



Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Clima Temperado
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

ISSN 1806-9193

Dezembro, 2007

versão

ON LINE

Documentos 186

Metodologia para padronização no processo de correção geométrica para imagens orbitais de média resolução espacial

Marilice Cordeiro Garrastazu
Carlos José Sarmiento Ferreira
Heinrich Hasenack
Eliseu Weber

Pelotas, RS
2007

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Clima Temperado
Endereço: BR 392 km 78
Caixa Postal 403 - Pelotas, RS
Fone: (53) 3275 8199
Fax: (53) 3275-8219 / 3275-8221
Home page: www.cpact.embrapa.br
E-mail: sac@cpact.embrapa.br

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: Walkyria Bueno Scivittaro
Secretária-Executiva: Joseane M. Lopes Garcia
Membros: Cláudio Alberto Souza da Silva, Lígia Margareth Cantarelli Pegoraro, Isabel Helena Vernetti Azambuja, Luís Antônio Suíta de Castro, Sadi Macedo Sapper, Regina das Graças V. dos Santos
Suplentes: Daniela Lopes Leite e Luís Eduardo Corrêa Antunes

Revisores de texto: Sadi Macedo Sapper
Normalização bibliográfica: Regina das Graças Vasconcelos dos Santos
Editoração eletrônica: Oscar Castro
Composição e impressão: Embrapa Clima Temperado

1ª edição

1ª impressão 2007: 50 exemplares

Todos os direitos reservados

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

Metodologia para padronização no processo de correção geométrica para imagens orbitais de média resolução espacial / Marilice Cordeiro Garrastazu... [et al.] -- Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2007. 27 p. -- (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 186).

ISSN 1516-8840

Sensoriamento remoto - Imagem orbital - Cartografia - Correção geométrica - Geociências. I. Garrastazu, Marilice Cordeiro. II. Série.

CDD 621.3678

Autores

Marilice Cordeiro Garrastazu
MSc. em Engenharia Agrícola
Pesquisadora Embrapa Clima Temperado
(marilice@cpact.embrapa.br)

Carlos José Sarmiento Ferreira
MSc. em Ecologia
Pesquisador Visitante Embrapa Clima
Temperado
(sarmiento@cpact.embrapa.br)

Geógrafo, Heinrich Hasenack
MSc. em Ecologia
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
(hasenack@ecologia.ufrgs.br)

Eliseu Weber
MSc. em Sensoriamento Remoto
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
(eweber@ecologia.ufrgs.br)

Apresentação

No mundo, centros de pesquisa desenvolvem atividades de caracterização do uso das terras, tipo de cobertura do solo e monitoramento ambiental, utilizando imagens de satélites. Para essas e outras finalidades, são amplamente utilizadas imagens temáticas provenientes de satélites de órbita regular e de imageamento sistemático como, por exemplo, Landsat TM e CBERS (China-Brazil Earth Resources Satellite ou Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres).

Realizou-se este trabalho com intuito de sistematizar, com padrão de qualidade validado, um processo rápido e de baixo custo operacional para georreferenciamento de imagens de satélite para uso em SIG, dando suporte a projetos que demandem uso de imagens de média resolução, tanto na Embrapa como em instituições parceiras.

João Carlos Costa Gomes
Chefe-Geral
Embrapa Clima Temperado

Sumário

Metodologia para Padronização no Processo de Correção Geométrica para Imagens Orbitais de Média Resolução Espacial	9
1. Introdução	9
2. Metodologia	11
2.1 Materiais Utilizados	11
2.2. Preparação das cartas topográficas	12
2.2.1. Rasterização	12
2.2.2. Georreferenciamento	13
2.2.3. Mosaico de cartas	13
2.3 Georreferenciamento de imagens	18
3. Resultados e Discussão	19
4. Considerações Finais	22
5. Referências Bibliográficas	23
Anexo 1	25

Metodologia para Ppadronização no Processo de Correção Geométrica para Imagens Orbitais de Média Resolução Espacial

*Marilice Cordeiro Garrastazu
Carlos José Sarmento Ferreira
Heinrich Hasenack
Eliseu Weber*

1. Introdução

Em todo o mundo, centros de pesquisa carentes de recursos desenvolvem atividades de caracterização do uso das terras, tipo de cobertura do solo, monitoramento ambiental utilizando imagens de satélites. Para estas e outras finalidades são amplamente utilizadas imagens temáticas provenientes de satélites de órbita regular e de imageamento sistemático, como por exemplo LandsatTM e CBERS (China-Brazil Earth Resources Satellite ou Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres).

Quando estas imagens se encontram devidamente georreferenciadas, a informação extraída delas pode ser comparada e integrada com outras camadas de informação (relevo, hidrografia, solos, geologia, etc) da mesma região.

Satélites LandsatTM estão em operação desde a década de 70. Devido a dificuldades técnicas no satélite Landsat 7, foi gerada uma grande expectativa em relação à qualidade das imagens do satélite CBERS. Recentemente, o USGS (United States

Geological Survey – Serviço Geológico dos Estados Unidos) mostrou interesse pela aquisição das imagens CBERS, as quais já são captadas nos EUA.

Existem vários métodos para registro de imagens ao sistema de coordenadas desejado, alguns deles bastante caros para os padrões de países em desenvolvimento, tais como a aquisição de pontos de correlação com GPS geodésico de dupla frequência ou com GPS topográfico aplicados a imagens de alta resolução. Para imagens de média resolução, o uso de GPS de navegação no método absoluto é um equipamento com preço mais acessível e que apresenta precisão compatível às cartas topográficas na escala 1:50.000. Para a aquisição dos pontos de correlação com qualquer tipo de GPS, devemos considerar também os custos do trabalho de campo (deslocamento, estadia e tempo), e a dependência de boas condições climáticas e de horizonte sem obstrução para melhor captação do sinal dos satélites da constelação GPS.

Para a correção geométrica tradicional, utiliza-se a carta topográfica em papel e com auxílio do escalímetro extrai-se as coordenadas dos pontos de interesse por interpolação da grade UTM. Este procedimento de georreferenciamento é, normalmente, longo e cansativo para o executor provocando desgaste no material.

Visando estabelecer uma metodologia para a sistematização do processo de georreferenciamento de imagens de satélite, propomos a utilização de cartas topográficas digitalizadas, georreferenciadas e mosaicadas para este fim. Esta metodologia diminui custos e agiliza os procedimentos de correção geométrica de imagens de satélite de órbita regular e imageamento sistemático como Landsat e CBERS.

Outros fatores a serem considerados no georreferenciamento com cartas analógicas são a organização das cartas, o tempo de localização de cada uma, volume de material e espaço físico que ocupam durante os procedimentos de

georreferenciamento. Neste processo, cada instituição deve ter seu próprio conjunto de cartas, local adequado para sua armazenagem e organização.

Deve-se também considerar o tempo despendido na digitalização e no georreferenciamento de cada carta topográfica utilizada no método proposto, o recorte e sua união com o recorte das outras cartas da área de cobertura de determinada imagem de satélite. Este tempo de trabalho é estimado em cerca de 80 horas por área de cobertura Landsat. No caso do mosaico de cartas, este procedimento só é realizado uma vez e o mosaico de cartas resultante pode ser compartilhado com as diferentes instituições.

Os melhores pontos de controle para o georreferenciamento são os cruzamentos do sistema viário. O Rio Grande do Sul tem toda a sua área coberta por mapeamento em escala 1:50.000 (FIGURA 1A), porém a qualidade não será homogênea para todo o Estado do Rio Grande do Sul, pois a malha viária não é homogênea em toda sua extensão.

A justificativa para a realização deste trabalho é a necessidade de sistematização, com padrão de qualidade validado, de um processo rápido e de baixo custo operacional para georreferenciamento de imagens de satélite para uso em SIG, dando suporte a projetos que demandem uso de imagens de média resolução, tanto na Embrapa como em instituições parceiras.

2. Metodologia

2.1 Materiais Utilizados

- Cartas topográficas (Divisão do Serviço Geográfico do Exército) na escala 1:50.000 identificadas por MI (número relativo ao índice de nomenclatura) e Nome das cartas (Anexo 1).

- Software ENVI (RSI).
- Microcomputador com processador Intel Pentium 4 de 3GHz com 1GB de memória RAM, HD 7200rpm 120GB e placa de vídeo com 128 MB de memória.
- Scanner A3.
- Imagens Landsat bandas 3, 4 e 5 das órbitas/ponto 221/081, 221/082, 221/083, 222/081, 222/082 e 222/083.
- Imagens CBERS CCD2 bandas 2, 3 e 4 das órbitas/ponto 156/134, 156/135 157/134, 157/135, 157/136, 157/137, 158/134, 158/135, 158/136, 158/137, 158/138, 159/134, 159/135, 159/136, 159/137, 160/134, 160/135 e 160/136.

2.2 - Preparo das cartas topográficas

2.2.1- Rasterização

As cartas topográficas foram rasterizadas em um scanner formato A3 (Labgeo Embrapa), em quatro arquivos, ou em um scanner formato A1 na 1ª Divisão de Levantamento do Exército Brasileiro (1ª DL) em 1 arquivo. Cada carta foi digitalizada com resolução mínima de 300 dpi em modo RGB 24 bits. Foi realizado, quando necessário, um procedimento de filtro para remoção de ruídos e ajuste visual de cores para facilitar a visualização e identificação das feições.

Em uma resolução de 300 dpi, cada milímetro corresponde a 11,81 pixels (unidade da imagem). A resolução necessária aos procedimentos exige um pixel com um tamanho que permita uma boa visibilidade de todas as feições contidas nos planos de informação da carta, porém esta imagem deve ter o menor tamanho possível e, ainda assim, apresentar um tamanho de pixel de fácil operação. O tamanho do pixel na carta georreferenciada é de 5 metros, o qual gerará, em cada carta 1:50.000, uma imagem RGB 24bit, com o tamanho de aproximadamente 125MB.

2.2.2 Georreferenciamento

O procedimento padrão de trabalho requer a utilização de cada cruzamento da grade de coordenadas UTM como ponto de correlação. Após a coleta dos pontos de correlação, a imagem de cada carta foi georreferenciada, respeitando um erro RMS inferior a um pixel (inferior a 5 metros).

Para o georreferenciamento das cartas topográficas, foi aplicada a rotina de registro de imagens (ENVI), na qual utilizamos as coordenadas de cada cruzamento da grade de projeção UTM da imagem de carta e respectivo datum horizontal (Córrego Alegre). A área de informação de cada imagem de carta georreferenciada foi recordada (área útil). Para garantir um padrão de qualidade no georreferenciamento das cartas, o número total de pontos de correspondência, em cada carta, deve apresentar um RMS inferior a 5 metros. O processo de georreferenciamento da carta e o isolamento de sua área útil demoraram cerca de 1 hora.

2.2.3 Mosaico de cartas

A área de cobertura de cada imagem Landsat abrange a área aproximada de 65 a 80 cartas 1:50.000. A sobreposição entre imagens Landsat vizinhas é de aproximadamente 50%. A quantidade de cartas compartilhadas com as cenas Landsat vizinhas é superior a 60%. Este cálculo foi baseado em uma média da comparação dos limites das órbitas/ponto Landsat e da distribuição da malha de cartas 50000 sobrepostas (Figura 1).

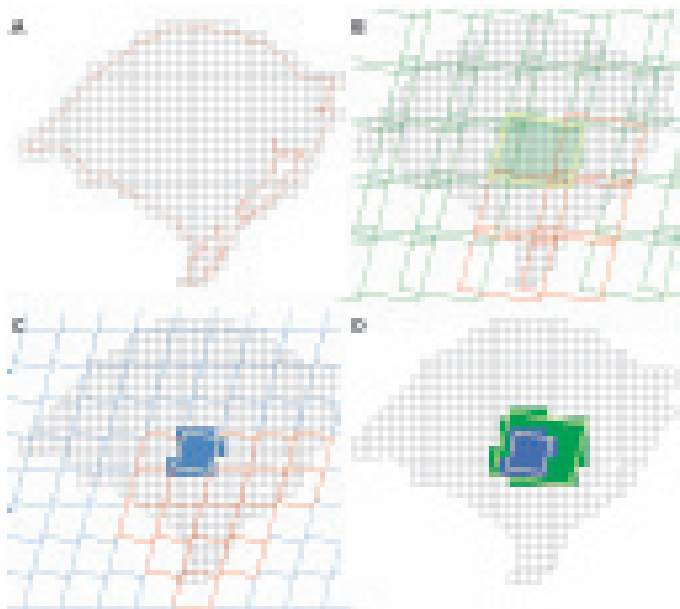


Figura 1. Posição relativa das cartas escala 1:50000 DSG no Estado do Rio Grande do Sul (A), posição das órbitas ponto de imageamento sistemático dos satélites Landsat com destaque para as cartas utilizadas no georreferenciamento da imagem 222-081 (B), posição das órbitas ponto de imageamento sistemático do satélite CBERS2 com destaque para as cartas utilizadas no georreferenciamento da imagem 159-134 (C) e sobreposição comparativa entre as órbita-ponto das imagens orbitais acima citadas e as cartas utilizadas para o georreferenciamento de cada uma delas (D).

Para confecção do mosaico de cartas 1:50.000, as imagens das cartas, após georreferenciamento, foram recortadas na respectiva moldura (recortada na moldura, a imagem apenas de sua área útil, tem um tamanho médio de 60MB). A moldura de cada carta é definida pelo desdobramento do índice da Carta Internacional do Mundo ao Milionésimo (CIMM), sendo seus limites definidos por uma malha de coordenadas geográficas de 15x15 minutos de grau.

Para cada cena Landsat ou CBERS, foi confeccionado um mosaico de cartas 1:50.000, o qual extrapola os limites espaciais da respectiva cena. Cada mosaico foi constituído por um número que variou de 40 a 80 cartas para cenas Landsat e 25-30 cartas para cenas CBERS.

Nos mosaicos de cartas, para a identificação de locais a serem utilizados como pontos de correlação, optamos por uma resolução espacial de 10 metros para diminuir o tamanho do arquivo (mosaico de cartas 10m) para próximo de 1,2 GB (Landsat) e 450 MB (CBERS) - com uma resolução de 5 metros, o tamanho de cada imagem seria de aproximadamente 4,8 GB (Landsat) e 1,8 GB (CBERS), o que tornaria os trabalhos muito lentos e alguns programas muito instáveis. Com uma resolução de 30 metros (resolução das imagens Landsat) ou 20m (resolução das imagens CBERS), a perda de qualidade é muito grande e não é possível a identificação de feições úteis, mesmo assim os mosaicos de cartas nestas resoluções são necessários para os procedimentos (Figura 3).

Nos mosaicos de cartas foram também analisadas as áreas de contato entre as imagens de cada folha (carta) para verificação de possíveis erros e discrepâncias nos arquivos originais, ou no georreferenciamento de cada imagem de carta. Esta análise considerou também problemas que podem ocorrer na confecção das cartas DSG, tais como possíveis desalinhamentos de algum plano cartográfico em relação ao limite da área útil da carta durante a impressão. Foi considerado também que as cartas poderiam ser de diferentes edições e impressões e que existem associações entre os planos cartográficos para fins de impressão, como a hidrografia associada às curvas de nível e as estradas associadas à grade UTM da carta (Figura 2). Nesta avaliação, optou-se por utilizar apenas a rede viária como padrão para a coleta dos pontos de correlação, isto devido à associação direta deste plano de informação com a grade de coordenadas UTM e pela menor variação de posição com o passar dos anos.

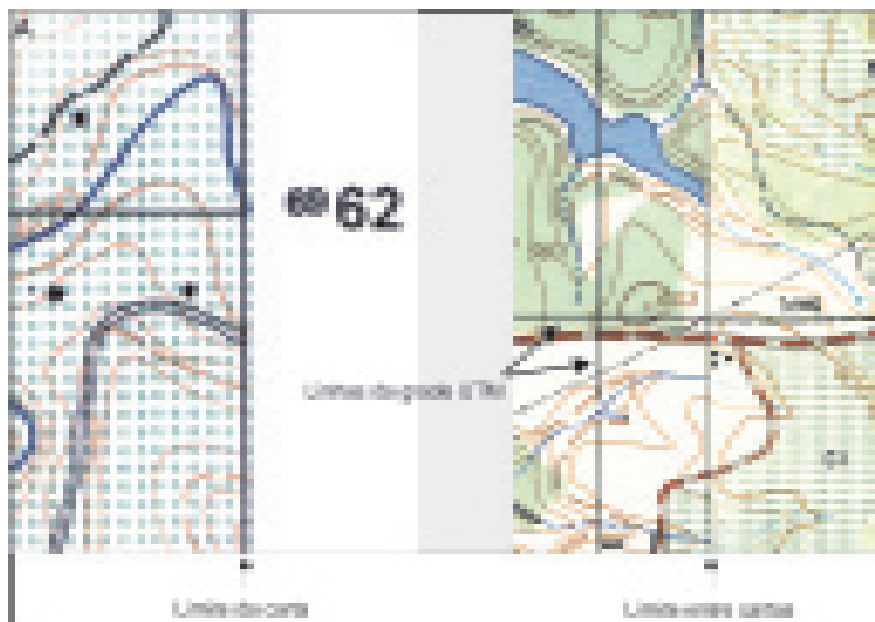


Figura 2. Exemplo de desalinhamento dos planos hidrografia e altimetria em relação aos limites (moldura) da carta, enquanto a rede viária permanece dentro do limite (A); Exemplo de área de contato entre duas cartas, a grade de coordenadas UTM e a rede viária coincidem entre as duas cartas, porém as curvas de nível e a rede hidrográfica não (B).

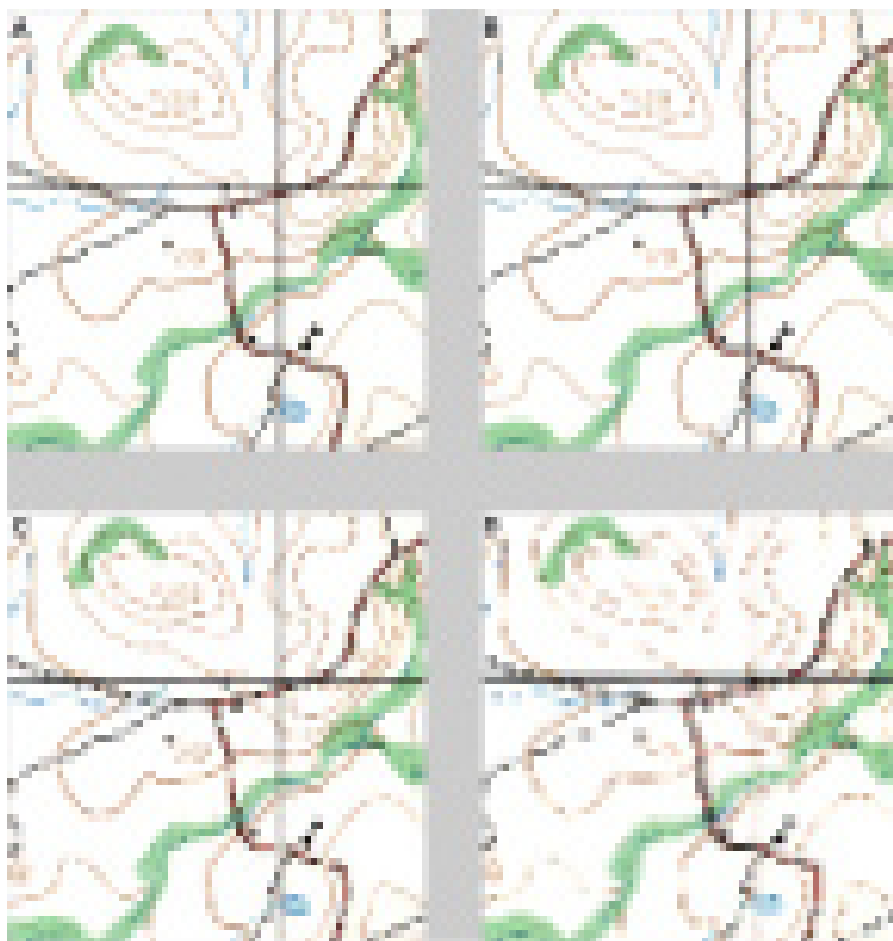


Figura 3. Diferença visual entre as diversas resoluções dos mosaicos de cartas utilizados: (A) resolução de 5 metros (original) da imagem de carta georreferenciada; (B) resolução de 10 metros, usada para possibilitar a identificação precisa dos locais a serem utilizadas como pontos de controle; (C) resolução igual à das imagens CBERS; (D) resolução igual à das imagens Landsat.

2.3 Georreferenciamento de imagens

Para cada imagem, foi realizado um procedimento de registro de imagem (imagem orbital) por imagem (mosaico de cartas).

Foram coletados, por cena Landsat, de 100 a 130 pontos de correlação. O número de pontos diminuiu em algumas cenas com grandes extensões de água (oceano ou grandes lagoas) ou cenas de fronteira internacional para cerca de 20 a 80 pontos.

No georreferenciamento das imagens CBERS, o procedimento de coleta de pontos de correlação foi o mesmo das imagens Landsat. Nestas imagens, o número de cartas que compõem o mosaico diminuiu para cerca de 25.

O erro RMS (resíduo médio quadrático), definido e aceitável para os procedimentos de georreferenciamento, foi inferior a 25 metros.

Para o georreferenciamento de imagens Landsat (área coberta de aproximadamente 185x185km), o mosaico foi composto por um número de cartas (cada carta cobre uma área de aproximadamente 25x27km) que variou de 65 a 80 cartas (Figura 1B), enquanto que para as imagens CBERS (área coberta de aproximadamente 113 x113km) o número de cartas foi de 25 a 30 cartas (Figura 1C), a Figura 1D mostra uma comparação entre a quantidade de cartas abrangida pela cena de cada satélite em questão.

Após, as cartas necessárias para o procedimento de georreferenciamento de dada imagem de satélite terem sido recortadas, foi montado o respectivo mosaico de cartas. No procedimento de registro de imagem por imagem, a imagem *warp* (uma banda ou composição da imagem orbital) deve estar na mesma resolução espacial da imagem *base* (mosaico de menor resolução espacial – 30 ou 20 metros, dependendo da resolução da imagem orbital que será georreferenciada) O mosaico de cartas em uma resolução espacial de 30 metros (mesma resolução das imagens Landsat) ou 20 metros (mesma

resolução das imagens CBERS) é usado como imagem base para o georreferenciamento das imagens da região. Este mosaico foi então utilizado como imagem base para o georreferenciamento de cada banda ou composição de bandas de determinada imagem orbital (imagem warp).

O procedimento leva cerca de 2 horas para completar um mosaico da área de uma cena Landsat e cerca de 45 minutos para uma cena CBERS.

No software ENVI, foi utilizada a rotina de registro de imagem por imagem. Neste procedimento, uma das imagens, que já se encontra georreferenciada, é utilizada para colocar outra imagem no sistema de coordenadas da primeira.

Iniciou-se com o registro de imagem (base) por imagem (warp). Em seguida, se abriu o mosaico de cartas com resolução espacial de 10 metros (para facilitar a visualização das feições), o qual é ligada (*Geographic Link*) com o mosaico de menor resolução.

3. Resultados e Discussão

Esta metodologia demanda de 2 a 4 horas de trabalho por imagem Landsat, contra cerca de 20 horas necessárias no procedimento tradicional (com cartas em papel e escalímetro), para imagens CBERS de 2 a 4 horas contra 6 a 10 horas respectivamente.

O procedimento para georreferenciamento das imagens Landsat demora cerca de 120 minutos. Foram marcados 165 pontos (Figura 4) e cerca de 120 pontos foram considerados e utilizados para registro da imagem. Foi considerado aceitável o RMS inferior a 25 metros. No caso CBERS, o tempo de execução é de aproximadamente 180 minutos, sendo marcados 80 pontos e utilizados 50 para o registro (Figura 5), com o RMS equivalendo como aceitável.

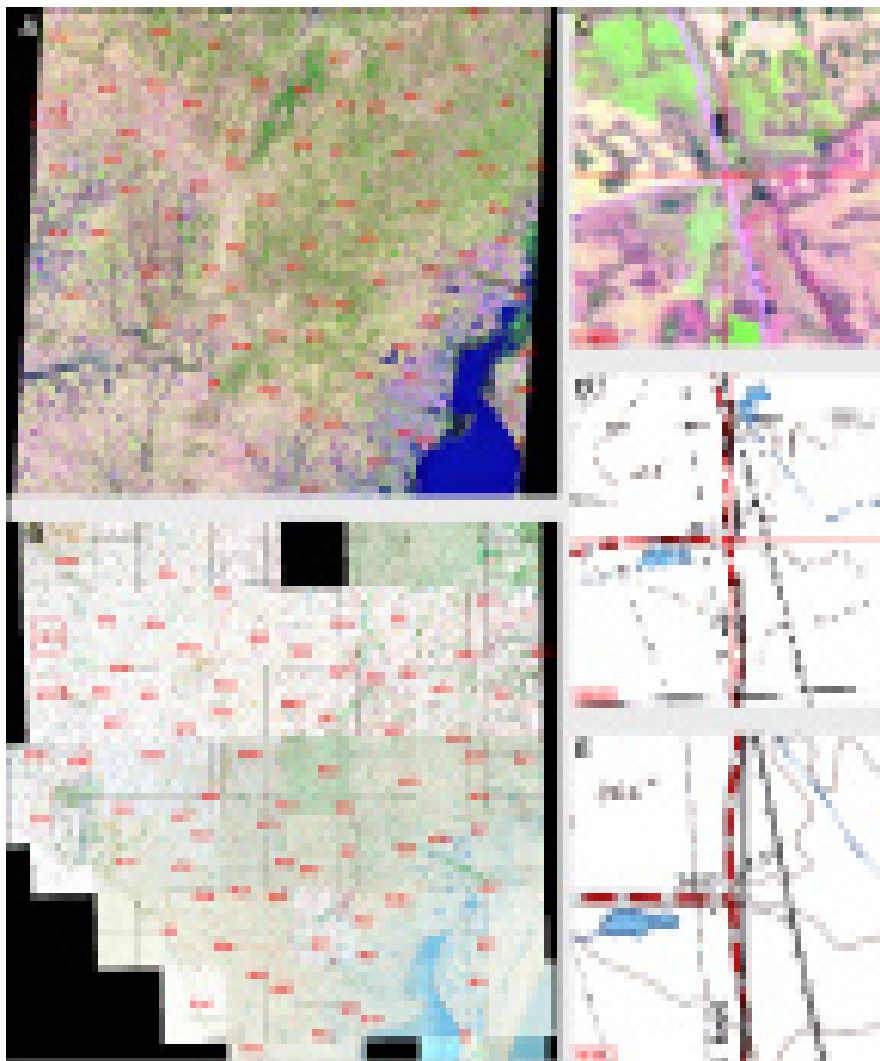


Figura 4. (A) Imagem LANDSAT com sobreposição dos pontos de controle; (B) Mosaico das cartas topográficas com sobreposição dos pontos de controle; (C) Destaque de um dos pontos de controle sobre a imagem; (D) Destaque de um dos pontos de controle sobre o mosaico das cartas – resolução 30m; (E) Destaque de um dos pontos de controle sobre o mosaico das cartas – resolução 10m.

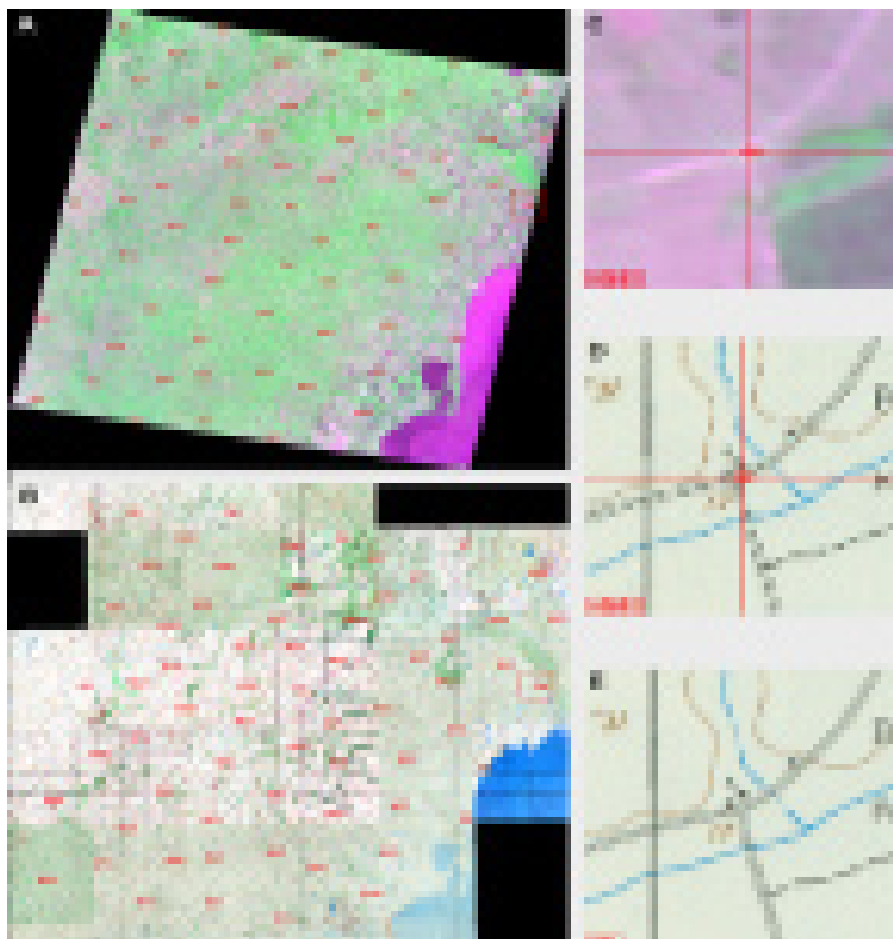


Figura 5. A) Imagem CBERS com sobreposição dos pontos de controle; (B) Mosaico das cartas topográficas com sobreposição dos pontos de controle; (C) Destaque de um dos pontos de controle sobre a imagem; (D) Destaque de um dos pontos de controle sobre o mosaico das cartas – resolução 20m; (E) Destaque de um dos pontos de controle sobre o mosaico das cartas – resolução 10m.

As bandas pancromáticas Landsat e CBERS exigem um georreferenciamento em separado pelos seguintes motivos: sua resolução espacial apresenta-se diferente das bandas RGB, seu sistema de coordenadas original apresenta uma diferença em relação às demais bandas ou seus limites não são os mesmos das demais bandas RGB.

A metodologia foi aplicada às cenas Landsat e CBERS, conforme a aquisição e rasterização das cartas topográficas disponíveis.

4. Considerações Finais

A aplicação desta metodologia demanda tempo e organização inicial nas etapas referentes às cartas topográficas, porém este tempo é compensado posteriormente, agilizando as etapas de georreferenciamento das imagens, garantindo qualidade e padronização proposta.

Destaca-se a agilidade dos trabalhos subseqüentes, como análises temporais, que necessitam de georreferenciamento de imagens de épocas diferentes.

Iniciou-se o georreferenciamento no Extremo Sul do Rio Grande do Sul, por ser prioridade em projetos aprovados pela Embrapa. Pretende-se ter a cobertura total do Estado com as cartas topográficas georreferenciadas e mosaicadas para dar suporte e aplicabilidade da metodologia em todo o Rio Grande do Sul.

Muitas Instituições realizam atividades de pesquisa, monitoramento e diagnóstico na região e no Rio Grande do Sul que podem vir a se beneficiar dos resultados do mosaico de cartas montado pelo Labgeo-EMBRAPA, como por exemplo INCRA, FEPAM, SEMA, UFPEL, UFRGS, FURG, UCPEL, Comitê da Bacia da Lagoa Mirim (entre outros comitês de bacia), Prefeituras de Municípios, Organizações Não Governamentais, etc.

5. Referências Bibliográficas

ABRAAO, E. P.; CORREIA, J.D. Sistema de pontos de controle geométrico de imagens orbitais do IBGE, versão 1.0 . In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., 2005, Goiânia. Anais. São José dos Campos: INPE, 2005. p. 3953-3960.

SULSOFT. Guia do ENVI em português.- Disponível em: http://intranet.sulsoft.com.br/site/guia_envi/centro.htm. Acesso em: 04 dez. 2005.

EASTMAN, J.R. Idrisi for Windows: manual do usuário. Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 1998. 240 p.

FONSECA , E.L. Desenvolvimento de modelo da disponibilidade de fitomassa aérea para formações campestres naturais a partir de dados espectrais orbitais e agrometeorológicos . INPE. 2004. 175 p. Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto) -Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2004.

MONICO, J. F. G. Posicionamento pelo NAVSTAR-GPS: descrição, fundamentos e aplicações. São Paulo: UNESP, 2000. 287 p.

MOREIRA, M. A. Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação. 3. ed. atual. Viçosa: Ed. da UFV, 2005. 320 p.

ANEXO 1

Quadro 1: Lista (MI) de cartas utilizadas para georreferenciamento das imagens Landsat 222/081, constando em negrito em cartas utilizadas para o georreferenciamento da imagem CBERS 159/134.

2949-4	2966-2	2989-1	2983-4	2996-3	2996-4	3009-2
2949-3	2966-4	2989-3	2984-1	2994-2	2997-1	3009-1
2949-4	2967-1	2991-4	2984-2	2994-4	2997-2	3009-2
2990-3	2967-2	2992-1	2984-3	2995-1	2997-3	3010-1
2985-1	2967-3	2982-2	2984-4	2995-2	2997-4	3010-2
2985-2	2967-4	2982-3	2985-1	2995-3	2999-1	3011-1
2985-3	2968-1	2982-4	2985-2	2995-4	2999-2	3011-2
2965-4	2968-2	2983-1	2985-3	2996-1	2999-3	
2986-1	2968-3	2983-2	2985-4	2996-2	2999-4	
2986-2	2968-4	2983-3	2986-1	2996-3	2999-1	