

O uso de imagens CBERS no monitoramento do desflorestamento da Amazônia Brasileira

Eliana Maria Kalil Mello, José Carlos Moreira,
Teresa Gallotti Florenzano, Íris de Marcelhas e Souza

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Caixa Postal 515 - 12210-970. São José dos Campos-SP, Brasil
{kalil, teresa, iris}@dsr.inpe.br, {moreira}@dpi.inpe.br

Abstract. The objective of this paper is to assess the potential of the IRMSS Camera – Infrared Multi-spectral Scanner Camera and the CCD Camera – High Resolution CCD Camera, acquired by China-Brazil Earth Resources Satellite (CBERS), for mapping and monitoring deforested areas in the Amazon region. The GeoCover Orthorectified Landsat Thematic Mapper Mosaics were used to geo-reference the satellite images. An efficient algorithm for the registration of multi-temporal images with similar spectral responses was used. The results obtained show that CBERS data are able to monitor Amazon deforestation. Another objective is to present the methodology in a didactic format for using in remote sensing courses. This material will be tested in future e-learning remote sensing courses.

Palavras-chave: Amazon, CBERS, deforestation, mosaic, didactic material, image registration, Amazônia, CBERS, desflorestamento, mosaico, material didático, registro de imagens.

1. Introdução

Este trabalho apresenta inovações ao procedimento aplicativo, atualmente em uso pela Coordenadoria de Observação da Terra do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais-OBT/INPE, para identificar e mapear áreas desflorestadas na Amazônia Brasileira (Mello et al., 2003, Shimabukuro et al., 2001 e Valeriano et al., 2004).

O objetivo é mostrar a viabilidade de substituir o uso de imagens TM/Landsat por imagens do satélite CBERS 2, introduzir melhorias no georreferenciamento com a adoção de uma base única de referência (<https://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid>) para todos os registros que serão realizados futuramente, já que se trata do monitoramento dos incrementos do desflorestamento da Amazônia, e testar o uso do registro automático de imagens (Fedorov, 2002) para este mapeamento.

Outro objetivo é apresentar o material didático gerado para cursos de geotecnologias. Este material constitui-se de procedimentos metodológicos em formato de rotinas para que os alunos, e demais interessados nessa área, possam utilizá-lo para capturar imagens CBERS, mosaicos LANDSAT e georreferenciar imagens multitemporais. As primeiras versões destas rotinas já foram testadas com os alunos dos cursos presenciais de Pós-graduação em Sensoriamento Remoto, Curso Internacional em Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informações Geográficas, e no Curso à Distância - O Uso de Sensoriamento Remoto no Estudo do Meio Ambiente, realizado pela OBT, de 17 de agosto a 28 de setembro de 2004 (http://www.dpi.inpe.br/cursos/distancia/sere_meio_ambiente/metodologia.html). Algumas dificuldades, observadas na sua utilização pelos alunos deste curso à distância, motivaram a elaboração da nova versão das rotinas apresentadas neste trabalho. Elas serão testadas novamente no próximo curso a distância que será realizado de 15 de fevereiro a 04 de abril de 2005.

2. Metodologia

Antes da descrição da metodologia, é importante destacar aspectos da qualidade geométrica das imagens CBERS-2 e as especificações das bandas espectrais de cada sensor, apresentadas na Tabela 1.

As imagens CBERS-2 selecionadas através do catálogo (<http://www.dgi.inpe.br/CDSR>) têm correção geométrica de sistema, entretanto, podem apresentar um erro de posicionamento de até 15km. Dados de efemérides (posição e velocidade) imprecisos são os maiores responsáveis pelo erro de posicionamento das imagens com correção de sistema. É importante que elas passem por um processo de registro para que o erro de posicionamento seja eliminado e o erro interno seja refinado.

O erro interno é de cerca de 90m para as imagens CCD, 250m para as imagens IRMSS e 700m para as imagens WFI. O registro das imagens por uma transformação de afinidade (polinômio do primeiro grau) permite o refinamento do erro interno, que cai para cerca de 28m para as imagens CCD, 112m para as imagens IRMSS e 380m para as imagens WFI. Com esse refinamento, sugere-se a utilização das imagens CCD na escala 1:100.000, das imagens IRMSS na escala 1:250.000 e das imagens WFI na escala 1:1.000.000 (D'Alge, 2004). Para maiores informações sobre as imagens CBERS acessar <http://www.obt.inpe.br/cbers/cbers.htm>

Características do Imageador de Amplo Campo de Visada WFI	
Bandas espectrais	0,63 - 0,69 µm (vermelho) 0,77 - 0,89 µm (infravermelho)
Resolução espacial	280 x 260 m
Largura da faixa imageada	890 km
Características da Câmera Imageadora de Alta Resolução CCD	
Bandas espectrais	0,51 - 0,73 µm (pan) 0,45 - 0,52 µm (azul) 0,52 - 0,59 µm (verde) 0,63 - 0,89 µm (vermelho) 0,77 - 0,89 µm (infravermelho próximo)
Resolução espacial	20 x 20 m
Largura da faixa imageada	113 km
Características do Imageador por Varredura de Média Resolução IRMSS	
Bandas espectrais	0,50 - 1,10 µm (pancromática) 1,55 - 1,75 µm (infravermelho médio) 2,08 - 2,35 µm (infravermelho médio) 10,40 - 12,50 µm (infravermelho termal)
Resolução espacial	80 x 80 m (160 x 160 m termal)
Largura da faixa imageada	120 km

Tabela1. Características dos instrumentos dos satélites CBERS

2.1. Aquisição das Imagens CBERS

A seguir é apresentada uma Rotina para Aquisição das Imagens CBERS através de download:

1- Acessar a página: <http://www.dgi.inpe.br>

2- Clicar em: Catálogo CBERS-2, na página principal.

3- Clicar em: Cadastro, na página Catálogo de Imagens.

4- Preencher os campos da tabela cadastro e anotar, para seu controle, os campos preenchidos como “usuário” e “senha”. Em seguida clicar em Registrar.

5- Clicar em login, então insira nome do usuário e senha, depois clicar em enviar.

6- Iniciar o processo de seleção de imagem através do menu parâmetros básicos: selecionar o satélite e o instrumento (sensor); definir o intervalo de tempo e a porcentagem da cobertura de nuvens por quadrante (Q1, Q2, Q3 e Q4).

7- Selecionar um dos quatro parâmetros disponibilizados para seleção da imagem desejada: Seleção por Município, Seleção por Órbita Ponto, Seleção por Região, Seleção por Interface Gráfica. Por exemplo: Seleção por Município: Digitar no campo “município” o nome do município a ser pesquisado e selecionar o Estado, clicar em executar localizado imediatamente abaixo desses campos. Em seguida surgirá a tela do município. Observar o **círculo vermelho** demarcado na tela. Ele indica o município selecionado. Identificar em qual quadrícula, **demarcada em amarelo** está situado o município de interesse, para esta pesquisa. Localizar nesta quadrícula um **“X” na cor violeta**. Este **“X”** corresponde à imagem do município selecionado. Caso ele não seja visualizado, é sinal de que ainda não há imagens

disponíveis para esta região. Ao clicar neste “X” imediatamente aparecerá a tela com os “quick-looks” das imagens referentes à área solicitada. Clicar no ícone “ver detalhes” logo acima da imagem. Foi selecionada para este demonstrativo a imagem do município de Marcelândia-MT, CBERS-2_órbita/ponto 165/112 (**Figura 1**).

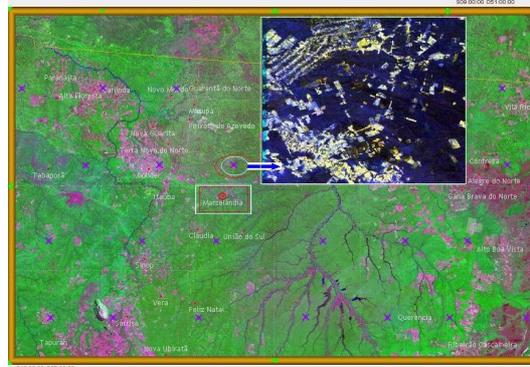


Figura 1. CBERS-2_165/112 Município de Marcelândia-MT

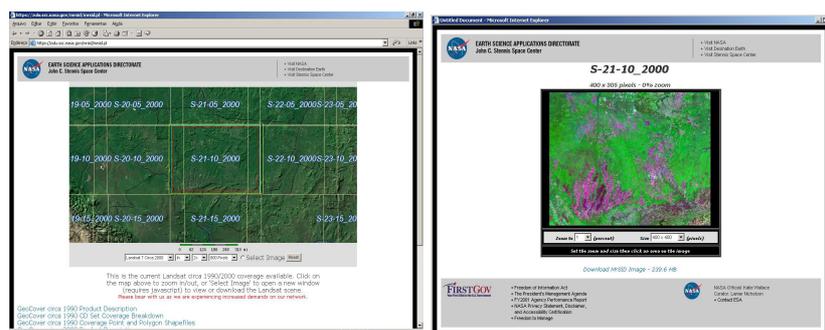
8- Clicar em colocar no carrinho, após seleção da imagem e fechar a tela de detalhes. Automaticamente retornará a tela anterior, em seguida clicar no carrinho situado na barra de tarefas.

9- Clicar em pedido, para efetivar o pedido, ou em suprimir para desistir de efetuar o pedido. Clicando em pedido, o sistema lhe informará o número do pedido gerado para esta cena. Este passo finaliza seu pedido de imagem. Aguardar uma mensagem informando sobre o status do pedido e, futuramente, o endereço para download das imagens solicitadas.

2.2. Base Única de Referência e Registro Automático

2.2.1 – Leitura dos Mosaicos

Os Mosaicos Georreferenciados gerados a partir de Imagens TM/Landsat Ortorectificadas, bandas **TM 7, 4, 2** combinadas com a pancromática, com resolução espacial de 14.25m, construídos pela NASA, podem servir como Base Única de Referência para georreferenciamento de imagens de Satélite, principalmente em áreas do território brasileiro de difícil acesso, como a Amazônia Legal, onde não existem documentos cartográficos atualizados ou em escalas superiores a 1:250.000. Para exemplificar este procedimento foi capturado o mosaico S.21-10 do ano de 2000 (**Figuras 2 e 3**), em seguida ele foi aberto no software GeoExpress View by ILS, também gratuito, que reconhece este formato e exporta as imagens em formato geotiff.



Figuras 2 e 3. Grade de Referência dos Mosaicos da NASA e Folha S-21-10, ano 2000

A avaliação da precisão dos mosaicos, a partir da sobreposição das cartas topográficas da Amazônia na escala de 1:100.000 mostrou que eles são compatíveis com o padrão de exatidão cartográfico planimétrico estabelecido para esta escala. Outros resultados da avaliação da precisão dos mosaicos, com base em trabalho de campo, podem ser encontrados em Albuquerque et al., 2004.

A seguir é apresentada uma Rotina para capturar, ler, exportar e abrir os mosaicos da NASA:

1- Abrir o Internet Explorer ou Netscape Communicator e entrar no site: <https://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid>

2- Localizar a área de interesse do usuário e capturar o mosaico, no formato com extensão **“tar”**, através de download. Em seguida descompactar o projeto com Winzip, gerando um arquivo com extensão **“sid”**.

3- Somar 10.000.000 m à coordenada y (última linha do arquivo), caso ela seja negativa (para cartas ao sul do equador, conforme convenção utilizada para a projeção UTM). Anexo ao arquivo gerado no item 2, existe um outro arquivo com extensão **“sdw”** que serve para indicar as coordenadas iniciais da imagem.

4- Abrir novamente o Internet Explorer ou Netscape Communicator, acessar o site: <http://www.lizardtech.com/solutions/geo> e trazer o software **“GeoExpress View by ILS”**, também disponível gratuitamente. Ver opção acesso direto: [GeoExpress View Trial](#). Executar o programa e Criar um novo projeto. Em seguida clicar a opção (+) para inserir o arquivo contendo o mosaico da área de interesse do usuário e exportar o projeto: no menu principal do **Geoexpress View** clicar a opção **Tools** e disparar a função **Export**, em um endereço no micro do usuário, para salvar a imagem em formato Geotiff. Salvar o projeto e sair do programa.

5- Entrar no diretório, onde foi gravada a imagem exportada, abrir o arquivo **“tfw”**, substituir (,) por (.) na opção editar e função substituir, caso seja necessário. Atenção: Verificar se a coordenada y é positiva, ver última linha do arquivo. Caso ela seja negativa somar ao valor encontrado 10.000.000 m. Isto ocorrerá nos mosaicos que estão localizados na primeira faixa ao sul do equador, mas a coordenada inicial do mosaico está um pouco acima do equador, dispensando esta correção no item 3. Em seguida salvar o arquivo.

6- Entrar no site: <http://www.obt.inpe.br/prodes>, que contém os dados e resultados do PRODES que incluem:

-Imagem de satélite por cena LANDSAT, isto é por órbita/ponto e Mapas Temáticos do Desflorestamento, tomando como base o ano de 2000, com Incrementos Anuais até 2003.

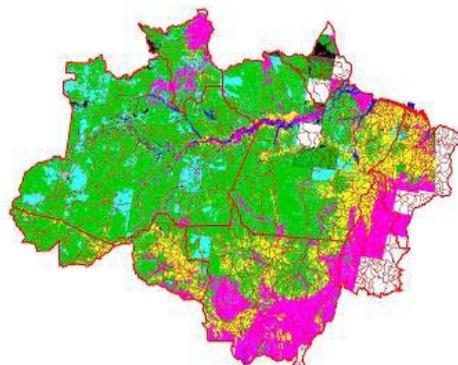
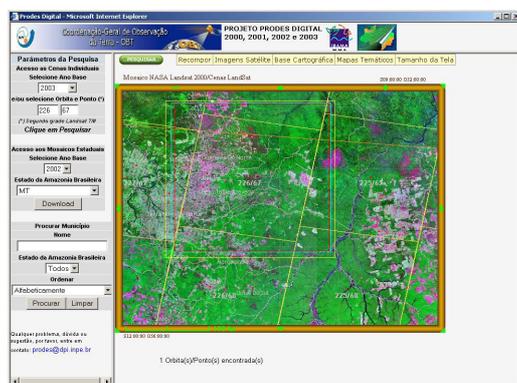
-Mosaico do Desflorestamento da Amazônia (**Figuras 4a e 4b**). Pesquisar segundo os seguintes parâmetros: ano base e órbita/ponto, que corresponde à área de interesse deste trabalho. Identificar no mosaico, na tela ao lado da pesquisa, a cena WRS 226/67.

7- Abrir Transferência de Dados, nova janela sob o mosaico e trazer o seguinte projeto do Banco de Dados do PRODES: PDigital 2003_22667_spr.zip. Descompactar o arquivo, abrir o SPRING 4.1 (INPE-DPI, 2004), ativar o Banco de Dados e em seguida ativar o Projeto.

8- Clicar no menu principal a opção arquivo e selecionar a função Importar TIFF/GEOTIFF e importar o arquivo gerado no item 4. Definir a projeção: sistema UTM e Modelo da Terra: WGS 84. Clicar o hemisfério SUL e entrar com o meridiano central correspondente à folha 1: 1.000.000 copiada, ver na nomenclatura internacional do mosaico a identificação do fuso ao qual o mosaico pertence (Ex: S-21-10, o número 21 refere-se ao fuso). Executar. As três bandas **TM 7, 4, 2** serão importadas. Abrir o painel de controle do SPRING, gerar e visualizar a composição colorida. Atenção: Para cobrir todo o projeto PDigital 2003_22667_spr.zip com imagens CBERS ainda serão necessárias as inclusões de parte das imagens 166/110, 166/111, 165/111 e 166/112, além da cena 165/112 que foi escolhida para exemplo neste trabalho. Isto

devido á diferença das grades Landsat e CBERS (área de abrangência e centro nominal das imagens diferentes).

9- Reamostrar as três bandas do mosaico da Nasa para 20 metros. Finalmente exportar as imagens em formato geotiff, para ser usado como imagem de referência no georreferenciamento.



Figuras 4a e 4b. Acesso ao Banco de Dados do PRODES e Mosaico da Amazônia
 Legenda: floresta em verde, não floresta em rosa, desmatamento em amarelo e nuvens em azul
 Fonte: Programa Amazônia/INPE

2.2.2- Georreferenciamento das Imagens CBERS-2

O Registro de imagens é uma das operações básicas do processamento digital de imagens de Sensoriamento Remoto. A metodologia descrita abaixo trata do registro automático (Fonseca e Costa, 2000 e Fedorov, 2002) de imagens multitemporais com o uso do Programa Regeemy, disponível para Download (<http://regima.dpi.inpe.br>).

O usuário que pretender usá-lo para registro deve acessar o site acima e seguir os passos indicados neste texto. A interface gráfica do Regeemy é composta de várias janelas separadas pelas operações lógicas. O módulo de controle é a janela principal que serve para gerenciar o fluxo de dados e acessar as outras janelas. O usuário pode fazer o registro, selecionando algumas áreas retangulares nas imagens exibidas na janela do visualizador. Estes retângulos de pontos serão processados e os pontos de controle serão adicionados na lista utilizada para o cálculo da transformação associada. Para realizar o registro automático de imagens veja a metodologia apresentada para as imagens IR_MSS e CCD/CBERS-2 (**Figura 5**).

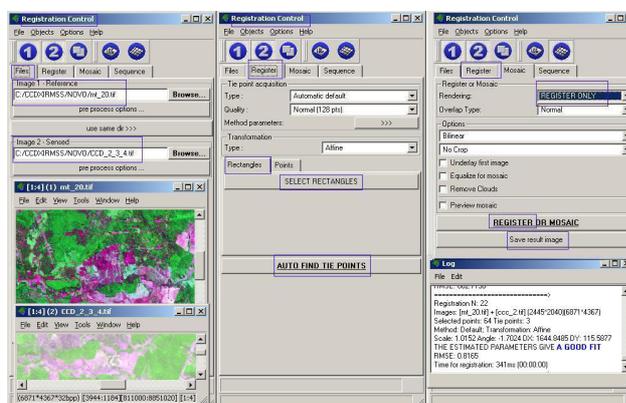


Figura 5. Registro Automático da Imagem CCD/CBERS-2_Órbita/Ponto165/112

1- Abrir as duas imagens, primeiro a de Referência, no caso específico deste trabalho utilizou-se o Mosaico da Nasa reamostrado para 20 metros, segundo a de Ajuste ou de Saída, imagem CCD/CBERS-2 (bandas 2, 3 e 4) utilizando a opção Files na Janela 1. As imagens de referência e de ajuste deverão ter a mesma resolução espacial. Em seguida as imagens CCD já registradas entrarão como imagem de Referência e a imagem do IRMSS_ banda 2, como imagem de Ajuste, reamostrada para 20 metros.

2- Encontrar automaticamente os pontos de controle utilizando a opção Register, para isto escolher o algoritmo automático, selecionando a opção Automatic Default. O usuário deve obter pontos em áreas menores, e depois ir adicionando várias áreas até cobrir toda a região de interesse usando a tecla Select Rectangles. Disparar o registro apertando a tecla Auto Find Tie Points na Janela 2. O módulo de edição de pontos de controle permite remover, gravar ou carregar os pontos de um arquivo ou mostrar os pontos nas imagens. Este módulo calcula as coordenadas transformadas para cada ponto e mostra a diferença entre as coordenadas calculadas e as reais. Ele também pode calcular o erro médio quadrático para grupos de pontos. Cada vez que algum ponto é removido a transformação resultante é recalculada.

3- Salvar os pontos de controle encontrados automaticamente, no final da operação salvar a imagem resultante selecionando Register Only e clicando a tecla Save result image, na Janela 3. Estas imagens, em formato geotiff, serão usadas no item a seguir.

O registro automático-Regima teve um ótimo desempenho, mas é importante lembrar que o SPRING também tem um programa de registro bastante eficaz, para registro de imagens. Para realizar o registro no SPRING, primeiro é necessária a leitura das imagens no módulo IMPIMA, para se obter as imagens CCD e IRMSS do satélite CBERS-2, no formato GRIB (Gridded binary). Registrar a imagem CCD com os mosaicos da NASA e utilizá-la, em seguida, como referência para registro da imagem IRMSS. O SPRING tem um manual, on line, junto com o programa principal, para auxiliar o usuário. Para adquirir pontos via tela (**Figura 6**), seguir a Rotina:

1. Ativar o projeto.
2. Escolher no "Painel de Controle" o plano de informação que será usado como referência, isto é, o mosaico da NASA, para registrar as imagens CBERS que estão na Tela 5.
3. Clicar em Tela, nos botões da opção Aquisição.
4. Reconhecer pontos homólogos, isto é, pontos que correspondam às mesmas feições na imagem de ajuste e na imagem de referência.
5. Clicar em Criar nos botões da opção Operação.
6. Clicar na caixa de texto Nome e fornecer um nome para o ponto que vai ser adquirido.
7. Clicar em CR para que a mensagem "Selecione ponto de referência" apareça. Clicar sobre OK na mensagem e logo em seguida aponte o cursor sobre o ponto na tela de referência, clicando com o Botão da Esquerda do mouse novamente.
8. Ver um ponto representado por uma cruz verde, que aparece sobre a imagem na Tela 5. Clicar e arrastar a cruz verde até o mesmo ponto geográfico escolhido na tela de referência.
9. Repetir os passos a partir do terceiro item para adquirir outros pontos. Clicar em Salvar para gravar os pontos que já foram adquiridos. Para avaliar a equação de mapeamento, recomenda-se que sejam adquiridos 6 pontos de controle para polinômios de 1º grau (mínimo de 3 acrescido de outros 3 para o cálculo dos erros) e 10 pontos de controle para polinômios de 2º grau (mínimo de 6 acrescido de outros 4 para o cálculo dos erros).

Observe que abaixo do campo Grau do Polinômio é apresentado o erro total (em pixel, para imagens) dos Pontos de Teste (pontos não selecionados) e dos Pontos de Controle (pontos que realmente serão utilizados para o registro). O ideal é trabalhar com pontos de controle bem distribuídos e precisos. Numa área urbana, por exemplo, um erro aceitável é igual a 0.5 "pixel" para uma resolução de 30 metros. Em áreas de florestas, pode-se aceitar um erro de 3

"pixels" para a mesma resolução, quando há dificuldade de se conseguir bons pontos de controle. Outro parâmetro usado para analisar o erro é a escala de trabalho. Para um mapeamento na escala de 1:250.000, por exemplo, o erro aceitável no registro é de cerca de 125 metros (0,5mm x denominador da escala).

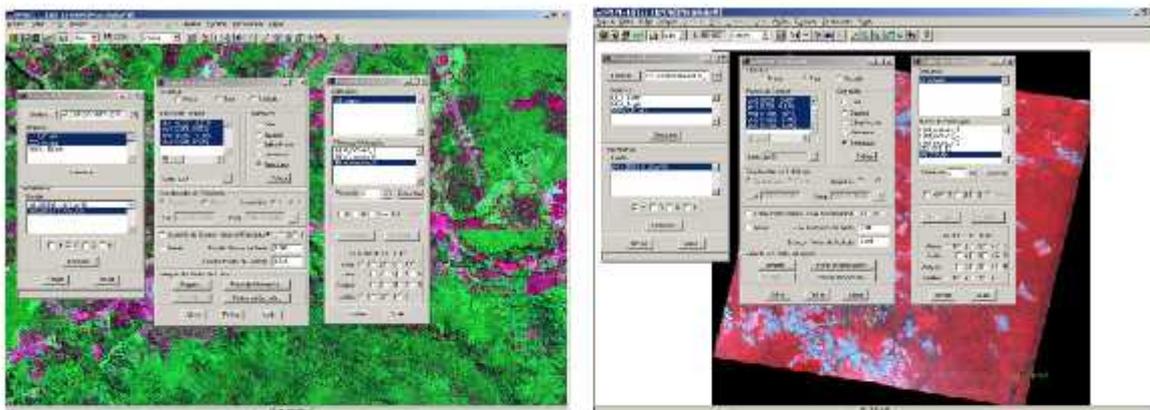
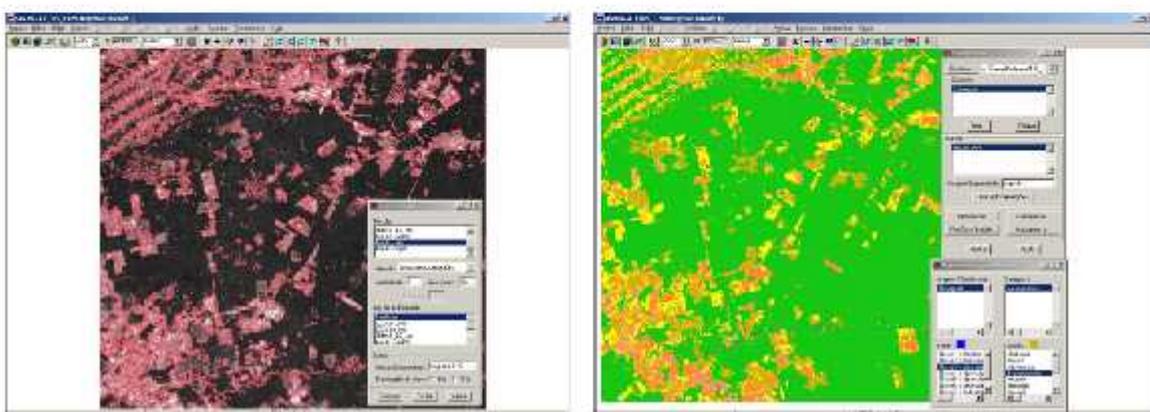


Figura 6. Registro das imagens CBERS no SPRING

2.2.3 - Procedimento para Aplicação das Técnicas de Modelo de Mistura Espectral, Segmentação e Classificação de Imagens IRMSS e CCD para o Mapeamento do Desflorestamento da Amazônia

Após o registro das imagens, utilizando o Regima ou a ferramenta do SPRING, usar a seqüência indicada em <http://www.obt.inpe.br/prodes> para aplicar o modelo de mistura, segmentação e classificação de imagens, sobre a imagem 165/112_CCD bandas 3 e 4 somadas à banda 2_IRMSS (**Figuras 7a e 7b**).

As imagens foram segmentadas utilizando os limiares: Similaridade = 8 e Área = 16. Foi aplicado o classificador não supervisionado ISOSEG, por regiões, com limiar = 90% (INPE-DPI, 2004). Os testes realizados mostram que os dados IRMSS e CCD do CBERS podem substituir aqueles do LANDSAT no Monitoramento do Desflorestamento da Amazônia.



Figuras 7a e 7b. Imagem-fração Solo segmentada e Mapeamento temático

3. Conclusão

As primeiras versões destas rotinas foram utilizadas com sucesso pelos alunos do programa de Pós-graduação em Sensoriamento Remoto e do Curso Internacional em Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informações Geográficas. As novas versões das rotinas apresentadas

neste trabalho e as que estão sendo elaboradas, referentes a outros procedimentos, serão testadas nos futuros cursos à distância, como o “O Uso do Sensoriamento Remoto no Estudo do Meio Ambiente”. Espera-se que o mesmo sucesso obtido com o uso das rotinas nos cursos presenciais seja alcançado também nos cursos à distância.

Os primeiros resultados obtidos com os procedimentos metodológicos utilizados neste trabalho mostram que os dados do IRMSS e CCD do CBERS são indicados para estudos do Monitoramento do Desflorestamento da Amazônia Brasileira. Novos testes serão realizados, para no mínimo oito novas áreas, cobrindo todos os estados da Amazônia Brasileira. O objetivo é também adicionar nestes estudos outras bandas do satélite CBERS-2 e testar novas técnicas de processamento de imagens como a restauração das imagens CBERS, solicitada para ser implementada no SPRING, e o classificador por Histograma, que se encontra em fase final de validação.

É importante ressaltar que esta metodologia foi desenvolvida com softwares e imagens disponíveis na Internet, para download, totalmente gratuitos e que as rotinas apresentadas são ferramentas importantes na disseminação e no uso das imagens CBERS.

4. Referências

Albuquerque, P.C.G. e Medeiros, J.S. Avaliação de Mosaicos com Imagens Landsat Tm para utilização em Documentos Cartográficos em Escalas Menores que 1/50. 000. – São José dos Campos: INPE, 2004. (No Prelo).

D’Alge, J.C.L. Geometric quality assessment of CBERS-2 images.XI Simpósio LatinoAmericano de Percepción Remota y Sistemas de Información Espacial, Santiago, Chile, 22 a 26 de novembro de 2004.

Fedorov, D. Sistema Semi-Automático de Registro e Mosaico de Imagens – São José dos Campos: INPE, 2002. 150p. – (INPE-9582-TDI/838).

Fonseca, L.M.G. e Costa, M.H.M. Registro Automático de Imagens de Sensoriamento Remoto Multi-Temporais Baseado em Múltiplas Resoluções. Revista SELPER, junho 2000, v.16 no. 1-2, p.13-22.

INPE-DPI (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – Divisão de Processamento de Imagens). SPRING - Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas, Manual do Usuário, São José dos Campos, 2004. (<http://www.dpi.inpe.br/spring>).

NASA. Earth Science Applications Directorate-MrSid Image Server. Disponível em <<https://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid>>. Acesso em junho e julho de 2004.

Mello, E.M.K.; Moreira, J.C.; Santos ,J.R.; Shimabukuro,Y.E.; Duarte,V.; Souza,I.M.; Barbosa,C.C.; Souza,R.C.M.; Paiva, J.A.C. Técnicas de Modelo de Mistura Espectral, Segmentação e Classificação de Imagens TM-Landsat para o Mapeamento do Desflorestamento da Amazônia. In: XI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Belo Horizonte. Anais.São José dos Campos: INPE, 2003. p. 2807 - 2814. Disponível na biblioteca digital URLib:<tid.inpe.br/sbsr/2002/11.04.09.08>. Acesso em agosto de 2004.

Shimabukuro, Y.E., Santos, J.R., Duarte, V., Martini, P.R. Imagens CBERS/IR-MSS para Caracterização de Áreas Desflorestadas na Amazônia. In: X Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2001, Foz do Iguaçu. Anais. São José dos Campos: INPE, 2001.Sessão Pôster. p. 667 - 669. Repositório da URLib: <dpi.inpe.br/lise/2001/09.19.09.40> Disponível em: <<http://iris.sid.inpe.br:1908/rep/dpi.inpe.br/lise/2001/09.19.09.40>>. Acesso em agosto de 2004.

Valeriano, D.M., Mello, E. M. K., Moreira, J.C., Shimabukuro Y. E., Duarte V., Souza, M.I., Santos J. R. dos, Barbosa C.C., Souza R. C. M. de., 2004, Monitoring Tropical Forest from Space: The Prodes Digital Project. XXth Congress International Society for Photogrammetry and Remote Sensing (Istanbul:ISPRS), ISPRS Proceedings, volume XXXV, part B, commission-7, p.272 ff.