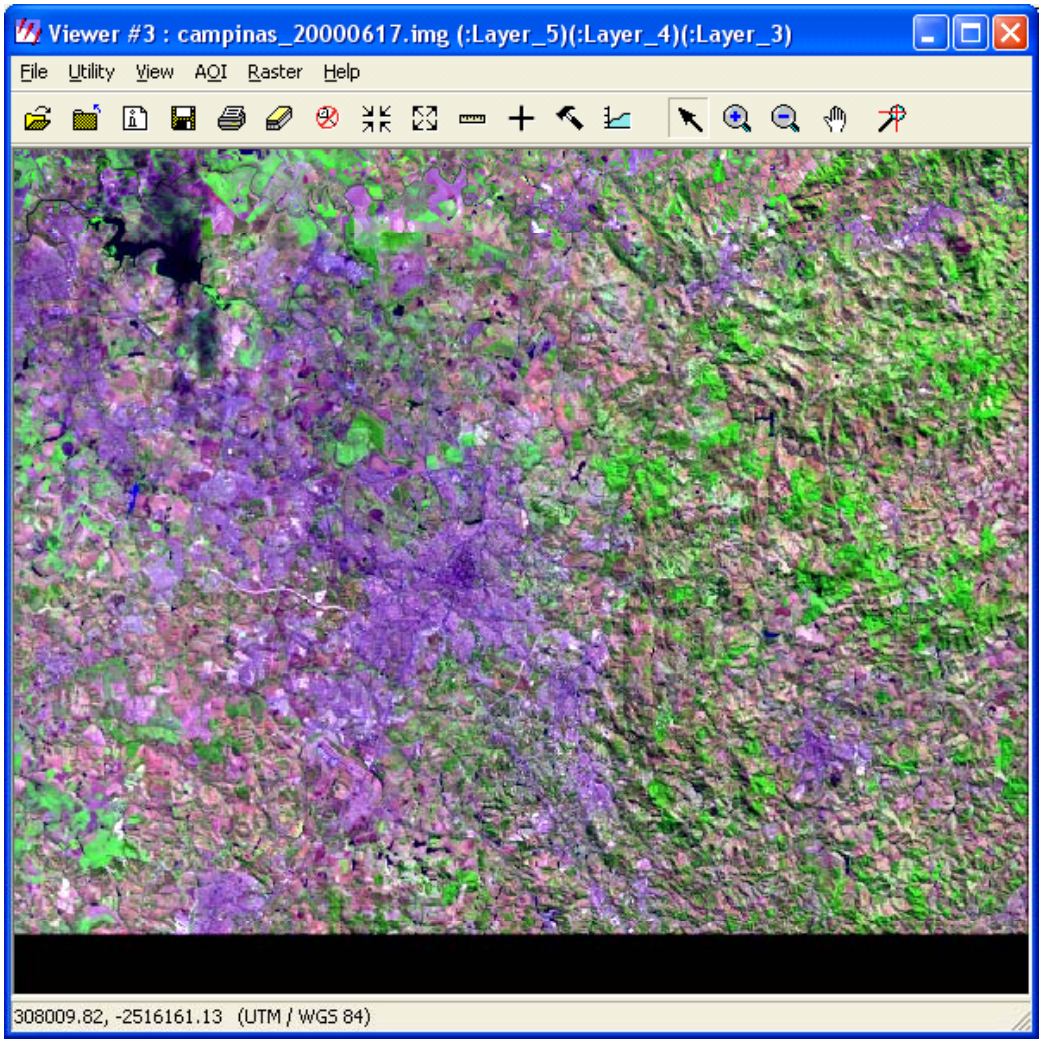


Figura 2.12 – Imagem do município de Campinas e vizinhanças em composição colorida com as bandas 5, 4 e 3 do sensor ETM+ do satélite Landsat7.

3. Você pode alterar a composição colorida ou mesmo as bandas que a formam. No menu Raster do Viewer selecione Band Combinations. O quadro Set Layer Combinations (Figura 2.13) será aberto, permitindo alterar as bandas exibidas para R, G e B através das pequenas setas exibidas ao lado do número das caixas com o nome e número das bandas (camadas). Faça algumas alterações e veja o resultado. Escolha, por exemplo, 4 para R, 5 para G e 3 para B. São as mesmas bandas da composição anterior, porém com cores diferentes. Nesta composição a vegetação é mostrada em tons de vermelho e laranja e permite uma melhor discriminação dos diferentes tipos de vegetação.

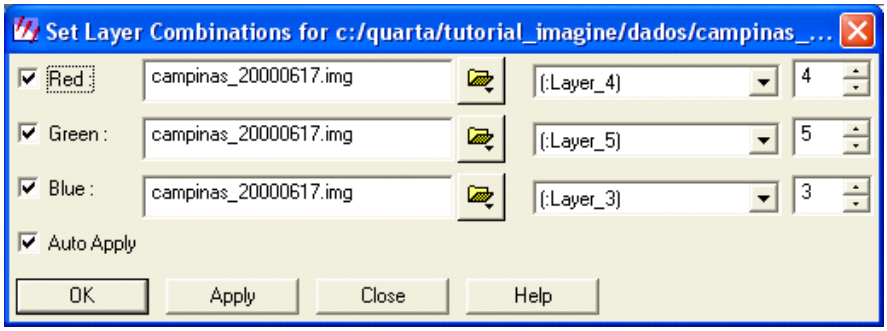


Figura 2.13 – Quadro que permite alterações na combinação de bandas para exibição de uma imagem colorida.

4. Experimente atribuir a banda 1 para B, a banda 2 para G e a banda 3 para R. Nesta composição, os objetos da cena apresentam uma cor bem próxima da cor natural, já que os sensores das bandas 1, 2 e 3 captam a radiação refletida em faixas do espectro visível, as mesmas faixas do espectro eletromagnético que ao atingirem o olho humano formam as cores azul, verde e vermelho, respectivamente.

Exercício 7 - Obtendo informações sobre uma imagem

1. Abra campinas_b8. O acesso é: **C:/Tutorial_Imagine/Dados/campinas_etm/campinas_b8.img**.

2. Selecione Utility | Layer Info... na barra de menus do Viewer. Ou acione o ícone .

3. O quadro ImageInfo (Figura 2.14) é apresentado. O acesso às informações pode ser feito pelo menu do próprio quadro, que oferece as seguintes opções: General, Projection, Histogram, Pixel Data. Clicando em General serão apresentadas as informações gerais do arquivo, da camada, do mapa e da projeção, além de informações estatísticas. Verifique o tamanho do pixel da imagem (Pixel Size): 14,25 m X 14,25 m, que corresponde a resolução espacial da imagem. Na opção Projection você poderá ver informações sobre a projeção cartográfica utilizada; em Histogram, o histograma da camada selecionada (quantidade de pixels versus valor dos pixels); em Pixel Data é apresentada uma matriz com os valores de cada pixel da camada. No caso de uma imagem com múltiplas camadas você pode escolher a camada para a qual deseja as informações. A mudança de camadas é feita pela caixa Layer existente na barra de ícones do quadro ImageInfo. O tamanho do pixel apresentado no quadro de informações de uma imagem com camadas múltiplas é sempre o da camada com o menor tamanho de pixel, portanto, nem sempre corresponde ao tamanho do pixel da camada para a qual foi solicitada a informação.

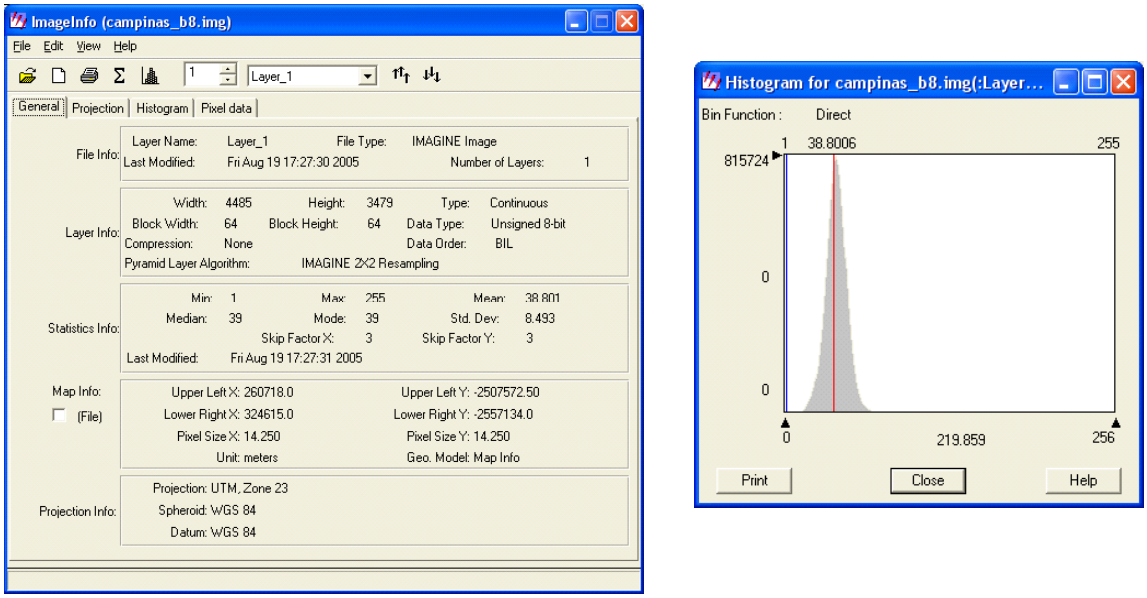


Figura 2.14 - Quadro ImageInfo apresentando informações gerais sobre a imagem campinas_b8.img e seu respectivo histograma.

Exercício 8 - Tomando medidas sobre uma imagem

1. Com a imagem **campinas_20000617.img** aberta (C:/Tutorial_Imagine/Dados/campinas_20000617.img), clique em Utility | Measurement na barra de menus do Viewer ou clique no ícone , presente na barra de ícones do visor.

2. O quadro Measurement Tool for Viewer será mostrado (Figura 2.15).

3. Para tomar medidas, clique sobre um dos ícones do lado esquerdo do quadro Measurement Tool for Viewer. Veja, na Tabela 2.2, as funções e como utilizar cada ícone. Antes porém, você deverá especificar no mesmo quadro as unidades para medidas lineares (metro, polegada, etc.), medidas de área (hectare, metro quadrado, etc.) e de coordenadas (do mapa, latitude/longitude, UTM, etc.). Todas as medidas efetuadas serão apresentadas na coluna Measurement Description. A Figura 2.15 já apresenta a descrição e algumas medidas feitas sobre a imagem.

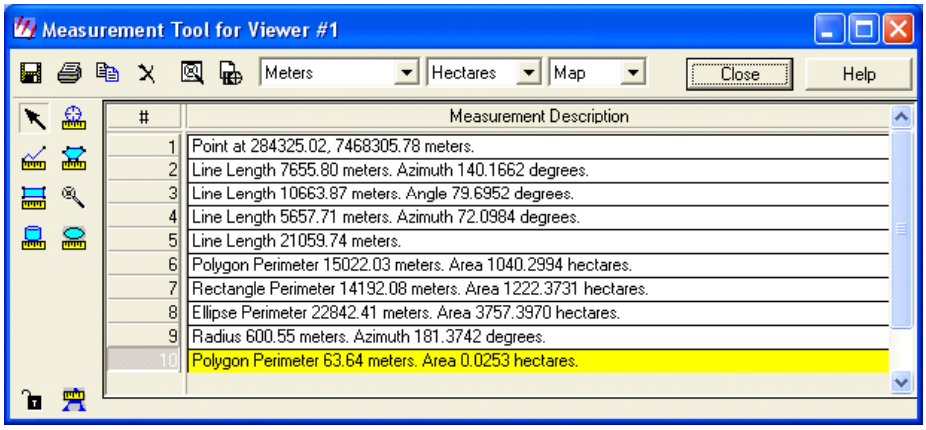
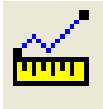
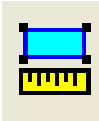
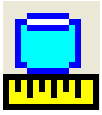


Figura 2.15 - Quadro com as ferramentas para medidas e a tabela descritiva das medidas efetuadas.

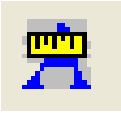
3. As medidas feitas podem ser impressas (ícone impressora) ou salvas (ícone disquete) em um arquivo com extensão *.mes.

Tabela 2.2 - Função e modo de utilização das ferramentas de medida do ERDAS IMAGINE

Ícone	Função e modo de utilização
	Apresenta as coordenadas de pontos da imagem. Clique no local desejado sobre a imagem. As coordenadas serão apresentadas.
	Usado para medir comprimentos de linhas. As linhas são compostas por segmentos de retas. Para desenhar um segmento de reta sobre a imagem, basta clicar no seu ponto inicial e arrastar o mouse com o botão pressionado até o seu ponto final, clicar uma vez e iniciar o segundo segmento de reta e assim por diante até o final do último segmento de reta quando você deverá clicar duas vezes. O desenho de linhas e outras figuras da ferramenta Measurement não é definitivo; ele apenas é apresentado enquanto você está realizando as medidas. Se a linha é composta por apenas um segmento de reta, além do comprimento, é apresentado o azimute da linha. Para linhas formadas por dois segmentos de reta, o ângulo entre os dois segmentos também é apresentado.
	Usado para medir áreas e perímetros. Para desenhar o polígono sobre a imagem clique no ponto correspondente ao primeiro vértice do polígono, arraste o mouse com o botão pressionado e clique no ponto do segundo vértice e assim até o último vértice, quando você deverá clicar duas vezes para que o polígono seja fechado.
	Usado para medir áreas e perímetros de retângulos. Clique no vértice superior esquerdo do retângulo, arraste o mouse com o botão pressionado até o vértice inferior direito. Solte o botão do mouse. O retângulo será desenhado e sua área apresentada.
	Usado para medir áreas de elipses (inclusive círculos). Posicione o mouse no ponto central da elipse e arraste-o com o botão pressionado. A elipse começa a ser desenhada. Quando estiver com a forma e tamanho desejados, basta soltar o botão do mouse.
	Calcula o raio de objetos cilíndricos. Para isto, basta desenhar dois segmentos de retas paralelos, cuja distância entre eles corresponderia ao diâmetro da base do suposto cilindro. Desenhe o primeiro segmento de reta (dê um clique para iniciar, arraste o mouse e dê dois cliques para terminar). Em seguida, desenhe o segundo segmento pelo mesmo processo, procurando deixá-lo paralelo ao primeiro. Caso o segundo segmento não fique exatamente paralelo ao primeiro, a correção do paralelismo é feita automaticamente, tomando como referência o ponto inicial do segundo segmento. O raio do suposto cilindro, ou a metade da distância entre as duas linhas paralelas é mostrado.

Continua...

Tabela 2.2 - Função e modo de utilização das ferramentas de medida do ERDAS IMAGINE

Ícone	Função e modo de utilização
	Ferramenta Crescimento de Regiões. A partir de um ponto de origem definido pelo usuário, pixels são selecionados automaticamente, segundo critérios também definidos pelo usuário, compondo um polígono. Para definir o ponto de origem, denominado semente, basta clicar sobre o ícone e em seguida no local escolhido sobre a imagem. Um quadro de diálogo é aberto permitindo a escolha de critérios para a ferramenta.
	Cadeado aberto: toma apenas uma medida por ferramenta selecionada. Cadeado fechado: toma múltiplas medidas com a mesma ferramenta. Clique sobre o ícone para abrir ou fechar o cadeado.
	Permite criar uma camada de anotações sobre a imagem. As feições medidas são adicionadas à camada, bem como a uma caixa de texto contendo as medidas efetuadas. A camada criada pode ser salva (Save Annotation Layer) e usada com outra imagem. Para ativar e desativar a ferramenta, clique sobre o ícone.
	Apaga a representação gráfica da última medida efetuada. Para apagar a medida no quadro Measurement Tool, clique sobre a linha da medida desejada e selecione Delete Selection.
	Desabilita o cursor (ponteiro do mouse) para uma medida. Após tomar as medidas necessárias, clique sobre o ícone. O mouse, antes habilitado para tomar medidas, volta a suas funções normais.

Exercício 9 - Definindo áreas de interesse (AOI)

1. Abra novamente a imagem **p219r076_7t20000617_z23_nn40.tif**.

2. Na barra de menus do visor selecione AOI | Tools. Uma caixa de ferramentas AOI será mostrada conforme Figura 2.16. As ferramentas AOI permitem definir uma área de interesse (area of interest ou AOI) sobre uma imagem.

3. Na caixa de ferramentas AOI clique sobre o retângulo  .

4. Escolha uma área da figura de seu interesse. Pode ser a cidade de São Paulo, por exemplo, que se destaca bastante na imagem. Clique sobre um ponto da imagem e com o botão do mouse acionado desenhe sua área de interesse arrastando o mouse. Ao soltar o botão do mouse, um retângulo estará desenhado sobre a imagem (Figura 2.16). Você poderá expandir ou reduzir esta área, clicando e arrastando sobre os pontos de expansão do retângulo (vértices e ponto médio dos lados, ou deslocar o retângulo sobre a imagem, clicando sobre seu centro e arrastando o mouse com o botão acionado.

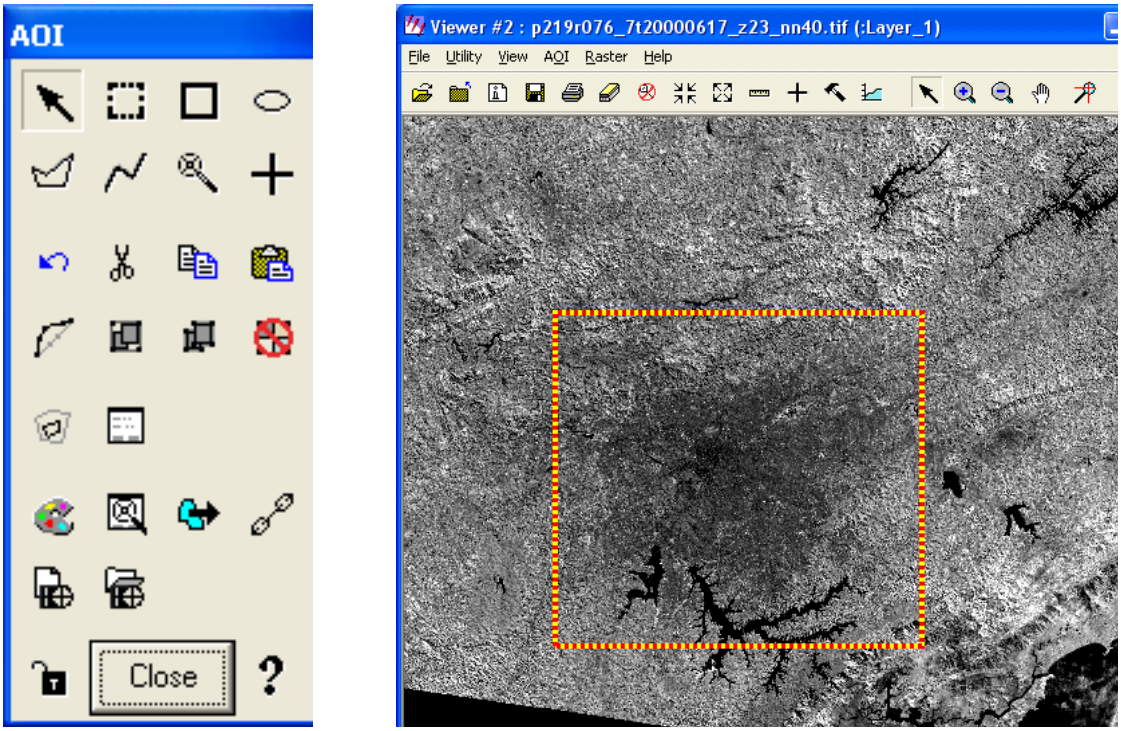


Figura 2.16 – Caixa de ferramentas AOI e exemplo de delimitação de uma área de interesse sobre uma imagem utilizando a ferramenta retângulo.

5. Você pode alterar o estilo de apresentação de uma AOI. No menu AOI do Viewer selecione AOI | Styles. O quadro AOI Styles é aberto e você pode escolher a espessura (Thickness) e a cor das linhas que delimitam a AOI. Experimente as opções assinaladas no quadro da Figura 2.17. Após clicar em Apply, as margens do retângulo ficarão com as cores amarelo e vermelho e uma espessura que o destacará facilmente na imagem. Logicamente, se o vermelho e o amarelo predominarem em uma imagem, é melhor escolher outras cores. Você

ainda pode marcar a opção Fill e escolher a cor de preenchimento (Fill Color) e todo o retângulo ficará preenchido com a cor que você escolher. Experimente diferentes opções e veja os efeitos.

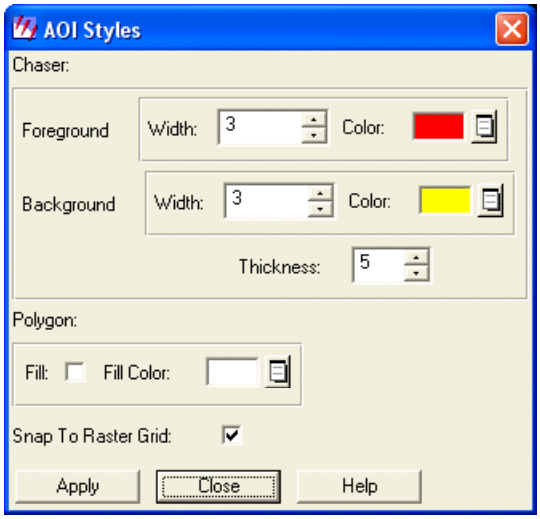


Figura 2.17 – Quadro que permite alterar o estilo de marcação de uma AOI.

6. A caixa de ferramentas AOI possui outras ferramentas que você poderá utilizar para marcar áreas de interesse. Desloque o mouse sobre os ícones e veja a função de cada ferramenta descrita no rodapé do visor. Há opções para desenho de elipses/círculos, polígonos, linhas e pontos, como também ferramentas para cortar, colar, reformatar, agrupar e desagrupar AOI.

7. Experimente usar outras ferramentas (polígonos, elipses, etc.) para desenhar uma AOI. Alguns ícones da caixa de ferramentas AOI são os mesmos das ferramentas de medidas (Measurement) e você poderá utilizá-los de maneira semelhante (Veja Exercício 8).

8. A seleção de uma ou mais AOI desenhadas pode ser feita com a ferramenta de seleção de área (retângulo tracejado). Todos as AOI que estiverem dentro de uma área marcada com esta ferramenta serão selecionadas. A seleção de várias AOI pode ainda ser feita por meio de cliques com a tecla Shift acionada. Para selecionar apenas uma AOI, basta clicar uma vez em seu centro. Para apagar uma AOI, selecione a AOI desejada e depois clique sobre a ferramenta cujo ícone é uma tesoura.

9. Clique duas vezes sobre qualquer figura desenhada com as ferramentas AOI. Um quadro será aberto apresentando informações sobre a figura, como área e perímetro, coordenadas dos vértices, do centro, etc. Você pode ainda fornecer um nome para a AOI ou mesmo descrevê-la (Figura 2.18).

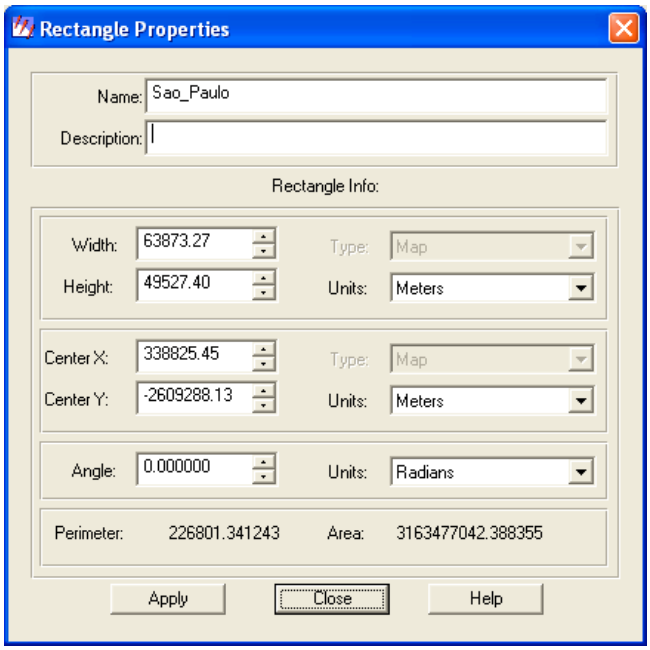


Figura 2.18 – Quadro com as propriedades de uma área de interesse (AOI) desenhada sobre uma imagem.

10. Para salvar as AOI desenhadas sobre a imagem, clique em File no menu do visor e selecione Save AOI layer as. Um quadro será aberto permitindo a escolha da pasta e a atribuição de um nome ao arquivo, que irá assumir a extensão aoi.

11. Para abrir um arquivo AOI que foi salvo, acesse o menu File do visor e selecione Open | AOI Layer. Isso só é possível se houver uma imagem já aberta, no mesmo visor, que tenha área em comum com a AOI.

Exercício 10 - Exibindo imagens sobrepostas

1. Abra um novo visor (Viewer) e em seguida abra a imagem **p219r076_7t20000617_z23_nn40.tif**. Porém, antes do OK para exibir a imagem, clique em Raster Options e desmarque a caixa de checagem da opção Clear Display e ative a opção Fit to Frame.

2. No mesmo visor, abra a imagem **campinas_etm.img** e desmarque a caixa de checagem Clear Display. Não ative a opção Fit to Frame.

3. As duas imagens são apresentadas na tela , uma sobreposta a outra (Figura 2.19).

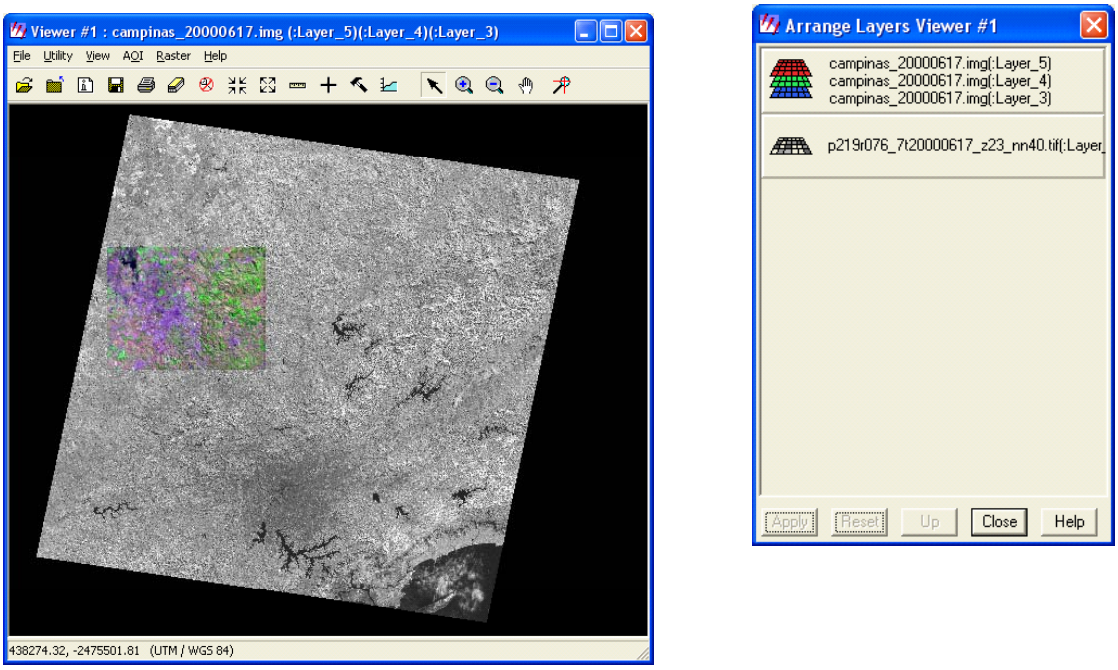


Figura 2.19 – Imagens sobrepostas e o quadro Arrange Layers, que permite exibir e alterar a ordem de sobreposição das imagens

4. Para mudar a ordem de apresentação das imagens, na barra de menus do visor clique View |Arrange Layers; ou simplesmente clique com o botão direito sobre a imagem e escolha Arrange Layer.

5. A ordem de sobreposição atual de imagens no visor é apresentada no quadro Arrange Layers Viewer. Veja a Figura 2.19. A imagem **campinas_etm.img** está sobreposta à imagem **p219r076_7t20000617_z23_nn40.tif**.

6. Para alterar a ordem de exibição das imagens no visor, clique sobre a caixa da imagem **p219r076_7t20000617_z23_nn40.tif** existente no quadro Arrange Layer Viewer e arraste-a para a posição superior do quadro. Clique em Apply. A imagem **p219r076_7t20000617_z23_nn40.tif** aparecerá sobreposta à imagem **campinas_etm.img** no visor. Logicamente, a imagem **p219r076_7t20000617_z23_nn40.tif**, por abranger uma área maior, cobrirá totalmente a imagem **campinas_etm.img.**

7. Você pode descobrir parcialmente uma imagem sobreposta através da opção Swipe. Volte as imagens na posição inicial: **campinas_etm.img** sobre **p219r076_7t20000617_z23_nn40.tif.** Amplie a área onde as imagens estão sobrepostas. No menu do visor onde estão abertas as imagens, clique Utility e selecione Swipe. O quadro Viewer Swipe é aberto (Figura 2.20). Clique e arraste o botão que está sobre a barra 0 .... 100 . A imagem que está em posição superior começa a desaparecer, revelando a que está em posição inferior. De forma semelhante você ainda pode usar a opção Blend do menu Utility. Esta ferramenta permite aplicar uma transparência na imagem que está na posição superior, permitindo ver feições da imagem que está na posição inferior. O grau de transparência é controlado por um botão que desliza sobre uma barra de 0 a 100

8. Para fechar uma das imagens sobrepostas, clique sobre sua caixa no quadro Arrange Layer Viewer com o botão direito do mouse. Selecione Delete Layer e clique em Apply.

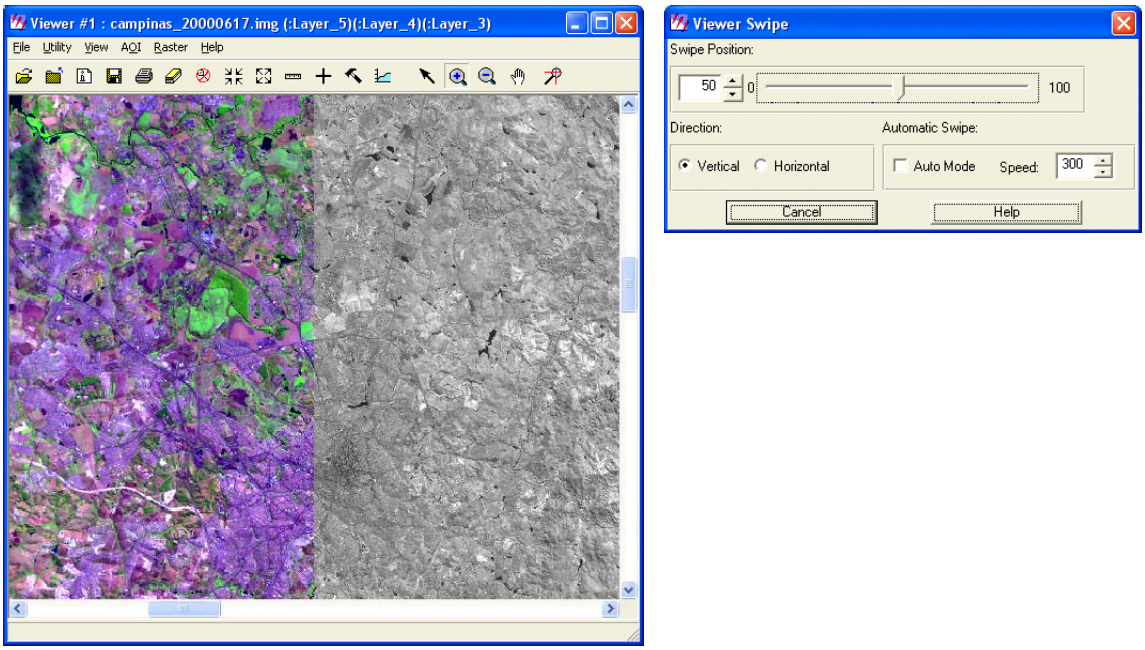


Figura 2.20 - Exemplo de utilização da ferramenta Swipe que permite descobrir parcialmente imagens sobrepostas.

Exercício 11 - Recortando uma imagem

1. A imagem **p219r076_7t20000617_z23_nn40.tif**, utilizada no exercício anterior, é uma cena do Landsat e abrange uma área geográfica bem grande. Pode-se recortá-la e trabalhar com apenas parte dela, a área de interesse. A área de interesse de uma imagem pode ser delimitada pelas ferramentas AOI vistas anteriormente. No momento, será utilizada uma área retangular já delimitada, onde encontra-se o município de Campinas. Esta área é a mesma utilizada para delimitar a imagem **campinas_20000617.img.**

2. Abra novamente a imagem **p219r076_7t20000617_z23_nn40.tif** e acione a opção Fit Image to Window. No mesmo visor da imagem, clique no menu File e selecione Open | AOI Layer.... No quadro Select Layer to Add, navegue até a pasta dados do Tutorial (C:\Tutorial_Imagine\dados\) e abra o arquivo **aoi_recorte.aoi** (Figura 2.21). Clique em OK e um retângulo tracejado será desenhado sobre a imagem. O município de Campinas está dentro desse retângulo. (Figura 2.22).

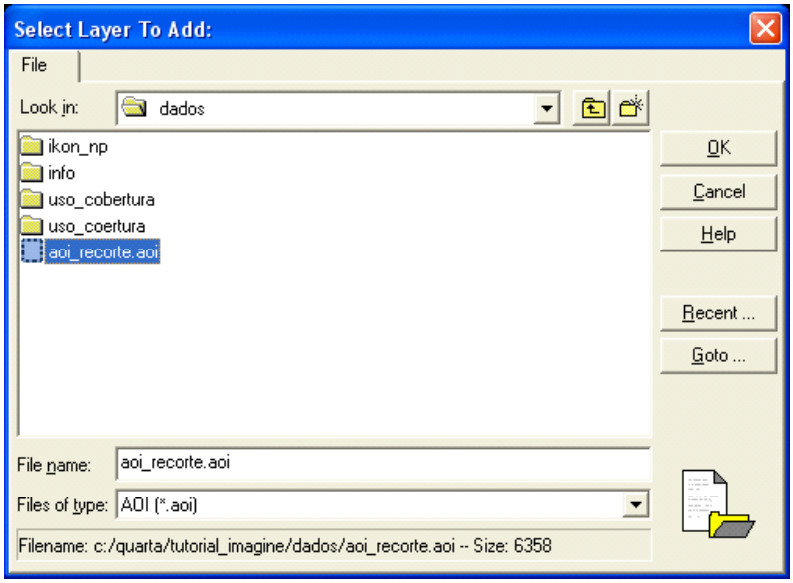


Figura 2.21 – Quadro Select Layer to Add, mostrando o arquivo AOI que deverá ser aberto

3. Na barra de ícones do ERDAS IMAGINE clique sobre o ícone DataPrep e selecione a opção Subset Imagem

4. O quadro Subset será aberto conforme Figura 2.23. Em Input File, navegue até a pasta **C:/Tutorial_Imagine/Dados** e selecione a imagem: **p219r076_7t20000617_z23_nn40.tif**. Em Output File, navegue até a pasta **C:/Tutorial_Imagine/Exercicios** e dê um nome para o recorte da imagem: **campinas_b4.img.** As coordenadas dos vértices (corners) do recorte podem ser fornecidas pelo teclado, mas neste caso será utilizada uma área pré-definida e o preenchimento desse campo será automático. Preencha o restante do quadro conforme Figura 2.23 e depois clique na caixa AOI, na parte inferior do quadro.

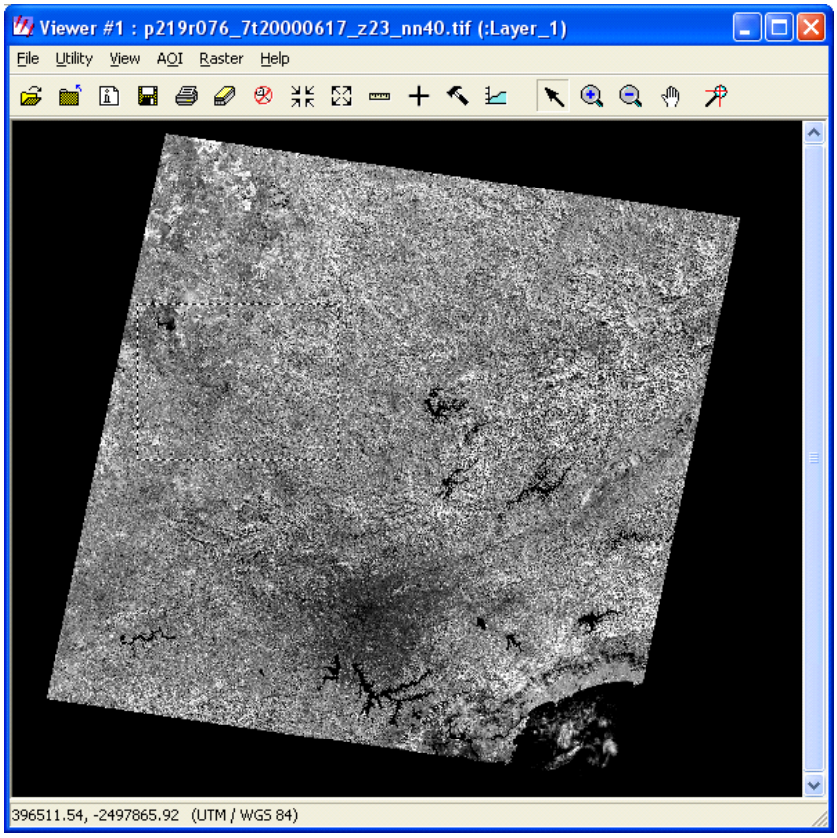
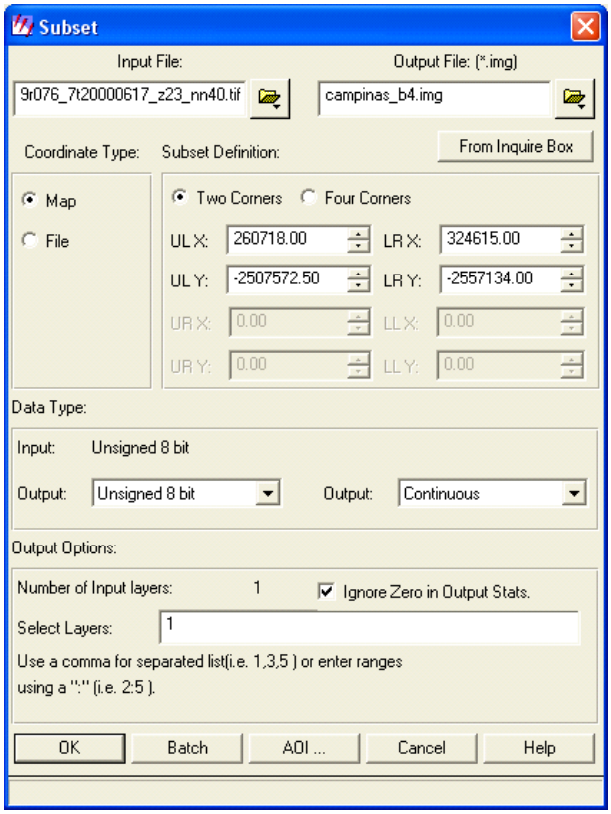


Figura 2.22 – Imagem com uma área de interesse (AOI) demarcada.



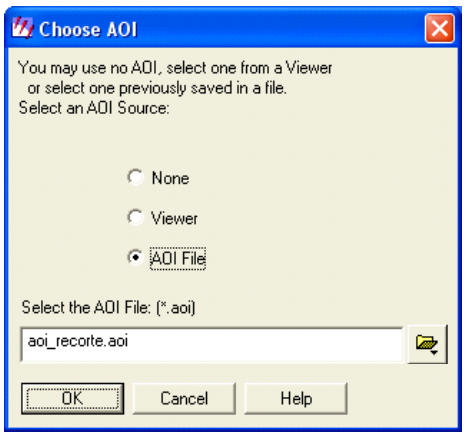


Figura 2.23 – Quadro da ferramenta Subset, usada para recortar uma imagem e quadro Choose AOI que permite escolher o arquivo AOI que será usado no recorte.

5. O quadro Choose AOI será aberto (Figura 2.23) permitindo escolher a área (AOI) que será usada para recorte. Se a AOI ainda estiver aberta sobre a imagem, selecione-a clicando em seu centro e em seguida marque a opção Viewer no quadro Choose AOI. Caso contrário, marque a opção AOI File e navegue até a pasta onde encontra-se o arquivo aoi_recorte.aoi: **C:/Tutorial_Imagine/Dados**. Clique em OK e as coordenadas dos vértices do AOI serão automaticamente transferidas para o quadro Subset.

6. Clique OK no quadro Subset e o processo de recorte da imagem será iniciado. Quando a barra de progresso da tarefa atingir 100% clique em OK. O recorte já estará disponível para ser visualizado na pasta em que foi salvo.

7. Há outras opções para definir uma área para recorte de uma imagem. Você pode definir a área de recorte utilizando a ferramenta Inquire Box. Selecione Utility | Inquire Box. Um retângulo é desenhado sobre a imagem (Figura 2.24). Se você clicar e arrastar sobre um dos lados ou vértices do retângulo, você ampliará ou reduzirá seu tamanho. Se você clicar dentro da área delimitada pelo retângulo, poderá arrastá-lo com o mouse para qualquer local da imagem. Delimite a sua área de interesse por meio dessa ferramenta. Em seguida volte ao quadro Subset, preencha os campos Input e Output File e clique sobre o botão From Inquire Box.

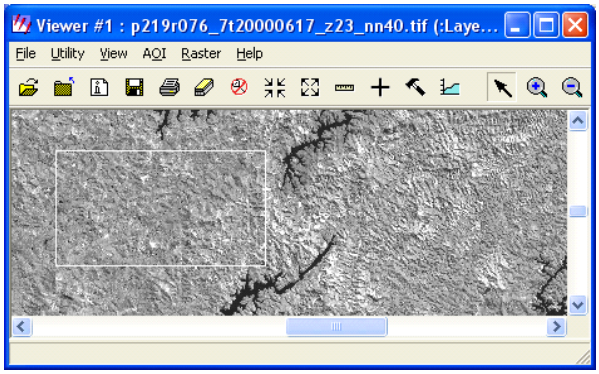


Figura 2.24 – Exemplo de uma Inquire Box delimitada sobre uma imagem.

8. Você ainda pode introduzir pelo teclado as coordenadas dos vértices da área que será usada para recorte. O ERDAS IMAGINE exige que você forneça as coordenadas dos quatro vértices (Four corners) ou apenas de dois vértices (Two corners): o superior esquerdo (ULX, ULY) e o inferior direito (LRX, LRY). Lembre-se que as coordenadas de qualquer ponto da imagem são apresentadas no rodapé do visor (Viewer) à medida que você desloca o mouse sobre a imagem.

Exercício 12 - Alterando a projeção e datum de uma imagem

1. Abra a imagem campinas_20000617.img

2. No menu do visor selecione Utility | Layer Info.

3. Observe em Projection Info que a imagem está em projeção UTM, Fuso 23, Esferóide e Datum WGS 84. (Figura 2.25)

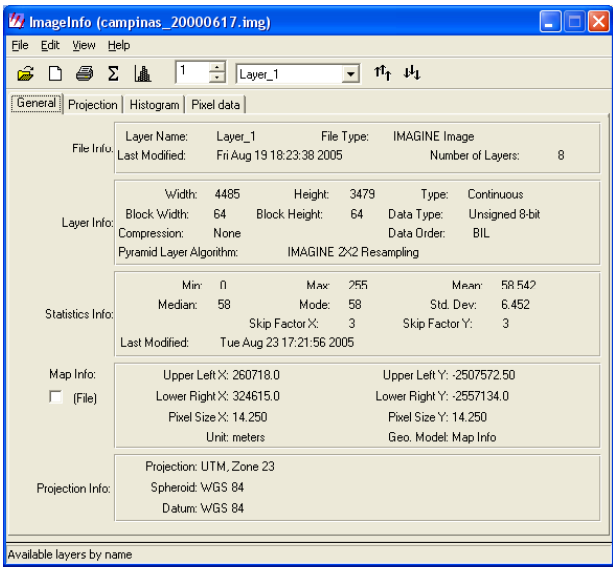


Figura 2.25 – Quadro informativo da imagem campinas_20000617.img

4. Para alterar a projeção e/ou datum da imagem, clique no ícone DataPrep da barra de menus do ERDAS IMAGINE.

5. Selecione Reproject Images. O quadro Reproject Images é exibido (Figura 2.26) . Em Input File acesse a imagem **campinas_20000617.img**. Em Output File escolha uma pasta para salvar a imagem de saída: **campinas_20000617_sad.img**.

6. O datum do sistema de projeção da imagem será alterado de WGS84 para o SAD69. Em Output Projection, clique sobre o pequeno globo, indicado por uma seta vermelha na Figura 2.26.

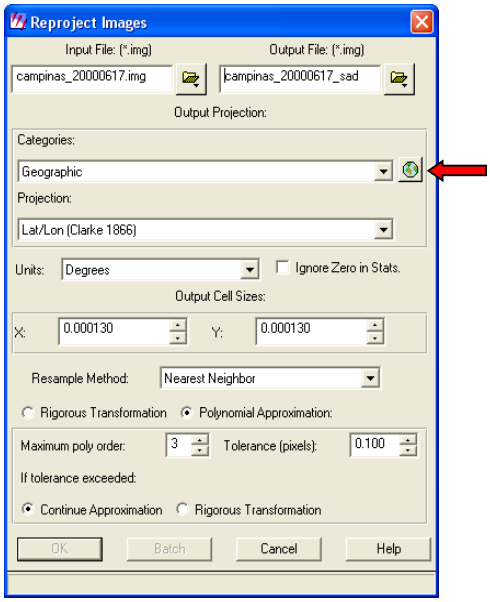


Figura 2.26 – Quadro Reproject Images. Permite escolher a projeção da imagem de saída.

O ERDAS IMAGINE oferece uma série de categorias de projeções pré-definidas usadas globalmente ou para determinados países. Caso você queira utilizar uma delas, basta selecionar uma categoria (UTM WGS84 South, por exemplo) e depois uma Projeção (Projection) dentro da categoria escolhida (UTM Zone 23 Range 48-42W, por exemplo). Não há na versão original do ERDAS IMAGINE uma categoria Brazil com as projeções e datuns normalmente utilizados no Brasil, a menos que alguém já a tenha criado.

Na etapa seguinte, será criada uma categoria Brazil e incluída a projeção que será utilizada no exercício.

7. O quadro Projection Chooser é aberto conforme Figura 2.27. Clique em Custom (Figura 2.27, seta verde) e acesse os menus para preencher as caixas Projection Type, Spheroid Name, ... exatamente como estão na Figura 2.27. Há muitos tipos de projeção que podem ser escolhidos. Escolha a Projeção UTM, o datum SAD69 (Brazil) e o fuso 23, onde está situado o município de Campinas.

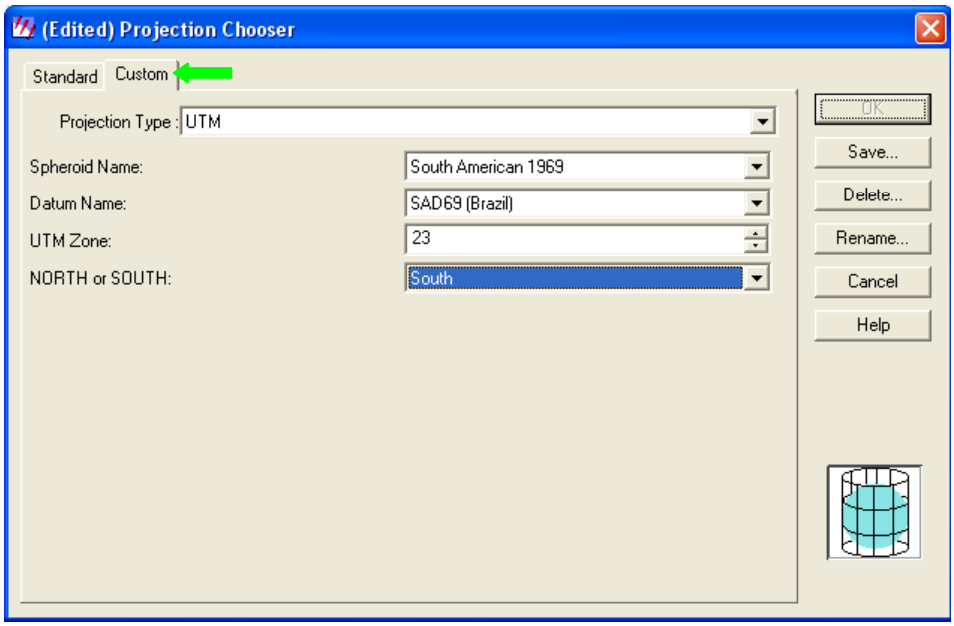


Figura 2.27 – Quadro utilizado para escolher ou editar uma projeção

8. Clique em Save. No quadro Save Projection, defina um nome para a Projeção e uma categoria. Salve com um nome que você possa facilmente identificar a projeção posteriormente. Você pode aceitar a sugestão apresentada na Figura 2.28: Nome da Projeção: UTM_SAD69_Fuso 23 e categoria Brazil.

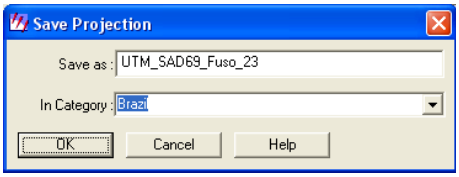


Figura 2.28 – Quadro para salvar uma projeção editada

9. Após clicar em OK, caso a categoria Brazil ainda não esteja definida, aparecerá uma mensagem perguntando se você deseja criar uma nova categoria: "*The projection category Brazil does not exist. Do you wish to create a new category with this name to save the item UTM_SAD69_Fuso23? "* Clique em Sim. O quadro Input File será aberto. Digite novamente o nome da categoria a ser criada (Brazil), seguido de Enter e clique em OK.

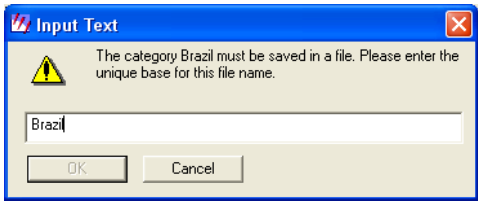


Figura 2.29 – Quadro que permite definir uma nova categoria de projeções no ERDAS IMAGINE

10. Clique OK no quadro Save Projection e OK no quadro Projection Chooser. É possível que o quadro Projection Chooser esteja mostrando outra projeção/datum. Não há problema.

11. Volte ao quadro Reproject Images e veja se a categoria e projeção que você definiu estão respectivamente nas caixas Categories e Projection (Figura 2.30). Caso contrário, acesse o menu dessas caixas, procure e selecione a categoria e a projeção que você definiu. Esta projeção fica gravada em um arquivo no computador, portanto, para um trabalho futuro que utilize a mesma projeção, datum e fuso ela não mais precisará ser criada, bastando acessá-la pelos menus do quadro Reproject Images.

12. Preencha as demais informações do quadro Reproject Images conforme a Figura 2.30.

13. Clique OK no quadro Reproject Images e a imagem reprojetada será criada e salva no arquivo de saída que você especificou.

14. Abra a imagem reprojetada e acesse seu quadro informativo (Utility | Layer Info) e confirme se a imagem realmente foi reprojetada para a projeção desejada (Figura 2.30)

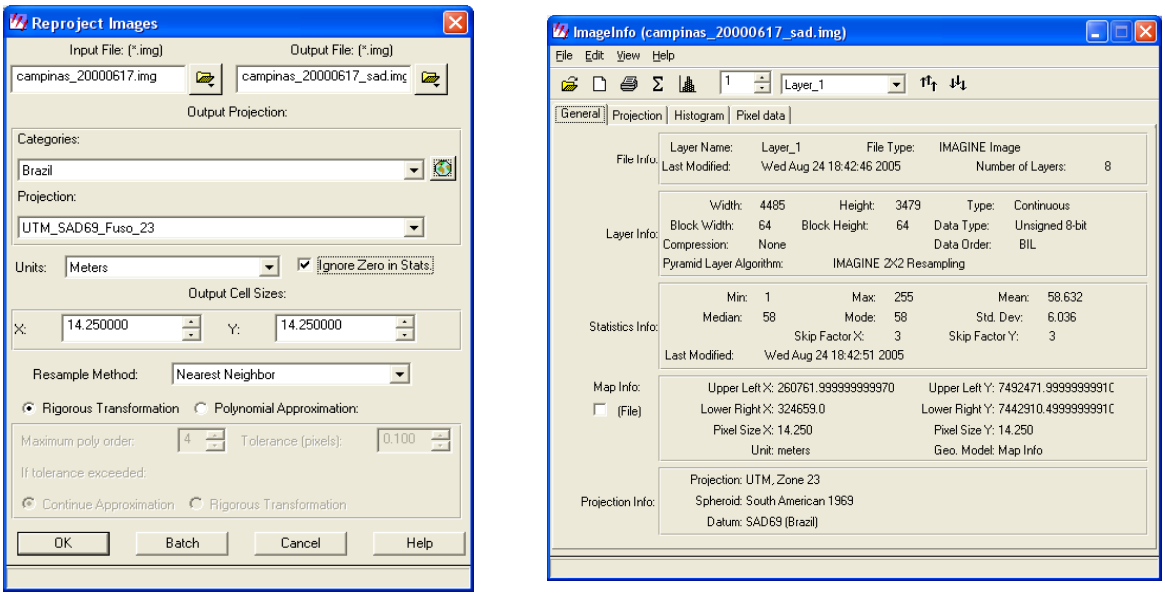


Figura 2.30 – Quadro com as informações necessárias para reprojetar a imagem do exercício e o aspecto da quadro informativo da imagem após a reprojeção. Observe a alteração no item Projection Info.

Exercício 13 - Exibindo duas imagens simultaneamente e estabelecendo uma ligação entre elas

1. Feche todos os visores abertos na tela.

2. Abra um novo visor.

3. Na barra de menus do visor clique em View | Split. Escolha vertical ou horizontal e veja o efeito na tela.

4. Dois visores serão apresentados ao mesmo tempo na tela do monitor de vídeo. A ferramenta é útil para mostrar duas imagens ao mesmo tempo na tela do monitor. Cada visor poderá ser subdividido pelo mesmo processo ou pode-se escolher a opção View | Split | Split..., que possibilita escolher o número de janelas visíveis na tela.

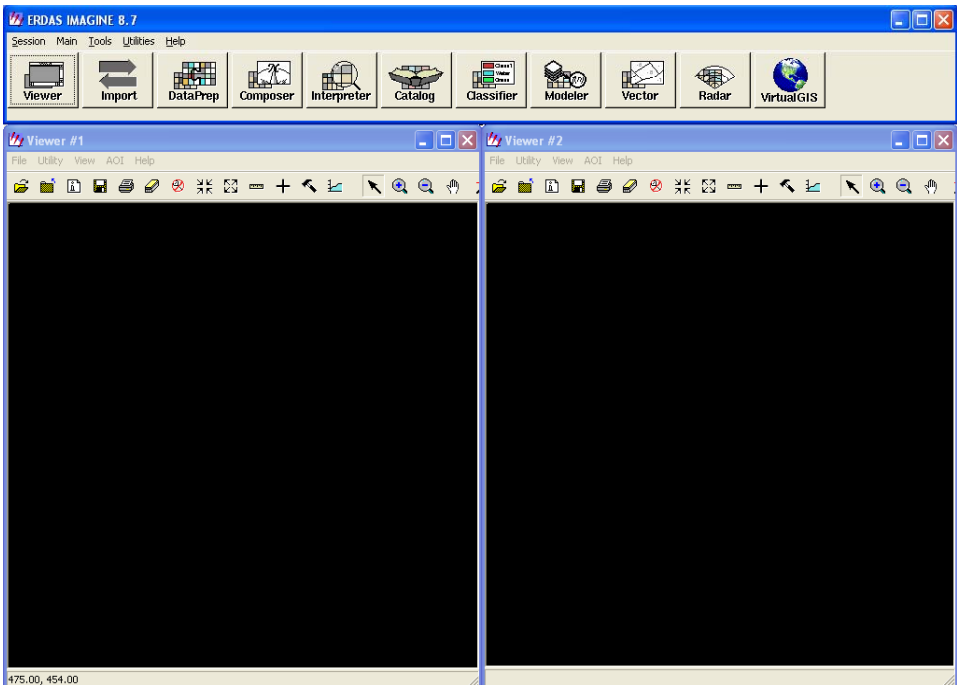


Figura 2.31 – Resultado do uso da ferramenta Split Vertical em um visor Viewer.

5. Feche novamente todos os visores abertos.

6. Também é possível, quando dois ou mais visores (Viewers) estão abertos, arranjá-las de modo que não ocorram sobreposições entre eles na tela do monitor de vídeo. Abra um visor com a imagem **campinas_20000617.img**. Em seguida, em um novo Viewer, abra a imagem **p219r076_7t20000617_z23_nn40.tif**. No menu principal do ERDAS IMAGINE (logo acima da barra de ícones) selecione **Session** | **Tile Viewers**. Os dois visores serão ajustados na tela do vídeo.

7. No visor onde está aberta a imagem **campinas_20000617.img**, clique sobre o ícone +, indicado por uma seta vermelha na Figura 2.32. Um cursor será mostrado sobre a imagem, assim como um quadro com informações sobre o pixel onde o cursor está posicionado.

8. Clique com o botão direito sobre a imagem **campinas_20000617.img**. Um menu será aberto (Figura 2.32, seta amarela). Selecione Geo Link/Unlink.

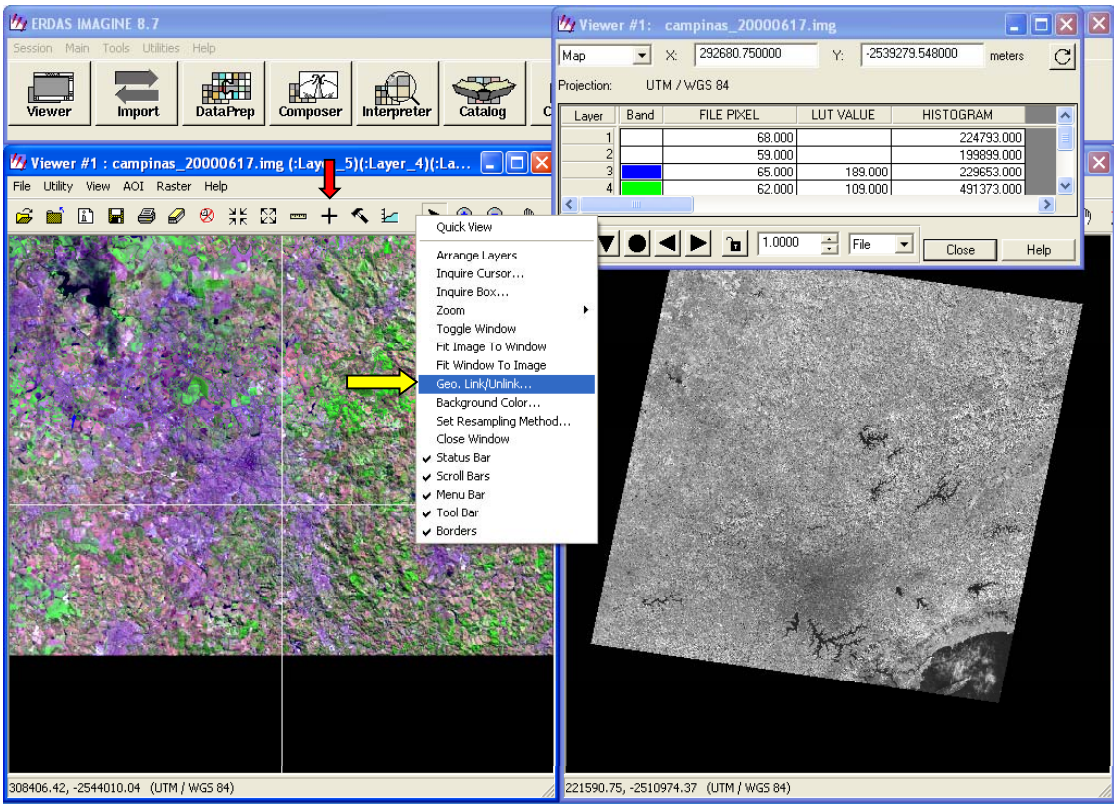


Figura 2.32 – Exibição simultânea de duas imagens na tela do monitor de vídeo. A primeira imagem apresenta um cursor. O pequeno quadro na parte superior direita da figura apresenta informações do pixel sobre o qual o cursor está posicionado.

9. O quadro Link/Unlink Instructions será mostrado (Figura 2.33). O ponteiro do mouse assumirá a forma indicada pela seta verde na Figura 2.33. Clique sobre a imagem **p219r076_7t20000617_z23_nn40.tif**. Um cursor e um retângulo serão mostrados sobre esta imagem. A área geográfica dentro do retângulo corresponde a mesma área geográfica da imagem **campinas_20000617.img** exibida no outro visor. Os cursores de ambas as imagens também estarão posicionados sobre o mesmo ponto geográfico. Movimente o cursor em uma das imagens (clique no seu centro e arraste o mouse). Você verá que o cursor da outra imagem também movimenta-se, sempre mostrando a mesma localização geográfica em ambas as imagens (Figura 2.34).

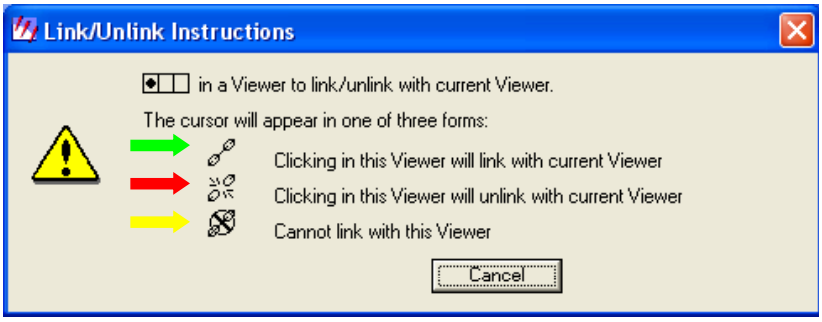


Figura 2.33 – Quadro com as instruções para estabelecer um link entre duas imagens

9. Caso não seja possível o link entre as imagens, o ponteiro do mouse assumirá a forma indicada pela seta amarela na Figura 2.33. Isto acontece normalmente quando as imagens exibidas não têm áreas geográficas em comum, ou uma das imagens não tem ou possui erros em seu sistema de coordenadas.

10. Para desfazer o link entre as duas imagens clique novamente em Geo Link/Unlink. Passe o mouse sobre ambas as imagens. Em uma delas o ponteiro do mouse assumirá a forma Unlink (seta vermelha da Figura 2.33). Com o mouse sobre esta mesma imagem, pressione seu botão. O link estará desfeito.

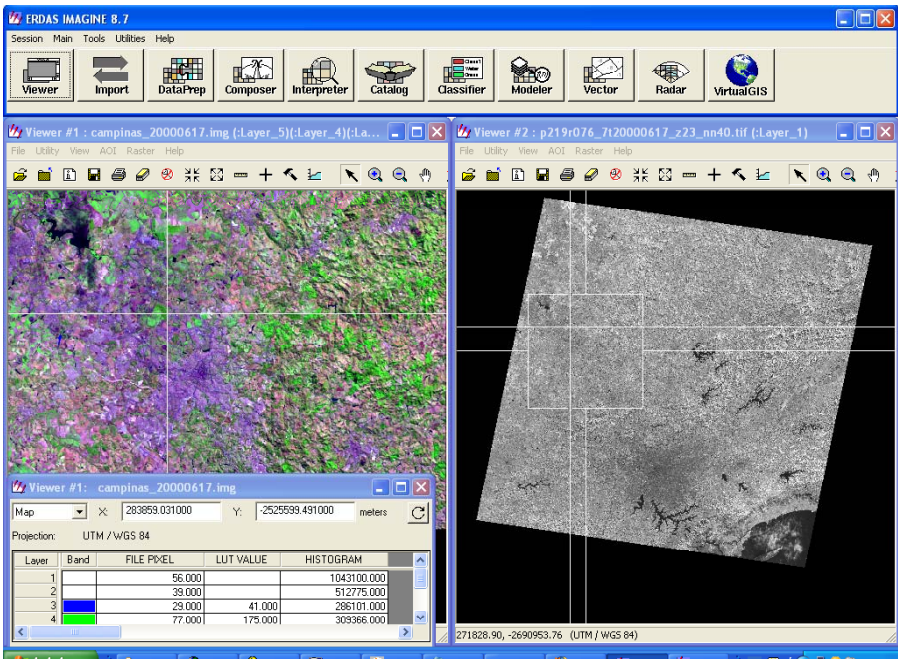


Figura 2.34 – Tela exibindo duas imagens com link entre elas.

Exercício 14 - Usando as opções para exibição de uma imagem (Raster Options)

Ao abrir uma imagem, quando Raster Options é clicado, são mostradas uma série de opções dispostas em menus ou caixas de checagem que você pode escolher ou ativar. Algumas delas já foram usadas em exercícios anteriores. Veja o que cada opção pode oferecer:

Orient Image to Map System: quando sua caixa de checagem está ativada (com um x), o visor exibirá a imagem de acordo com o sistema de coordenadas geográficas associado ao arquivo da imagem, com o norte apontando sempre para a parte superior da tela. Quando a caixa está desativada, o visor exibirá a imagem segundo o sistema de coordenadas da imagem (número de colunas e linhas) com o ponto (0,0) ocupando sempre o vértice superior esquerdo da imagem. Quando a exibição da imagem em coordenadas da imagem e em coordenadas geográficas é coincidente, o ERDAS IMAGINE apresenta a caixa de checagem ativada e não permite sua desativação.

Clear Display (Limpar Exibição): se sua caixa de checagem estiver ativada e uma nova imagem for carregada, a imagem corrente será removida do visor. Desative a caixa de checagem quando quiser sobrepor imagens.

Set Viewer Extent: usado para exibir apenas parte da imagem. Permite você especificar as coordenadas do vértice superior esquerdo e do vértice inferior direito da porção da imagem a ser exibida. Um quadro é aberto para a introdução das coordenadas.

Fit to Frame: com a caixa de checagem ativada, a imagem é aumentada ou reduzida para ajustar-se ao tamanho da janela do visor.

Data Scaling: uma ampliação de contraste é executada na imagem antes que ela seja exibida na tela. A ampliação de contraste altera o valor atribuído a cada pixel da imagem, porém este valor é alterado apenas para exibição na tela. Os valores de arquivo da imagem não são alterados. A ampliação de contraste é aplicada para os valores entre duas vezes o desvio padrão abaixo e acima da média. A faixa de valores dentro desse intervalo é redistribuída para ocupar toda a faixa de valores disponíveis (0 a 255 no caso de imagens com 8 bits). Se desejar que o contraste seja aplicado para uma outra faixa de valores, a caixa do Data Scaling deverá ser ativada. Veja na Figura 2.6 a faixa default em que o contraste é aplicado no ERDAS IMAGINE.

Background Transparent: o fundo da imagem ou de qualquer outro arquivo matricial torna-se transparente quando esta opção é ativada.

Zoom by: se a opção Fit to Frame estiver desativada, você poderá entrar com a razão de zoom para a imagem e ela será mostrada ampliada no visor. A ampliação poderá ser de 2X, 4X ou mais.

Using: permite escolher o método de reamostragem que será usado quando a imagem for ampliada. A nova imagem, resultante da ampliação, tem os valores de seus pixels recalculados por meio de um algoritmo. Os principais algoritmos de reamostragem são:

- **Vizinho mais próximo** (Nearest Neighbor): o valor de um pixel da imagem resultante é igual ao valor do pixel da imagem original que está mais próximo do centro do novo pixel (CRÓSTA, 1993). Principal desvantagem: os valores dos pixels se repetem formando uma imagem visualmente com pouca estética (CRÓSTA, 1993). Principal vantagem: transfere os valores originais dos pixels sem efetuar qualquer média entre eles. Ideal para imagens que serão classificadas ou arquivos de imagens temáticas de dados qualitativos (nominais ou ordinais) ou dados quantitativos (intervalos ou razões) (ERDAS, 1999a).

- **Interpolação bilinear** (Bilinear Interpolation): toma por base os valores dos quatro pixels vizinhos mais próximos do centro do novo pixel, calculando uma média ponderada pelas distâncias dos centros desses quatro vizinhos ao centro do novo pixel (CRÓSTA, 1993). Principais desvantagens: valores de DN dos pixels são alterados, as feições de bordas da imagem original podem ser suavizadas, perdendo contraste (CRÓSTA, 1993). Principais vantagens: imagens com melhor qualidade visual, imagem mais espacialmente acurada do que a resultante do algoritmo vizinho mais próximo (ERDAS, 1999a).

- **Convolução cúbica** (Cubic Convolution): baseia-se no ajuste de uma superfície polinomial de terceiro grau (bidimensional) à região circundando o pixel em questão. Neste caso, os 16 vizinhos mais próximos são usados para determinar o valor do novo pixel (CRÓSTA, 1993). Principal vantagem: a qualidade visual da imagem é ainda melhor. Principal desvantagem: valores de DN dos pixels são alterados.

- **Interpolação por spline bicúbico** (Bicubic Spline Interpolation): este método ajusta uma superfície por spline cúbico para os valores dos pixels da imagem. A curva ajustada mantém os valores dos pontos conhecidos. Os novos pontos são derivados da superfície ajustada. O método produz excelentes resultados, mas demanda um tempo de processamento bem maior que os outros (LEICA GEOSYSTEMS, 2003).

Observação: Os algoritmos de reamostragem não são usados apenas para a exibição de uma imagem ampliada em tela. Outras funções do ERDAS IMAGINE, como a correção geométrica e a fusão de imagens, utilizam os mesmos algoritmos.

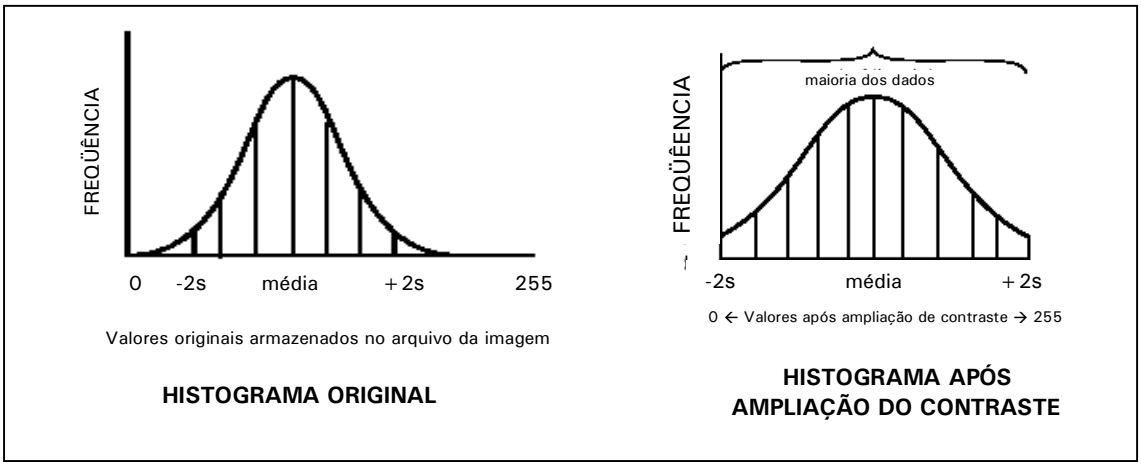


Figura 2.35 Histogramas de uma imagem antes e após a ampliação de contraste. A faixa de valores compreendida entre 2 vezes o desvio padrão abaixo e acima da média é estendida pelo ERDAS IMAGINE para ocupar toda a faixa que o dispositivo de visualização oferece (de 0 a 255 para imagens de 8 bits). Os valores fora desta faixa assumem o valor zero ou 255 (Modificado de ERDAS, 1999a).

1. Para testar as opções de exibição de uma imagem, abra a imagem campinas_b8.img e marque a caixa de checagem No Stretch. Em um outro visor, abra a mesma imagem sem marcar essa caixa. Abra também a mesma imagem com a opção Data Scaling marcada. Esta opção exibe o histograma da imagem e exige o preenchimento de um quadro com o limite superior e inferior do intervalo onde vai haver a ampliação de contraste. Se você usar o mesmo intervalo assinalado na Figura 2.36, os pixels com valores entre 30 e 50 assumirão novos valores entre 0 e 255. Os pixels abaixo de 50 assumirão o valor zero e os pixels acima de 50 assumirão o valor 255. No caso de composições coloridas, a ampliação de contraste pode ser aplicada para as 3 bandas da composição separadamente.

2. Veja as diferenças de contraste entre as três imagens abertas (Figura 2.37).

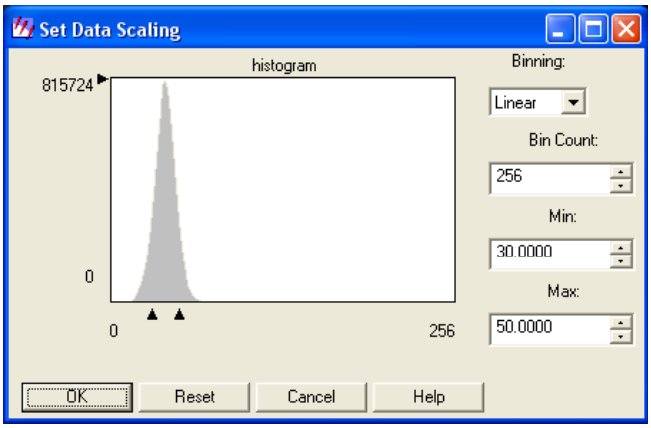


Figura 2.36 – Caixa para definir a faixa de valores de pixel para ampliação do contraste. Nesse caso os valores entre 30 (min) e 50 (max) assumirão valores entre 0 e 255. A função que relaciona os novos valores aos antigos será uma função linear.

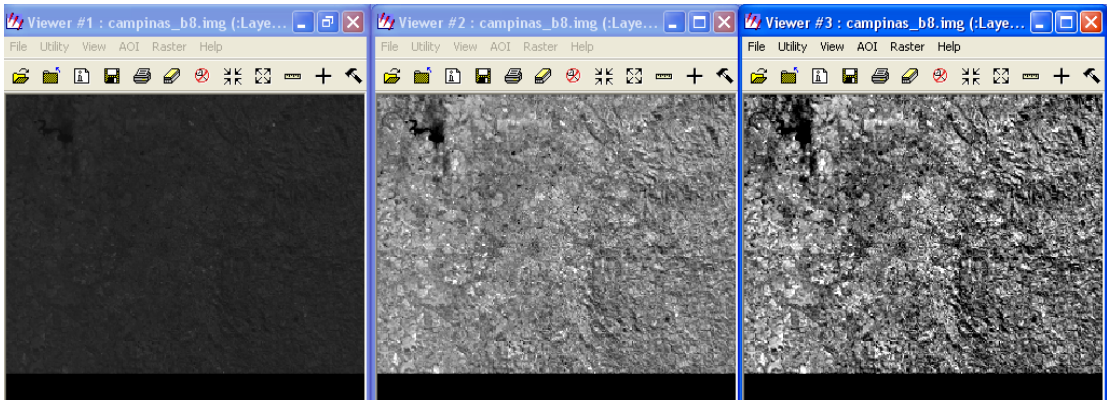


Figura 2.37 - Imagem campinas_b8 img antes e após a ampliação de contraste. Na primeira tela não foi aplicada ampliação de contraste (No Stretch). Na segunda tela foi aplicado o contraste padrão do ERDAS IMAGINE, onde os valores dos pixel entre 2 vezes o desvio padrão abaixo e acima da média são estendidos para a faixa de valores compreendida entre 0 e 255. Na terceira tela foi usada a opção Data Scaling. Os pixels com valores entre 30 e 50 foram estendidos para a faixa de valores entre 0 e 255. Os pixels com valores fora do intervalo 30 – 60 assumiram o valor 0 ou 255.

Exercício 15 - Obtendo informações sobre pixels e áreas de uma imagem

1. As opções de alteração do contraste vistas no exercício anterior não alteram os valores originais dos pixels da imagem. Os novos valores dos pixels são calculados apenas para a exibição da imagem na tela e armazenados num arquivo temporário denominado lookup table. Os valores da lookup table são denominados LUT values.

2. Abra novamente a imagem campinas_20000617.img em uma composição colorida RGB qualquer, sem marcar a opção No Stretch. Na barra de menus do visor selecione Utility | Inquire Cursor.

3. Um retículo em forma de cruz é desenhado sobre a imagem e um quadro (Figura 2.38) apresenta as informações do pixel sobre o qual o retículo está posicionado: coordenadas, valor de arquivo e o LUT value do pixel, além da quantidade de pixels com o mesmo valor na imagem (coluna HISTOGRAM). Este retículo também funciona como um cursor, podendo ser deslocado sobre a imagem. Clique em seu centro e arraste-o com o mouse. O cursor pode ser movimentado também por meio do quadro de informações, clicando sobre as setas pretas existentes na parte inferior do quadro, ou digitando as coordenadas (X, Y) do local em que você deseje posicioná-lo.

4. Para mudar a cor do cursor (cruz branca) selecione Utility | Inquire Color

5. Um pequeno quadro Inquiry Color será apresentado. Clicando no ícone da lista *popup*, uma relação de cores será apresentada. Basta clicar sobre uma das cores e clicar em OK. O cursor mudará de cor.

6. Para mudar de formato selecione Utility | Inquire Shape.

7. Um quadro com formatos diferentes de cursores, em forma de ícones, é apresentado. Escolha um dos tipos, clique em Use Icon e em Apply e veja o resultado na tela. A cruz transforma-se em setas ou círculos dependendo do formato que você escolheu. Experimente outros tipos de formatos.

8. Você pode também obter informações sobre uma área retangular da imagem. Para isso, selecione Utility | Inquire Box no menu do visor. Uma área retangular (cursor de área) é desenhada sobre a imagem e um quadro apresenta informações sobre as coordenadas dos vértices da área. Este retângulo pode ser deslocado, ampliado ou reduzido. Para deslocá-lo, clique em seu centro e arraste o mouse. Para ampliar ou reduzir sua área, clique em seus vértices ou lados e arraste o mouse. A mudança de cor da Inquire Box pode ser feita pelo próprio quadro informativo da Inquire Box (caixa Box Color) . (Figura 2.39).

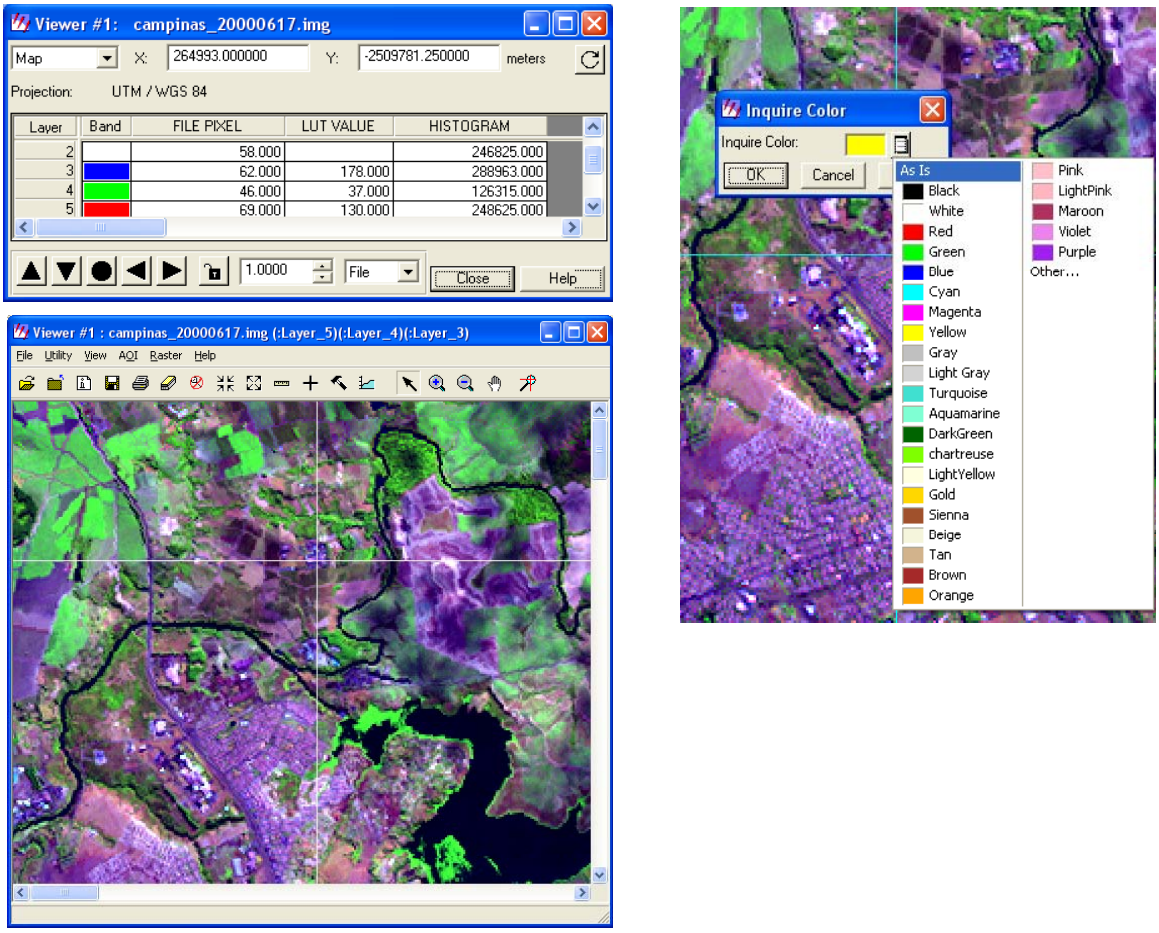


Figura 2.38 – Cursor de consulta (Inquire Cursor) mostrando o quadro de informações do pixel sobre o qual o cursor está posicionado. À direita, a caixa Inquire Color que permite a alteração da cor do cursor.

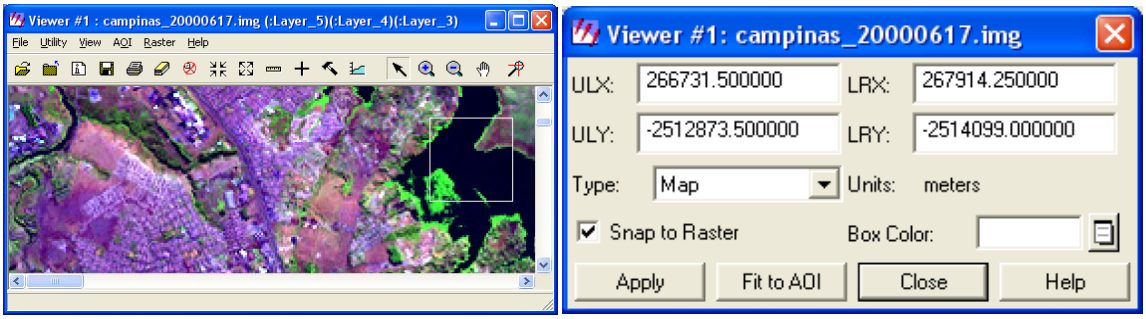


Figura 2.39 – Uso da ferramenta Inquire Box para delimitar áreas retangulares sobre uma imagem; ao lado quadro informativo dos vértices da área delimitada.

Exercício 16 - Visualizando um arquivo vetorial

O ERDAS IMAGINE possui um módulo que trabalha com dados vetoriais, permitindo fazer a integração de dados matriciais (raster) com dados vetoriais. As ferramentas vetoriais do ERDAS IMAGINE são baseadas no modelo de dados da ESRI, assim, formatos de arquivos vetoriais normalmente utilizados no ARCGIS, como ArcInfo Vector Coverages, ESRI Shapefile e ESRI SDE Vectors podem ser usados no ERDAS IMAGINE sem conversões. Neste exercício será aberto um arquivo no formato Shapefile (extensão shp).

1. Abra um visor (Viewer) e selecione File | Open | Vector Layer

2. Em Select Layer to Add, altere a caixa Files of type para Shapefile (*.shp) clicando na seta à direita da caixa.

3. Selecione o arquivo uso_cobertura_WGS.shp (Figura 2.40).

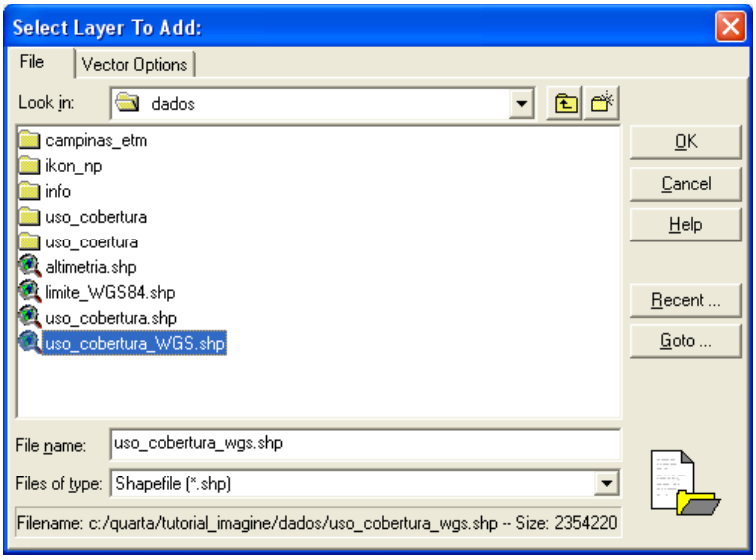


Figura 2.40 – Quadro mostrando o arquivo vetorial que será aberto.

4. Clique OK.

5. O arquivo vetorial, um mapa de uso e cobertura das terras do município de Campinas é mostrado na tela (Figura 2.41). As mesmas ferramentas de zoom, pan, e ajustes de tamanho utilizadas para arquivos de imagens podem ser utilizadas para arquivos vetoriais.

6. O mapa é composto por polígonos e irá exibir os polígonos no padrão default do ERDAS IMAGINE, geralmente com contornos em preto e preenchimento em azul. Para alterar o padrão de visualização clique sobre Vector no menu do visor e selecione View Properties. O quadro Properties for uso_cobertura_wgs.shp será aberto (Figura 2.42)

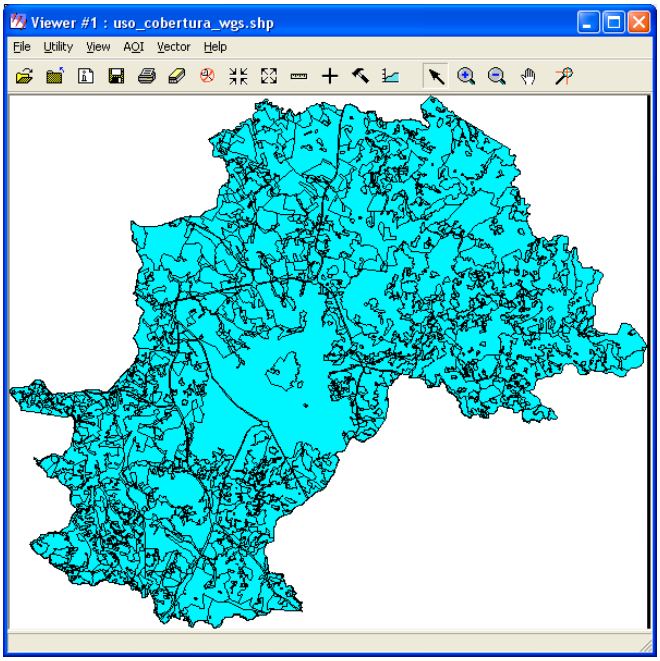


Figura 2.41 – Mapa de uso e cobertura das terras do município de Campinas em formato vetorial

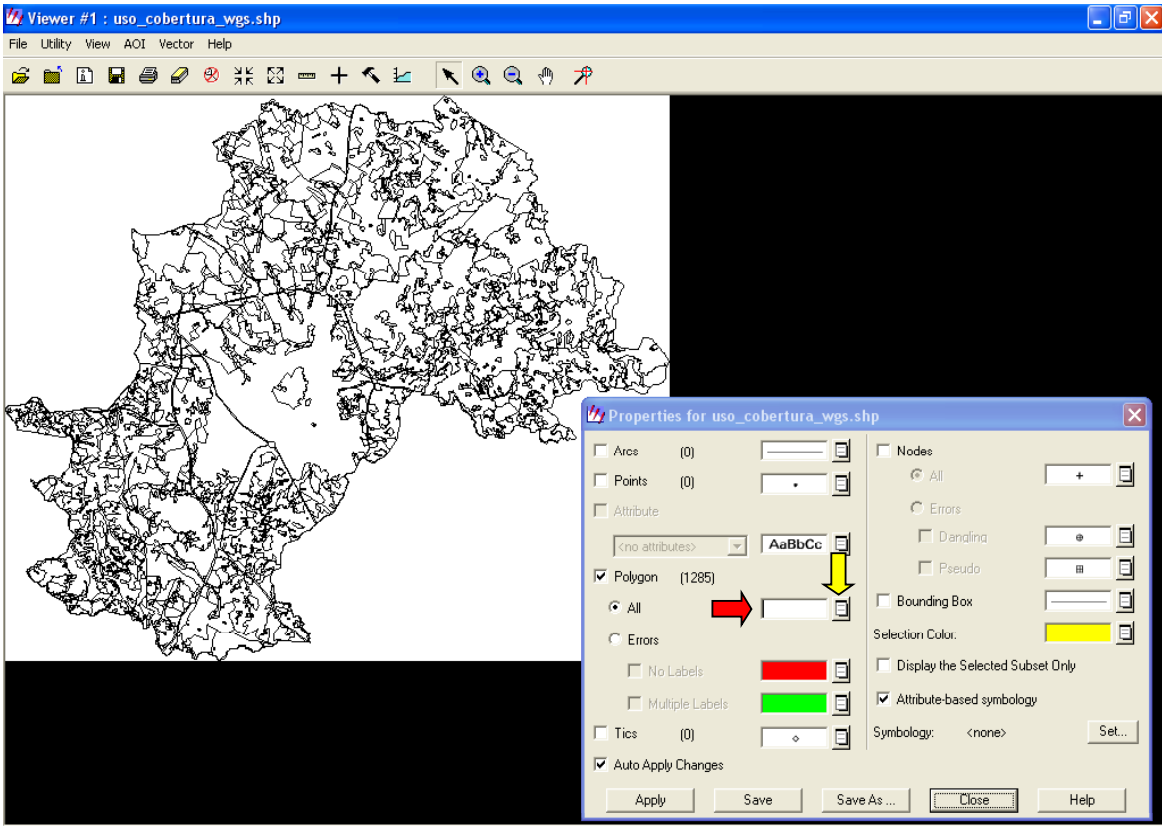


Figura 2.42 – Quadro Properties for uso_cobertura_wgs.shp que permite alterações nas propriedades de exibição das feições vetoriais e o resultado obtido após a aplicação das novas propriedades.

7. Como o arquivo é composto por polígonos, clique na caixa de checagem da opção Polygon e em All, logo abaixo de Polygon. A cor de representação dos polígonos no visor é apresentada na caixa correspondente (seta vermelha, Figura 2.42). Clique no pequeno ícone à direita dessa caixa (seta amarela, Figura 2.42) e escolha uma outra cor para representar as feições poligonais. O ideal é utilizar cor apenas para o contorno dos polígonos e deixar seu interior transparente. Para isso, selecione na lista de cores disponíveis a opção Outlined black, e marque as demais opções presentes na caixa conforme a Figura 2.42.

8. Clique em Apply. O arquivo vetorial será mostrado na tela com um novo aspecto: apenas o contorno das feições, em preto (Figura 2.42).

9. A espessura das linhas das feições também podem ser alteradas. No quadro Properties for..uso_cobertura_wgs.shp. clique sobre a lista *popup* próxima à caixa All (seta amarela, Figura 2.42) e selecione Other. O quadro Fill Style Chooser será aberto (Figura 2.43). Clique sobre Custom (seta vermelha) e marque a caixa de checagem Auto Apply Changes (seta amarela). Não marque a opção Use Solid Color. Marque a opção Use Outline e clique no ícone existente próximo a esta opção (seta azul, Figura 2.43). Há uma série de cores disponíveis para a visualização do contorno dos polígonos, entretanto, escolha Other. O quadro Line Style Chooser será aberto.(Figura 2.44).

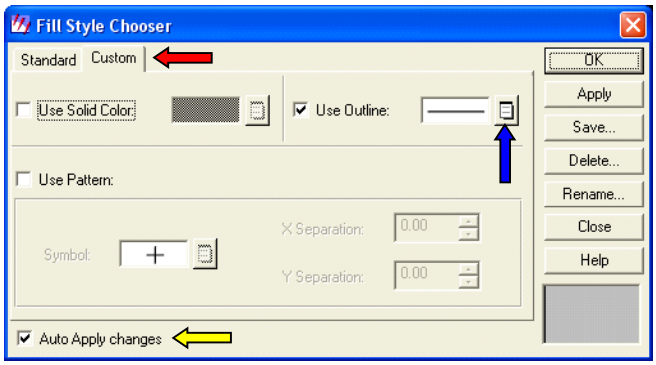


Figura 2.43 – Quadro usado para definir a cor de preenchimento e de contorno das feições vetoriais

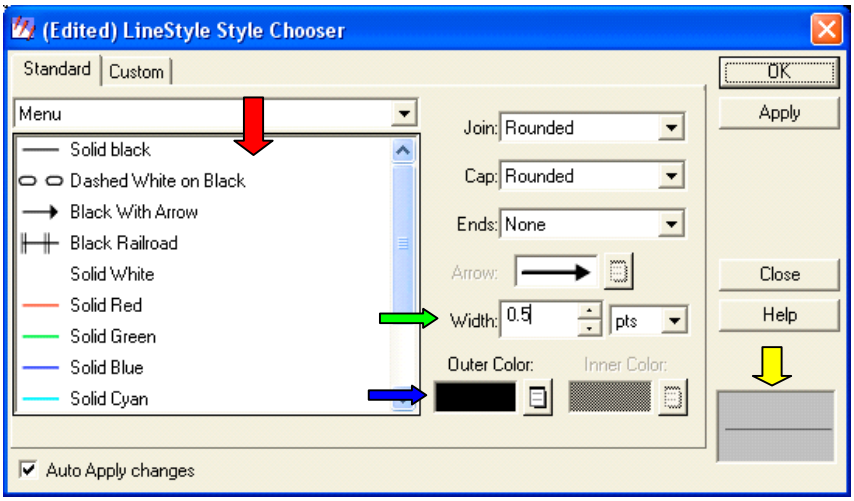


Figura 2.44 – Opções para alterações de formato, cor e espessura das linhas

10. Seguindo a Figura 2.44, altere a espessura das linhas (Width) para 0.50 ponto, digitando este valor na caixa próxima a Width (seta verde) . Caso queira, também altere a cor da linha. (seta azul). Veja também as inúmeras alternativas de estilo de linhas disponíveis (seta vermelha). É conveniente para o próximo exercício que os polígonos não tenham preenchimento e que as linhas de contorno fiquem em preto. O estilo das feições definidas é mostrado na caixa no canto inferior direito do quadro (seta amarela). Para aplicar definitivamente o novo estilo, clique em Apply e em OK e observe o resultado na tela.

11. Clique em Close no quadro Properties for uso_cobertura_wgs.shp e a mensagem "Attention" da Figura 2.45 será mostrada. Clique em Sim e salve a simbologia definida neste exercício. Um quadro é aberto permitindo escolher o diretório e o nome do arquivo onde será salva a simbologia. Como sugestão, adote o mesmo nome e pasta da Figura 2.45. Na próxima vez que o arquivo for aberto será possível associá-lo ao arquivo de simbologia e ele será exibido com o mesmo visual que foi definido neste exercício.

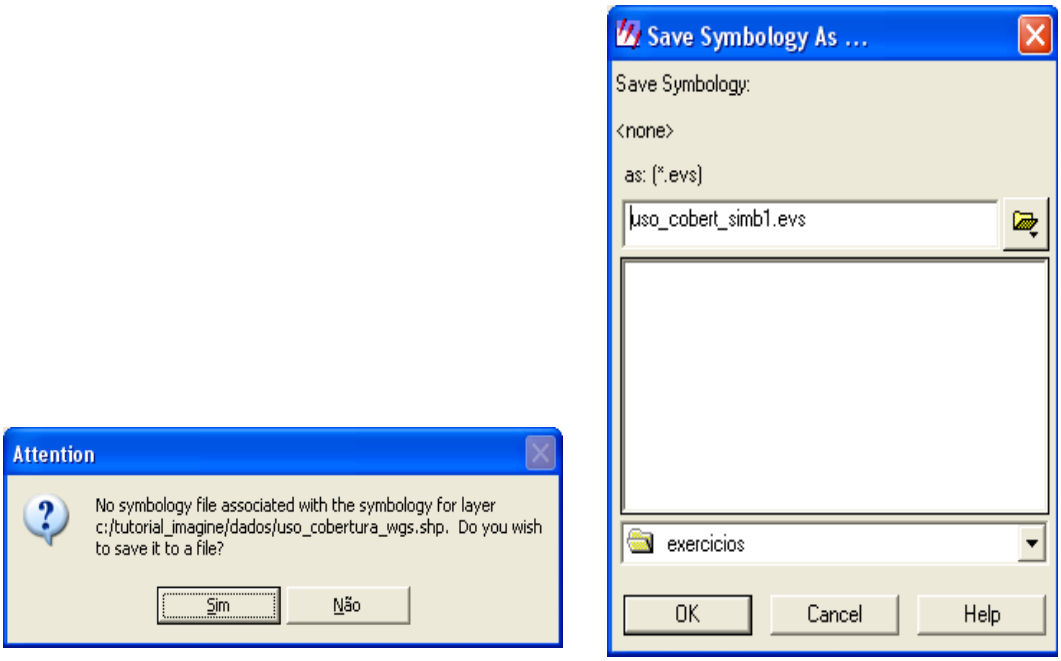


Figura 2.45 –Salvando a simbologia associada a um arquivo vetorial.

12. O arquivo utilizado contém apenas polígonos, porém poderia conter outros tipos de feições como arcos, nós e pontos que também poderiam ter seu visual alterado por processo semelhante. Do mesmo modo, suas caixas de checagem deverão estar ativadas para que possam ser visualizadas no visor. Veja na Figura 2.46 um resumo de como alterar o modo de exibição das feições vetoriais de um arquivo qualquer.

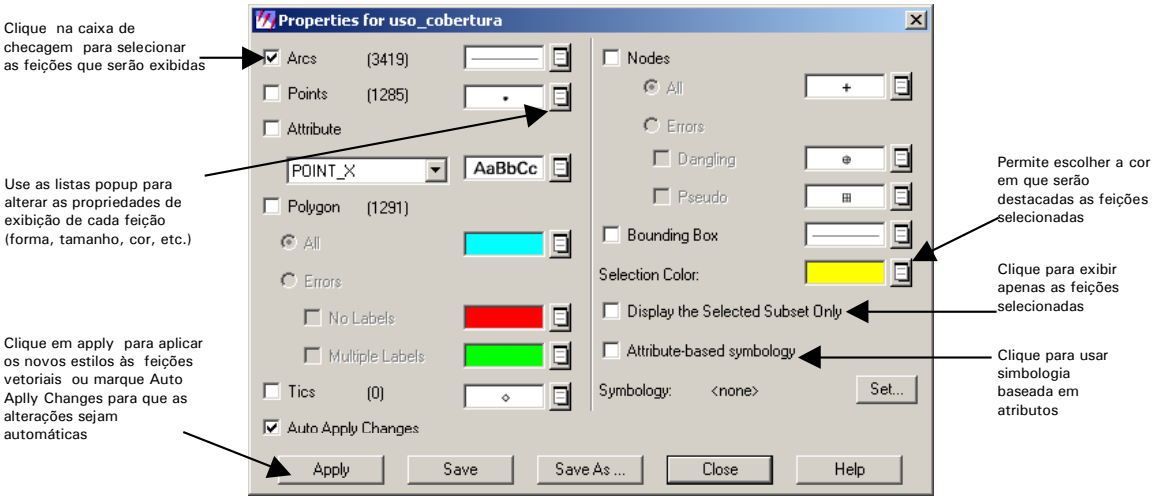


Figura 2.46 – Instruções para a alteração das propriedades de exibição das feições de um arquivo vetorial.

Exercício 17 - Visualizando uma camada vetorial sobre uma imagem

1. Abra um visor e selecione File | Open | Raster Layer.

2. Em Select Layer to Add, em Filename acesse a pasta C:/Tutorial Imagine/Dados e selecione o arquivo campinas_20000617.img.

3. Antes do OK, clique em Raster Options e habilite a opção Fit to Frame e desabilite a opção Clear Display.

4. Clique OK e a imagem será exibida no visor.

5. No mesmo visor, selecione File | Open | Vector Layer

6. Em Select Layer to Add, em File Type selecione Shapefile. Em Filename acesse a pasta C:/Tutorial Imagine/Exercicios e selecione o arquivo uso_cobertura_wgs.shp.

7. Antes do OK, clique em Vector Options. Não marque a opção Clear Display. Marque a opção Use Symbology. Clique em Set. No quadro Choose Symbology, abra o arquivo de simbologia (*.evs) que você salvou no exercício anterior.

8. Clique OK em Choose Symbology e em Select layer to Add e a camada correspondente ao arquivo vetorial será mostrada sobre a camada matricial (Imagem). Veja, na Figura 2.47, a aparência das camadas sobrepostas.

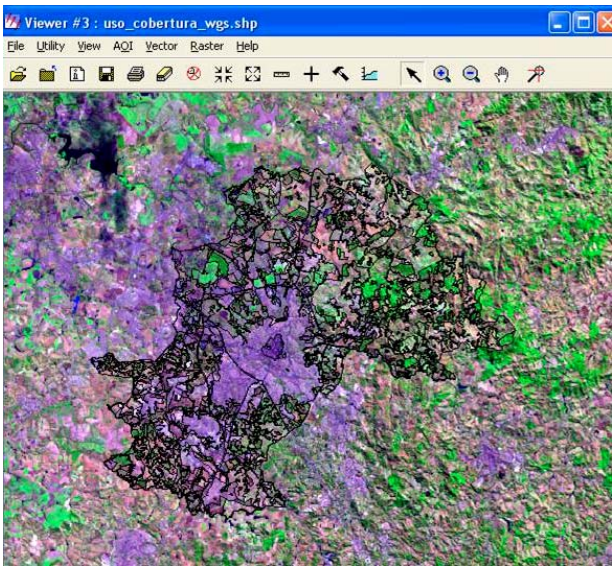


Figura 2.47 - Feições vetoriais sobrepostas a uma imagem.

9. Você poderá alterar cores e formas de exibição das feições vetoriais para que elas se destaquem melhor sobre a imagem. O procedimento é o mesmo descrito no exercício anterior. É conveniente que apenas o contorno dos polígonos seja exibido (opção Outlined...)

Exercício 18 - Visualizando atributos dos polígonos

1. No menu do visor (Viewer) selecione Vector | Tools.

2. A paleta de ferramentas vetoriais será mostrada. Clique sobre a ferramenta de seleção individual (Figura 2.48).

.

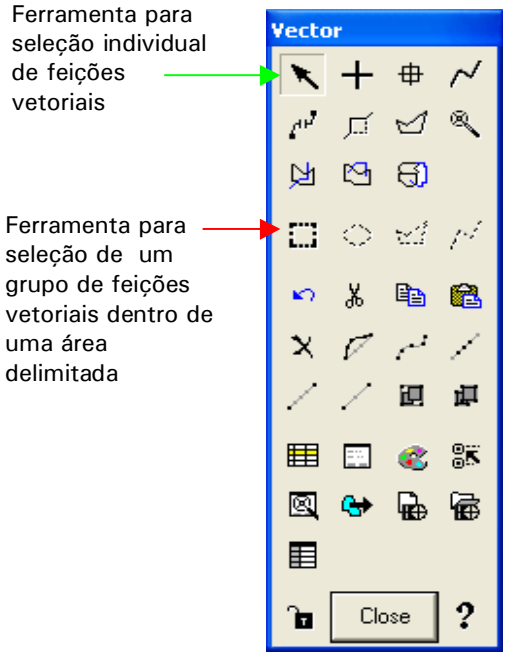


Figura 2.48 - Paleta de ferramentas vetoriais. Várias ferramentas para a edição de polígonos estão disponíveis nessa paleta.

3. Clique sobre um dos polígonos do arquivo vetorial aberto no visor. Você poderá ampliar a figura para ficar mais fácil a visualização dos polígonos (Se você quiser selecionar mais de um polígono, mantenha pressionada a tecla Shift, enquanto clica sobre os polígonos, ou use a ferramenta cadeado da paleta de ferramentas).

4. O polígono selecionado será mostrado em amarelo (Figura 2.49), ou em outra cor, se você alterar a cor através da opção Selection Color do quadro Properties for... (Veja Figura 2.46).

5. Clique fora do(s) polígono(s) selecionado(s) para eliminar a seleção.

6. Na barra de menus do visor, selecione Vector | Atributes

7. O quadro Atributes for... com a listagem dos atributos dos polígonos que compõem o arquivo vetorial será mostrado, conforme Figura 2.50.

8. Clique sobre um dos polígonos exibidos no visor. O polígono será destacado em amarelo e seu registro no quadro Atributes for... também. (Figuras 2.49 e 2.50).

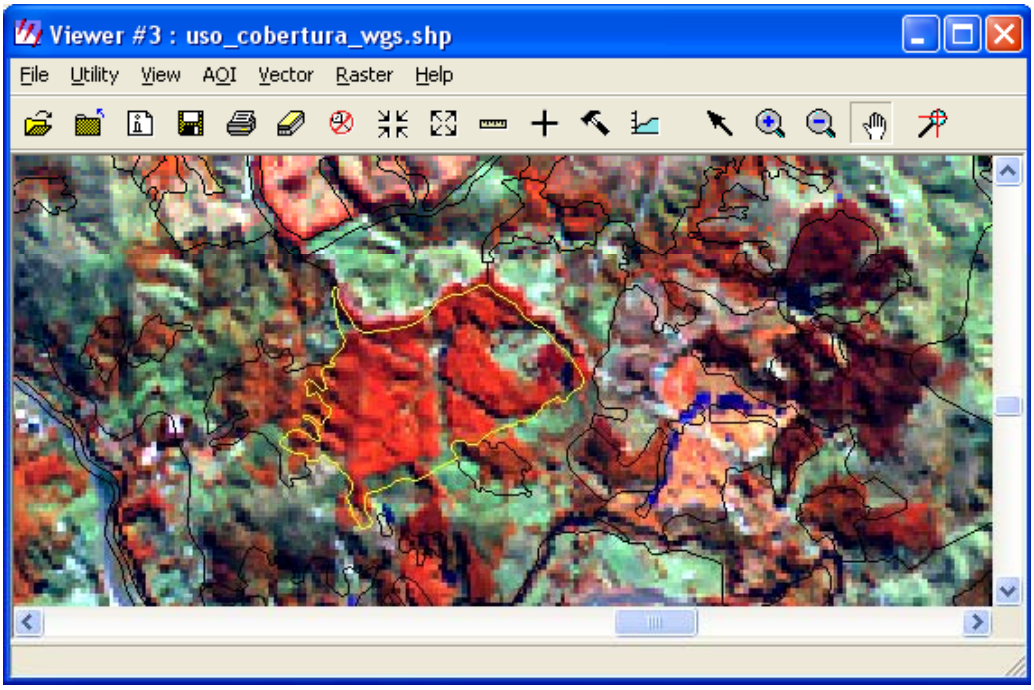
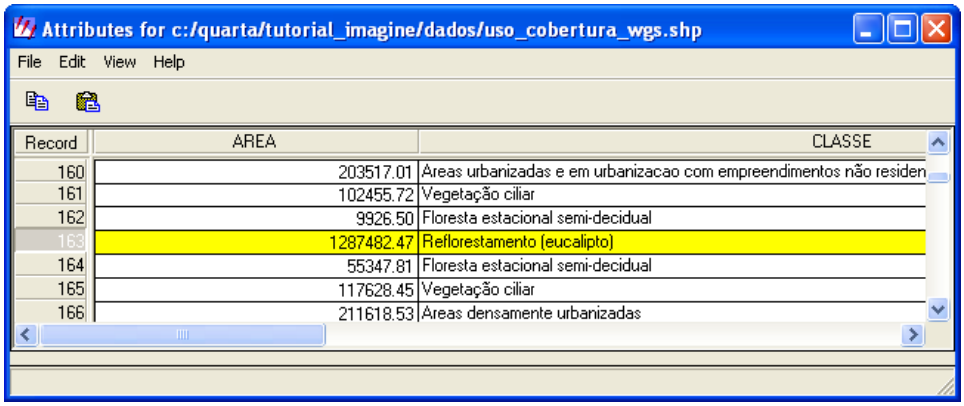


Figura 2.49 . Seleção de um polígono do arquivo vetorial do mapa de uso e cobertura das terras do município de Campinas. Cada polígono do mapa corresponde a uma classe de uso/cobertura. Em destaque, o polígono com registro número 163, área ocupada por reflorestamento com eucalipto, conforme assinalado no quadro Attributes for...da Figura 2.50. O arquivo vetorial está sobreposto a uma imagem Landsat ETM+ em composição R (banda 4), G (banda 5) e B (banda3).



Record	AREA	CLASSE
160	203517.01	Areas urbanizadas e em urbanizacao com empreendimentos não residen
161	102455.72	Vegetação ciliar
162	9926.50	Floresta estacional semi-decidual
163	1287482.47	Reflorestamento (eucalipto)
164	55347.81	Floresta estacional semi-decidual
165	117628.45	Vegetação ciliar
166	211618.53	Areas densamente urbanizadas

Figura 2.50 - Quadro Attributes for ... exibindo os atributos dos polígonos do arquivo vetorial.

9. Você pode também selecionar um registro na tabela de atributos e a feição vetorial correspondente será marcada na representação gráfica (mapa). No quadro Atributes for..., clique sobre um número de registro qualquer (coluna Record). O registro e o polígono correspondente serão destacados em amarelo no mapa e na tabela.

10. Para selecionar todos os registros, clique com o botão direito do mouse sobre a coluna Record e selecione Row Selection | Selection All. Para desfazer a seleção, repita o procedimento e escolha Row Selection | Select None.

11. Para selecionar um grupo de feições vetoriais a partir da representação gráfica, clique na ferramenta Marquee (retângulo tracejado) presente na paleta de ferramentas vetoriais (Figura 2.48, seta vermelha). Em seguida, clicando e arrastando o mouse, desenhe uma área retangular contendo as feições que você quer selecionar. Quando o mouse for liberado, todas as feições dentro da área desenhada e seus atributos no quadro Attributes for ... serão selecionados e marcados em amarelo.

12. Retire a seleção dos polígonos clicando fora dos polígonos selecionados.

Exercício 19 - Selecionando feições vetoriais segundo critérios

1. No menu do quadro Attributes for..., clique na opção Edit e selecione Select Rows by Criteria.

2. O quadro Selection Criteria será aberto (Figura 2.51).

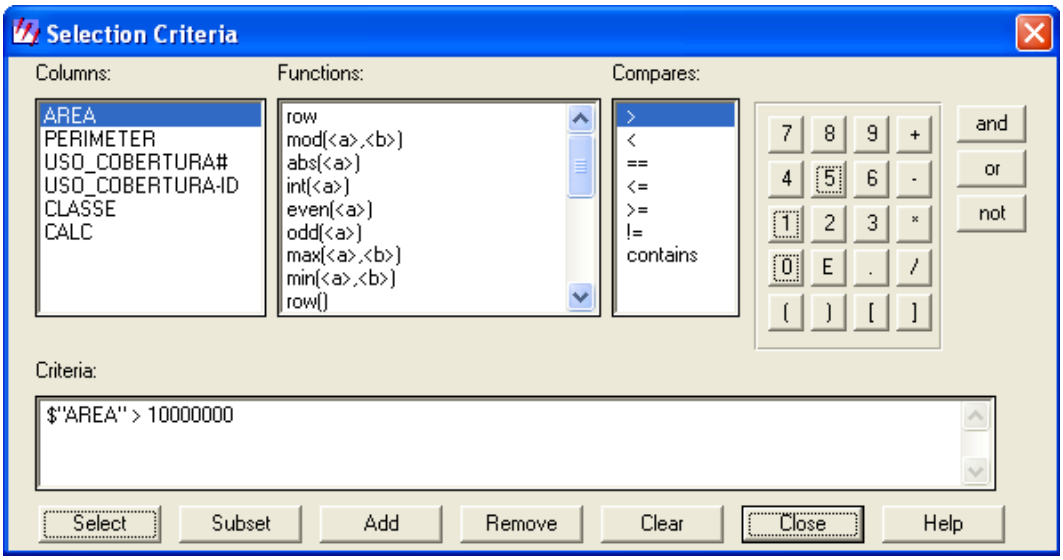


Figura 2.51 - Quadro Selection Criteria. Permite selecionar feições segundo critérios

3. Vamos selecionar apenas os polígonos com área superior a 10.000.000 m^2. No quadro Selection Criteria clique em Area. Em seguida, clique no símbolo "maior que" (>) presente na coluna Compares e digite o número 10000000 clicando sobre o teclado virtual existente no próprio quadro Selection Criteria.

4. A expressão $"AREA">10000000 aparecerá na caixa Criteria na parte inferior do quadro. Clique em Select e os polígonos que obedecem ao critério estabelecido e seus respectivos atributos serão destacados em amarelo (Figura 2.52)

5. Você pode refinar o critério de seleção utilizando AND, OR e NOT, operadores presentes ao lado do teclado virtual. Clique em AND e em seguida em AREA < 30000000. Verifique se a caixa Criteria apresenta a expressão $"AREA">10000000 AND $"AREA"<30000000. Clique em Select. Os polígonos com área entre 10.000.000 e 30.000.000 m^2 serão destacados.

6. Feche todos os quadros abertos. No visor selecione File | Clear.

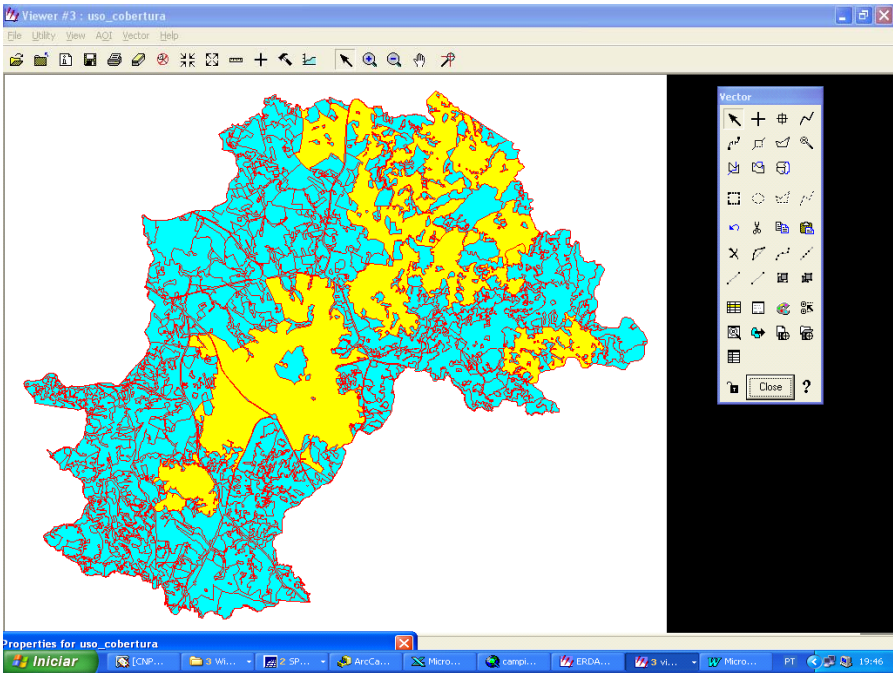


Figura 2.52 Polígonos selecionados (em amarelo) segundo o critério $"AREA" > 10000000. Para melhor visualizar os resultados, retire a imagem que estava sob as feições vetoriais e altere as propriedades de exibição das feições para cores sólidas.

Exercício 20 - Usando simbologia baseada em atributos

Neste exercício será atribuída uma cor diferente para cada classe de uso e cobertura das terras do arquivo vetorial utilizando. Isto possibilitará a visualização dos polígonos com uma cor de preenchimento, de tal forma que será possível identificar rapidamente a classe de uso e cobertura a que ele pertence por meio de uma legenda que associe cor de preenchimento à classe.

1. Abra um visor e selecione File | Open | Vector Layer

2. Em Select Layer to Add, altere a caixa Files of type para Shapefile (*.shp) clicando na seta à direita da caixa.

3. Selecione o arquivo uso_cobertura_WGS.shp

4. No menu Vector do visor selecione Symbology.... O quadro Symbology for ...será aberto (Figura 2.53)

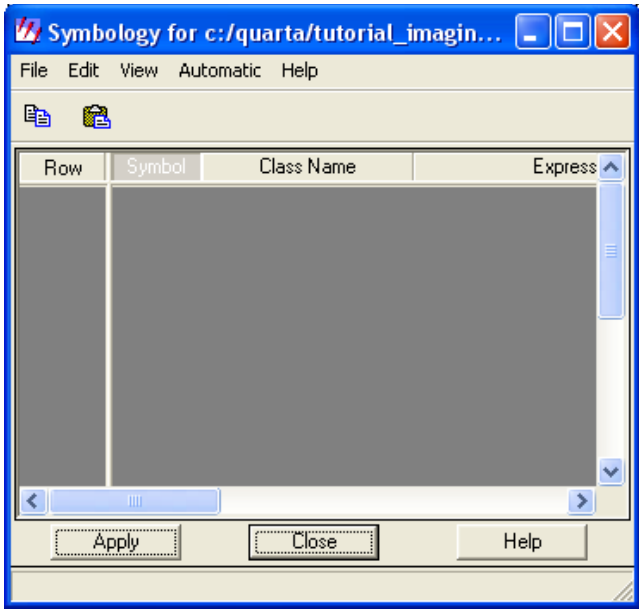


Figura 2.53- Quadro Symbology for ...

5. No menu do quadro Symbology for ... escolha a opção Automatic | Unique Value... No quadro Unique Value, escolha a opção Classe e ative a caixa de checagem Generate New Style. (Figura 2.54) . Clique em OK.

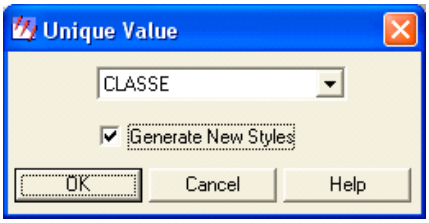


Figura 2.54 – Quadro Unique Value

Queremos que o mapa exiba uma simbologia para o atributo classe. Cada classe tem um único valor associado, o nome ou número da classe, por isso foi selecionada a opção Unique Valor. Caso o atributo que se desejasse visualizar fosse um atributo quantitativo, por exemplo, o atributo área, deveria-se escolher a opção Equal Divisions ou Equal Counts e um número de classes. Nesse caso, os diversos valores de área seriam fatiados em classes de valores. Cada fatia corresponderia a um intervalo de valores de área.

6. Ao clicar em OK no quadro Unique Value, O ERDAS IMAGINE atribuiu uma cor diferente para cada classe de uso e cobertura das terras (Figura 2.55). Caso as cores atribuídas não sejam adequadas para a diferenciação das classes no mapa, você pode alterar manualmente cada uma. Clique duas vezes sobre a cor que você deseja alterar na coluna Symbol e escolha uma cor conveniente. Terminada a edição das cores, clique em Apply e veja o resultado no mapa (Figura 2.56). Clique em close. Uma tela irá perguntar se você deseja salvar a simbologia. Clique Sim, escolha um nome para o arquivo e salve-o. Isso possibilitará que o arquivo seja aberto com a mesma simbologia definida neste exercício, em uma outra vez.

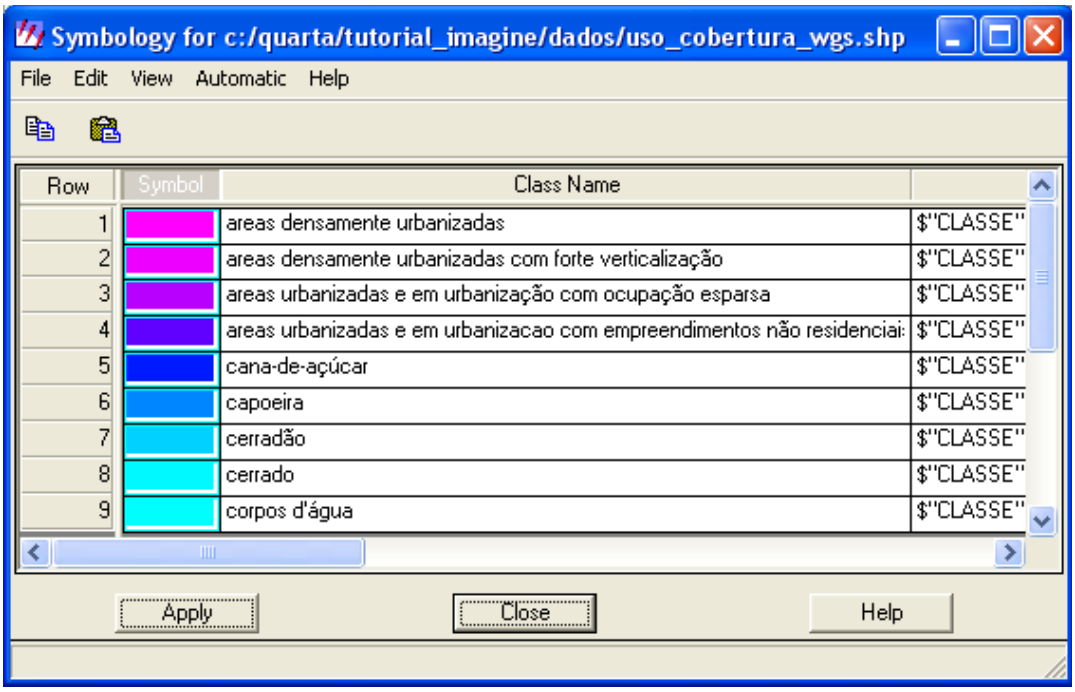


Figura 2.55 – Visual atribuído para cada classe de uso e cobertura das terras

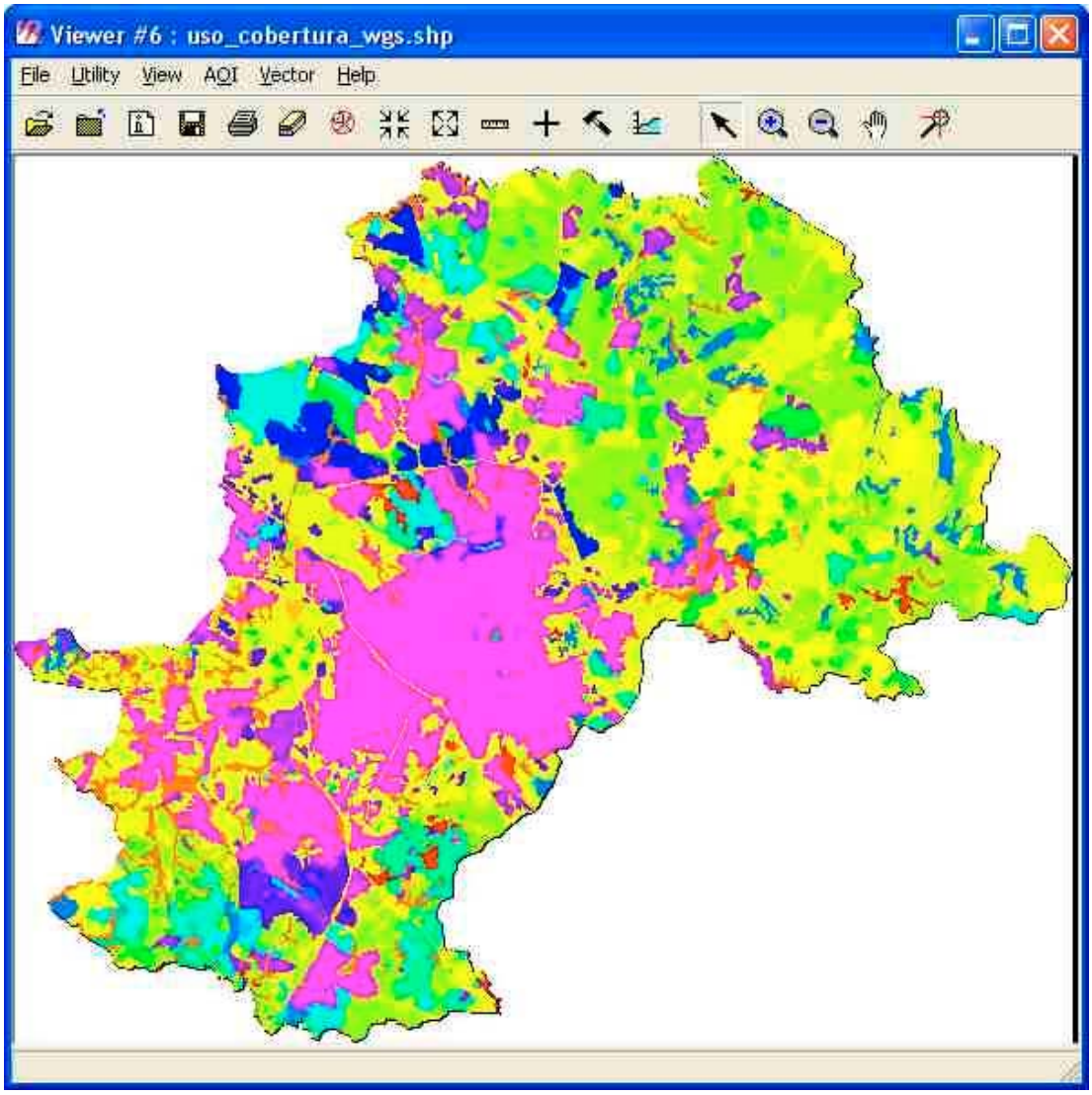


Figura 2.56 – Mapa de uso e cobertura das terras de Campinas.

Exercício 21 - Convertendo um arquivo vetorial para AOI

1. Abra um visor (Viewer) e selecione File | Open | Vector Layer

2. Em Select Layer to Add, altere a caixa Files of type para Shapefile (*.shp). Clique na seta à direita da caixa, selecione Shapefile (*.shp) no menu aberto (Figura 2.57).

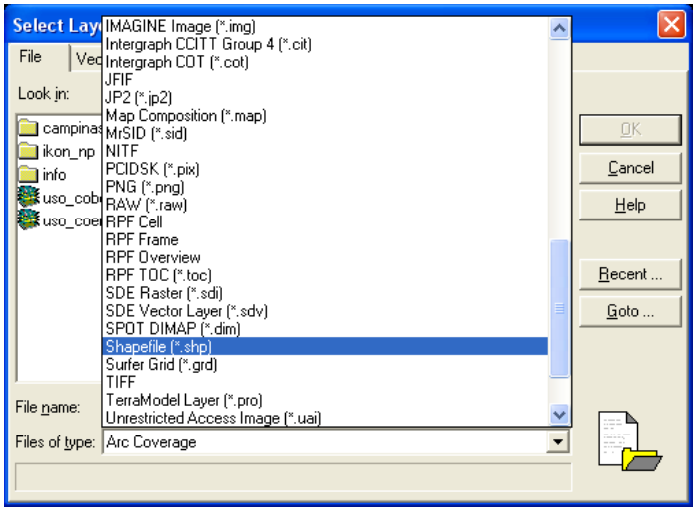


Figura 2.57 – Menu utilizado para alterar o tipo de arquivo que será exibido. No caso, será escolhido para a exibição um arquivo tipo shapefile.

3. Na caixa Look in do quadro Select Layer to Add, selecione o arquivo limite_WGS84.shp, presente na pasta C:/Tutorial_Imagine/Dados.

4. Um arquivo vetorial shapefile com o limite do município de Campinas é aberto (Figura 2.58).

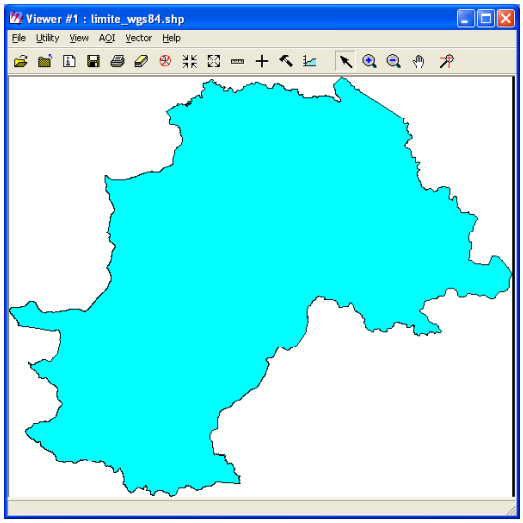


Figura 2.58 – Arquivo vetorial no formato shapefile representando o limite do município de Campinas

5. No menu do visor onde está aberto o arquivo vetorial, selecione File | New | AOI Layer (Figura 2.59).

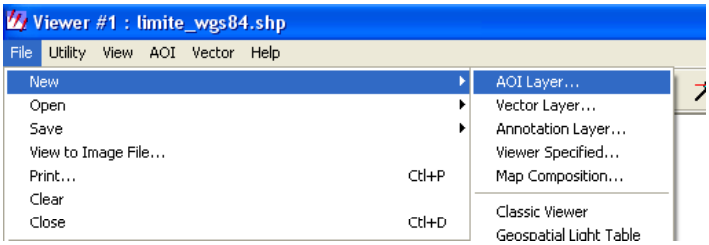


Figura 2.59 – Menu utilizado para a criação de uma camada AOI nova.

6. No menu Vector do visor onde o arquivo shapefile está aberto, selecione a opção Tool. Um quadro com as ferramentas vetoriais disponíveis é mostrado. Clique sobre a ferramenta de seleção representada por uma seta inclinada (Figura 2-60, círculo vermelho). Em seguida, clique dentro do limite de Campinas. Toda a feição que representa o limite de Campinas ficará selecionada e mudará de cor (Figura 2.60).

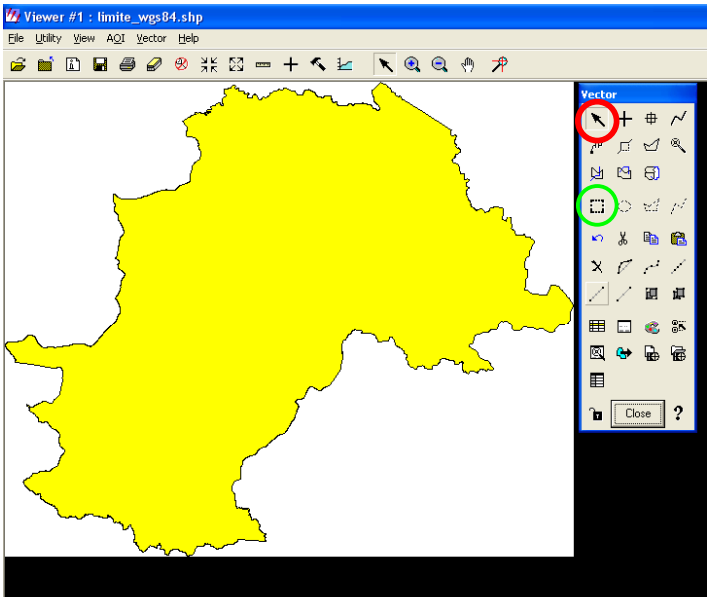


Figura 2.60 – Caixa de ferramentas Vector e o arquivo vetorial limite_wgs84.shp selecionado.

A seleção de feições vetoriais pode ser feita também pela ferramenta de seleção por área. Neste caso, utilize a ferramenta representada por um retângulo tracejado (Figura 2-60, círculo verde). Esta ferramenta é útil quando se deseja selecionar várias feições vetoriais (polígonos, linhas, pontos) ao mesmo tempo, dentro de uma determinada área. Após clicar no ícone, o ponteiro do mouse assumirá o formato de seleção. Clicando e arrastando o mouse, desenhe um retângulo envolvendo todas as feições vetoriais que se deseja selecionar. Ao soltar o botão do mouse, as feições selecionadas serão apresentadas em uma nova cor.

7. No menu AOI do visor onde o arquivo vetorial está aberto, selecione a opção Copy Selection to AOI (Figura 2.61). Em seguida clique com o botão direito do mouse sobre qualquer área do visor e selecione Arrange Layer no menu aberto. O quadro Arrange Layer mostrará que uma camada AOI foi criada sobre o vetor (Figura 2.62).

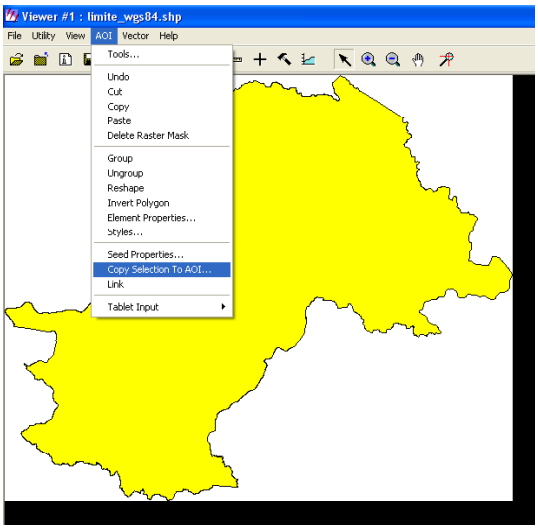


Figura 2.61 – Menu AOI com a opção para copiar um vetor selecionado como AOI.

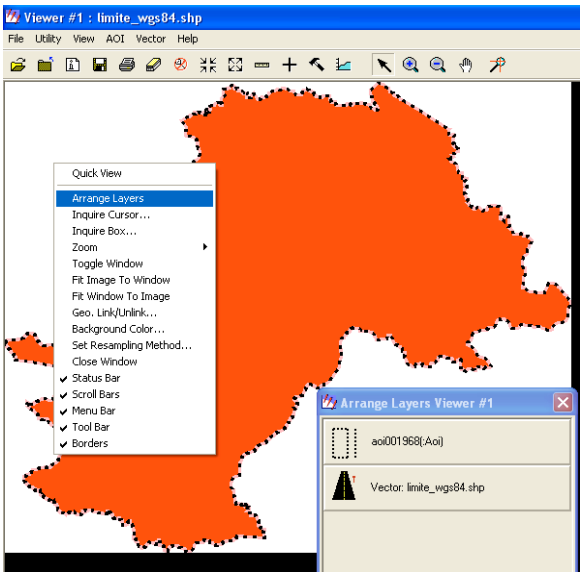


Figura 2.62 – Quadro Arrange Layer mostrando a presença de uma camada AOI sobre o arquivo vetorial

8. A camada AOI poderá ser salva em um arquivo. Clique em File |Save | Save AOI Layer as. O quadro Save AOI as é aberto. Escolha uma pasta e um nome para gravar o arquivo que assumirá automaticamente a extensão aoi (Figura 2.63).

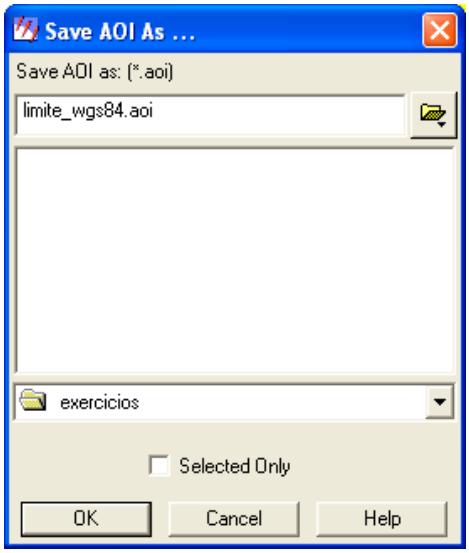


Figura 2.63 – Salvando uma camada AOI

9. Feche todos os arquivos abertos no visor.

10. Clique em File | Open | Raster Layer, acesse a pasta C:/Tutorial_Imagine/Dados/campinas_etm e selecione a imagem campinas20000617.img.

11. Clique em File | Open | AOI Layer, acesse a pasta C:/Tutorial_Imagine/Exercicios e selecione o arquivo limite_wgs84.aoi. A camada AOI será exibida sobre a imagem (Figura 2.64). Caso o contorno da AOI não seja visível sobre a imagem, amplie ou reduza a imagem com as opções de zoom. O contorno do AOI poderá apresentar uma cor diferente do apresentado na Figura 2.64 ou ainda estar totalmente preenchido com alguma cor. Para mudar o estilo de apresentação da camada da AOI utilize o menu AOI | Styles (Veja Exercício 9).

12. Use o mesmo arquivo AOI para recortar a imagem. Como resultado, você terá uma imagem compreendendo apenas a área do município de Campinas. Veja instruções de como recortar uma imagem no Exercício 11.

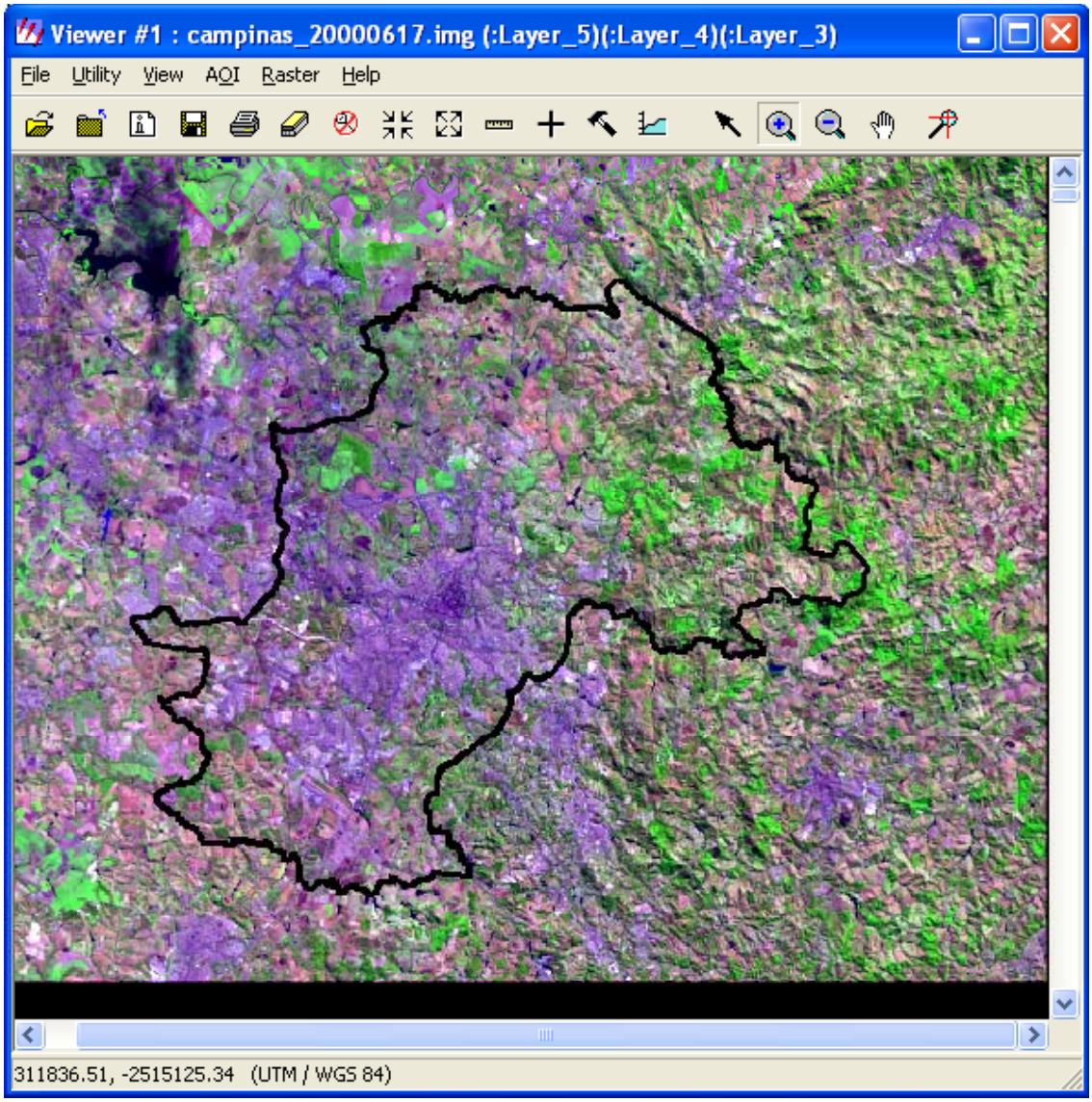


Figura 2.64 – Feição vetorial representando o limite do município de Campinas sobreposto a uma imagem Landsat.

Exercício 22 - Convertendo um arquivo AOI para vetor

1. Em um visor do ERDAS IMAGINE abra uma imagem qualquer. Pode ser a mesma imagem do exercício anterior ou mesmo a imagem resultante do recorte. Desenhe algumas AOI sobre essa imagem (Figura 2.65). Utilize a ferramenta polígono da caixa de ferramentas AOI (círculo verde, Figura 2.65). Veja como desenhar AOI no Exercício 9.

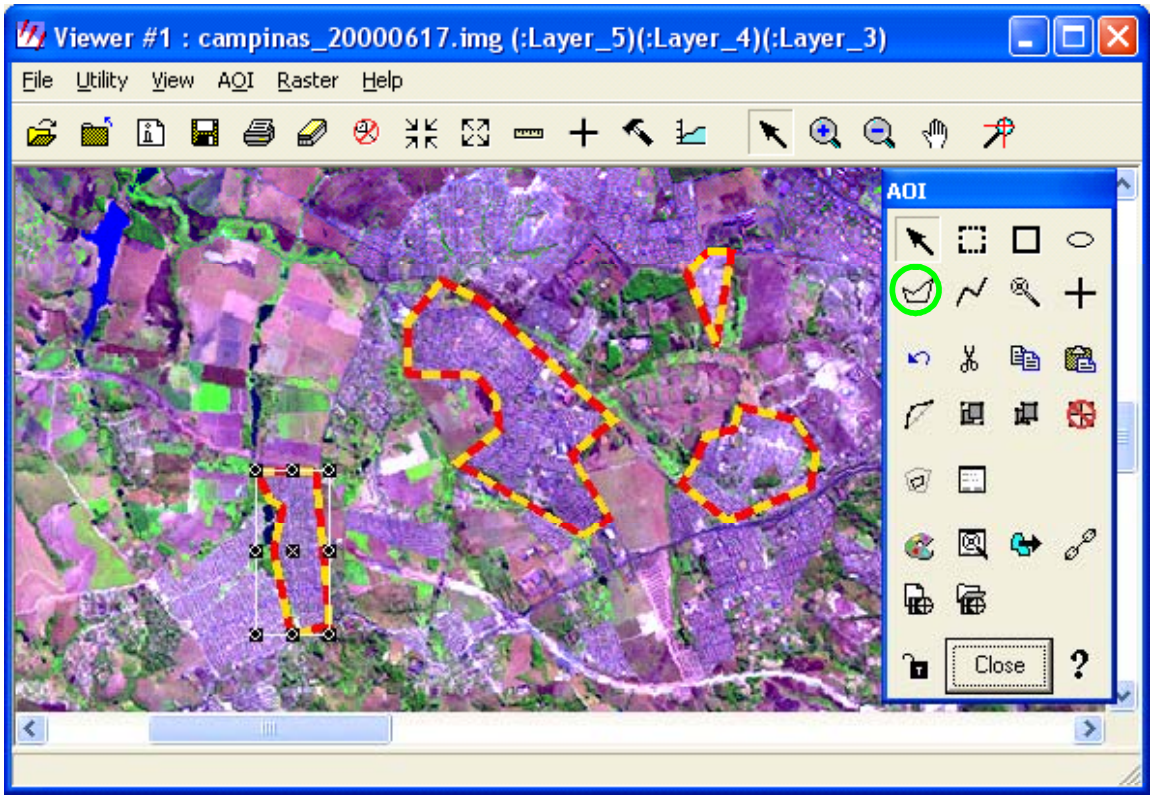


Figura 2.65 - AOI desenhadas sobre uma imagem. Para o desenho foi utilizada a ferramenta Polígono (destacada pelo círculo verde), disponível na caixa de ferramentas AOI, acessada a partir do menu AOI | Tools.

2. No visor onde a imagem e a camada de AOI estão abertas, selecione File | New | Vector Layer (Figura 2.66). O quadro Create a New Vector Layer será aberto (Figura 2.67). Escolha uma pasta para salvar o arquivo vetorial. Em Files of Type escolha Shapefile (*.shp) e atribua um nome ao arquivo vetorial. Clique OK.

3. O quadro New Shapefile Layer Option será aberto (Figura 2.68). Selecione a opção Polygon Shape, já que se está trabalhando com AOI representadas por polígonos. Clique OK. Observe que há outras formas de arquivos shapefile (Arc, Point. Multipoint) que podem ser usadas, caso as AOI desenhadas sejam pontos ou linhas.

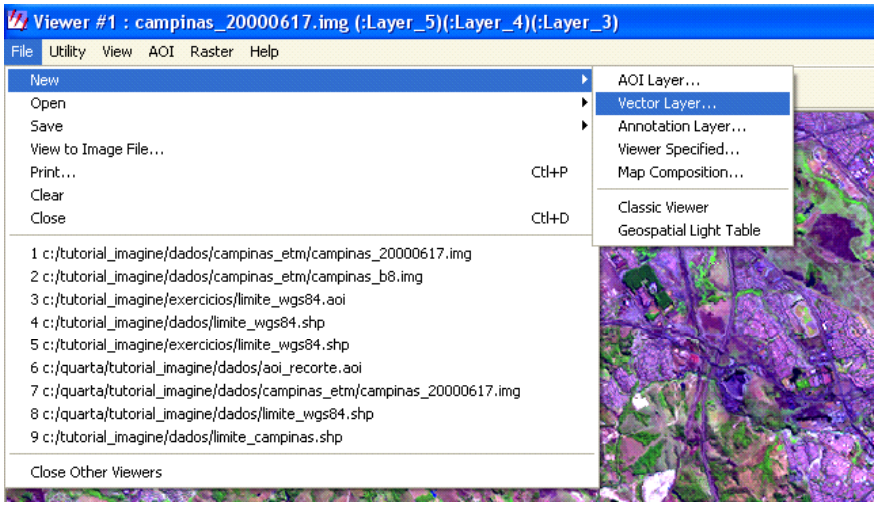


Figura 2.66 - Menu para criação de uma nova camada vetorial.

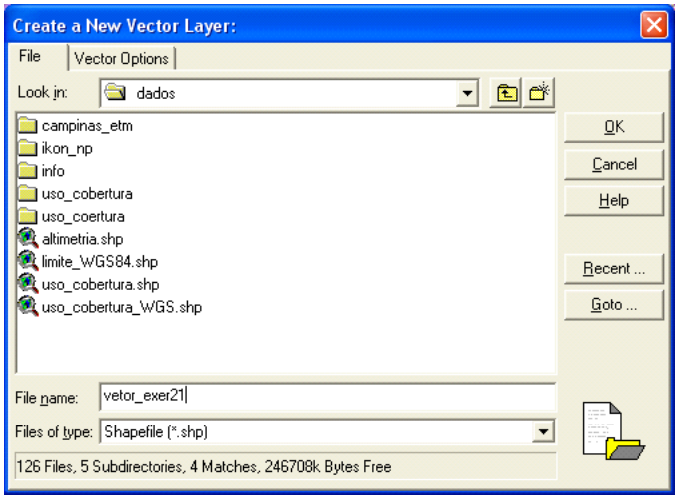


Figura 2.67 – Criando uma nova camada vetorial

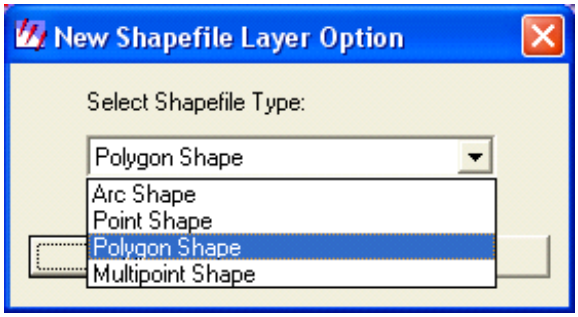


Figura 2.68 – Definindo o tipo de arquivo Shapefile

4. Selecione as AOI que você deseja transformar em uma camada vetorial. Utilize a caixa de ferramentas AOI. No menu do visor aberto, Selecione AOI | Tools. Clique sobre a ferramenta de seleção por área (círculo verde, Figura 2.69) e desenhe, clicando e arrastando o mouse, uma área que abranja todas as AOI que você deseja selecionar,. Caso deseje selecionar apenas um polígono, você poderá usar também a ferramenta de seleção individual (círculo vermelho, Figura 2.69)

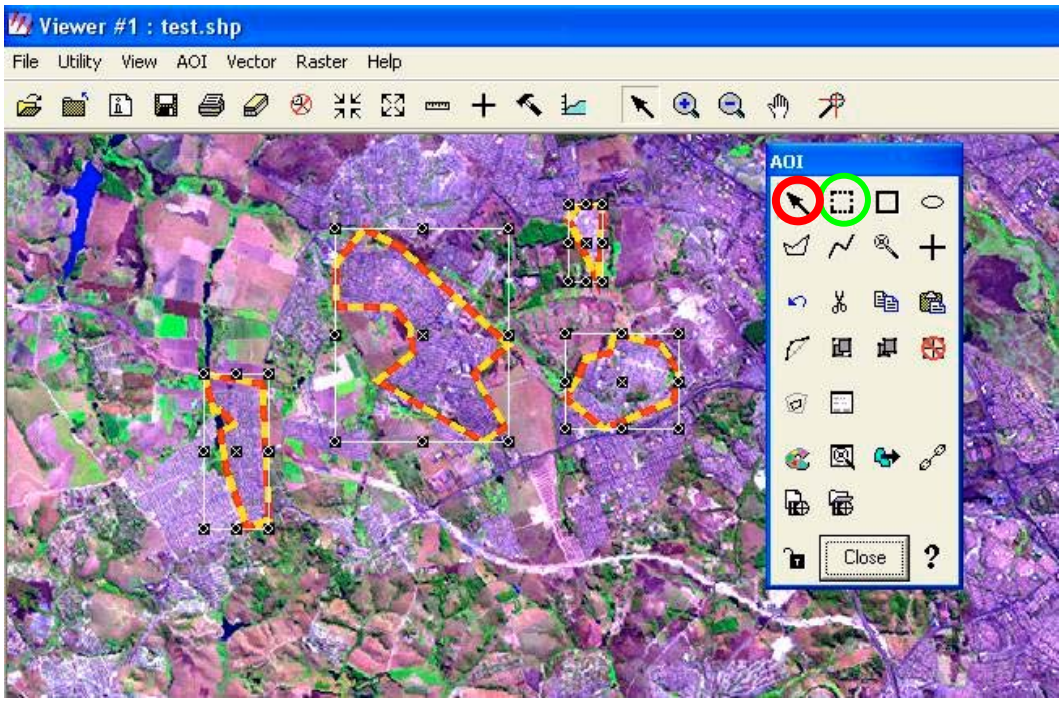


Figura 2.69 – AOI selecionadas, circundadas por retângulos brancos.

5. No menu Vector do visor selecione a opção Vector | Copy Selection to Vector (Figura 2.70). Todas os polígonos efetivamente copiados para a camada vetorial serão destacados por meio de uma cor de preenchimento.

6. Volte ao menu do visor, selecione File | Save | Top Layer. A camada vetorial será salva na pasta com o nome que você atribuiu anteriormente. Abra o arquivo vetorial criado em um novo visor do ERDAS IMAGINE e verifique se os polígonos são os mesmos que você criou e selecionou por meio das ferramentas AOI (Figura 2.71). Não esqueça de alterar o tipo de arquivo para Shapefile (*.shp) no quadro Select Layer to Add.

Figura 2.70 – Copiando AOI selecionadas para uma camada vetorial

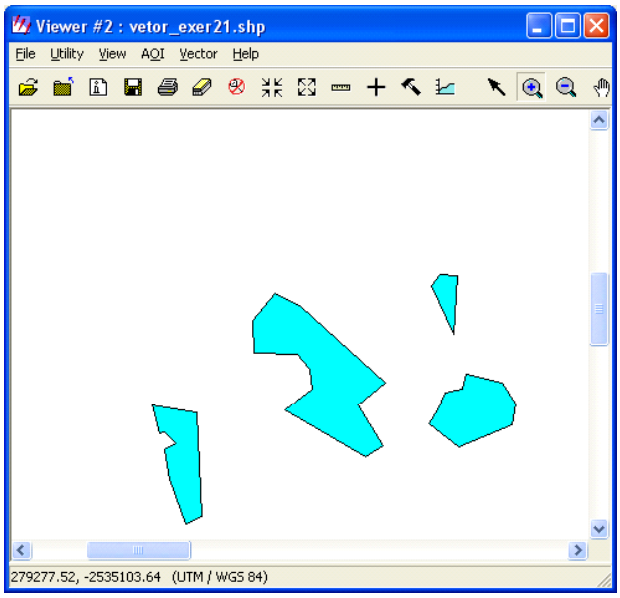


Figura 2.71 – Exibição do arquivo vetorial criado pela conversão de AOI para vetor

Exercício 23 - Mosaico de imagens

O processo de formação de um mosaico consiste na junção de duas ou mais imagens retificadas geometricamente para formar uma imagem maior.

1. No visor (Viewer) clique em File | Open | Raster Layer

2. No quadro Select Layer to Add selecione:

   File Type: img

   Pasta: C:/Tutorial_Imagine/Dados

   Filename: camp1.img

16. Clique em Raster Options: as opções Fit to Frame e Background Transparent deverão estar habilitadas e a opção Clear Display deverá estar desativada. Clique OK no quadro Raster Options e no quadro Select Layer to Add.

17. Repita o processo no mesmo visor para a imagem camp2.img. Veja que as imagens são de áreas contíguas.

18. No painel de ícones do ERDAS IMAGINE clique em DataPrep | Mosaic Image. A tela Mosaic Tool será mostrada (Figura 2.72)

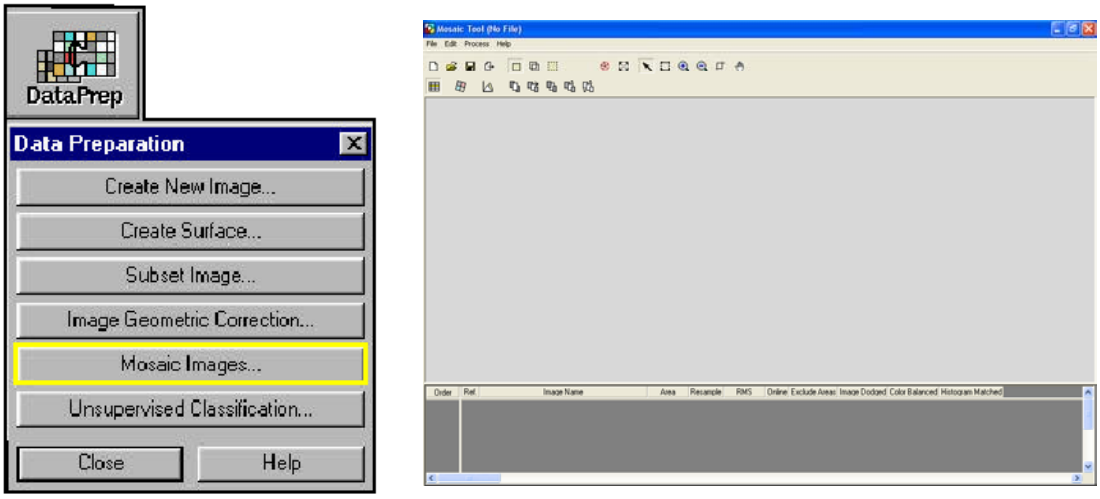


Figura 2.72 - Menu do Data Preparation e a tela Mosaic Tool.

19. Clique Close no Data Preparation.

7. No menu da tela Mosaic Tool selecione Edit | Add Images. O quadro será aberto permitindo escolher a imagem que será adicionada ao mosaico (Figura 2.73)

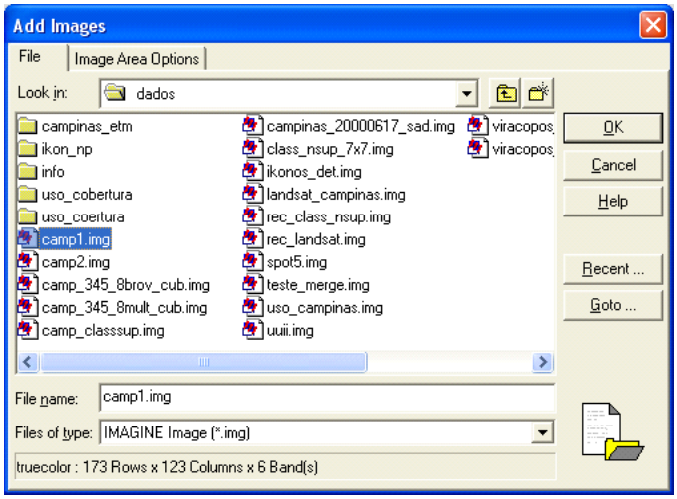


Figura 2.73 – Quadro Add Images. Permite selecionar as imagens que serão adicionadas ao mosaico.

8. Selecione uma das imagens (camp1.img) e antes do OK clique sobre Image Area Options e selecione a opção Compute Active Area. Clique sobre a caixa Set ... para mostrar o quadro Active Area Options e preencha-o conforme Figura 2.74

A opção Use Entire Image permite trazer para o mosaico tudo do arquivo escolhido, inclusive informações do fundo. Já a opção Compute Active Area permite escolher no quadro Active Area Options a imagem sem informações de fundo.

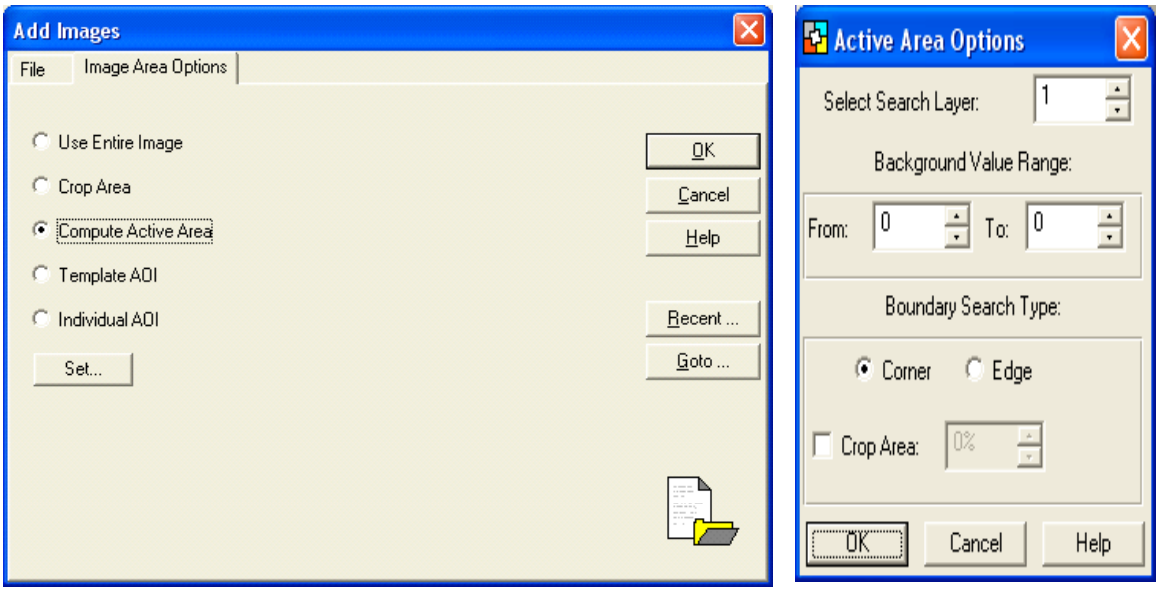


Figura2.74 Quadros Add Images e Active Area Options com as opções para a área das imagens adicionadas ao mosaico.

9. Selecione a imagem que será unida a primeira (camp2.img) repetindo as etapas 7 e 8. .A área reservada para cada imagem será mostrada na tela Mosaic Tool e os nomes dos arquivos de imagem serão relacionados no rodapé da mesma tela. (Figura 2.75)

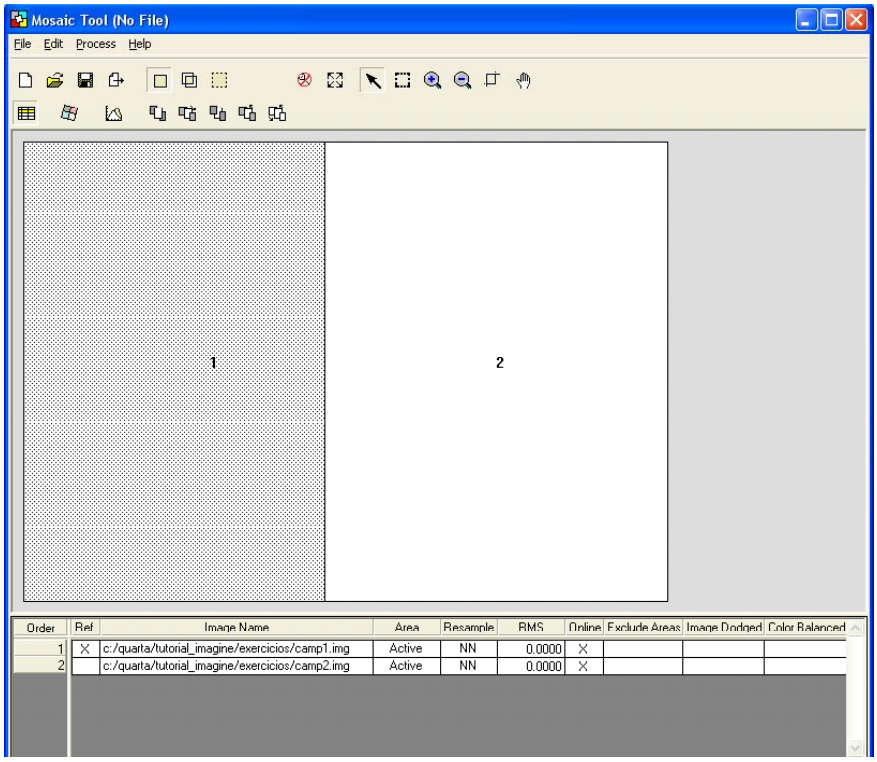


Figura 2.75 – Tela Mosaic Tool mostrando a área reservada para cada imagem adicionada ao mosaico

10. Se houver algum engano e quiser excluir alguma imagem adicionada ao mosaico, basta clicar sobre o espaço reservado para a imagem na tela Mosaic Tool ou a linha correspondente no rodapé da mesma tela; em seguida, selecione no menu da tela Mosaic Tool a opção Edit| Delete Images

11. Na barra de ícones do Mosaic tool clique em 

12. Veja a área de intersecção das imagens. Ela aparece marcada no espaço reservado para a formação do mosaico e listadas no rodapé da tela Mosaic Tool. Basta clicar sobre as áreas de intersecção que ela será destacada em amarelo, tanto no desenho quanto na listagem do rodapé (Figura 2.76).

13. Ainda na barra de ícones do Mosaic Tool clique sobre  ou selecione no menu a opção Edit | Set Overlap Function. Esta função permite ao usuário determinar como as imagens serão unidas no mosaico. No quadro Set Overlap Function, marque as mesmas opções da Figura 2.77.

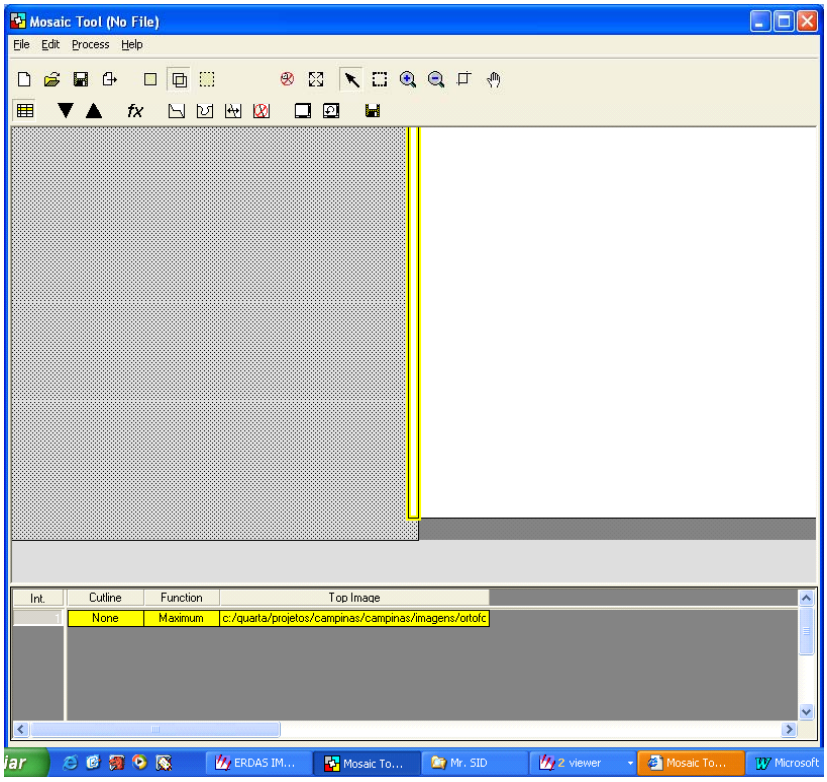


Figura 2.76 - Tela Mosaic Tool, mostrando as áreas reservadas para as duas imagens que serão unidas. Em amarelo a área de intersecção das duas imagens

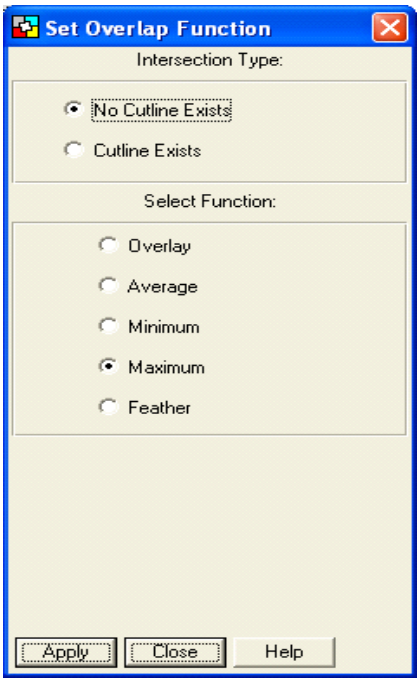


Figura 2.77 - Quadro Set Overlap Function que permite determinar como as imagens serão unidas no mosaico.

Toda área sobreposta apresenta dois ou mais pixels sobrepostos. O valor de um pixel das áreas sobrepostas na nova imagem gerada pelo mosaico dependerá da função escolhida em **Select Function**. Veja:

Overlay: o valor será o do pixel da última imagem aberta.

Average: o valor será a média dos pixels sobrepostos

Minimum: o valor será o do pixel sobreposto de menor valor

Maximum: o valor será o do pixel sobreposto de maior valor.

Feather: o valor será calculado por interpolação linear dos pixels sobrepostos. Um pixel no meio da área sobreposta terá 50% de cada um dos pixels correspondentes nas imagens sobrepostas. Já um pixel próximo a uma das bordas da área sobreposta, a uma distância equivalente a 1/10 da distância total de sobreposição, terá seu valor composto por 90% de uma imagem e por 10% da outra imagem.

Há ainda a opção **Cutline Exists** que só pode ser usada quando uma linha de corte é introduzida nas áreas de sobreposição. Neste exercício não serão usadas linhas de corte. Instruções de como introduzi-las e usá-las poderá ser vista no Help do Mosaic Tool.

14. No menu da tela Mosaic Tool Viewer clique em Process | Run Mosaic

15. No quadro Output File Name escolha o nome do arquivo onde o mosaico será salvo. (Figura 2.78)

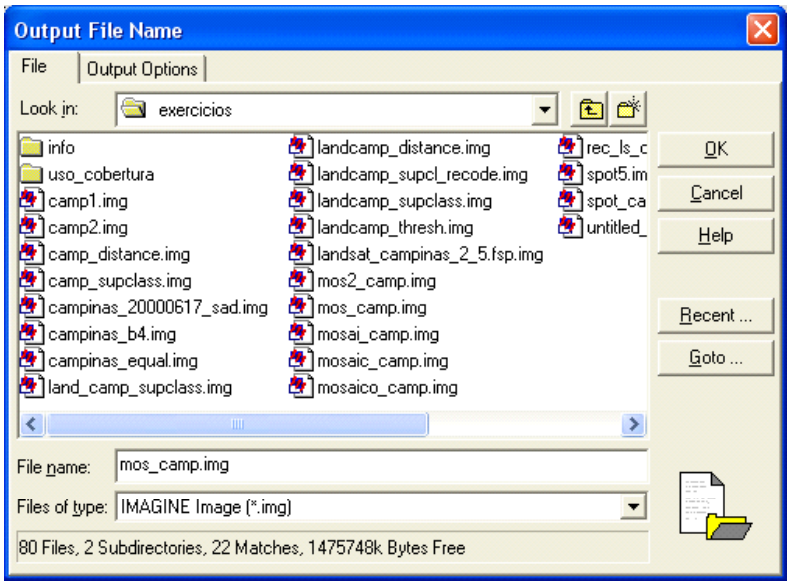


Figura 2.78– Quadro Run Mosaic. Permite escolher um nome para o arquivo onde será armazenado o mosaico.

7. Clique OK.

8. Um quadro Job Status aparece na tela indicando o progresso da execução do mosaico. Clique OK quando o Job Status indicar 100 %.

9. Veja a imagem resultante do mosaico. Clique no ícone Viewer, em seguida File | Open | Raster.

10. No quadro Select Layer to Add, selecione a pasta e o arquivo onde foi salva a imagem do mosaico (etapa 15). Clique sobre Raster Options e habilite a opção Fit to Frame.

11. Clique OK. A Figura 2.79 apresenta o aspecto das imagens antes e após o mosaico.

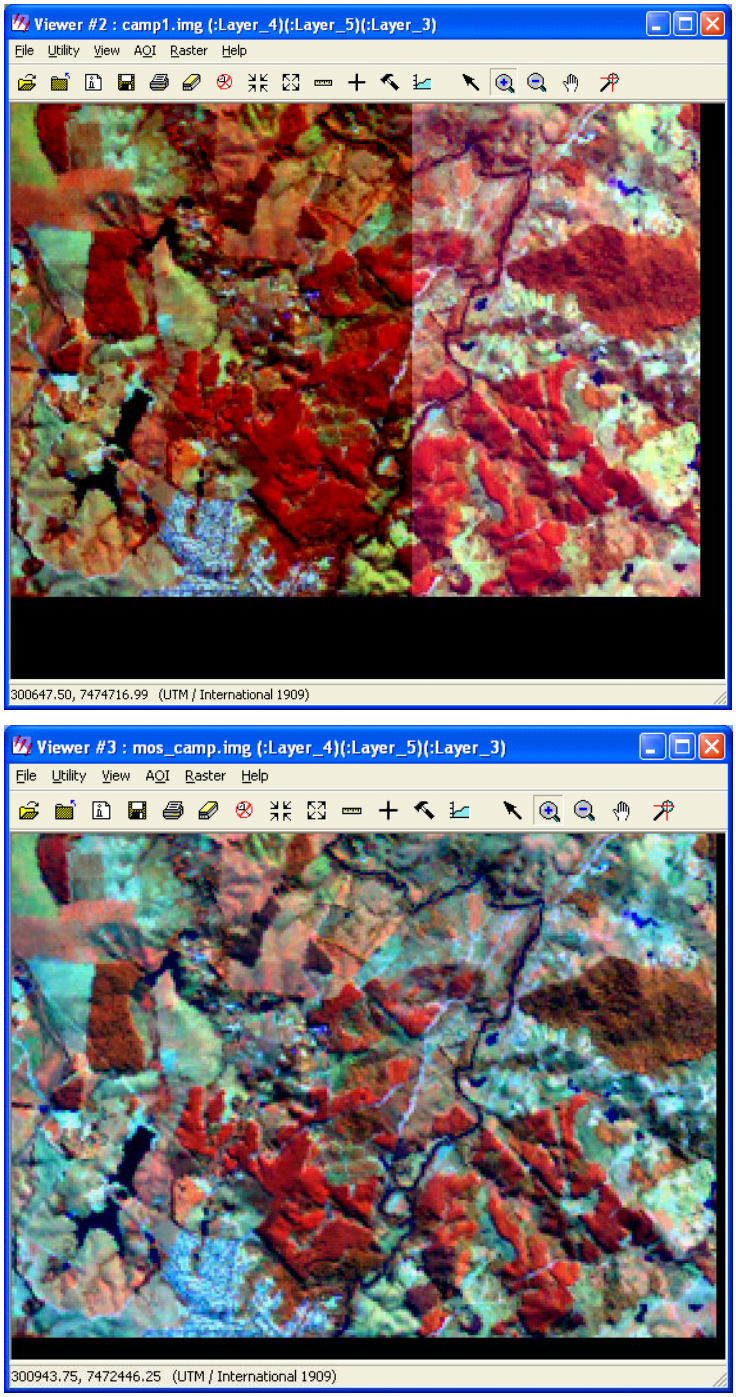


Figura 2.79– Imagens antes e após o mosaico.

3. Técnicas de Realce de Imagens

Introdução

As técnicas de realce são utilizadas para tornar uma imagem mais facilmente interpretável para uma determinada aplicação. São freqüentemente utilizadas para extração de feições, estudos e localização de áreas e objetos sobre a superfície imageada e obtenção de informações úteis a partir de uma imagem. No ERDAS IMAGINE, as técnicas de realce são divididas em três conjuntos: realce espacial (Spatial Enhancement), realce radiométrico (Radiometric Enhancement) e realce espectral (Spectral Enhancement). Elas podem ser acessadas com um clique no ícone Interpreter (Figura 3.1)

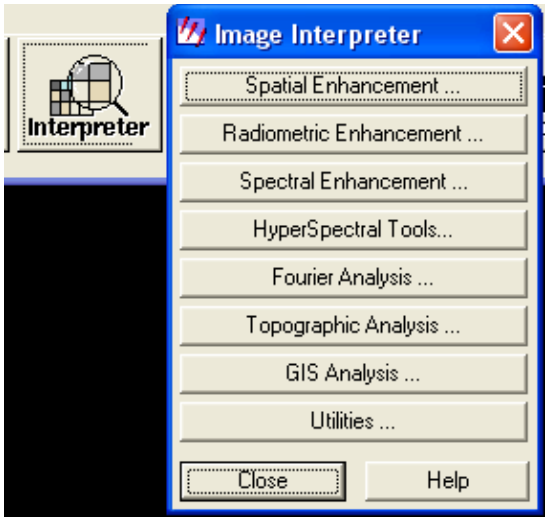


Figura 3.1 - Acesso ao menu com as técnicas de realce de imagens do ERDAS IMAGINE

As técnicas de realce espectral requerem imagens com dados em mais de uma banda. Elas podem ser usadas para: comprimir bandas de dados que são similares, extrair novas bandas dos dados, aplicar transformações matemáticas e algoritmos, exibir uma variedade mais ampla de informações nos três canais de cores disponíveis (R, G, B) (ERDAS, 1999a). Entre as técnicas de realce espectral, estão a transformação por componentes principais, transformações do espaço de cores (RGB para IHS e IHS para RGB) e a aplicação de índices (operações matemáticas entre os valores de um mesmo pixel para diferentes bandas).

As técnicas de realce espacial realçam e modificam detalhes geométricos presentes na imagem. Entre as técnicas de realce espacial estão a fusão de imagens, que permite integrar imagens de diferentes resoluções espaciais (tamanho de pixel) e as técnicas de filtragem. No processo de filtragem, as transformações na imagem são feitas pixel a pixel, porém o novo valor de um pixel não depende apenas de seu valor isolado na imagem original, mas também dos valores dos pixel em sua vizinhança.

As técnicas de realce radiométrico realçam a imagem usando apenas o valor de cada pixel dentro de cada uma das bandas. Ao contrário do realce espacial, não são usados os valores de pixels vizinhos. Entre as técnicas de realce radiométrico estão as manipulações de contraste e brilho.

Alterando o contraste de uma imagem

Os histogramas descrevem a distribuição estatística dos níveis de cinza em termos de freqüência de ocorrência de pixels para cada valor digital entre 0 e 255 (para imagens de 8 bits) (NOVO, 1992). O contraste de uma imagem é uma medida do espalhamento dos níveis de intensidade que nela ocorrem. Ao se examinar o histograma de uma imagem, quanto mais espalhado ele for, maior o contraste da imagem e vice-versa (Figura 3.2) . Este intervalo de espalhamento é sempre positivo e limitado por um valor mínimo e por um valor máximo que depende da resolução radiométrica da imagem. Para imagens de 8 bits a faixa de valores é de zero a 255.

Quando o contraste de uma imagem é alterado, o histograma da imagem resultante é diferente do histograma da imagem original. A relação entre os dois histogramas é especificada pela função de transferência de contraste. Veja um exemplo de uma função de transferência de contraste na Figura 3.3. (reta azul). Observe que os valores originais da imagem (eixo X) são transformados em novos valores (eixo Y). O intervalo de valores de entrada (seta verde) passa a ocupar um intervalo maior de valores (seta vermelha). Para este intervalo de valores há um aumento de contraste. Quando a inclinação da reta que representa a função de transferência tem inclinação maior que 45° o contraste é expandido. Quando a inclinação é menor que 45° o contraste é comprimido. Quanto maior o grau de inclinação da reta, maior é a expansão do contraste. A aplicação da função de transferência gera uma tabela relacionando os valores da imagem original com os valores da imagem de saída. Esta tabela, chamada de Look up Table permite um processamento mais rápido da nova imagem pela simples substituição dos valores antigos pelos novos, evitando que a função de transferência seja aplicada a cada pixel da imagem para a obtenção dos valores da imagem de saída.

Cada valor de intensidade x é mapeado para um novo valor y e o novo histograma possui um espalhamento maior ao longo de todo o intervalo de valores possíveis. Normalmente, a forma do histograma da imagem realçada é a mesma da imagem original, pois cada barra continua tendo a mesma altura, porém em uma posição diferente. Algumas vezes, a função de transferência causa uma sobreposição de valores, ou seja, dois ou mais valores x são mapeados para o mesmo valor y. Quando muitos pixels são mapeados para o valor mínimo ou máximo de uma imagem, há perda de informação, pois pixels que originalmente poderiam ser diferenciados na imagem original passam a ter o mesmo valor de intensidade. Este efeito pode ser desejado, por exemplo, quando se sabe que as regiões escuras da imagem, com pequenas variações radiométricas, correspondem a áreas com o mesmo tipo de cobertura, as quais não se deseja diferenciar (INPE, 2002).

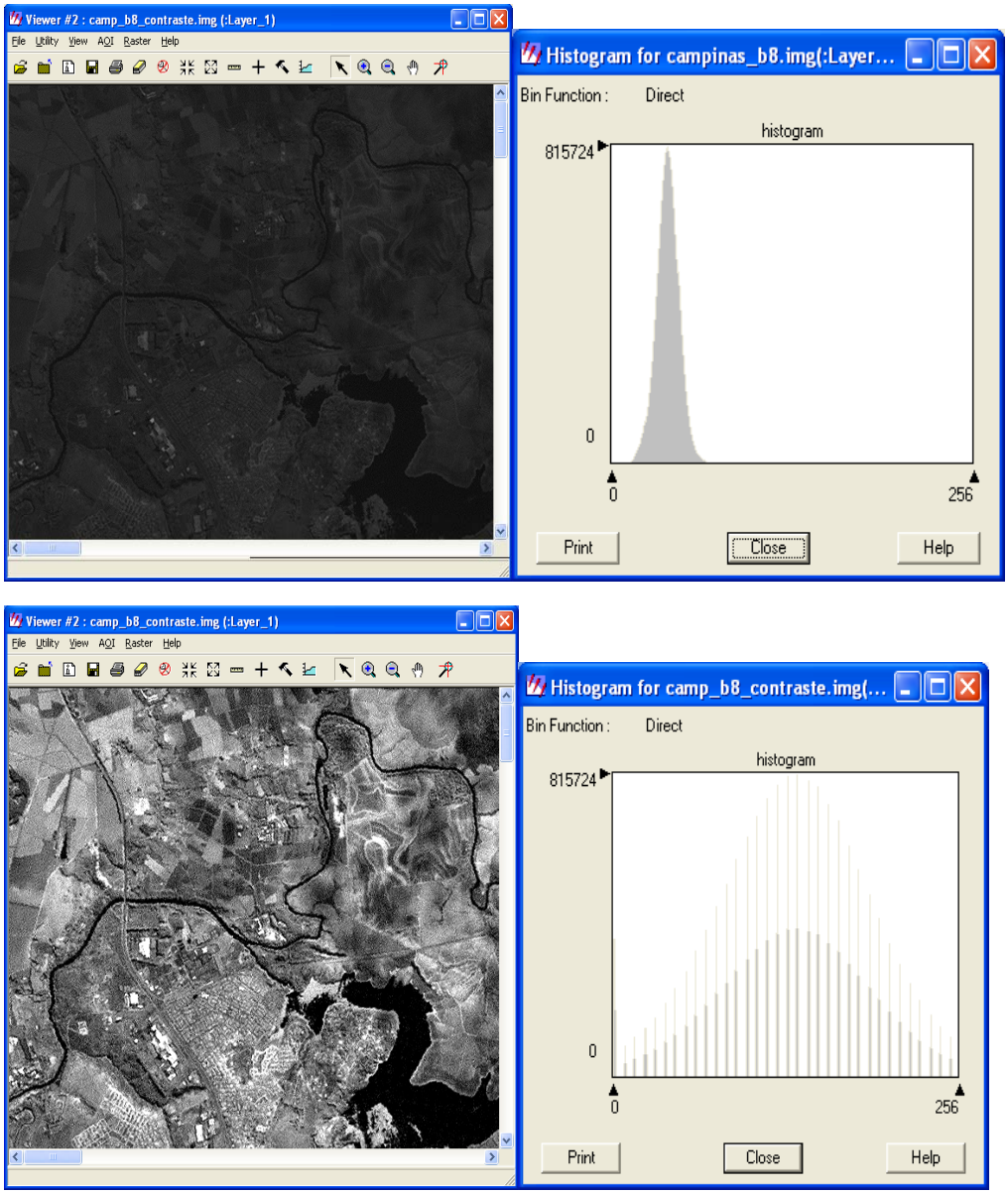


Figura 3.2 – Uma imagem com baixo contraste e outra com alto contraste e seus respectivos histogramas. Na imagem de baixo contraste, os valores dos pixels estão distribuídos por uma pequena faixa dos 256 valores possíveis de níveis de cinza (para imagens de 8 bits). Na imagem de alto contraste, os valores dos pixels estão distribuídos por toda a faixa de valores possíveis (de 0 a 255).

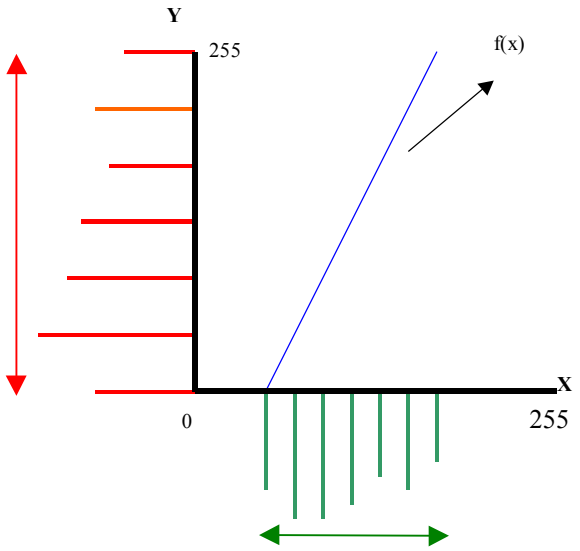


Figura 3.3 – Histograma de entrada de uma imagem (em verde) e o histograma de saída (em vermelho) após a aplicação da função de transferência de contraste (reta azul). Observe que a faixa de valores de entrada é menor do que a faixa de valores de saída.

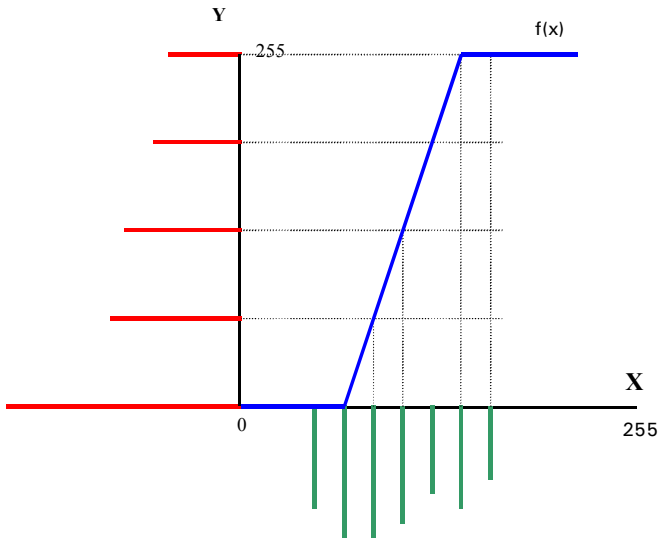


Figura 3.4 – Aplicação de função de transferência de contraste com perda de informação para os valores extremos altos e baixos. Observe que dois valores diferentes de pixels no início e no final do histograma foram mapeados respectivamente para zero e 255. No eixo X: estão os valores originais; no eixo Y, os valores após aplicação da função de transferência.

Utilização de Filtros

As técnicas de filtragem realçam e modificam detalhes geométricos presentes na imagem. As transformações na imagem são feitas pixel a pixel, porém o novo valor de um pixel não depende apenas de seu valor isolado na imagem original, mas também dos valores dos pixels em sua vizinhança. As técnicas de filtragem, bem como outras técnicas de realce espacial presentes no ERDAS IMAGINE, podem ser acessadas clicando no ícone Interpreter e em seguida em Spatial Enhancement (Figura 3.5).

Os filtros de convolução atribuem a um determinado pixel a média calculada a partir de seu valor e dos valores de seus pixels vizinhos. Os pixels vizinhos que entrarão no cálculo da média são definidos por uma janela de tamanho impar n X n (3 X 3, 5 X 5, 7 X 7, por exemplo). Veja na Figura 3.6 como é definida uma janela de vizinhança para o pixel central, de cor preta. Os pixels de cor amarela formam uma janela 3 X 3. Os pixels de cor vermelha juntamente com os pixels de cor amarela formam uma janela 5 X 5 . Acrescentando os de cor verde, temos uma janela de 7 X 7

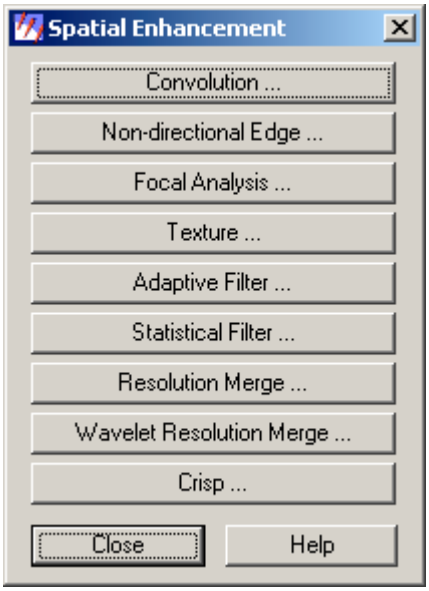


Figura 3.5 – Quadro Spatial Enhancement. Permite acesso às técnicas de realce do ERDAS IMAGINE

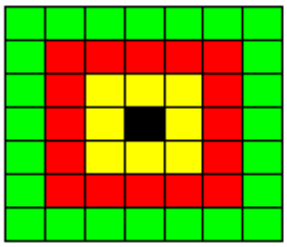


Figura 3.6 - Definição de janelas de vizinhança para o pixel central, representado em preto.

Na Figura 3.7, cada célula representa um pixel, cujo valor está assinalado dentro de cada célula. Podemos calcular o novo valor do pixel central do conjunto (valor 7), considerando um filtro de média aritmética não ponderada e uma janela 3 X 3.

2	8	6	6	6
2	8	6	6	6
2	2	7	6	6
2	2	2	6	6
1	2	2	2	5

Figura 3.7 – Representação de um conjunto de pixels e seus valores.

O novo valor do pixel central será $(8+6+6+2+7+6+2+2+6)/9 = 5$, que é simplesmente a média aritmética considerando o valor do próprio pixel central e de seus 8 vizinhos. O mesmo pixel terá valor 4 se a janela do filtro for 5 x 5.

As técnicas de filtragem normalmente utilizam médias ponderadas. Para tanto há necessidade de se atribuir valores de pesos para o pixel central e seus vizinhos, inclusive pesos negativos. Os algoritmos utilizados no processo de convolução utilizam uma matriz de pesos denominada máscara de convolução (em inglês: convolution kernel). Essa matriz contém os valores dos pesos pelos quais os valores originais do pixel central e dos pixels vizinhos devem ser multiplicados. Os produtos resultantes são somados e o valor obtido é dividido pela soma dos valores da matriz de pesos.

A máscara de convolução é deslocada sobre a imagem, permitindo o cálculo de novos valores para todos os pixels da imagem. Veja na Figura 3.8 uma representação de uma máscara de convolução aplicada a um conjunto de pixels.

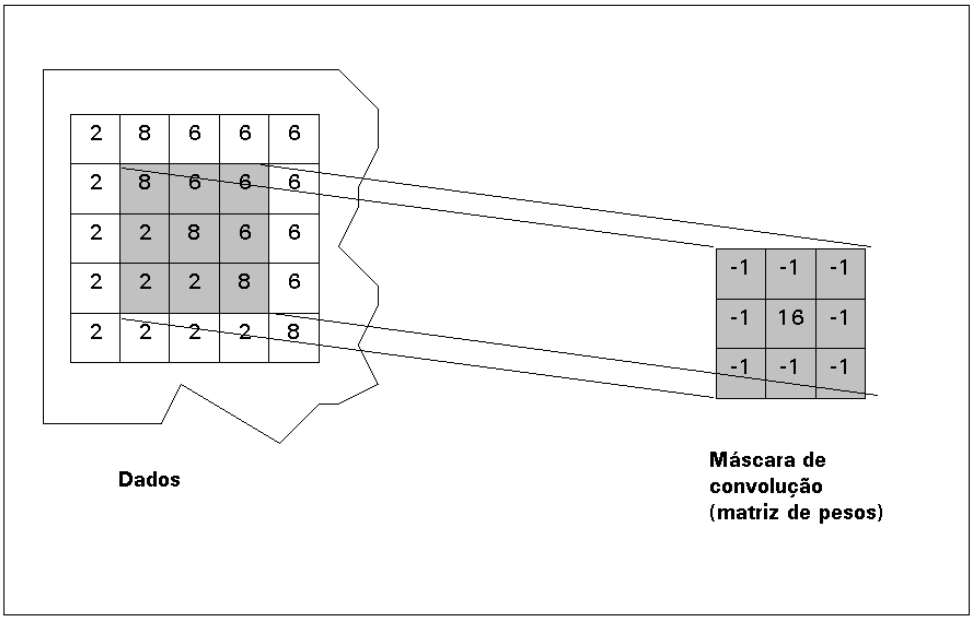


Figura 3.8- Exemplo de uma máscara de convolução (kernel convolution) aplicada aos dados de conjunto de pixels.

Caso a máscara seja efetivamente aplicada, o valor do pixel central será alterado de 8 para 11, conforme o cálculo seguinte:

$$\text{inteiro}\left[\frac{(-1x8)+(-1x6)+(-1x6)+(-1x2)+(16x8)+(-1x6)+(-1x2)+(-1x2)+(-1x8)}{-1-1-1-1+16-1-1-1-1}\right]=$$

$$=\text{inteiro}\left(\frac{128-40}{16-8}\right)=\text{inteiro}\left(\frac{88}{8}\right)=\text{inteiro}(11)=11$$

Deslocando a máscara, novos valores são calculados para cada pixel do conjunto. Veja, na Figura 3.9, os novos valores para quatro dos pixels do conjunto, destacados em cinza.

	1	**2**	**3**	**4**	**5**
1	2	8	6	6	6
2	2	11	5	6	6
3	2	0	11	6	6
4	2	2	2	8	6
5	2	2	2	2	8

Figura 3.9 – Resultado da aplicação da máscara de convolução da Figura 3.8 para os quatro pixels destacados em cinza.

Os filtros servem para suavizar ou realçar detalhes da imagem, ou ainda minimizar efeitos de ruído. Há vários tipos de filtros que diferem quanto à matriz de pesos (kernel). O efeito visual de um filtro passa-baixa é o de suavização da imagem e a redução do número de níveis de cinza da cena. As altas freqüências, que correspondem às transições abruptas, são atenuadas. A suavização tende a minimizar ruídos e apresenta o efeito de borramento da imagem.

São exemplos de filtros passa-baixa os filtros de média que utilizam uma máscara com os pesos todos positivos. Veja, na Figura 3.10, dois exemplos de máscaras utilizadas em filtros passa-baixa. A primeira é utilizada para o cálculo da média aritmética simples de uma janela 3 x 3; a segunda calcula uma média ponderada, cujos pesos são definidos em função da distância do pixel central. A Figura 3.11 apresenta um exemplo do efeito da aplicação de um filtro passa-baixa.

1	1	1
1	1	1
1	1	1

1	2	1
2	4	2
1	2	1

Figura 3.10 _ Exemplos de máscaras utilizadas em filtros passa-baixa.

Figura 3.11 – Resultado da aplicação de um filtro passa-baixa sobre uma imagem. À esquerda, a imagem original.

A filtragem passa-alta tende a realçar os detalhes da imagem, isto é, as transições entre regiões diferentes tornam-se mais nítidas. Exemplos: limites de um campo de cultivo, lineamento geológico, etc.

Esses filtros podem ser usados para realçar certas características presentes na imagem, tais como bordas, linhas curvas ou manchas, porém, enfatizam o ruído porventura existente na imagem. Utilizam pesos positivos, negativos e nulos. Veja, na Figura 3.12, alguns exemplos de máscaras utilizadas em filtros passa-alta:

0	-1	0
-1	5	-1
0	-1	0

-1	-1	-1
-1	9	-1
-1	-1	-1

1	-2	1
-2	5	-2
-1	-2	-1

Figura 3.12 – Exemplos de máscaras utilizadas em filtros passa-alta.

Há ainda as máscaras de soma zero. Nessas, a soma dos pesos da máscara é zero e o cálculo do novo valor do pixel não inclui a divisão pela soma dos valores da máscara, já que a divisão por zero não é definida. Os valores de saída geralmente são:

- iguais a zero em áreas onde todos os valores de entrada são iguais (não há fronteiras);
- baixos em áreas de baixa freqüência espacial (áreas sem transições abruptas);
- extremos em áreas de alta freqüência espacial (altos valores tornam-se muito mais altos, baixos valores tornam-se muito mais baixos) (ERDAS, 1999a).

Máscaras de soma zero são utilizadas para a detecção de bordas, já que normalmente suavizam ou zeram áreas de baixa freqüência espacial e criam um contraste destacado onde a freqüência espacial é alta, justamente onde há fronteiras entre grupos de pixels homogêneos. As máscaras de soma zero podem ser direcionadas para detectar uma direção em particular (ERDAS, 1999a). Exemplos de máscaras de soma zero são apresentados na Figura 3.13. O segundo exemplo é de uma máscara direcionada para o sul.

-1	-1	-1
-1	8	-1
-1	-1	-1

-1	-1	-1
1	2	1
1	1	1

Figura 3.13 – Exemplos de máscaras de soma zero.

Fusão de Imagens

A técnica de fusão de imagens permite integrar imagens de diferentes resoluções espaciais (tamanho de pixel). Utiliza-se normalmente uma imagem pancromática como a imagem de resolução mais alta (Banda 8 do Landsat ETM+, por exemplo) enquanto as imagens de resolução mais baixas são multiespectrais (demais bandas do Landsat ETM+, por exemplo). Esta técnica é freqüentemente usada para produzir imagens multiespectrais com resolução mais alta; isto melhora a interpretabilidade dos dados, uma vez que passamos a ter informações com melhor resolução espacial e em cores. A ferramenta de fusão de imagens do ERDAS IMAGINE oferece três técnicas: **Componentes Principais, Multiplicativa e Transformação de Brovey**

O método dos Componentes Principais calcula as componentes principais, remapeia a imagem de alta resolução dentro da faixa de dados do primeiro componente principal, então aplica uma transformação de componentes principais inversa. Este método é mais bem usado em aplicações que requeiram que a radiometria da cena original da imagem multiespectral seja mantida tão próxima quanto possível na imagem de saída. O histograma da imagem de saída é muito semelhante ao histograma da imagem multiespectral de entrada.

O método multiplicativo aplica um algoritmo multiplicativo simples na integração de duas imagens. A imagem resultante não retém a radiometria da imagem multiespectral de entrada. O componente Intensidade da cor é aumentado, fazendo esta técnica ideal para deixar feições urbanas mais luminosas, já que estas tendem a ter reflectâncias mais altas.

O método Transformação de Brovey use um algoritmo para combinar as imagens. Foi desenvolvido para visualmente aumentar o contraste nas partes inicial e final do histograma de uma imagem (Erdas, 1999). Ele promove um aumento de contraste em áreas de sombras, águas e áreas de alta reflectância, conseqüentemente não preserva a radiometria original da cena. Esta técnica permite usar apenas 3 bandas da imagem multiespectral por vez.

Algoritmo utilizado na Transformação de Brovey

$$[DN_{B1} / (DN_{B1} + DN_{B2} + DN_{B3})] \times [DN_{imagem\ alta\ resolução}] = DN_{B1\_novo}$$
$$[DN_{B2} / (DN_{B1} + DN_{B2} + DN_{B3})] \times [DN_{imagem\ alta\ resolução}] = DN_{B2\_novo}$$
$$[DN_{B3} / (DN_{B1} + DN_{B2} + DN_{B3})] \times [DN_{imagem\ alta\ resolução}] = DN_{B3\_novo}$$

onde *B = banda*
DN = valor do pixel

Exercício 1 - Alterando o brilho e contraste de uma imagem

1. Há várias maneiras de alterar o contraste original de uma imagem no ERDAS IMAGINE. Uma das mais simples é através da opção Brightness Contrast. Abra a imagem campinas_20000617.img em uma composição colorida marcando a opção No Stretch.

2. Na barra de menus do visor selecione Raster | Contrast | Brightness Contrast.

3. O quadro Contrast Tool for campinas_20000617.img será mostrado (Figura 3.14) . O brilho e contraste original da imagem sempre assumem o valor 50.

4. Para ajustar o brilho (ícone Sol) e o contraste (ícone círculo preto e branco) da imagem, clique sobre o botão das barras de ajuste (seta vermelha, Figura 3.14) e arraste-o ou digite números entre 0 e 100 na caixa logo após os ícones.

5. Clique em Apply ou Auto Apply e veja o resultado na imagem. A opção Auto Apply permite ver o resultado do ajuste ao mesmo tempo que você arrasta as barras de brilho e contraste.

6. Caso queira desfazer os ajustes aplicados, clique em Reset.

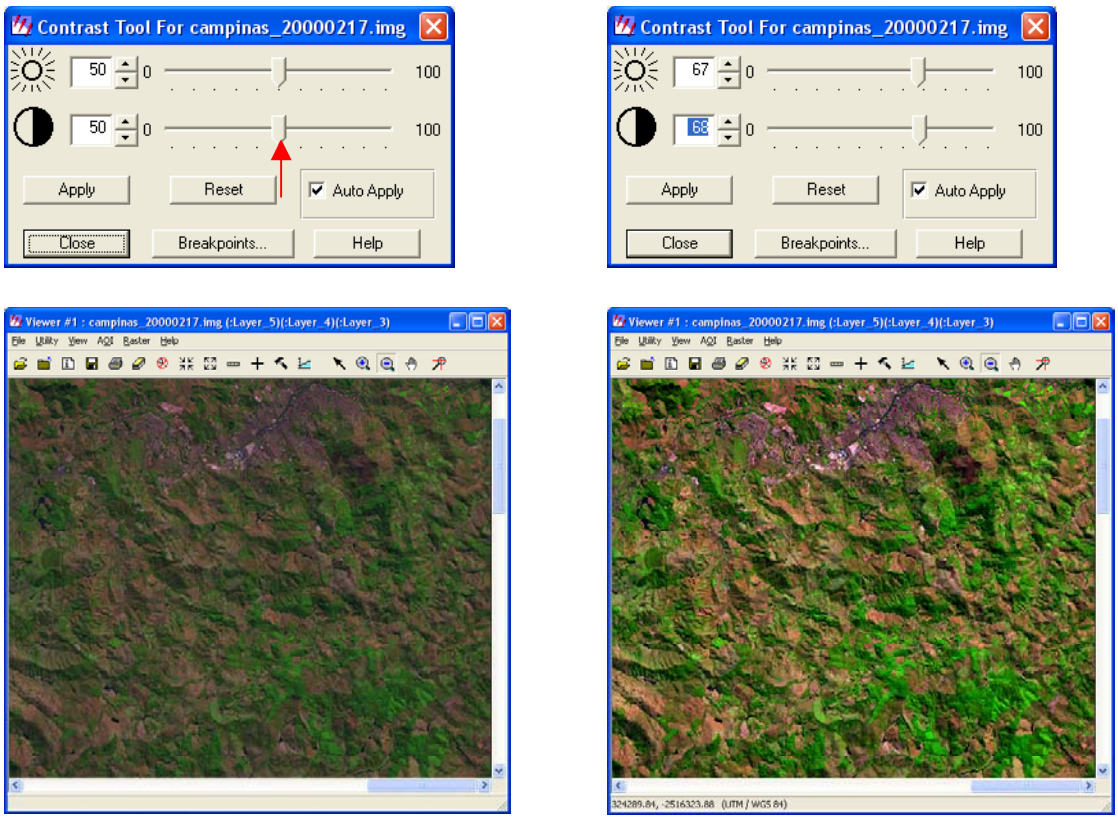


Figura 3.14. – A imagem campinas_20000617.img com o brilho e contraste original(valor 50 para ambos) e após uma alteração do brilho para 67 e do contraste para 68. A alteração faz-se por meio do quadro Contrast tool for ...

Exercício 2 - Manipulando histogramas de imagens em tons de cinza

1. Vamos manipular o histograma de uma imagem em tons de cinza. Abra no visor a imagem campinas_b8.img. Em Raster Options, marque a caixa de checagem correspondente à opção " No Stretch". Isto fará com que a imagem seja aberta com seu contraste original, sem o realce que o ERDAS IMAGINE normalmente aplica quando esta opção esta desativada. (Figura 3.15).

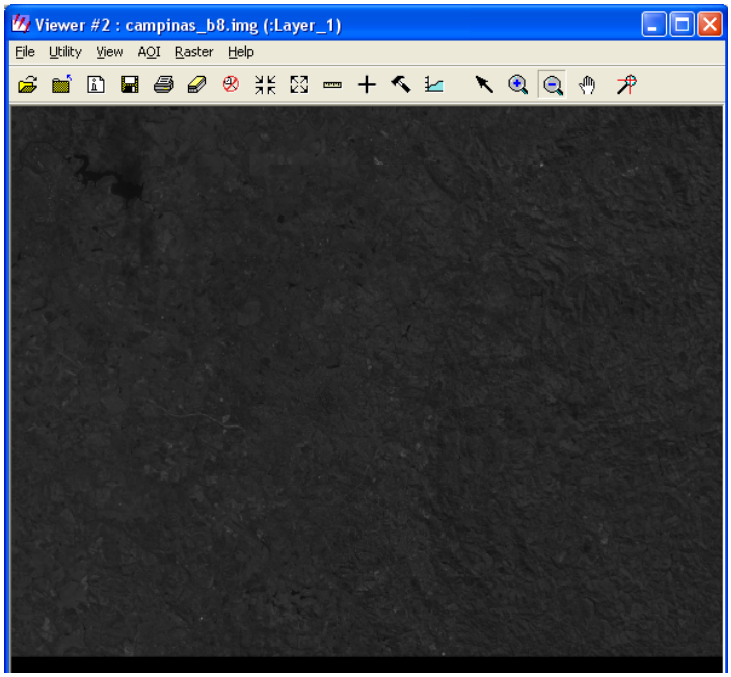


Figura 3.15 – Imagem campinas_b8.img sem a aplicação de qualquer técnica de ampliação de contraste

2. Na barra de menus do visor, selecione Raster| Contrast| Breakpoint

3. O quadro Breakpoint Editor for... com o histograma da imagem é apresentado (Figura 3.16).

4. Observe que os pixels não estão distribuídos por toda a faixa de valores disponíveis (0 a 255). Podemos manipular o histograma, definindo uma função de transferência de forma que os pixels distribuam-se por toda a faixa de 0 a 255. Isso melhorará o contraste da imagem.

5. Pode-se aplicar uma única função de transferência para toda a faixa de valores da imagem ou aplicar diferentes funções para faixas específicas de valores de pixels. Os pontos correspondentes aos valores onde há troca da função de transferência são denominados pontos de quebra (Breakpoints).

6. As funções de transferência podem ser lineares ou não lineares Para a imagem em questão, serão definidas funções de transferência lineares.

7. Clique no ícone indicado pela seta verde na Figura 3.16 . Observe a Gray Lookup Table. Os valores de entrada e saída (Input, Output) são os mesmos e os pontos de quebra

(breakpoints) estão posicionados no início e no fim da faixa de valores (0,0) e (255, 255). A função de transferência é representada por uma reta com inclinação de 45° , o que não altera os valores originais da imagem

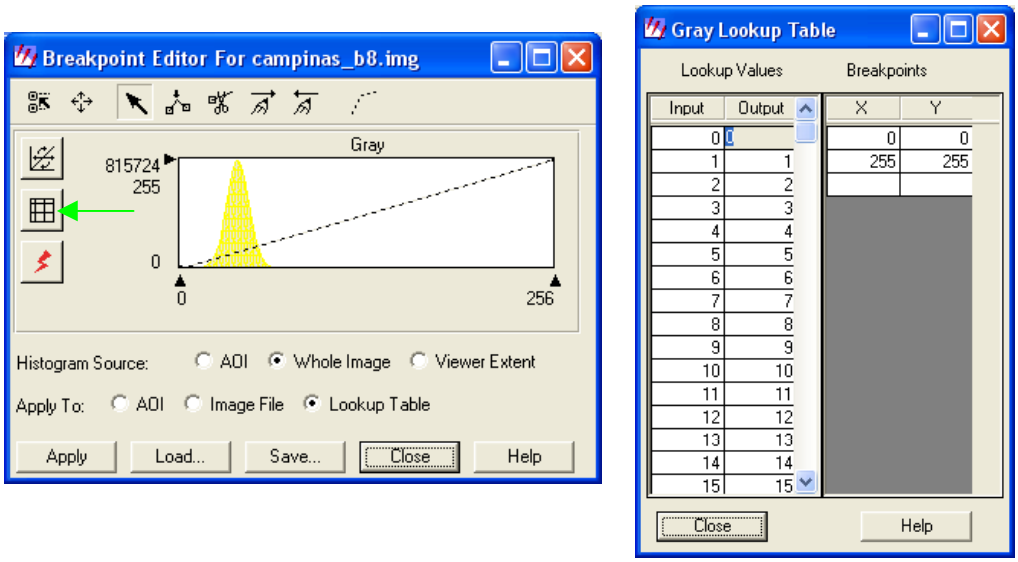


Figura 3.16 – Quadro Breakpoint Editor. Este quadro possui ferramentas para a definição da função de transferência linear e ampliação do contraste da imagem aberta. O histograma da imagem original é apresentado em amarelo. Como a imagem foi aberta com seus valores de pixel originais, sem qualquer tipo de ampliação de contraste, os valores de entrada e saída da Lookup table são iguais

8. Introduza dois pontos de quebra adicionais na função de transferência (reta tracejada) do quadro Breakpoint Editor. Eles podem ser introduzidos graficamente ou digitando suas coordenadas no quadro Gray Lookup Table. Digite na coluna Breakpoints X Y os pontos (0,0), (21,0); (55, 255) (255, 255) . Você verá imediatamente no gráfico o efeito dos novos pontos de quebra. Os pixels que se concentravam originalmente dentro da faixa de valores compreendido entre 13 e 70, agora se distribuem por toda a faixa de 0 a 255. Observe que os pixels com valores menores ou iguais a 21 assumiram o valor zero e os maiores ou iguais a 55 assumiram o valor 255. Veja na tabela Lookup Table a correspondência entre os valores novos e antigos. Essa correspondência pode ser vista também no gráfico da função de transferência (reta desenhada sobre o histograma). Os novos valores são apresentados no eixo Y, abaixo do valor da freqüência para cada valor de pixel. O histograma da imagem resultante é apresentado sobre o histograma da imagem original em um tom de cor mais forte (Figura 3.17). Para ver o resultado, no quadro Breakpoint Editor marque as opções Whole Image e Lookup Table e clique em Apply.

9. É possível salvar os pontos de quebra introduzidos. Clique em Save e escolha uma pasta e nome para o arquivo.

10. Agora feche a imagem. Quando perguntado se deseja salvar as alterações, clique Não. Se você escolher sim, na próxima vez que a imagem for aberta sem a opção No Stretch assinalada, o Erdas Imagine usará a Lookup table que você acabou de definir pelos breakpoints e não a Lookup table padrão do Erdas.

11. Abra novamente a imagem, sem alterar seu contraste original (Veja a etapa 1 deste exercício).

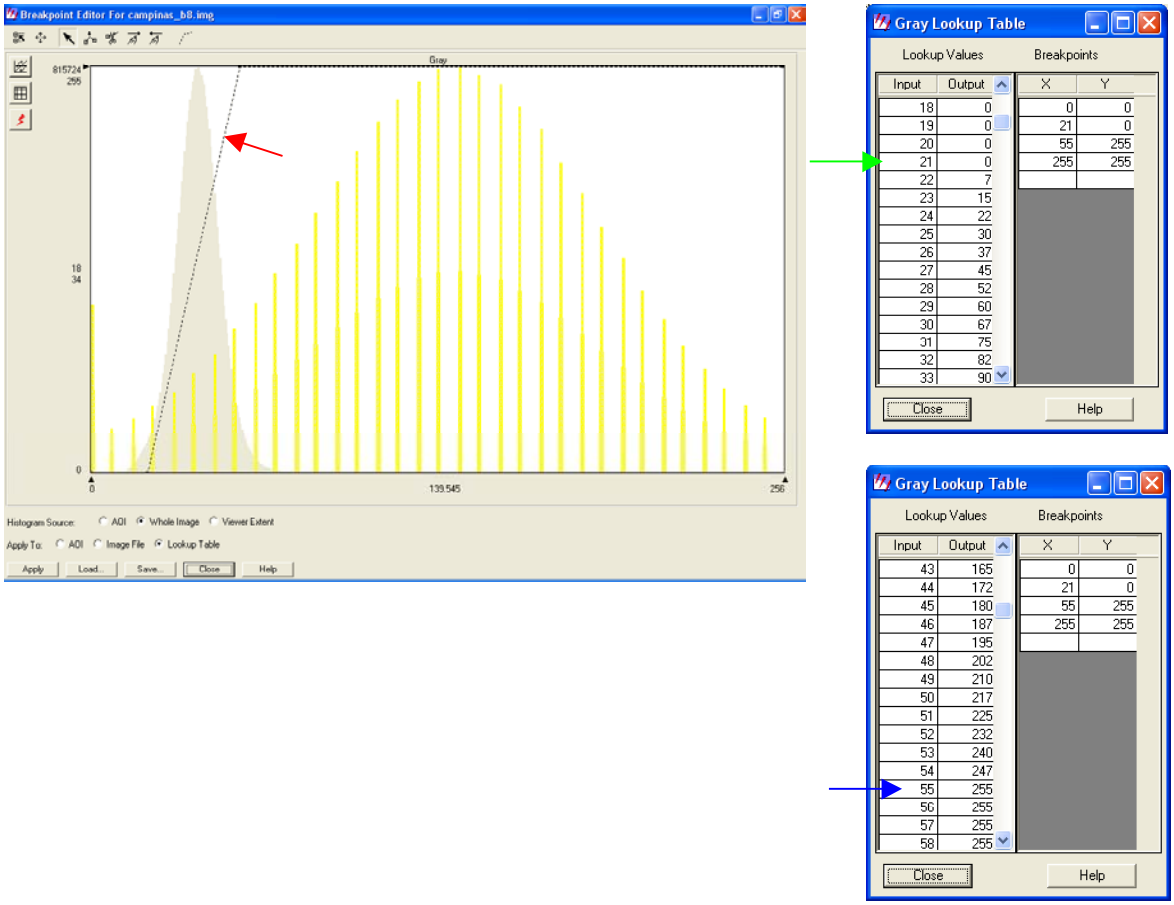


Figura 3.17 – Histogramas e Lookup Tables da imagem camp_b8 antes e após o realce. Observe que pelo histograma original da imagem (em amarelo pálido) os pixels estão concentrados na faixa de valores entre 13 e 70 . Após o realce, os pixels distribuem-se por toda a faixa de valores entre 0 e 255 (histograma em amarelo forte). A função de transferência (seta vermelha) relaciona os valores originais dos pixels com os novos valores. Observe que pixels com valores menores ou iguais a 21 assumiram o valor 0 (seta verde). Valores iguais ou maiores que 55 assumiram o valor 255 (seta azul) . Os valores entre 21 e 55 assumem novos valores, entre 0 e 255. Para calcular os novos valores, basta aplicar a função de transferência:

$$\begin{cases} Y = 0 \quad se \quad X \leq 21 \\ Y = \dfrac{255}{34} X - 157{,}5 \quad se \quad 21 < X < 55 \\ Y = 255 \quad se \quad X \geq 55 \end{cases}$$

Essa função está representada na figura por segmentos de reta tracejados (seta vermelha). Observe no quadro Gray Lookup Table que aplicando a função acima para os valores de Input (X) obtém-se os valores de Output (Y).

12. Na barra de menus do visor selecione Raster| Contrast| Breakpoint.

13. No quadro Breakpoint Editor clique em Load e acesse o arquivo de histograma que você salvou anteriormente. Clique em OK.

14. Volte ao quadro Breakpoint Editor e assinale as opções Whole Image e Lookup Table e clique em Apply. Isso fará com que a ampliação de contraste seja aplicada para toda a imagem e apenas para os valores da Lookup Table. Observe na Gray Lookup Table que apenas os valores Output foram alterados.

15. Se você marcar a opção Apply to Image File os valores originais do arquivo de imagem serão alterados pela função de transferência que você definiu. Observe a Lookup Table.

16. Observe o resultado de outros exemplos de aplicação de funções de transferência lineares (Figuras 3.18 e 3.19).

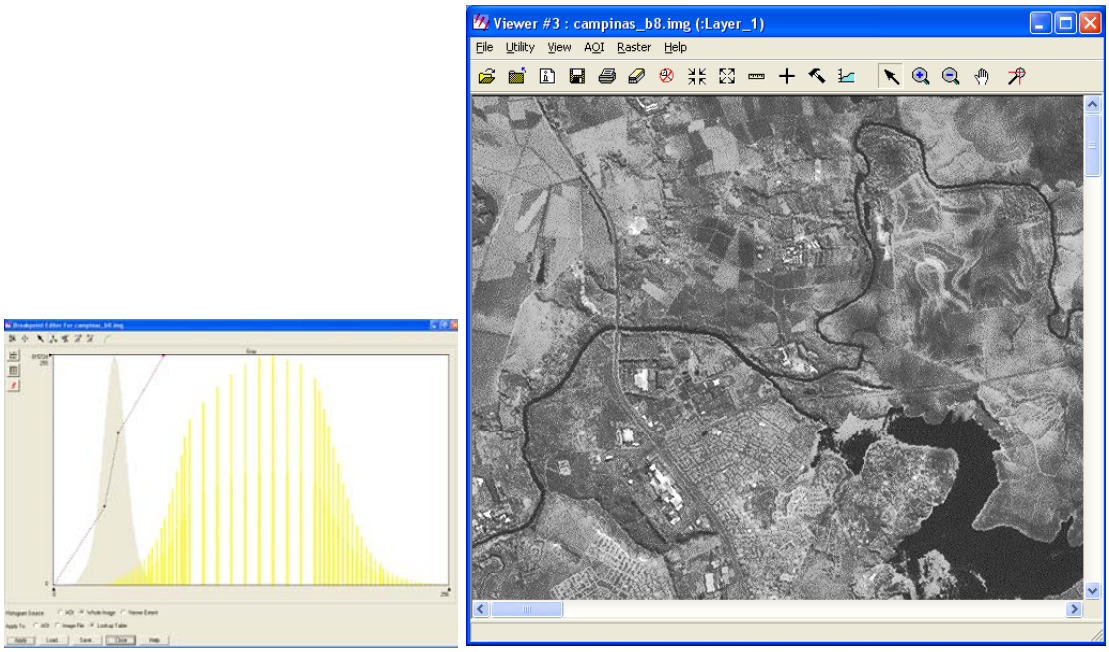


Figura 3.18 - Ampliação de contraste aplicado à imagem campinas_b8.img. Observe que a expansão de contraste para valores extremos é menor do que para valores centrais do histograma. O segmento de reta que representa a função de transferência para valores centrais possui maior inclinação do que os segmentos de reta que representam a função de transferência para valores extremos. À direita, parte da imagem resultante da aplicação de contraste.

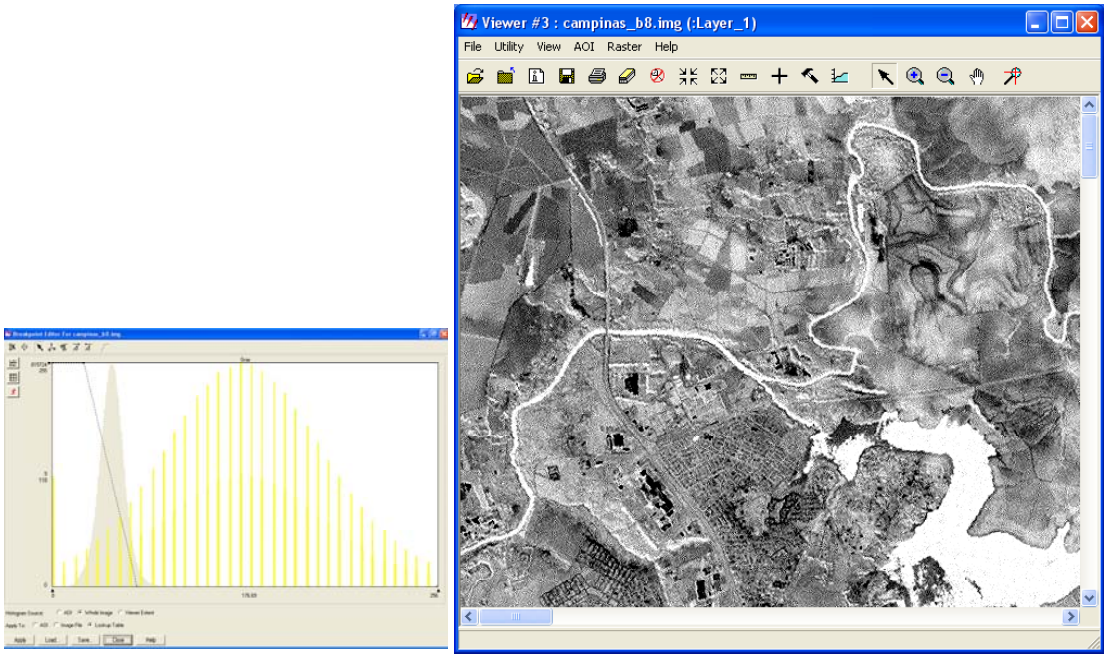


Figura 3.19 - Aplicação de uma função de transferência linear inversa à imagem campinas_b8.img. A imagem resultante é apresentada à direita. Observe o histograma original, a função de transferência e o histograma resultante após a aplicação da função de transferência. A função linear inversa transforma os valores baixos em altos e vice-versa. Como resultado, os pontos claros da imagem ficam escuros e os pontos escuros ficam claros.

Exercício 3 - Manipulando o contraste de composições coloridas

1. Abra no visor a imagem campinas_20000617.img. Em Raster Options, marque a caixa de checagem correspondente a opção "No Stretch". Isso fará com que a imagem seja aberta com seu contraste original, sem o realce que o ERDAS IMAGINE normalmente aplica quando esta opção esta desativada. Escolha a composição colorida R=5, G=4 e B=3.

2. Na barra de menus do visor selecione Raster| Contrast| Breakpoint

3. O quadro Breakpoint Editor for... com o histograma de três bandas da imagem é apresentado.(Figura 3.20) As cores correspondem àquelas que você atribuiu para cada banda na opção Raster Option ao abrir a imagem.

4. Observe que os pixels não estão distribuídos por toda a faixa de valores disponíveis (0 a 255). Podemos manipular o histograma de forma que os pixels distribuam-se por toda a faixa de 0 a 255. Isto melhorará o contraste da imagem.

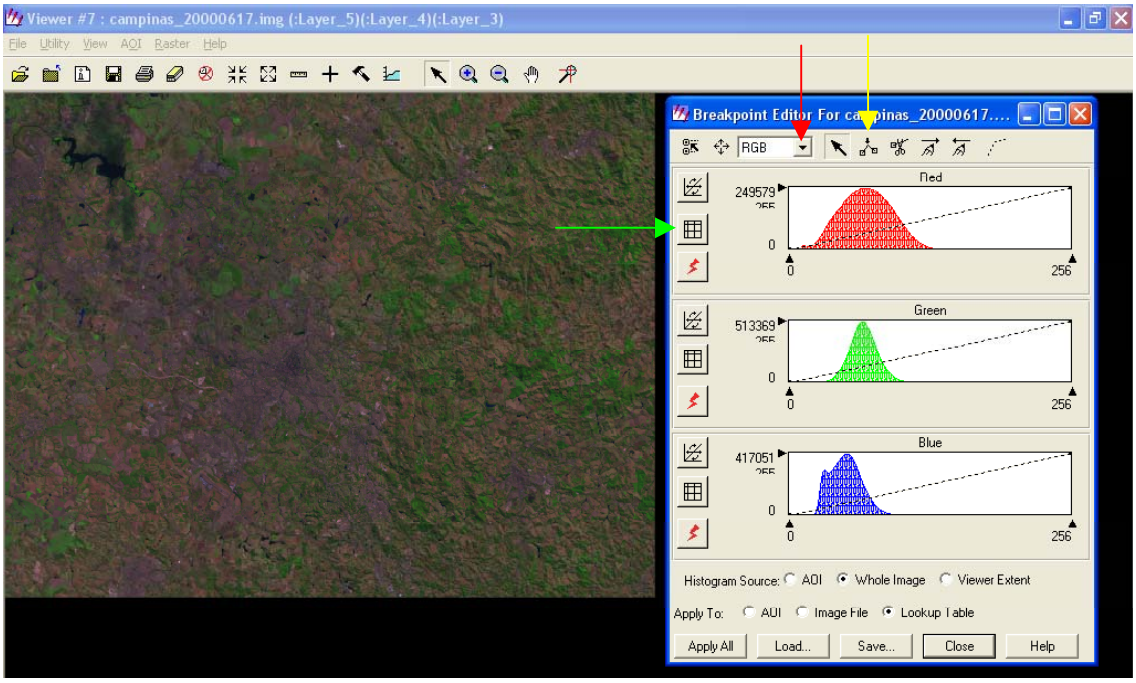


Figura 3.20 - Imagem campinas_20000617.img e os histogramas originais de três bandas da imagem.

6. Vamos inicialmente manipular o histograma da banda exibida em vermelho. Para facilitar, exiba apenas o histograma da banda em vermelho. Acesse a lista *popup* da parte superior do quadro Breakpoint Editor (seta vermelha, Figura 3.20) e selecione RED.

7. Observe que os pixels da banda em vermelho, em sua maioria, ocupam uma faixa compreendida entre os valores 20 e 144. O número máximo de pixels para um certo valor é verificado para o valor 69. Para saber a freqüência (número de pixels) para cada valor, posicione o mouse na extremidade das barras, as coordenadas de valor (eixo X) e número de pixels (eixo Y) serão apresentadas ao lado dos respectivos eixos. O gráfico também apresenta a função de transferência na forma de uma reta. Como nenhuma expansão de contraste foi aplicada, a reta tem inclinação de 45° e na Lookup Table os valores de

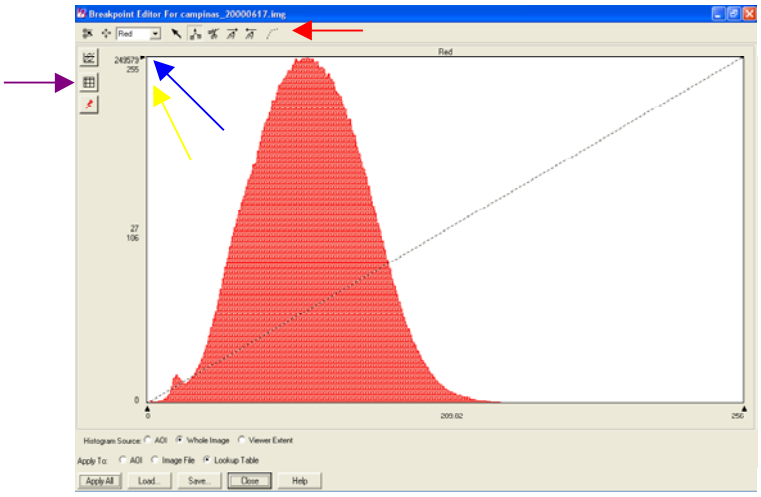
entrada e saída são os mesmos e os pontos de quebra estão posicionados no início e no fim da faixa de valores.

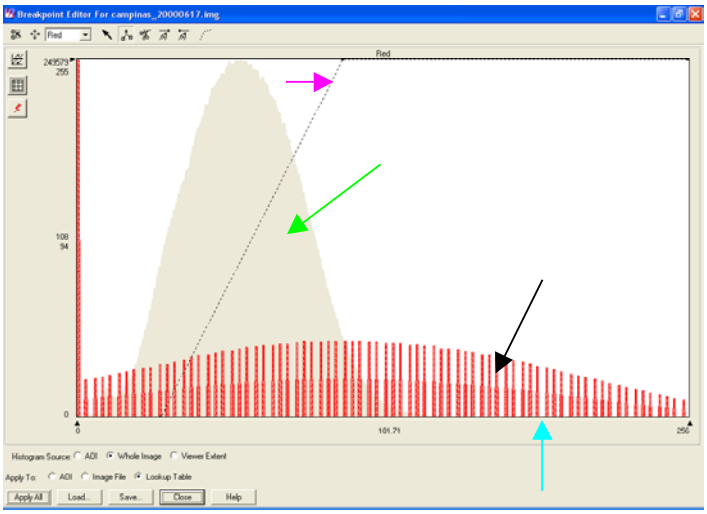
8. Clique no ícone indicado pela seta verde na Figura 3.20. Observe a Red Lookup Table. Os valores de entrada e saída são os mesmos e os pontos de quebra estão posicionados no início e no fim da faixa de valores. Introduza dois novos pontos de quebra. Eles podem ser introduzidos graficamente ou digitando suas coordenadas na Red Lookup Table. Digite os pontos (48, 0) e (111, 255). Você imediatamente verá no gráfico o efeito dos novos pontos de quebra. Os pixels que se concentravam originalmente dentro da faixa de valores entre 20 e 144, agora se distribuem por toda a faixa de 0 a 255. Observe que os pixels com valores menores ou iguais a 48 assumiram o valor zero e os maiores ou iguais a 144 assumiram o valor 255. Veja na tabela Lookup Table a correspondência entre os valores novos e antigos. Essa correspondência pode ser vista também no gráfico da função de transferência (retas desenhadas sobre o histograma). Os novos valores são apresentados no eixo Y, abaixo do valor da freqüência para cada pixel.

9. Caso deseje introduzir pontos de quebra graficamente, clique no ícone indicado pela seta amarela na Figura 3.20. Clique sobre a reta de transferência. O ponto de quebra será marcado. Você pode alterar a função de transferência clicando sobre os pontos de quebra já definidos e arrastando-os com o mouse. O ícone "tesoura" presente no quadro Breakpoint Editor permite apagar um ponto de quebra da reta de transferência. Clique sobre ele e depois sobre o ponto de quebra.

10. A Figura 3.21 apresenta o histograma antigo e o novo para a banda 5 da imagem, representada em vermelho. O histograma antigo é mostrado sob o novo em cores pálidas. Um resumo dos principais aspectos que podem ser observados no histograma de uma imagem antes e depois da ampliação de contraste também é apresentado na Figura 3.21.

11. Por processo semelhante, você pode alterar os histogramas das outras bandas ou mesmo alterar novamente o histograma da banda em vermelho. Tente fazer algumas outras alterações, por exemplo: você pode reposicionar os pontos de quebra, clicando e arrastando eles; pode inserir e eliminar pontos; ou mesmo estabelecer diferentes funções de transferência para diferentes trechos do histograma. Na Figura 3.22, veja algumas sugestões para a introdução de pontos de quebra para as bandas da imagem que estamos trabalhando. Os novos histogramas e a imagem resultante da aplicação desses pontos de quebra são apresentados na Figura 3.23.





Ferrmentas de edição do histograma, usados para mover, incluir e excluir pontos de quebra

Representa a freqüência mais alta entre os valores de entrada.

O eixo Y representa tanto as freqüências do histograma, como também a faixa de valores de saída para a função de transferência (lookup table).

O histograma em cores pálidas corresponde á distribuição dos valores de entrada (originais) e não pode ser alterado.

O gráfico da função de transferência (lookup table) com os pontos de quebra (pequenos quadrados)

Histograma dos valores de saída (Este histograma pode ser alterado pela manipulação do gráfico da função de transferência)

O eixo X representa a faixa de valores dos dados. Para dados de 8 bits a faixa é de 0 a 255.

Ícone que permite o acesso a Look up Table

Figura 3.21 – Um resumo dos principais aspectos que podem ser observados no histograma de uma imagem antes e depois da ampliação do contraste

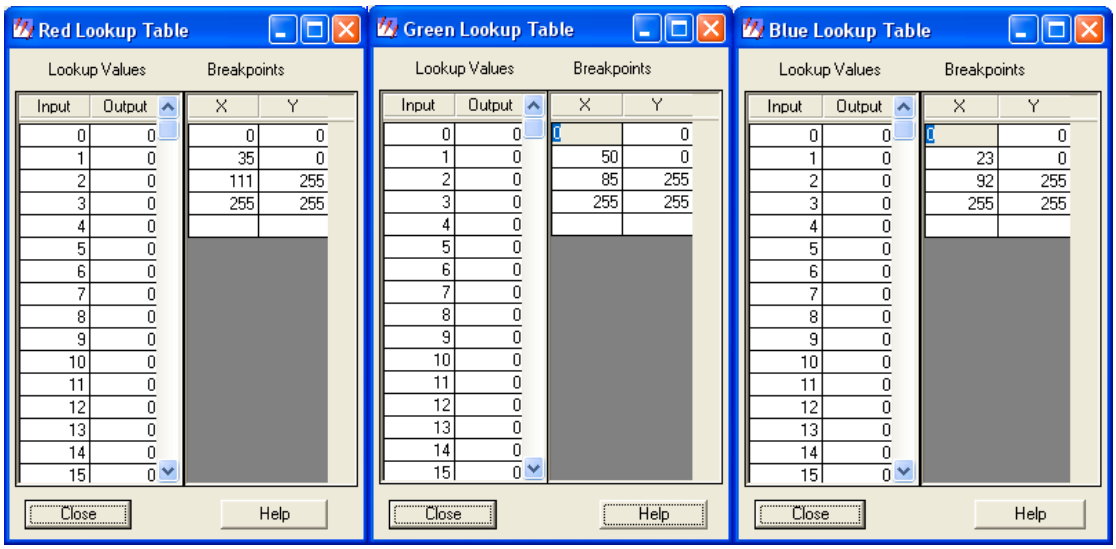


Figura 3.22 – Sugestões de pontos de controle para realçar o contraste da imagem campinas20000617.img

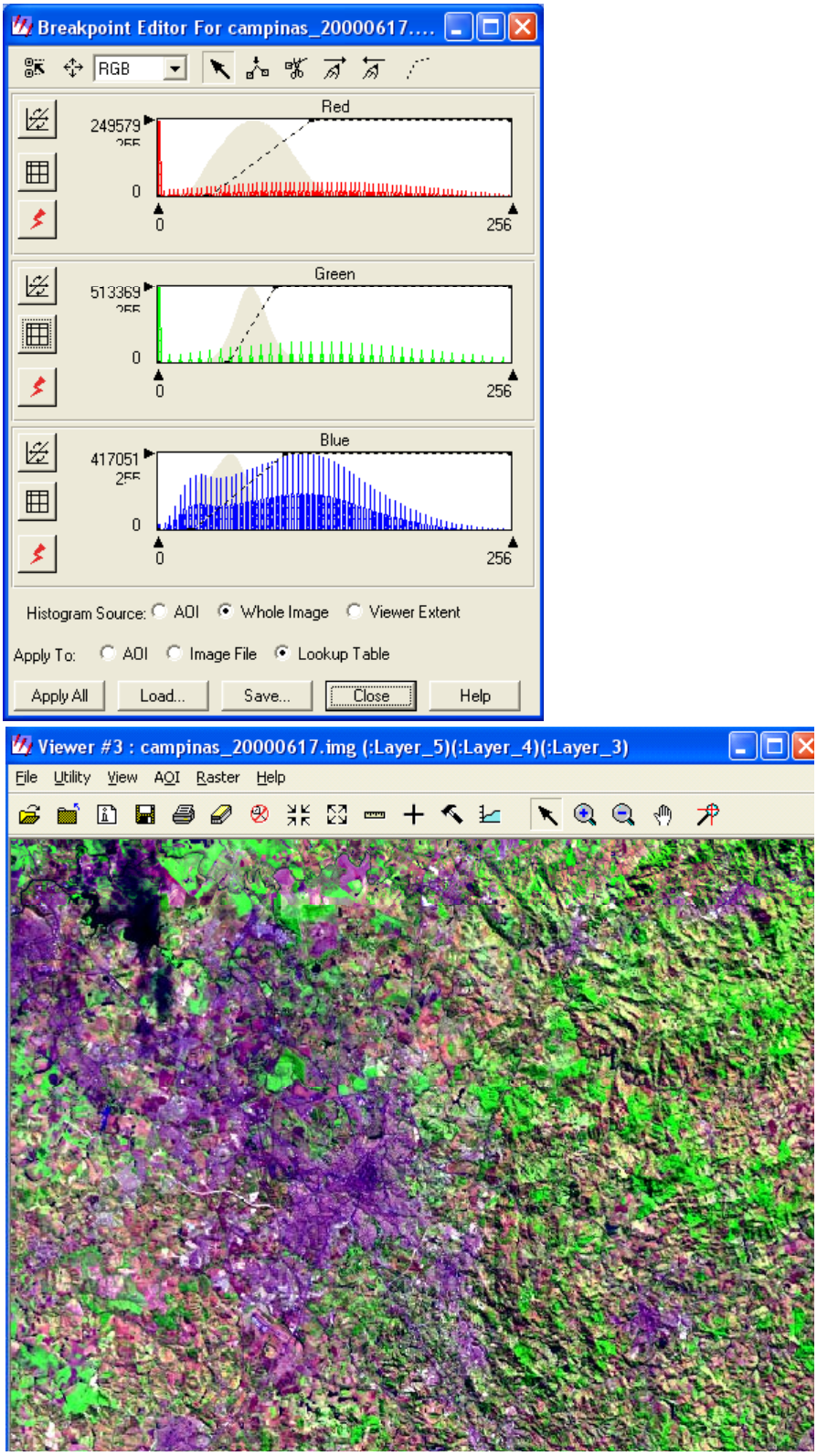


Figura 3.23 – Novos histogramas e a imagem resultantes da aplicação das funções de transferência definidas a partir dos pontos de quebra sugeridos na Figura 3.22.

Ao abrir uma imagem, se a opção "No stretch" não for assinalada, o ERDAS IMAGINE aplica um aumento de contraste automático para os dados na faixa de valores compreendida entre duas vezes o desvio padrão abaixo e acima da média. Para os valores abaixo e acima da faixa são atribuídos os valores zero e 255 respectivamente. Portanto, quando exibido o histograma de uma imagem nestas condições, ele já contará com uma ampliação de contraste e pontos de quebra no inicio e no final do intervalo que sofreu ampliação de contraste. Caso a ampliação de contraste automática não seja satisfatória, ela poderá ser alterada pelos mesmos procedimentos de manipulação de histograma vistos anteriormente. Uma outra opção é acessar o Menu Raster | Contrast com diversas opções para alterações de contraste. Uma das opções é a Equalização de Histogramas, (Histogram Equalize) objeto do próximo exercício.

Exercício 4 - Aplicando a equalização de histogramas

A equalização de histograma é uma técnica não linear de ampliação de contraste que redistribui os valores dos pixels de forma que haja aproximadamente o mesmo número de pixels dentro de cada faixa de valores. O resultado aproximado é de um histograma plano. Nessa condição, o contraste é aumentado nos picos do histograma e atenuado em suas extremidades (LEICA GEOSYSTEMS, 2003).

1. Na barra de ícones principal do ERDAS IMAGINE clique em Interpreter. O quadro Imagine Interpreter é aberto. Selecione Radiometric Enhancement| Histogram Equalization. Escolha campinas20000617.img para arquivo de entrada e dê um nome para o arquivo de saída (Figura 3.24).Clique em OK. Após terminar o processamento, você poderá abrir a nova imagem (assinale No Stretch) e visualizar o novo histograma escolhendo Raster | Contrast | Breakpoints.

2. Caso queira equalizar os histogramas de uma imagem já exibida em tela, basta clicar em Raster no menu do visor e selecionar Contrast | Histogram Equalize.

3. A imagem e os histogramas resultantes da equalização são apresentados nas Figura 3.25 e 3.26.

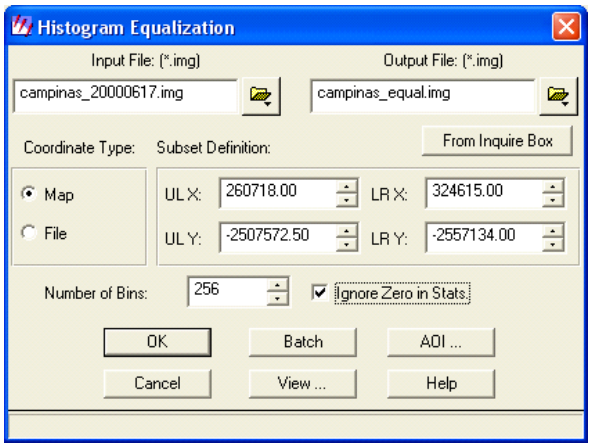


Figura 3.24 - Quadro usado para equalizar o histograma de uma imagem e salvar a imagem resultante em um novo arquivo.

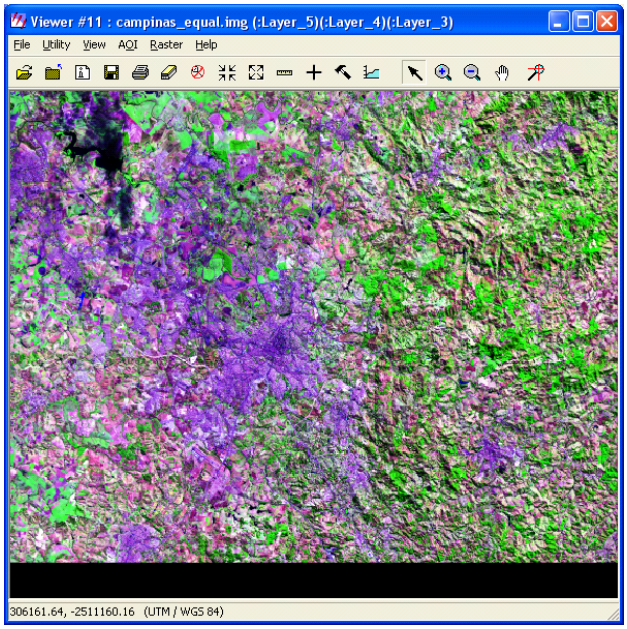


Figura 3.25 – Imagem obtida com a equalização de histograma

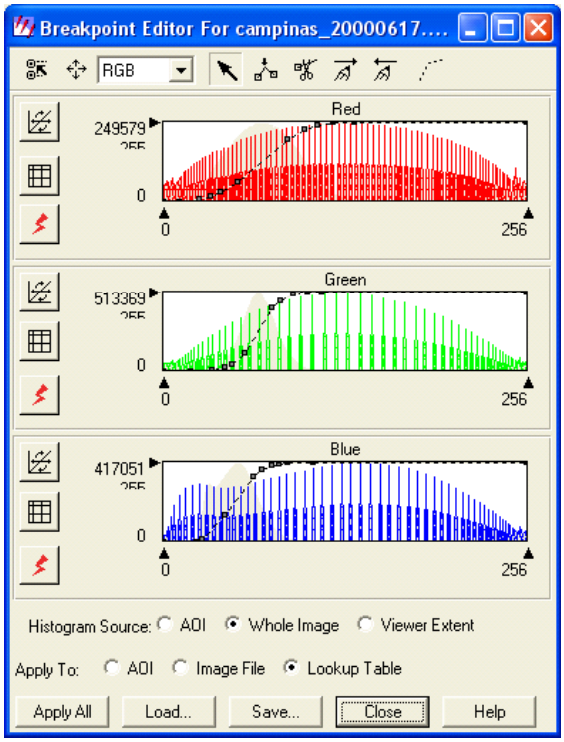


Figura 3.26 - Gráficos das funções de transferência utilizadas na equalização dos histogramas e os histogramas resultantes da aplicação da equalização.

Exercício 5 - Utilizando filtros para detecção de bordas

Neste exercício será utilizada a técnica de filtragem por convolução para detecção de bordas por meio de um filtro de soma zero. .

1. Na barra de ícones do ERDAS IMAGINE clique sobre o ícone Interpreter.

2. O menu Image Intrepreter é mostrado. Selecione Spatial Enhancement | Convolution

3. O quadro Convolution é aberto (Figura 3.27).

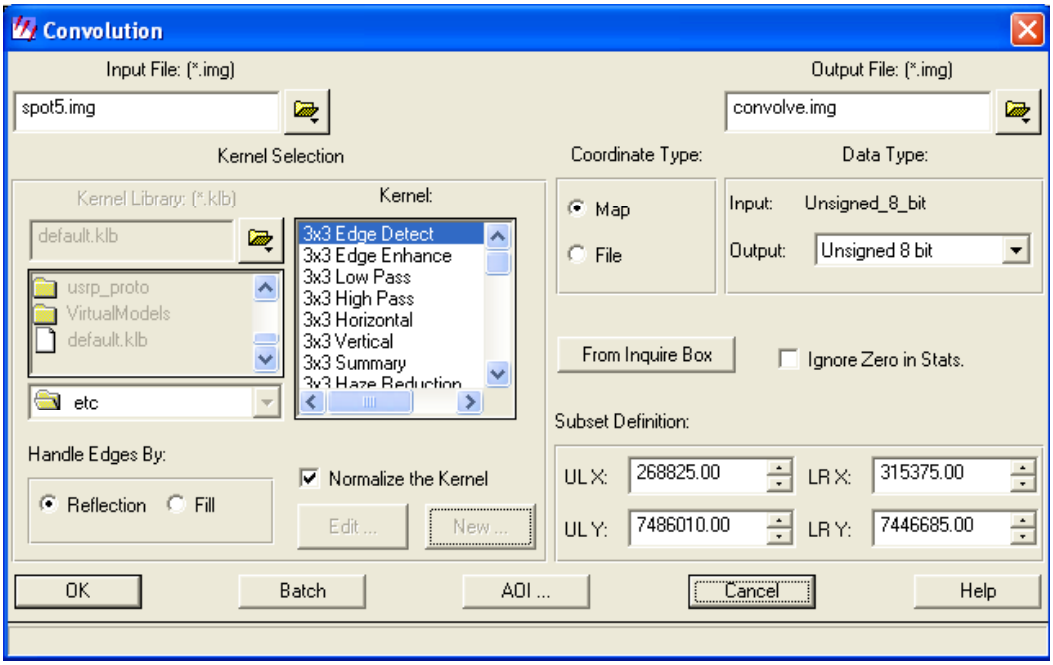


Figura 3.27 – Quadro Convolution, utilizado para gerar uma nova imagem pela aplicação da filtragem por convolução.

4. Em Input File selecione a imagem spot5.img que está na pasta **C:/Tutorial_Imagine/Dados**. .Em Output File digite convolve.img e escolha a pasta onde será salva a imagem (Sugestão: **C:/Tutorial_Imagine/Exercicios**)

5. Em Kernel Select, na lista de máscaras apresentadas, selecione o 3 x 3 Edge Detect (detecção de bordas). Observe as outras máscaras disponíveis.

6. Clique no botão Edit em Kernel Selection para editar a máscara. Observe que também há o botão New que permite criar uma nova máscara (kernel).

7. Um quadro como o da Figura 3.28 é apresentado. Edite os valores da máscara (kernel) conforme a figura e em seguida clique File | Close. Para editar, basta clicar sobre a célula da matriz que você deseja alterar e digitar um novo número. Observe que a soma dos pesos resulta em zero.

8. Clique OK. Espera a barra Job Status indicar Done e clique em OK.

9. Para checar o arquivo criado, abra um visor (Viewer).

10. Selecione File | Open | Raster Layer

11. Abra a imagem: convolve.img.

12. Clique em OK.

13. Em um segundo visor, abra a imagem original, anterior ao processo de filtragem.

14. No menu do ERDAS IMAGINE selecione Session | Tile Viewers e compare as duas imagens lado a lado (Figura 3.29)

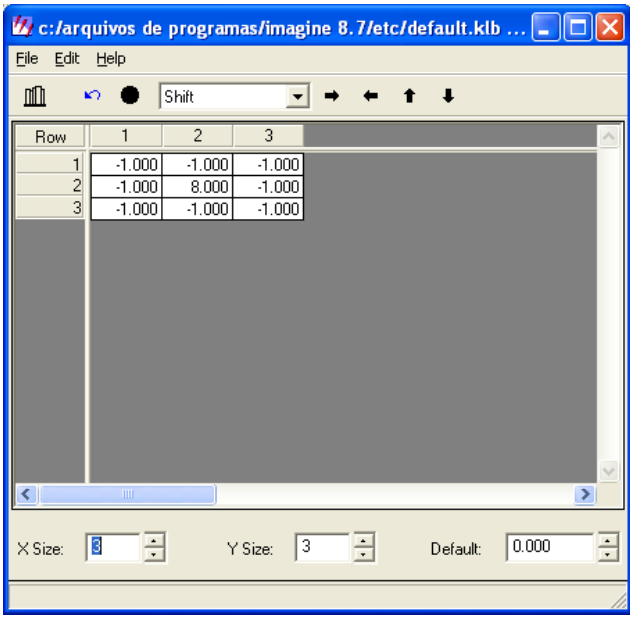


Figura 3.28 – Quadro que permite a edição das máscaras utilizadas no processo de convolução

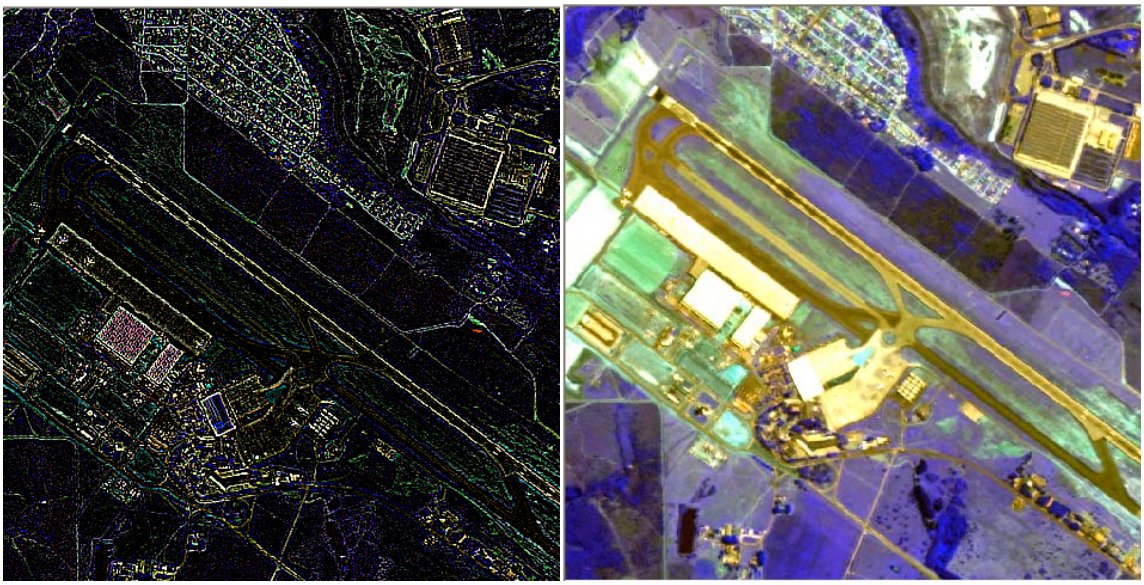


Figura 3.29– Imagem após a aplicação do filtro de detecção de bordas comparada com a imagem original.

Exercício 6 - Aplicando filtros em uma imagem exibida na tela

1. Abra a imagem campinas_20000617.img .

2. No menu do visor onde a imagem está aberta, selecione Raster | Filtering | Smooth (Figura 3.30)

3. Uma rápida suavização da imagem é realizada. Esse procedimento é útil quando se deseja aplicar filtros para destacar alguma feição ou melhorar a exibição da imagem aberta na tela. Esse procedimento não cria uma nova imagem e não altera os dados armazenados no arquivo da imagem. Ao fechar a imagem exibida, a filtragem aplicada é perdida. Caso deseje salvar a imagem filtrada, é conveniente utilizar o processo descrito no exercício anterior ou escolher a opção Convolution Filtering .

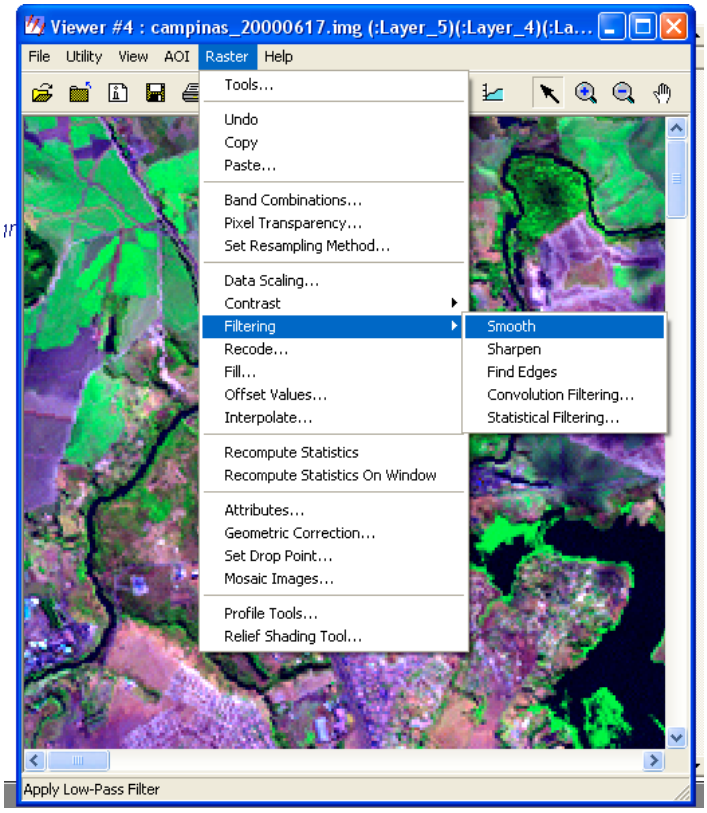


Figura 3.30 – Menu com acesso às diferentes opções de filtros que podem ser aplicados em uma imagem aberta na tela.

4. Abra a imagem campinas_b8.img e teste as outras opções de filtros existentes: Sharpen (para realçar uma imagem), Find Edges (detector de bordas). A Figura 3.31 apresenta o resultado obtido com a aplicação desses filtros e do filtro Smooth em uma parte da imagem.

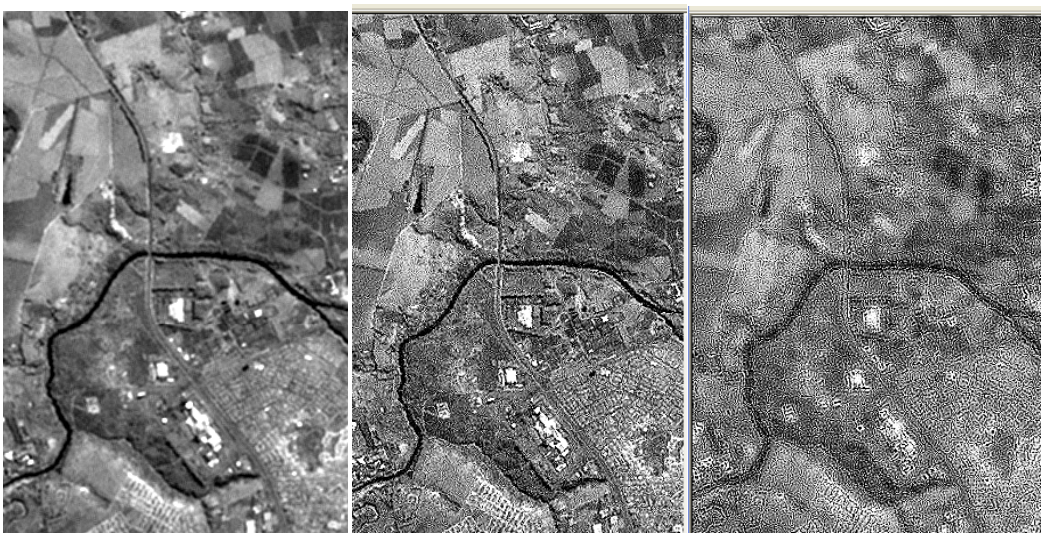


Figura 3.31 – Imagens resultantes da aplicação dos filtros Smooth, Sharpen e Find Edges

5. Teste a opção Convolution Filtering. Abra uma imagem e no seu visor acesse Raster | Filtering | Convolution Filtering. Essa opção permite escolher a máscara de convolução que será usada ou até criar uma nova pela opção New (Figura 3.32, seta vermelha) . Há ainda a opção de aplicar os filtros para a fração da imagem que está sendo exibida na tela (on demand), para toda a imagem (whole image) ou para uma AOI selecionada sobre a imagem (AOI) (Figura 3.32, seta amarela). Pode-se ainda desativar/ativar a opção de normalização da máscara de convolução (Figura 3.32, seta verde). Quando ativada, após a multiplicação dos pesos da máscara pelos valores da imagem, os produtos resultantes são divididos pela soma dos pesos da máscara de convolução, desde que esse total não seja zero. Se a aplicação da filtragem for feita para toda a imagem (Whole Image), há a opção de salvar a imagem filtrada. Responda Yes na pergunta do quadro Attention, mostrado logo após a solicitação da filtragem e, em seguida, responda OK no quadro Warning (Figura 3.32). Quando o processo de filtragem terminar, clique em File | Save Top Layer as e forneça uma pasta e um nome para salvar a imagem filtrada.

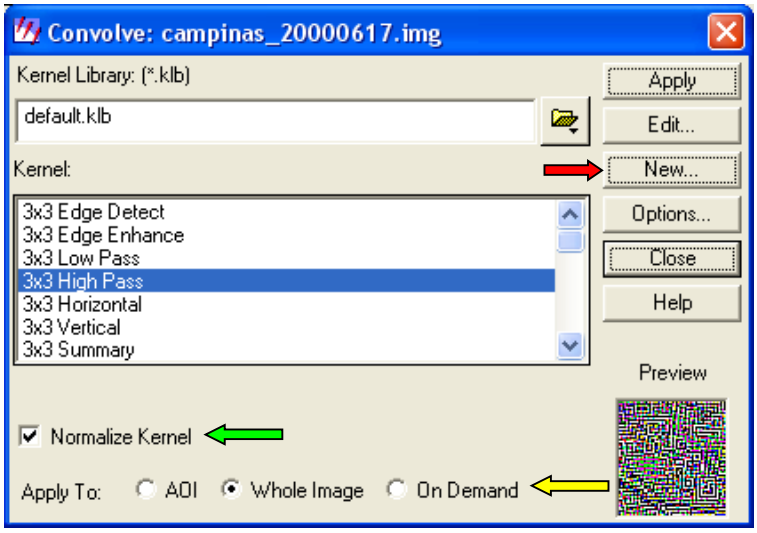


Figura 3.32 – Quadro Convolve com acesso às diferentes máscaras de convolução presentes no ERDAS IMAFINE

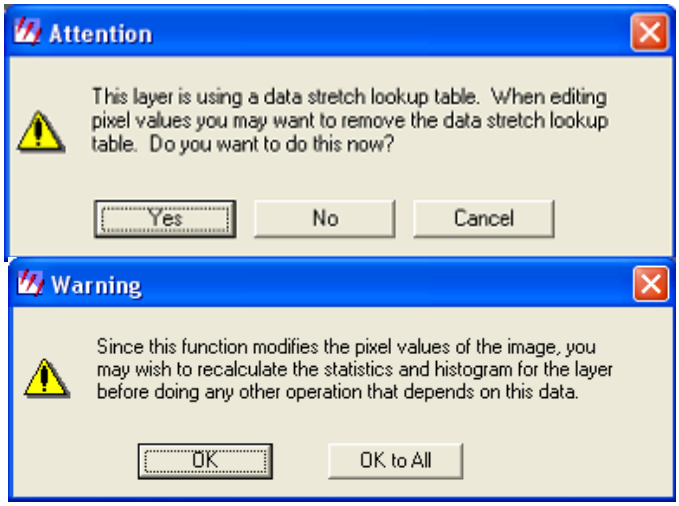


Figura 3.33 – Mensagens alertando que os valores dos pixels da imagem serão editados. A primeira mensagem é apresentada quando a filtragem é aplicada sobre toda a imagem (whole image). A segunda mensagem é apresentada quando a primeira é respondida positivamente.

6. Há ainda as opções de filtros estatísticos, acessíveis pelo menu Statistical Filtering. Esses filtros atribuem aos pixels da imagem filtrada a média, a mediana, o valor máximo, mínimo, majoritário ou minoritário observado dentro de uma janela com nXn pixels que se desloca sobre a imagem. Quando solicitada a aplicação de filtros estatísticos em uma imagem, um quadro como o da Figura 3.34 é aberto permitindo escolher o tipo de filtro (function) e o tamanho da janela .

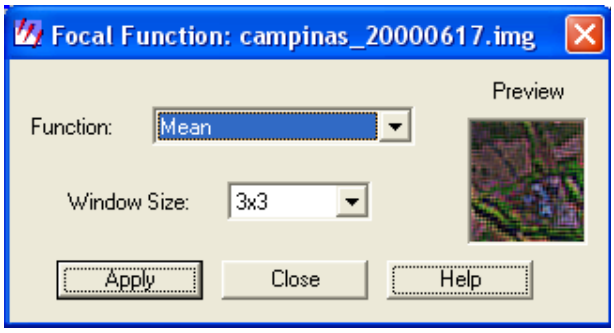


Figura 3.34 – Quadro que permite escolher o tipo de filtro estatístico que será aplicado à imagem e o tamanho da janela. Uma prévia do resultado também é apresentada.

Exercício 7 - Aplicando o filtro Crisp

O filtro Crisp é uma técnica de realce espacial presente no ERDAS IMAGINE. Esta técnica calcula os componentes principais de uma imagem multibandas, aplica um filtro de convolução apenas no primeiro componente principal e reconstrói a imagem original. A técnica mantém a variância entre as bandas (ERDAS, 1999a).

1. Na barra de menus do ERDAS IMAGINE clique sobre o ícone Interpreter.

2. O menu Image Intrepreter é mostrado. Selecione Spatial Enhancement | Crisp.

3. O quadro Crisp é aberto.

4. Em Input File selecione a imagem **viracopos.tif** que está na pasta **C:/Tutorial_Imagine/Dados**.

5. Em Output File digite **viracopos_crisp.img** escolha a pasta onde será salvada a imagem. Sugestão: **C:/Tutorial_Imagine/Exercicios**.

6. Selecione em Output Options a caixa de checagem de Stretch to Unsigned 8 bit.

7. Clique Close.

8. Espere a barra Job State indicar Done, então clique OK. Este processo de realce leva bastante tempo para ser concluído.

9. Abra um visor (Viewer).

10. Selecione File | Open | Raster Layer.

11. Abra a imagem com realce: **viracopos_crisp.img**.

12. Clique em OK.

13. Compare-a com a imagem original.

14. Procure ampliar partes de ambas as imagens e veja a diferença que esta técnica de realce espacial proporciona (Figura 3.35)

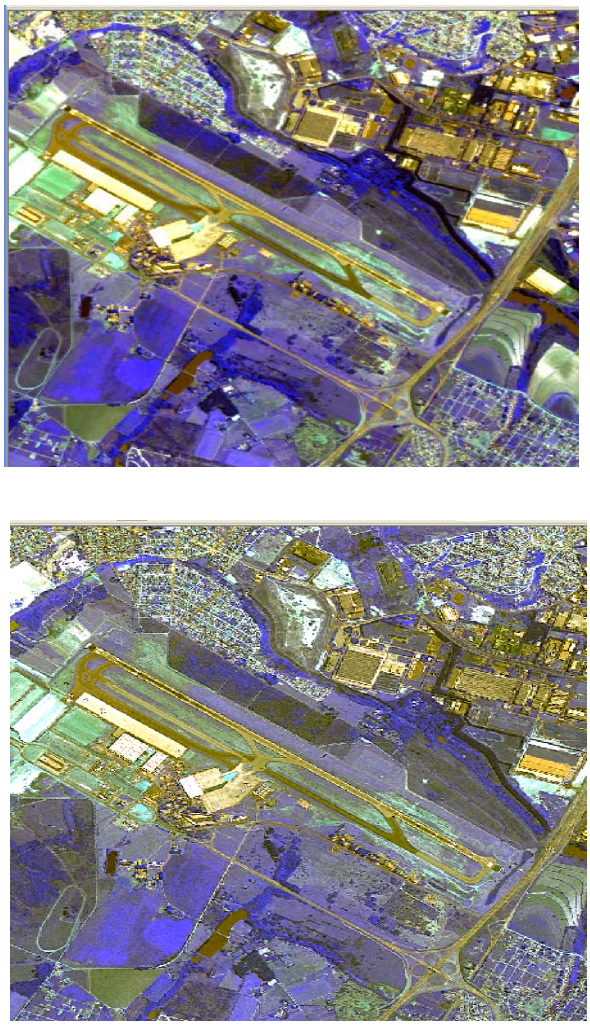


Figura 3.35 – Imagem antes e depois da aplicação do filtro Crisp.

Exercício 8 - Fusão de imagens com diferentes resoluções espaciais.

1. Clique no ícone Interpreter (barra de ícones do ERDAS IMAGINE).

2. No quadro Image Interpreter clique em Spatial Enhancement (Figura 3.36).

3. No quadro Spatial Enhancement clique em Resolution Merge (Figura 3.36) O quadro Resolution Merge é aberto (Figura 3.33).

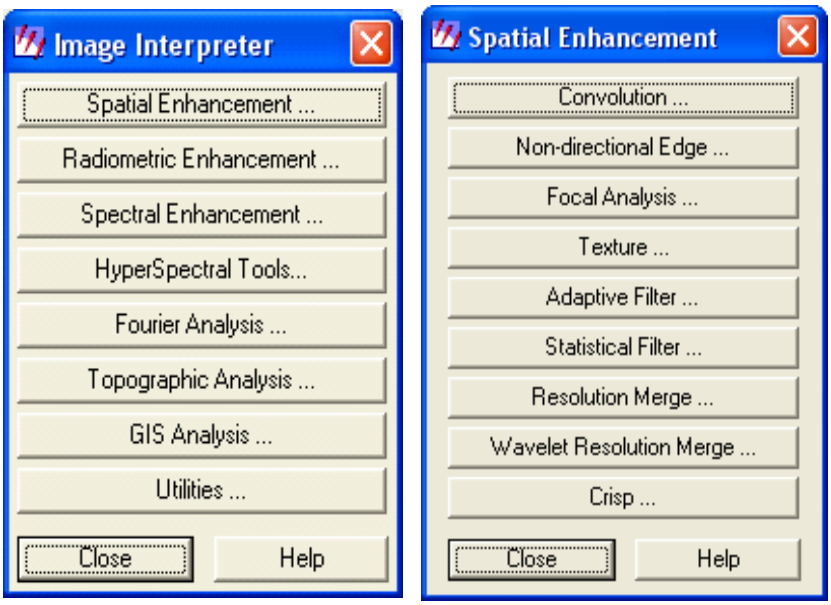


Figura 3.36 – Menus para acesso ás técnicas de Realce Espacial e Fusão de Imagens (Resolution Merge).

4. Utilize a imagem pancromática **campinas_b8.img** (14,25 m de resolução espacial) como imagem de alta resolução e a imagem **campinas_20000617.img** (28,5m de resolução espacial) como a imagem multiespectral. Escolha um nome e caminho para o arquivo de saída (Output File) e preencha o quadro Resolution Merge conforme a Figura 3.37..

5. Use apenas as bandas 3, 4 e 5 da imagem multiespectral para fazer a fusão. Em Select Layer digite 3:5

6. Clique em OK no quadro Resolution Merge.

7. O processo de fusão de imagens é lento. Quando a tarefa estiver completa, clique em OK na barra de progresso Job State. (Figura 3.38)

8. Abra a imagem resultante da fusão em um visor. (Figura 3.39)

9. Você poderá testar os outros métodos de fusão (Multiplicativo e Transformação de Brovey). Basta alterar o método no quadro Resolution Merge. O procedimento restante é o mesmo. Compare os resultados. As Figuras 3.40 e 3.41 apresentam a imagem utilizada neste exercício após a fusão pelos métodos Multiplicativo e Transformação de Brovey.

.

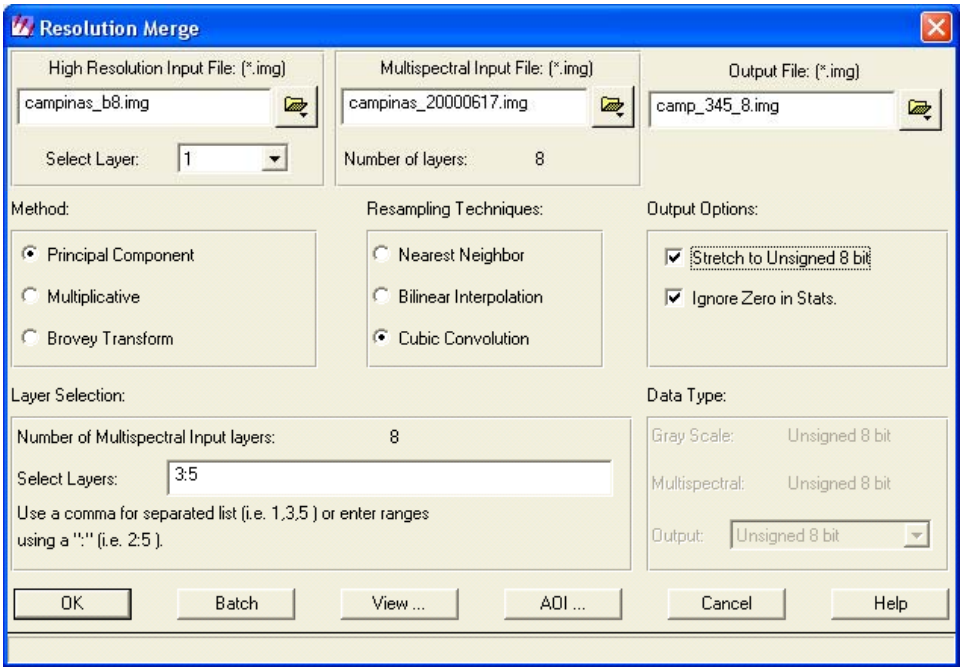


Figura 3.37. – Quadro Resolution Merge onde são introduzidos os arquivos das imagens que serão utilizadas no processo de fusão. Permite ainda escolher o método de fusão, a técnica de reamostragem e as bandas da imagem multiespectral que serão usadas.

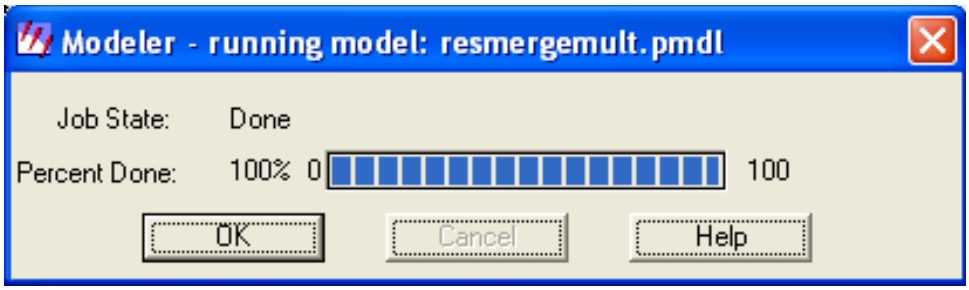


Figura 3.38 – Barra de progresso do ERDAS IMAGINE. Indica a porcentagem da tarefa solicitada que já foi realizada. Quando a fusão estiver completa a barra indicará 100%.

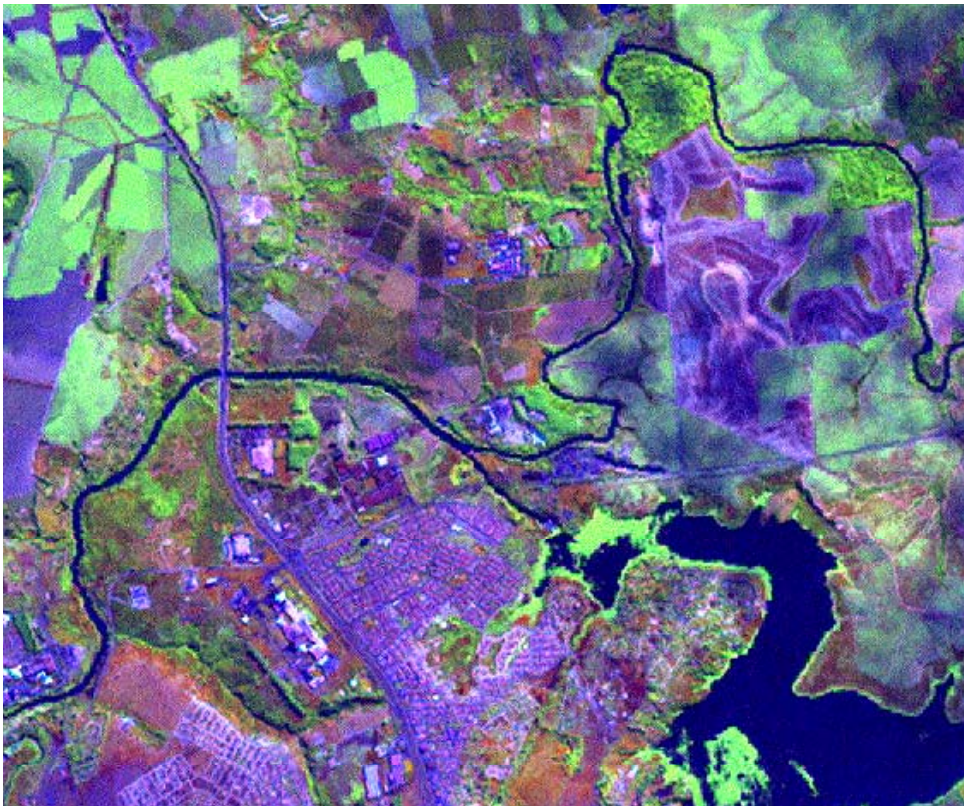


Figura 3.39 - Imagem obtida por fusão utilizando o método dos Componentes Principais

Figura 3.40 - Imagem obtida por fusão utilizando o método Multiplicativo.

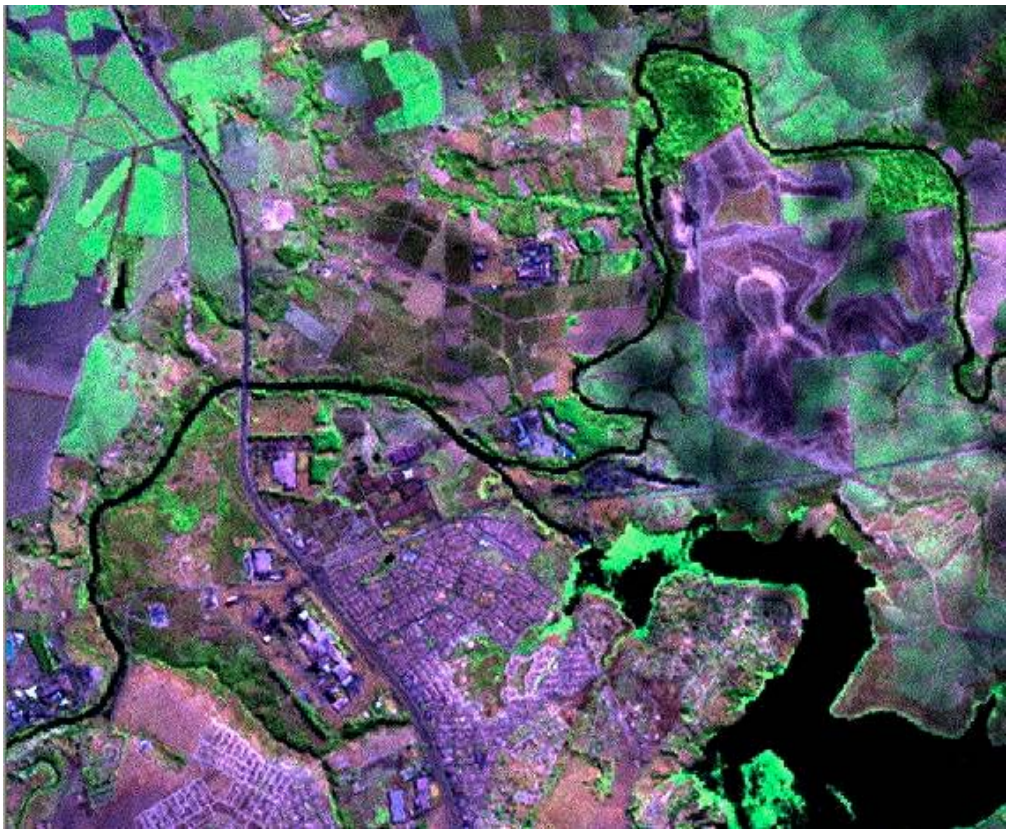


Figura 3.41- Imagem obtida por fusão utilizando o método Transformação de Brovey.

4. Retificação, Georreferenciamento e Registro de Imagens

Introdução

A retificação é necessária em casos onde a grade de pixels de uma imagem deve ser alterada para ajustar-se a um sistema de projeção cartográfica ou a uma imagem de referência. Antes da retificação dos dados, é necessário determinar um sistema de coordenadas apropriadas para a base de dados. Durante a retificação, os valores dos pixels da imagem são reamostrados para ajustarem-se dentro da nova grade de linhas e colunas de pixels. Apesar de alguns algoritmos usados para calcular os novos valores durante a reamostragem serem altamente confiáveis, alguma integridade espectral de dados é perdida durante a retificação. Se as coordenadas ou unidades do mapa não são necessárias na aplicação, é prudente não retificar a imagem. Uma imagem não retificada é mais espectralmente correta do que uma imagem retificada (ERDAS, 1999a).

O georreferenciamento de uma imagem refere-se ao processo de assinalar coordenadas cartográficas aos dados de uma imagem. Se os dados da imagem já estão ajustados a um sistema de projeção, mas ainda não referenciados a um sistema de coordenadas apropriado, eles não necessitam de retificação, apenas de georreferenciamento. É o que ocorre, por exemplo, quando um arquivo de imagem é produzido por escaneamento ou digitalização de um mapa impresso. Esses processos produzem imagens planas, mas não contém uma informação de coordenadas cartográficas. Portanto, a menos que haja alguma inclinação ou rotação da imagem, elas apenas precisam ser georreferenciadas (ERDAS, 1999a).

Em muitos casos, imagens de uma área que são coletadas a partir de diferentes fontes devem ser usadas juntas. Para isso, a grade de pixel de uma imagem deve ser ajustada a grade da outra imagem na mesma base de dados. Ao processo de fazer uma imagem ajustar-se a outra dá-se o nome de registro. Um sistema de coordenadas cartográficas não precisa estar necessariamente envolvido no processo de registro. Uma imagem não retificada pode ser registrada a uma outra imagem também não retificada (ERDAS, 1999a).

A retificação, por definição, envolve o georreferenciamento, já que qualquer projeção cartográfica que venha a ser usada na retificação estará associada a coordenadas cartográficas. O registro de imagem com imagem envolve o georreferenciamento apenas se a imagem de referência já estiver georreferenciada. O georreferenciamento, por si só, envolve apenas o processo de assinalar coordenadas cartográficas ao arquivo de imagem. A grade da imagem não sofrerá alterações (ERDAS, 1999a).

.

Exercício 1 - Preparando Imagens para Retificação

1. Feche todos os visores (Viewers) ativos do ERDAS IMAGINE.

2. Na barra de ícones do ERDAS IMAGINE clique sobre Viewer. Um novo visor será mostrado.

3. Na barra de menus do ERDAS IMAGINE selecione Session | Tile Viewer. Dois visores serão mostradas lado a lado na tela do monitor de vídeo.

4. No primeiro visor selecione File | Open | Raster Layer.

5. Selecione em Input File o arquivo **viracopos.tif** presente na pasta **C://Tutorial_Imagine/Dados** ou outra pasta que você escolheu para colocar os arquivos necessários para este tutorial. Esse arquivo contém a imagem não retificada.

6. Em Raster Option escolha : Gray Scale, Layer 3 e Fit to frame. Clique OK. Somente a banda 3 da imagem será apresentada em tons de cinza. Se você preferir, poderá visualizar a imagem em uma composição colorida com 3 bandas, entretanto, normalmente é mais fácil selecionar pontos de controle para georreferenciamento em uma única banda.

7. No segundo visor abra a imagem **viracopos_eros.tif**. Por ser uma imagem pancromática, não é possível visualizá-la por meio de uma composição colorida. Essa imagem está georreferenciada à projeção UTM e será utilizada como imagem de referência. Em Raster Options escolha Gray Scale e Fit to Frame.

8. Na barra de menus do visor onde está aberta a imagem não retificada (**viracopos.tif**) selecione Raster | Geometric Correction.

9. No quadro Set Geometric Model selecione Polynomial e clique OK (Figura 4.1)

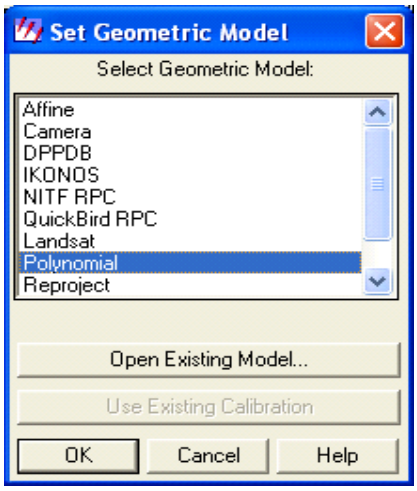


Figura 4.1 - Quadro Set Geometric Model. Permite escolher o modelo geométrico utilizado na retificação.

10. As ferramentas do Geo Correction serão abertas, conforme Figura 4.2.

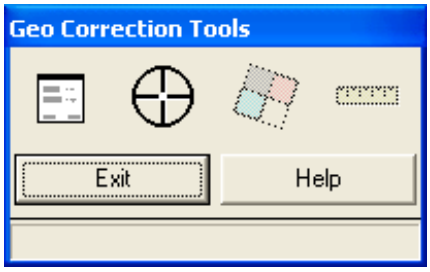


Figura 4.2 - Caixa com as ferramentas para correção geométrica.

11. No quadro Polynomial Model Properties (Figura 4.3) escolha Polynomial Order = 1. Em seguida, clique Close.

.

O ERDAS IMAGINE ajustará aos dados uma equação polinomial que represente o relacionamento entre as coordenadas da imagem de entrada (não retificada) e as coordenadas da imagem de referência. O método utilizado será o dos Quadrados Mínimos. Essa equação polinomial será usada para converter as coordenadas de todos os pontos da imagem não retificada para o sistema de coordenadas da imagem de referência, gerando a imagem corrigida. Neste exercício, será usada uma equação polinomial de ordem 1. Dependendo da distorção da imagem que será corrigida, poderá ser necessária a utilização de uma polinômio de ordem maior para a obtenção de melhores resultados. A ordem de um polinômio é o maior expoente usado na equação polinomial.

A distância entre as coordenadas de referência de um determinado ponto (x_r, y_r) e as coordenadas do mesmo ponto já transformadas pela equação polinomial (x_i, y_i) será apresentada no quadro GCP Tool como RMS error (erro raiz média quadrática).

O erro raiz média quadrática para cada ponto (R_i) é calculado pela fórmula seguinte:

$$R_i = \sqrt{(x_r - x_i)^2 + (y_r - y_i)^2}$$

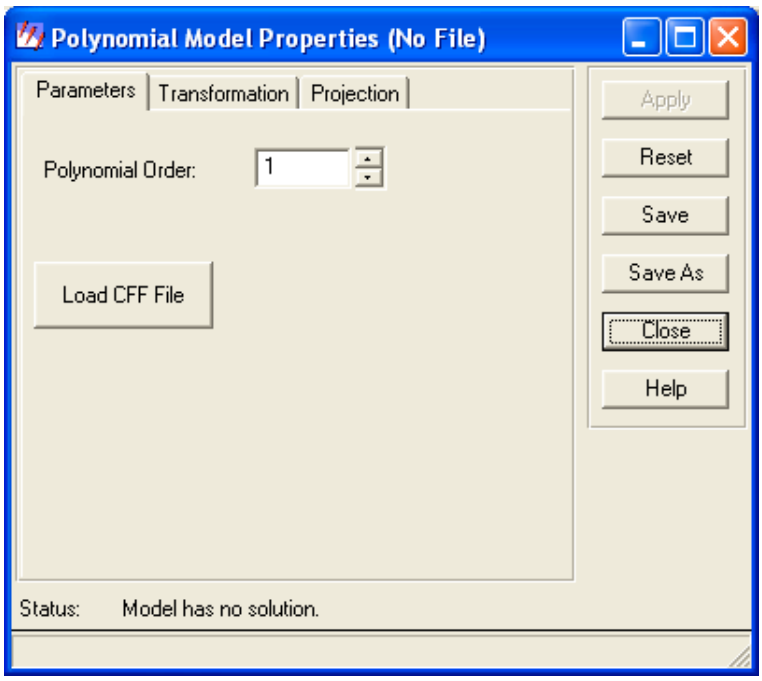


Figura 4.3 – Quadro que permite acesso às propriedades do modelo polinomial.

12. O quadro GCP Tool Reference Setup será aberto. Selecione Existing Viewer e clique OK (Figura 4.4).

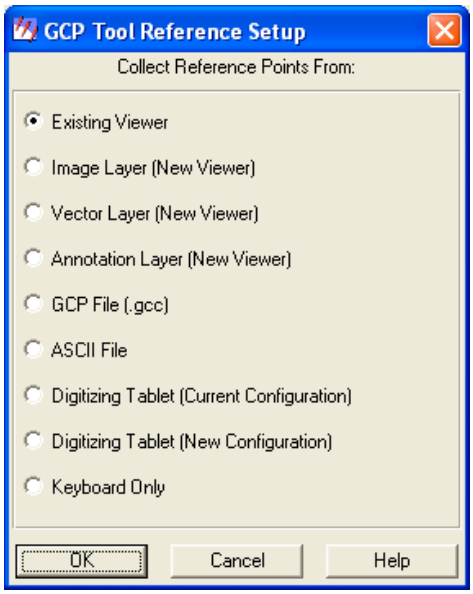


Figura 4.4 - Quadro GCP Tool. Utilizado para definir a forma de aquisição dos pontos de controle.

Neste exercício você irá georreferenciar uma imagem a partir de pontos de controle (Ground Control Points = GCP) adquiridos em uma outra imagem, já aberta em outro visor. O ERDAS IMAGINE permite outros modos de aquisição de pontos de controle. Você pode, por exemplo, fornecer as coordenadas dos pontos de controle pelo teclado, por meio de mesa digitalizadora ou por meio de arquivos ASCII ou *.gcc (Figura 4.4). Caso a imagem ou arquivo vetorial que você irá utilizar para adquirir os pontos de controle ainda não esteja aberto, você poderá escolher Image Layer ou Vector Layer. Um quadro será aberto, permitindo localizar e selecionar o arquivo que será usado.

13. Um quadro solicita que você selecione o visor onde está a imagem de referência (imagem que será usada para a aquisição dos GCP). Clique sobre qualquer ponto dessa imagem. O quadro Reference Map Information será aberto mostrando informações da imagem.

14. Clique OK no quadro Reference Map Information.

15. Uma cruz com um retângulo no centro (cursor de área) será apresentada sobre cada imagem. A porção de cada imagem que está dentro do retângulo do cursor será apresentada ampliada em duas pequenas telas auxiliares (Figura 4.5). Esse retângulo pode ser movido, clicando sobre o seu centro e arrastando-o. Seu tamanho também pode ser alterado, clicando sobre seus lados e arrastando-os. As telas que apresentam as imagens, tanto as principais quanto as auxiliares, também podem ser ampliadas, clicando e arrastando suas bordas ou vértices.

16. Observe que na parte inferior da tela do vídeo, o quadro GCP Tool é apresentado. Esse quadro apresenta as ferramentas que serão utilizadas na aquisição e processamento dos pontos de controle e checagem, bem como listará todos os pontos adquiridos, suas coordenadas e estatísticas relacionadas.

17. No quadro GCP Tool verifique se o ícone está ativado. Caso contrário, clique sobre ele para ativá-lo. Isso ajusta automaticamente um polinômio aos pontos introduzidos pelo método dos quadrados mínimos e permite que os resíduos em X e Y e o erro raiz média quadrática para cada ponto sejam apresentados conforme os pontos são adquiridos.

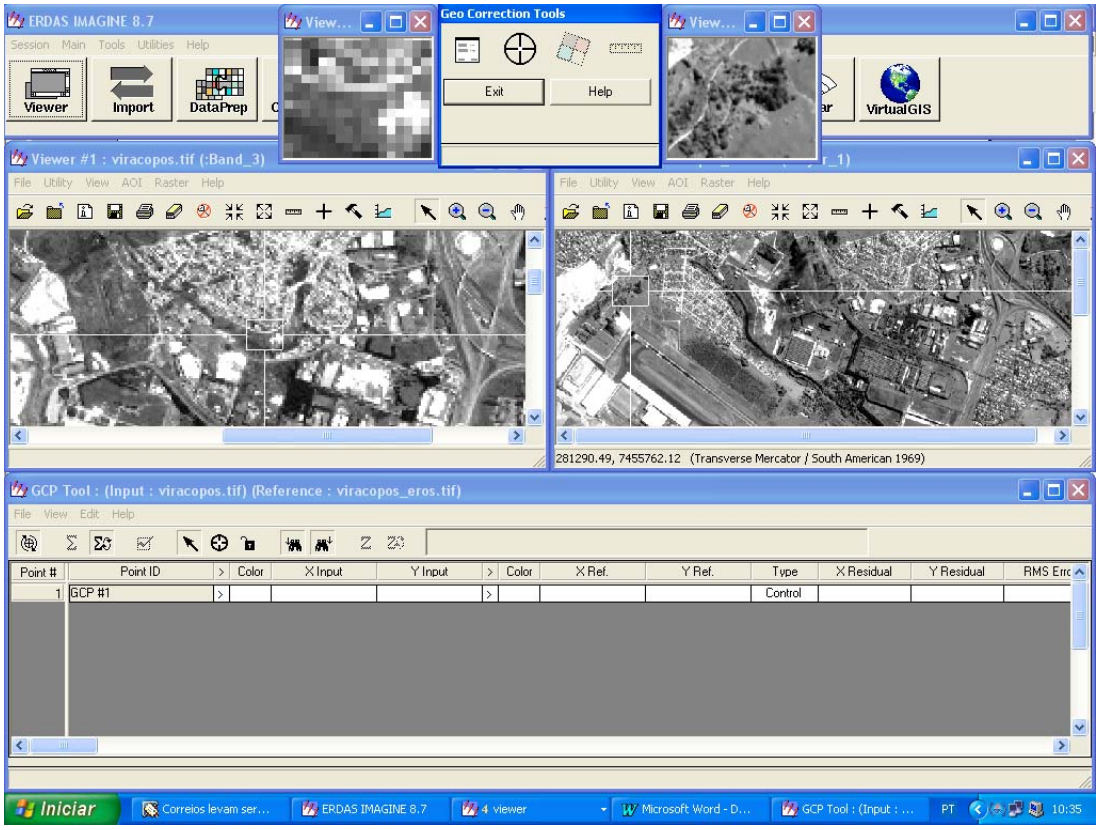


Figura 4.5 – Aspecto das imagens prontas para o início da aquisição de pontos de controle

Exercício 2 - Adquirindo pontos de controle

1. Iniciando a aquisição dos pontos de controle, encontre um ponto facilmente identificável em ambas as imagens: um cruzamento de estradas, por exemplo. Utilizando as ferramentas de zoom, você poderá ampliar as imagens para melhor localizar pontos notáveis. Desloque o cursor de área sobre esse ponto, assim você poderá vê-lo ampliado na tela auxiliar. Veja a Figura 4.6. Ela já possui alguns pontos de controle marcados (círculos amarelos). Caso ache conveniente, você poderá utilizar os mesmos pontos de controle assinalados nesta figura. É importante que os pontos de controle estejam bem distribuídos por toda a imagem para uma correta retificação.

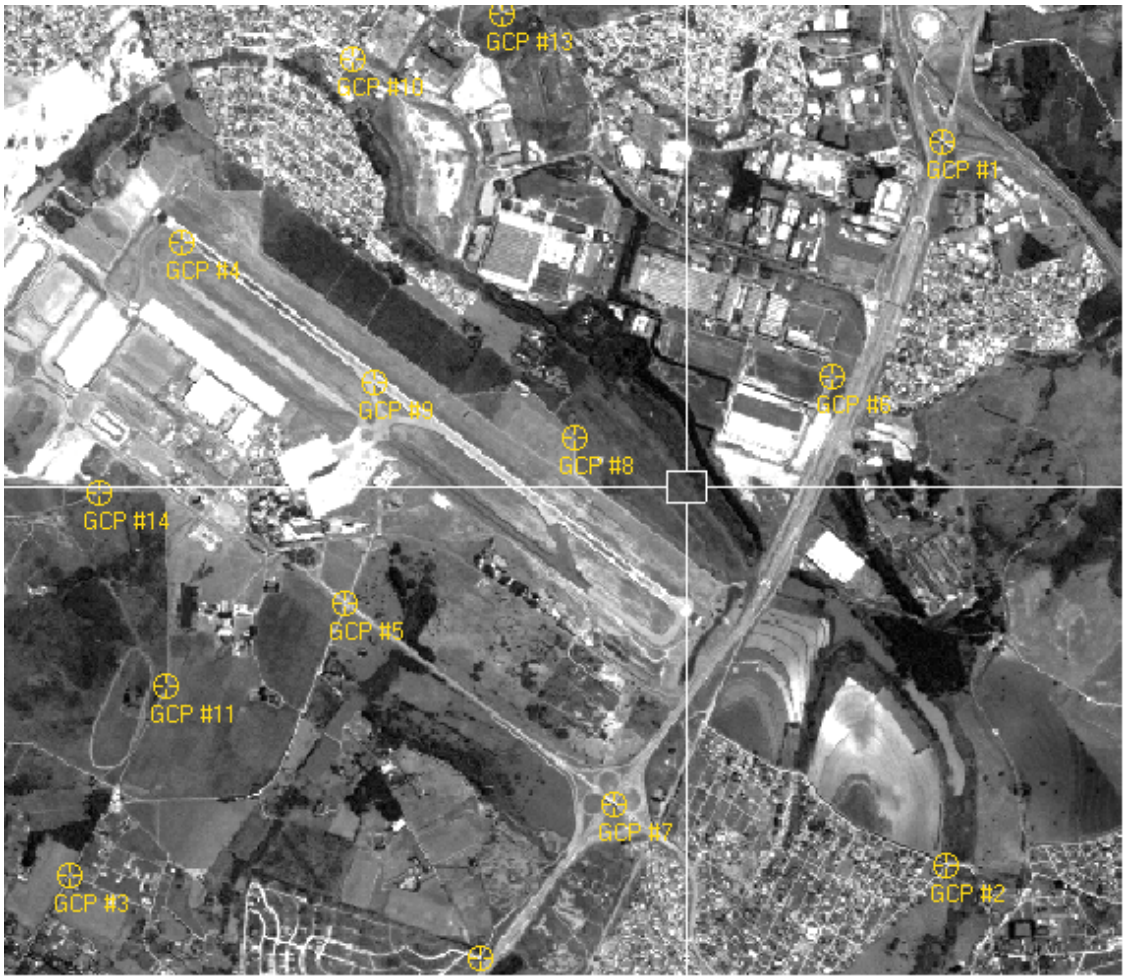


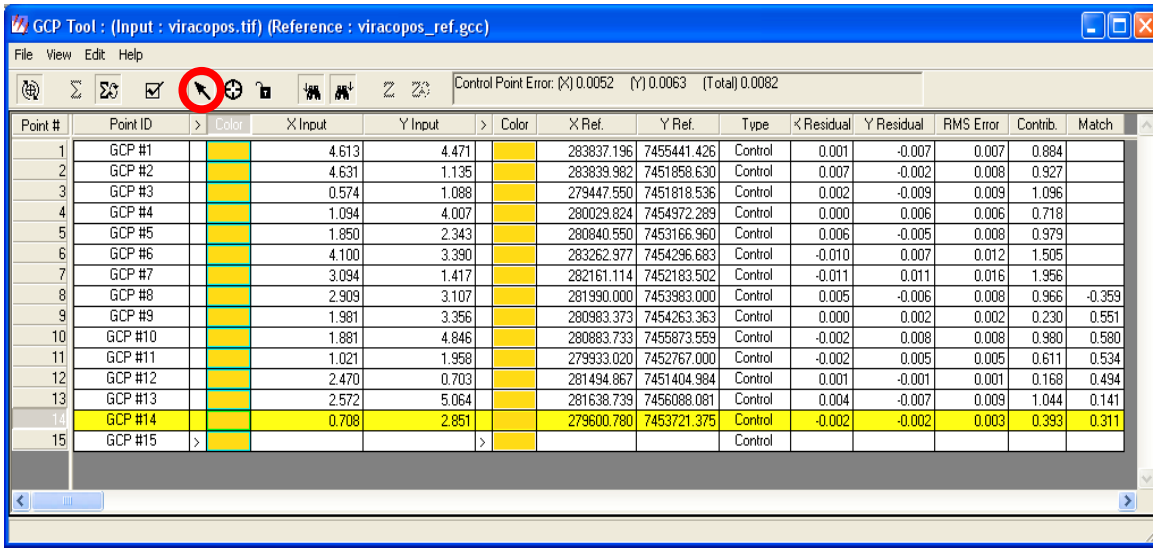
Figura 4.6 - Imagem viracopos.tif apresentando algumas sugestões para a aquisição de pontos de controle (círculos amarelos).

2. Após escolher o ponto, clique sobre o ícone  presente no quadro GCP Tool. Em seguida, na tela que apresenta a imagem a ser georreferenciada, clique sobre o ponto escolhido para ponto de controle. Esse ponto será marcado com o símbolo do ponto de controle e pelo seu identificador (GCP#1). Ajuste o posicionamento do ponto clicando sobre seu símbolo e arrastando-o para o local exato. Esse ajuste de posicionamento pode ser feito na tela auxiliar ou diretamente na tela principal. O ajuste feito na tela auxiliar é imediatamente transferido

para a tela principal. O cursor de área pode impedir o ajuste diretamente na tela principal. Caso isso ocorra, arraste o cursor de área de forma que ele não envolva o gcp que será ajustado.

3. Novamente clique sobre o ícone de aquisição de pontos de controle . Em seguida, clique sobre o ponto correspondente ao GCP#1 na imagem de referência, que também será marcado como GCP#1. Ajuste seu posicionamento seguindo as mesmas instruções da etapa anterior.

4. Observe no quadro GCP Tool que o ponto de controle adquirido é listado, juntamente com suas coordenadas. Adquira outros pontos de controle repetindo as etapas 2 e 3. Caso você esteja utilizando um modelo polinomial de primeira ordem, a partir do quarto ponto o posicionamento do GCP na imagem de referência será automático, entretanto, não deixe de verificar se este posicionamento está correto. Normalmente, ele precisa de algum ajuste.



Point #	Point ID	Color	X Input	Y Input	Color	X Ref.	Y Ref.	Type	X Residual	Y Residual	RMS Error	Contrib.	Match
1	GCP #1		4.613	4.471		283837.196	7455441.426	Control	0.001	-0.007	0.007	0.884	
2	GCP #2		4.631	1.135		283839.982	7451858.630	Control	0.007	-0.002	0.008	0.927	
3	GCP #3		0.574	1.088		279447.550	7451818.536	Control	0.002	-0.009	0.009	1.096	
4	GCP #4		1.094	4.007		280029.824	7454972.289	Control	0.000	0.006	0.006	0.718	
5	GCP #5		1.850	2.343		280840.550	7453166.960	Control	0.006	-0.005	0.008	0.979	
6	GCP #6		4.100	3.390		283262.977	7454296.683	Control	-0.010	0.007	0.012	1.505	
7	GCP #7		3.094	1.417		282161.114	7452183.502	Control	-0.011	0.011	0.016	1.956	
8	GCP #8		2.909	3.107		281990.000	7453983.000	Control	0.005	-0.006	0.008	0.966	-0.359
9	GCP #9		1.981	3.356		280983.373	7454263.363	Control	0.000	0.002	0.002	0.230	0.551
10	GCP #10		1.881	4.846		280883.733	7455873.559	Control	-0.002	0.008	0.008	0.980	0.580
11	GCP #11		1.021	1.958		279933.020	7452767.000	Control	-0.002	0.005	0.005	0.611	0.534
12	GCP #12		2.470	0.703		281494.867	7451404.984	Control	0.001	-0.001	0.001	0.168	0.494
13	GCP #13		2.572	5.064		281638.739	7456088.081	Control	0.004	-0.007	0.009	1.044	0.141
14	GCP #14		0.708	2.851		279600.780	7453721.375	Control	-0.002	-0.002	0.003	0.393	0.311
15	GCP #15							Control					

Figura 4.7 - Quadro GCP Tool listando os pontos de controle já adquiridos, suas coordenadas, resíduos e o erro raiz média quadrática. Os pontos listados são os mesmos da Figura 4.6.

5. Caso queira mudar a cor de marcação de algum dos pontos adquiridos, selecione o ponto desejado clicando na primeira coluna da linha onde o ponto é listado no quadro GCP Tool. A linha toda correspondente ao ponto selecionado é destacada em amarelo. Clique com o botão direito do mouse na célula da coluna Color. Um menu permite escolher a cor desejada. Observe que a mudança de cor pode ser feita tanto para a imagem que está sendo georreferenciada quanto para a imagem de referência.

6. Quando um modelo de primeira ordem é utilizado, observe que as colunas de resíduos e RMS Error são ativadas após o terceiro ponto adquirido. Essas colunas apresentam, para cada ponto de controle, os resíduos entre as coordenadas de referência e as coordenadas transformadas pela equação polinomial ajustada pelo método dos quadrados mínimos. O erro raiz média quadrática (RMS Error) em um determinado ponto é a distância entre as coordenadas de referência do ponto e as coordenadas transformadas para o mesmo ponto. É portanto, um indicativo da qualidade da correção da imagem no entorno daquele ponto. Um indicativo da qualidade da correção em toda a imagem é o erro raiz média quadrática total, apresentado na parte superior do quadro GCP Tool (Control Point Error). O erro raiz média quadrática (T) é calculado pela seguinte fórmula:

$$T = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} XR_i^2 + YR_i^2}$$

Onde:

$$XR_i = (x_r - x_i) \quad e \quad YR_i = (y_r - y_i)$$

n = número total de pontos de controle

i = número do ponto de controle

x_r e y_r são as coordenadas de referência

x_i e y_i são as coordenadas transformadas

O quadro GCP Tools ainda apresenta uma coluna denominada Contrib. que apresenta a contribuição de cada ponto para o erro raiz média quadrática total. Esta contribuição (Ei) é calculada pela fórmula:

$$E_i = \frac{R_i}{T}$$

Onde:

Ei = contribuição do ponto de controle i para o erro raiz média quadrática total

R_i = erro raiz média quadrática para cada ponto

T = erro raiz média quadrática total

7. Observe o Control Point Error na parte superior do quadro GCP Tool. De maneira geral, considera-se aceitável um erro igual ou inferior a um pixel da imagem que está sendo retificada. No GCP Tool, os erros são apontados em unidades do sistema de coordenadas da imagem não retificada. Verifique em Utilities | Layer Info a unidade utilizada para esta imagem e o tamanho de um pixel. Caso o erro total não seja aceitável , você poderá corrigir a posição de algum ponto, eliminar pontos em que haja dúvidas quanto ao correto posicionamento na imagem de referência, ou ainda, adquirir outros pontos de controle, até alcançar um resultado satisfatório.

Notas:

Selecionando pontos

A seleção de um ponto é necessária para movê-lo graficamente ou para eliminá-lo. Você pode selecionar um GCP graficamente no visor ou no quadro GCP Tool.

Para selecionar graficamente um ponto, clique no ícone de seleção do quadro GCP Tool, representado por uma seta inclinada (destacado em vermelho na Figura 4.7) e em seguida sobre o ponto desejado. Para selecionar um ponto por meio do quadro GCP Tool clique em sua célula na coluna Point #.

Eliminando Pontos

Para eliminar um GCP, após selecioná-lo no quadro GCP Tool, clique direito na coluna Point # e selecione Delete Sellection no menu aberto

Número de pontos de controle necessários

O número mínimo de pontos de controle necessário para calcular a transformação depende da ordem da transformação. Esse número de pontos é: $(t+1)(t+2)/2$, onde t é a ordem da transformação (ERDAS, 1999b) Assim , são necessários 3, 6 e 10 pontos para transformações polinomiais de primeira, segunda e terceira ordens, respectivamente.

No exercício apresentado foi escolhido um modelo de primeira ordem, portanto 3 pontos de controle já seriam suficientes para o cálculo da transformação, entretanto, para um melhor resultado, é aconselhável a aquisição de um número maior de pontos desde que bem distribuídos e precisos.

Alterando a ordem da transformação

Para alterar a ordem da transformação após a aquisição dos pontos de controle , use o quadro Polynomial Model Properties, disponível a partir do Geo Correction Tools (ícone). No quadro Polynomial Model Properties selecione Parameters e mude a ordem polinomial.

Cálculo dos erros

Os cálculos da transformação polinomial e dos erros são feitos ao mesmo tempo em que os pontos de controle são introduzidos ou editados. A ativação/desativação do cálculo em tempo real é feita pelo ícone . Quando ativado, você pode mover um ponto no visor enquanto observa a alteração dos erros no quadro **GCP Tool.**

Erros em função da escala

O erro pode ser analisado em função da escala que se está trabalhando. Considera-se aceitável um erro de [0,5 mm x denominador da escala]. Se a imagem for usada para um trabalho na escala 1:50000, por exemplo, o erro aceitável é de 25 m (INPE, 2002).

Matriz de Transformação

A matriz de transformação contém os coeficientes da equação polinomial utilizada para converter as coordenadas dos pontos da imagem não retificada para o sistema de coordenadas da imagem de referência, gerando a imagem corrigida. Essa matriz pode ser acessada por meio do Geo Tools Corrections. Clique sobre o ícone A matriz de transformação será apresentada no quadro Polynomial Model Properties (Figura 4.8).

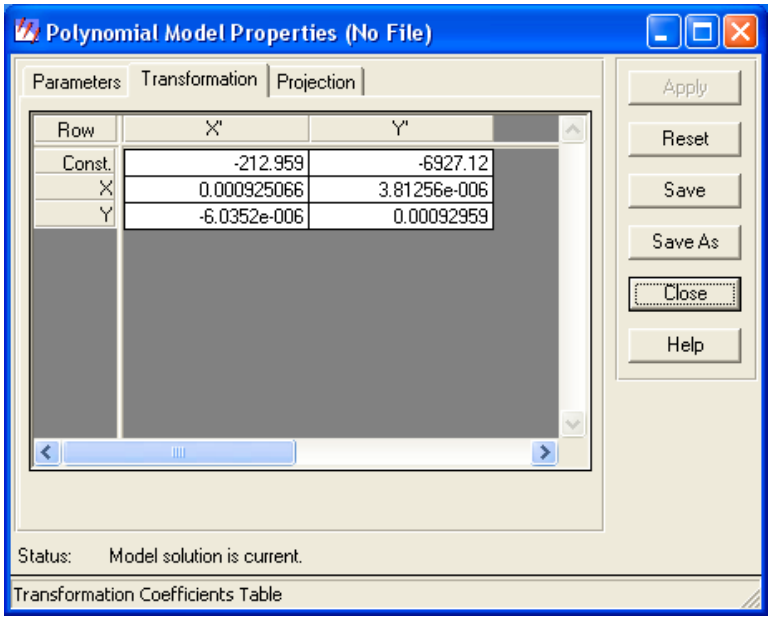


Figura 4.8 – Matriz de transformação

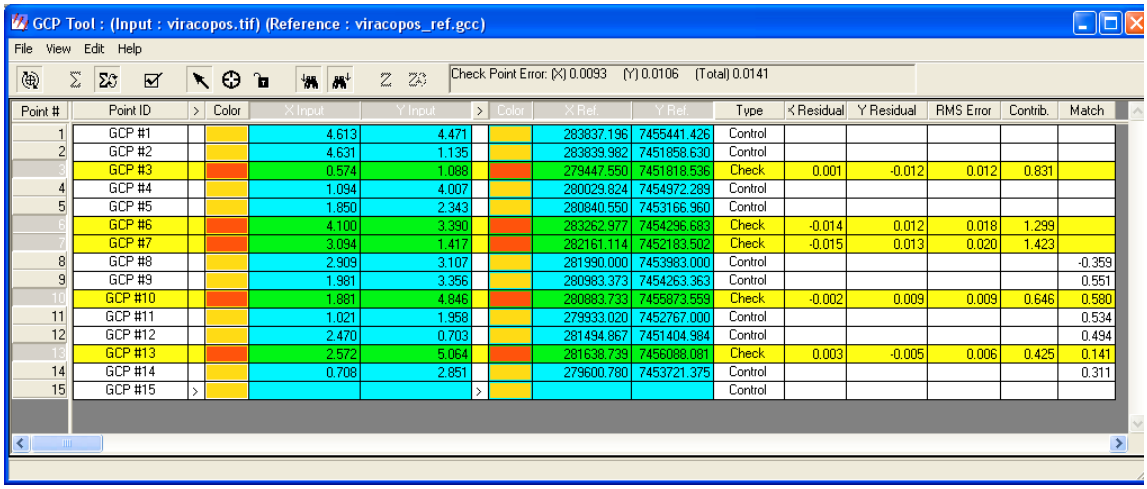
Exercício 3 - Inserindo pontos de checagem

1. Os pontos de checagem são utilizados para checar a acurácia da transformação. Eles são introduzidos da mesma forma que os pontos de controle, porém não entram no cômputo da matriz de transformação.

2. Para inserir um ponto de checagem, no menu do quadro GCP Tool clique em Edit e selecione Set Check Point. O processo de inserção de pontos de checagem é exatamente o mesmo dos pontos de controle. Eles também são listados no quadro GCP Tool e marcados como Check na coluna Type . Como não participam da matriz de transformação, eles não alteram os erros associados aos pontos de controle listados.

3. Você pode verificar os erros entre o posicionamento dos pontos de checagem introduzidos e o posicionamento do mesmo ponto calculado pela matriz de transformação. Para isto, você precisa ativar o ícone ☑ no quadro GCP Tool. Os erros são apresentados na coluna RMS Error. Nesse caso, a apresentação dos erros associados aos pontos de controle é desativada. No topo do quadro GCP Tool é apresentado o erro raiz média quadrática total dos pontos de checagem. Quando quiser novamente ativar a apresentação dos erros associados aos pontos de controle clique no ícone Σ.

4. Um ponto de controle pode ser transformado em um ponto de checagem e vice-versa. Experimente fazer esta transformação. Selecione um ponto de checagem qualquer . Em seguida clique em Edit na barra de menus do quadro GCP Tool e selecione Set Point | Control. O ponto de checagem será transformado em ponto de controle. Lembre-se que, nesse caso, a matriz de transformação e os erros associados serão alterados. Caso não deseje esta alteração, selecione novamente o ponto e transforme-o novamente em ponto de checagem selecionando Edit | Set Point | Check. Os pontos de checagem também podem ser eliminados seguindo o mesmo processo dos pontos de controle.



Point #	Point ID	Color	X Input	Y Input	Color	X Ref.	Y Ref.	Type	X Residual	Y Residual	RMS Error	Contrib.	Match
1	GCP #1		4.613	4.471		283837.196	7455441.426	Control					
2	GCP #2		4.631	1.135		283839.982	7451858.630	Control					
3	GCP #3		0.574	1.088		279447.550	7451818.536	Check	0.001	-0.012	0.012	0.831	
4	GCP #4		1.094	4.007		280029.824	7454972.289	Control					
5	GCP #5		1.850	2.343		280840.550	7453166.960	Control					
6	GCP #6		4.100	3.390		283262.977	7454296.683	Check	-0.014	0.012	0.018	1.299	
7	GCP #7		3.094	1.417		282161.114	7452183.502	Check	-0.015	0.013	0.020	1.423	
8	GCP #8		2.909	3.107		281990.000	7453983.000	Control					-0.359
9	GCP #9		1.981	3.356		280983.373	7454263.363	Control					0.551
10	GCP #10		1.881	4.846		280883.733	7455873.559	Check	-0.002	0.009	0.009	0.646	0.580
11	GCP #11		1.021	1.958		279933.020	7452767.000	Control					0.534
12	GCP #12		2.470	0.703		281494.867	7451404.984	Control					0.494
13	GCP #13		2.572	5.064		281638.739	7456088.081	Check	0.003	-0.005	0.006	0.425	0.141
14	GCP #14		0.708	2.851		279600.780	7453721.375	Control					0.311
15	GCP #15							Control					

Figura 4.9 - Quadro GCP Tool apresentando alguns pontos selecionados como pontos de checagem (linhas em amarelo). Pode-se atribuir aos pontos de checagem uma cor diferente da atribuída aos pontos de controle para que possam ser diferenciados sobre a imagem.

Exercício 4 - Reamostrando uma Imagem

Após verificar se os erros associados aos pontos de controle a aos pontos de checagem são adequados a acurácia exigida para a transformação em questão, a imagem estará pronta para ser reamostrada.

A reamostragem é o processo de cálculo de novos valores para a imagem retificada pela aplicação da matriz de transformação obtida a partir dos pontos de controle adquiridos. Um novo arquivo para a imagem retificada é criado. Todos as camadas da imagem fonte contendo dados matriciais serão reamostradas. A imagem retificada terá o mesmo número de camadas da imagem fonte.

O ERDAS IMAGINE dispõe de quatro algoritmos de reamostragem: vizinho mais próximo (nearest neighbor), interpolação bilinear, convolução cúbica e spline bicúbico. Escolha o mais adequado ao seu propósito. Uma explicação sobre os processos de reamostragem é apresentada no Exercício 14 do Capítulo 2.

Vamos iniciar o processo de reamostragem:

1. Clique sobre o ícone de reamostragem  presente no Geo Correction Tools.

2. O quadro de reamostragem é aberto (Fig. 4.10). Em Output File, escolha a pasta onde você salvará o arquivo da imagem retificada e dê um nome para este arquivo. Sugestão: viracopos-spot.tif

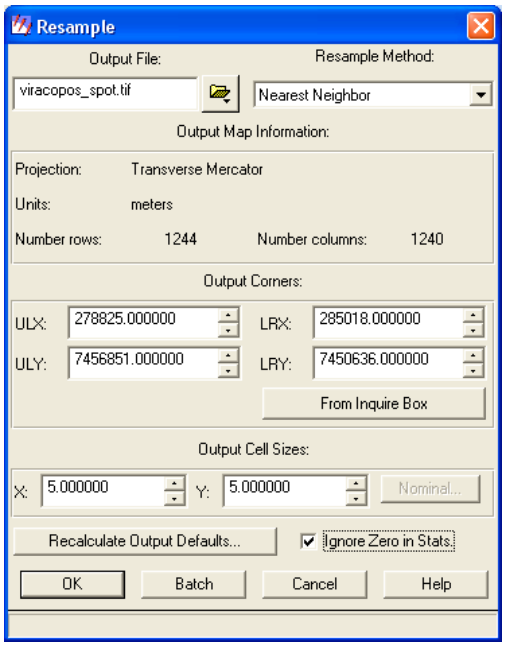


Figura 4.10 – Quadro utilizado para reamostar uma imagem

3. Em Resample Method clique na lista popup e selecione Nearest Neighbor.

4. Clique Ignore Zero in Stats, assim os pixels com valor zero serão excluídos quando as estatísticas são calculadas para o arquivo de saída.

5. Clique OK no quadro de reamostragem (Resample).

6. A reamostragem é iniciada e uma barra indica o progresso da operação. Quando ela indicar 100% clique em OK.

7. Feche a imagem original não retificada exibida na tela Viewer #1. Clique "No" em todos os diálogos que perguntem se você deseja salvar as alterações efetuadas.

8. O processo de correção geométrica é encerrado.

Exercício 5 - Exibindo a Imagem Retificada

1. Um visor deverá estar exibindo a imagem de referência utilizada no processo de retificação. Em outra visor abra a imagem que você retificou (viracopos_spot.tif). Ajuste a exibição das duas telas em Session | Tile Viewer.

2. Clique direito sobre uma das imagens. No Quick Viewer aberto escolha Geo.Link/Unlink. Um quadro de instruções é aberto (Figura 4.11). Clique sobre a outra imagem.. Um vínculo (link) é estabelecido entre as imagens abertas.

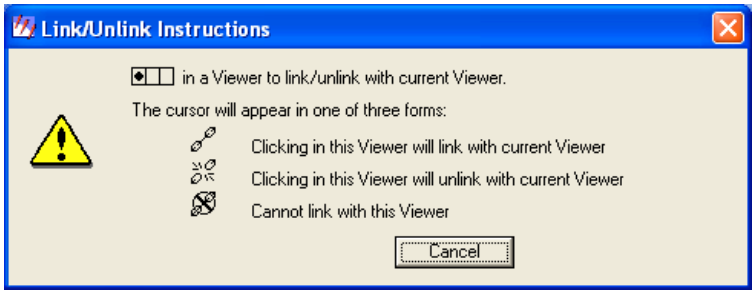


Figura 4.11– Instruções para estabelecer um vínculo entre duas imagens.

3. Volte ao visor que exibe a imagem retificada; clique direito e escolha Inquire Cursor no Quick View aberto. Um cursor (retículo em forma de cruz) é colocado em ambas os visores, juntamente com um quadro que fornece informações sobre a posição do cursor.

4. Arraste o cursor sobre uma das imagens. Como a movimentação dos cursores foi unida pela ativação da opção Geo Link/Unlink, a movimentação em uma das telas movimenta simultaneamente o cursor da outra tela. As informações da posição do cursor apresentadas no quadro de informações são atualizadas ao mesmo tempo em que o cursor é arrastado. Caso a imagem tenha sido corretamente retificada, a posição dos cursores nas duas imagens deverá ser a mesma.

5. Para encerrar este processo de verificação da retificação, clique Close no quadro Inquire Cursor.

Referências

BATISTELLA, M. *et al*. **Satélites de Monitoramento**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2004. Disponível em: <http://www.sat.cnpm.embrapa.br>. Acesso em: 30 nov. 2005.

CRÓSTA, A. P. **Processamento digital de imagens de Sensoriamento Remoto**. Campinas: IG/UNICAMP, 1993. 170p.

CRÓSTA, A. P.; SOUZA FILHO, C. R. Sensoriamento Remoto. In: **ANUÁRIO Fator GIS 97:** o guia de referência do geoprocessamento. Curitiba: SAGRES, 1997. p. C10 – C21.

ERDAS. **Field Guide**. Atlanta: ERDAS Inc., 1999a. 672 p.

ERDAS. **Tour Guides**. Atlanta: ERDAS Inc., 1999b. 636 p.

INPE. **Espectro Eletromagnético**. pdi_3.gif. Altura: 584 pixels. Largura: 911 pixels. 96 dpi. 8 bits. 7,72 KB. Formato GIF . Disponível em: < http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/download.php>. Acesso em: 30 nov. 2004.

INPE. **SPRING**: Tutorial de Geoprocessamento. São José dos Campos: INPE, 2002. Disponívell em: <http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/index.html>. Acesso em:30 nov. 2005.

JENSEN, J. R. Chapter 2: Eletromagnetic radiation principles. In: JENSEN. J.R.; GARCÍA-QUIJANO, M. J. **Principles of Remote Sensing.** Columbia: University of South Carolina, 2005. Disponível em: <http://www.cas.sc.edu/geog/rslab/551/index.html>. Acesso em 06 dez. 2005.

LEICA GEOSYSTEMS **Erdas Imagine** Versão 8.7: Leica Geosystems GIS & Mapping LLC., 2003. 1 CD-ROM.

LILLESAND, T. M.; KIEFER, R.W.; CHIPMAN, J.W. **Remote sensing and image interpretation**. 5. ed. New York: J. Wiley & Sons, 2004. 763 p.

MARQUES FILHO, O.; VIEIRA NETO, H. **Processamento digital de imagens**. Rio de Janeiro: Brasport, 1999. 410 p.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e metodologias de aplicação**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2001. 250 p.

NOVO, E. M. L. M **Sensoriamento Remoto**: princípios e aplicações. São Paulo: Ed. Edgard Blücher, 1992. 308 p.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Monitoramento por Satélite
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
Av. Dr. Júlio Soares de Arruda, 803 - Parque São Quirino
CEP 13088-300, Campinas-SP - Brasil
Fone (19) 3256-6030 Fax (19) 3254-1100
http://www.cnpm.embrapa.br sac@cnpm.embrapa.br

Ministério da Agricultura,
Pecuária e Abastecimento

BRASIL
UM PAÍS DE TODOS
GOVERNO FEDERAL