

Georreferenciamento de imagens CBERS-2/CCD utilizando pontos de controle extraídos de cartas topográficas

Fernanda de Almeida Prado ¹
Profa. Dra. Arlete Aparecida Correia Meneguette ²

UNESP – Departamento de Cartografia
Rua Roberto Simonsen, 305
19060-900 Presidente Prudente SP

¹ prado_fernanda@yahoo.com.br - ² arlete@fct.unesp.br

Resumo: Este artigo tem como propósito apresentar os resultados obtidos em uma pesquisa científica voltada ao desenvolvimento e validação de uma proposta metodológica para o georreferenciamento de imagens CBERS-2/CCD (resolução espacial de 20 metros), a partir de pontos de controle extraídos de cartas topográficas em 1:50.000. A pesquisa envolveu, inicialmente, a seleção de 40 cartas topográficas que abrangem a área de estudo adotada, ou seja, o Pontal do Paranapanema, localizado no Extremo Oeste do Estado de São Paulo. Além disso, compreendeu também a digitalização desses documentos utilizando *scanner* A0, o registro das cartas e das imagens e, finalmente, a geração de um mosaico das imagens. Os erros obtidos nos pontos de controle (de 25 a 48 metros) indicam o potencial de uso das imagens CBERS-2/CCD na atualização de documentos cartográficos nas escalas de 1:100.000 e 1:250.000.

Palavras chaves: Georreferenciamento, CBERS-2, cartas topográficas

Abstract: This paper aims at presenting the results obtained during a scientific research carried out in order to develop and validate a methodological approach for the georeferencing of CBERS-2/CCD imagery, whose spatial resolution is 20 meters, using control points extracted from topographic maps at 1:50.000 scale. The research involved, firstly, the selection of 40 topographic maps over the study area which was chosen, that is the Pontal do Paranapanema, located at the western region of São Paulo State. Beside that, the research also involved the digitizing of such documents using an A0 scanner, followed by the register of both the maps and the images and finally by the mosaicking of the CBERS-2/CCD imagery. The errors at the control points (from 25 to 48 meters) indicate the potential use of CBERS-2/CCD imagery for the updating of cartographic documents at the scales of 1:100.000 and 1:250.000.

Keywords: Georeferencing, CBERS-2, topographic maps

1 Introdução

A Cartografia sempre procurou demonstrar a superfície física de uma determinada região ou até mesmo de todo o globo, da maneira mais fiel possível, sendo que a evolução consistiu em aplicar métodos, técnicas e equipamentos que permitissem representar com mais proximidade a realidade. A história dos mapas se confunde com a própria história da humanidade, considerando-se que os mapas são representantes das formas de percepção e produção do conhecimento sobre a realidade, e que são inerentes a cada cultura em todos os tempos, ressalta Harley (1991).

Segundo Taylor (1991), a Cartografia é a organização, apresentação, comunicação e utilização da geoinformação nas formas gráfica, digital ou tátil. Pode incluir todas as etapas, desde a apresentação dos dados até o uso final na criação de mapas e produtos relacionados com a informação espacial. Para o citado autor, não é sensato definir Cartografia sem se referir ao mapa, ao processo através do qual ele é criado e ao contexto social no qual ele existe.

De acordo com Bochicchio (1993), há dois ramos da Cartografia: a Topográfica (ou de base) e a Temática, cada qual apoiado por bases científicas independentes, executando seus próprios produtos dirigidos a usuários específicos. A Cartografia Topográfica envolve uma representação gráfica da Terra composta por elementos fundamentais mínimos que permitam ao usuário o necessário entendimento sobre esta representação. A Cartografia Temática representa, a partir de bases cartográficas existentes, os fenômenos qualitativos ou quantitativos, concretos ou abstratos, observados ou medidos em seu espaço geográfico, transformados em grafismos específicos oriundos de metodologia voltada para o tratamento da informação espacial.

Segundo IBGE (1999), para elaboração de um documento cartográfico, deve-se estabelecer um método no qual a cada ponto da superfície da Terra corresponda um ponto da carta. Esses métodos são chamados de projeções cartográficas. Os documentos cartográficos, de acordo com este autor, são classificados em dois tipos de representação: por imagem e por traço. As principais representações por imagem são: mosaico (controlado, não controlado e semi-controlado), fotocarta, ortofotográfica, ortofotocarta, ortofotomapa, fotoíndice e carta imagem. Algumas das principais representações por traço são: globo, mapa, carta e planta.

Segundo Novo (1995), o Sensoriamento Remoto pode ser definido como sendo a utilização conjunta de modernos sensores, equipamentos de transmissão de dados, equipamentos para processamento de dados, aeronaves e espaçonaves que têm como objetivo o estudo das interações no ambiente terrestre, sem o contato físico direto com as feições, entre a radiação eletromagnética e as substâncias componentes do planeta Terra em suas diversas manifestações. Produtos oriundos do Sensoriamento Remoto têm sido muito utilizados para apoiar a área de Cartografia.

A complexidade das atuais técnicas de Sensoriamento Remoto faz com que, cada vez mais, um maior número de pessoas de áreas diferentes participem do processo de transformação da energia registrada pelo sensor em informação, de modo que o processo de Sensoriamento Remoto cada vez mais é encarado como um sistema de aquisição de informações (NOVO, 1995).

Os satélites artificiais são lançados em órbita através de foguetes, também conhecidos como veículos lançadores não recuperáveis, porque, após o lançamento, eles não são recuperados, sendo desintegrados ou perdidos no espaço, afirma Florenzano (2002). Entre os vários satélites de Sensoriamento Remoto existentes, destaque é dado aqui aos satélites da série CBERS, em particular o CBERS-2, do qual foram obtidas as imagens utilizadas nesta pesquisa.

O programa CBERS (*China-Brazil Earth Resources Satellite* ou Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres), iniciado em 1988, é um projeto conjunto entre o Brasil e a China para a construção de uma família de satélites de Sensoriamento Remoto. Trata-se de modelo de cooperação e intercâmbio tecnológico entre países em desenvolvimento. Atualmente, está em operação o CBERS-2, lançado em outubro de 2003 e está previsto ainda o lançamento do CBERS-2B e do CBERS-3 (INPE, 2006). A principal missão do programa CBERS é contribuir para o melhor entendimento do nosso planeta. Isto é possível devido ao conjunto de câmeras que continuamente imageiam a Terra em diferentes regiões óptico-espectrais e numa variedade de resoluções espaciais e temporais (EPIPHANIO, 2005).

Uma das características importantes das imagens de satélite são as diversas resoluções apresentadas por elas. As imagens feitas por diferentes sensores apresentam diferentes resoluções e é isso que determina a aptidão de cada tipo de imagem para um determinado fim, afirma Moreira (2001). A resolução espectral refere-se ao poder de resolução que o sensor tem para discriminar diferentes alvos sobre a superfície terrestre; a resolução espacial define a menor área do terreno que um sistema sensor é capaz de individualizar; a resolução temporal refere-se ao intervalo de tempo entre duas aquisições de imagens de uma mesma área; e a resolução radiométrica está relacionada à capacidade que este sensor tem de poder discriminar, numa área imageada, alvos com pequenas diferenças de radiação refletida e/ou emitida.

Para a interpretação de imagens de Sensoriamento Remoto deve-se levar em consideração alguns elementos, os quais são: tonalidade, cor, textura, tamanho, forma, sombra, altura, padrão e localização. A

partir desses elementos são elaboradas as chaves de interpretação, de acordo com Florenzano (2002). Após esta etapa de interpretação, as imagens de Sensoriamento Remoto são processadas através de técnicas de Processamento Digital de Imagens (PDI), a fim de melhorar o aspecto visual de certas feições estruturais para o analista humano, além de fornecer outros subsídios para a sua interpretação, inclusive gerando produtos que possam ser posteriormente submetidos a outros processamentos.

Para Crósta (1992), o Processamento Digital de Imagens trata especificamente das técnicas utilizadas para identificar, extrair, condensar e realçar a informação de interesse para determinados fins, a partir de uma enorme quantidade de dados que usualmente compõem essas imagens, tendo como função primordial fornecer ferramentas para facilitar a identificação e a extração de informações contidas nas imagens para posterior interpretação.

De acordo com Moura (2003), o Geoprocessamento engloba o Processamento Digital de Imagens, a Cartografia Digital e os Sistemas de Informações Geográficas (SIG). A estrutura geral de um SIG, segundo Câmara et al. (2005), é composta por: interface com usuário, entrada e integração de dados, funções de consulta e análise espacial, visualização e plotagem, armazenamento e recuperação de dados (organizados sob a forma de um banco de dados geográficos). Os SIGs permitem inserir e integrar, numa única base de dados, informações espaciais provenientes de dados cartográficos, dados censitários e cadastro urbano e rural, imagens de satélite, redes e Modelos Numéricos de Terreno; e, além disso, oferecem mecanismos para combinar as várias informações, através de algoritmos de manipulação e análise, bem como para consultar, recuperar, visualizar e plotar o conteúdo da base de dados georreferenciados.

Para a obtenção de dados georreferenciados é preciso realizar o processo conhecido por georreferenciamento (ou registro), sendo este muito usual em Sensoriamento Remoto e imprescindível em situações como: mosaico de imagens para compor uma grande área territorial; na análise de dados multitemporais que envolve imagens adquiridas em diferentes épocas; na utilização integrada de imagens obtidas por diferentes sensores etc. O registro de imagem compreende uma transformação geométrica que relaciona coordenadas de imagem (linha, coluna) com coordenadas de um sistema de referência.

No Brasil, dentre os sistemas de Geoprocessamento, destaque especial pode ser dado ao Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas (SPRING), um banco de dados geográficos de segunda geração, desenvolvido pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) para ambientes UNIX e Windows. O *software* é baseado num modelo de dados orientado a objetos, do qual são derivadas sua interface de menus e a linguagem espacial LEGAL.

2 Atividades realizadas na pesquisa

2.1 Coleta e análise de dados

Inicialmente foi feita a seleção das cartas topográficas do IBGE, em 1:50.000, necessárias para realizar o georreferenciamento das imagens CBERS-2/CCD. Tais cartas se encontram na projeção UTM e cujo datum horizontal é o Córrego Alegre. A Figura 1 mostra as cartas topográficas necessárias para cobrir a área de estudo (UGRHI-22).

É importante ressaltar que a carta Marilena, elaborada pelo IBGE, foi a única não encontrada. No entanto, para tentar suprir a necessidade desta pesquisa, digitalizou-se uma cópia da carta denominada Pontal do Paranapanema, do Projeto Olho Verde - Mapeamento da Vegetação do Estado de São Paulo, produzida em 1989 pelo DEPRN, Funcate e outras instituições.

Após a seleção dos documentos cartográficos, tais cartas foram digitalizadas empregando *scanner* A0, adquirido com recursos do Projeto de Políticas Públicas “Política Cultural no Município de Presidente Prudente – O Museu Histórico e seu papel educacional e turístico”, instalado no Laboratório de Políticas Públicas do Centro de Museologia, Antropologia e Arqueologia (CEMAARQ) da Unesp – Campus de Presidente Prudente. A digitalização foi feita com 300 dpi (*dots per inch* ou pontos por polegadas), ou seja, 300 pixels em 2,54 cm, o que faz com que 1 pixel corresponda a 4,2 m no terreno, na escala de 1:50.000.

Com a digitalização, os arquivos digitais foram salvos em formato TIFF e, em seguida, foram submetidos a

Pontal do Paranapanema									
				Lagoa São Paulo	Foz do Rio do Peixe	Jaciporã	Junqueirópolis	Adamantina	Salmourão
			Caraguatá	Pres. Epitácio	Pres. Venceslau	Santo Anastácio	Alfredo Marcondes	Mariópolis	Osvaldo Cruz
		Amaurilândia	Arianha	Ribeirão das Anhumas	Marabá Paulista	Pres. Bernardes	Pres. Prudente	Martinópolis	Rancharia
	Três Barras	Guaná	Ribeirão das Pedras	Cuiabá Paulista	Mirante do Paranapanema	Tarabai	Pirapóznho	Cabeceiras do Rio Jaguareté	João Ramalho
Marilena	Diamante do Norte	Terra Rica	Sto Antônio do Caiuá	Teodoro Sampaio	Santo Inácio	Ipororô do Paranapanema	Esperança do Norte	Iepê	Cruzália

Figura 1: Relação das cartas topográficas do IBGE, na escala de 1:50.000, necessárias para cobrir a área do Pontal do Paranapanema

uma pequena edição no *Microsoft Office Picture Manager* para que fosse recortada somente a área do mapa, excluindo as informações marginais (convenções cartográficas, nome da carta, datas etc.).

Como o formato TIFF não é aceito pelo *software* SPRING, foi preciso converter os arquivos para o formato GRIB. Para tanto, fez-se necessário usar o *software* IMPIMA, que é um módulo do SPRING, desenvolvido para este tipo de conversão.

2.2 Geoprocessamento no SPRING 4.2

O *software* de Geoprocessamento utilizado foi o SPRING 4.2, disponibilizado gratuitamente no *site* do INPE (<http://www.inpe.br>). Foi criado um Banco de Dados denominado SIG_Pontal, e um Projeto, ou seja, a área física de trabalho, chamado de Pontal_UTM_CA. O Projeto foi criado em UTM/Córrego Alegre, compatível com o sistema de projeção e datum planimétrico das cartas topográficas do IBGE. A longitude de origem adotada foi 51° W, que corresponde ao meridiano central da zona 22.

Além de definir a projeção e o datum horizontal, foi preciso introduzir as coordenadas do retângulo envolvente do Projeto, definido por dois pontos – um deles localizado no canto inferior esquerdo (1) e outro no canto superior direito (2). No trabalho com o SPRING, as coordenadas podem ser planas (metros) ou geográficas (graus, minutos e segundos), sendo que no presente Projeto foram adotadas coordenadas geográficas que cobrem a área de estudo (UGRHI-22), quais sejam: Longitude 1: o 53 30 22.40; Longitude 2: o 50 36 34.34; Latitude 1: s 23 03 29.64; Latitude 2: s 21 26 47.63.

Na sequência, foram criadas as Categorias de interesse. O SPRING possibilita a criação de Categorias nos seguintes Modelos: Imagem, MNT, Temático, Objeto, Cadastral, Rede e Não-Espacial. Neste caso, criou-se a Categoria “IBGE”, a ser utilizada para receber os arquivos das cartas topográficas do IBGE georreferenciadas, bem como as Categorias “CBERS-2”, para onde foram importadas as imagens CBERS-2/CCD georreferenciadas, e “Mosaico_CBERS-2”, para representar o mosaico das imagens. Vale frisar que as três Categorias pertencem ao Modelo Imagem.

Em seguida foram criados Planos de Informação (PIs) para receber os dados das Categorias. Para cada carta topográfica foram criados três PIs, na Categoria “IBGE”, identificados com as letras R, G ou B, que correspondem à composição RGB. Por exemplo, para a carta Presidente Prudente, criou-se os PIs Pres.Prudente_R, Pres.Prudente_G e Pres.Prudente_B, importando para cada um deles a banda correspondente. Além disso, na Categoria “CBERS-2” foram também criados três PIs para cada imagem georreferenciada, identificados pelo número da imagem (Im1, Im2, Im3 ou Im4) e pelas letras R, G ou B (exemplo: Im1_R, Im1_G e Im1_B). Vale frisar que foram necessárias quatro imagens CBERS-2/CCD para cobrir a área de estudo.

2.3 Georreferenciamento de cartas topográficas

Como não dispunha-se de coordenadas de pontos de controle coletadas com GPS, por exemplo, a alternativa adotada para georreferenciar as cartas topográficas do IBGE foi utilizar as coordenadas do quadriculado. Assim, para cada carta foram selecionados 6 (seis) pontos de controle para o registro, adotando a distribuição espacial apresentada na Figura 2, com exceção da carta Pontal do Paranapanema que foi georreferenciada utilizando somente 4 (quatro) pontos de controle que correspondem aos cantos da folha, já que esta não apresenta quadriculado.

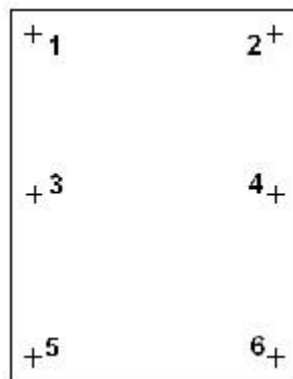


Figura 2: Distribuição espacial dos pontos de controle

Dessa forma, realizou-se o registro modo teclado, utilizando polinômio de 1º grau. Quanto maior a ordem dos polinômios, obviamente mais próxima a curva de ajuste deve passar destes pontos. No entanto, a utilização de polinômios de grau muito elevado pode provocar algumas distorções na imagem gerada e, por isso, algumas vezes, o ajuste linear é uma adaptação moderadamente aceitável. Enquanto os polinômios de ordem mais elevada apresentam maior acurácia na própria vizinhança dos pontos de controle, tais polinômios podem conduzir a erros significativos e, conseqüentemente, à distorções naquelas regiões que estão fora dos limites definidos pelo conjunto de pontos de controle.

Após inserir os pontos de controle, observou-se o Erro dos Pontos de Controle, expresso em unidades de resolução de pixel, a

fim de saber a qualidade do georreferenciamento. Caso existissem pontos de teste, poderia também ser observado o Erro dos Pontos de Teste fornecido pelo SPRING. A Figura 3 mostra o Erro dos Pontos de Controle obtido para a carta Presidente Prudente.

Como pode ser visto na Figura 3, o erro obtido com os 6 (seis) pontos de controle foi de 1,380 pixel, ou seja, somente 5,84 metros, na escala de 1:50.000. De acordo com a Ajuda Online do SPRING, o usuário deve observar o valor apresentado como Erro dos Pontos de Controle, pois deverá usá-lo para controlar a precisão desejada. Numa área urbana, por exemplo, pode-se considerar um erro de 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, pela dificuldade de se conseguir bons pontos de controle. Isto vai depender da aplicação do usuário. Outro parâmetro usado para analisar o erro é em função da escala em que se está trabalhando. Para um mapeamento na escala de 1:50.000, por exemplo, o erro aceitável no registro é de cerca de 25 metros. Assim, um erro de 2 pixels para a resolução de 4,2 metros, isto é, 8,5 metros, seria aceitável para esta escala de trabalho.

Após o registro das cartas topográficas, cada banda foi importada para um Plano de Informação distinto, possibilitando visualizar as cartas na composição RGB.

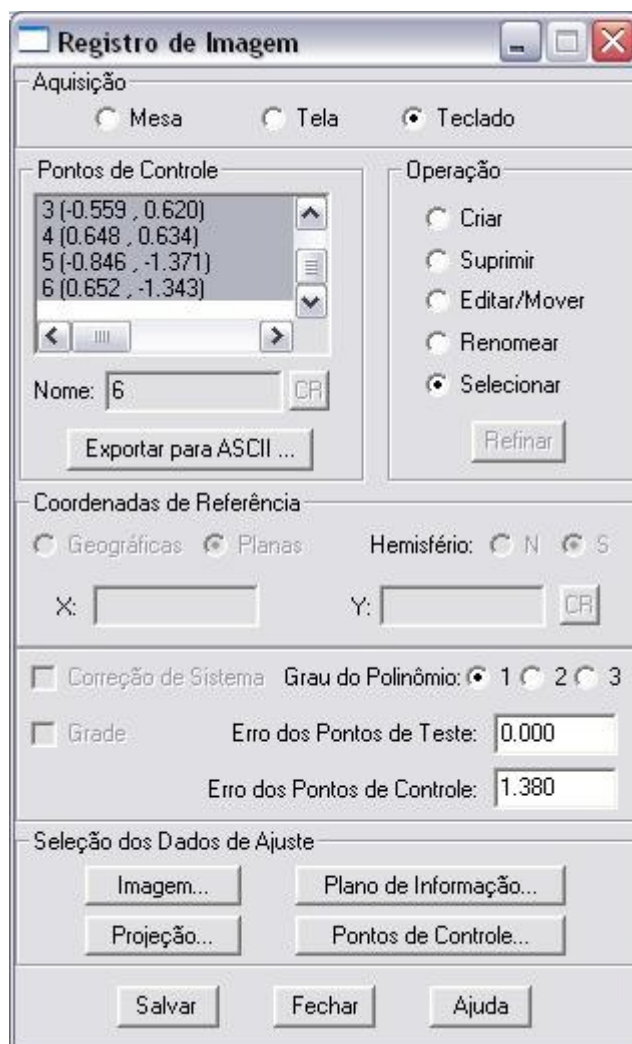


Figura 3: Erro dos Pontos de Controle obtido para a carta Presidente Prudente

2.5 Georreferenciamento e mosaico de imagens CBERS-2/CCD

As imagens CBERS-2/CCD foram adquiridas a partir do *site* do INPE, no qual estas são disponibilizadas gratuitamente. Para tanto, deve-se acessar o endereço <http://www.obt.inpe.br/catalogo/>, realizando uma busca por município, órbita-ponto, região (coordenadas) ou então por interface gráfica. As bandas das imagens CBERS-2 são disponibilizadas em formato GeoTIFF, sendo que foi necessário que passassem pelo processo de conversão para o formato GRIB, uma vez que há um erro posicional muito acentuado no arquivo originalmente disponibilizado pelo INPE, requerendo a realização de georreferenciamento através do emprego de pontos de controle.

Porém, apesar de serem gratuitas e apresentarem resolução espacial de 20 m, as imagens CBERS-2 mais atuais apresentaram sérios problemas de padronização radiométrica dos sensores. Ao abrir essas imagens, ficou evidente que elas apresentavam faixas que indicam a má calibração dos sensores. Assim, para tentar resolver o problema, foi feito *download* de diversas imagens dos anos de 2004, 2005 e 2006, a fim de analisar a qualidade das mesmas, selecionando as imagens listadas na Tabela 1. Além disso, por recomendação do INPE, conforme pode ser visto em Girardi (2005), foram utilizadas somente as bandas 2, 3 e 4, onde os erros estão minimizados.

Tabela 1 – Imagens CBERS-2/CCD selecionadas para a pesquisa

Imagem	Órbita	Ponto	Data	Bandas
1	161	125	2004-02-27	2, 3, 4
2	160	124	2004-03-01	2, 3, 4
3	160	125	2004-03-01	2, 3, 4
4	159	125	2004-03-30	2, 3, 4

Após o *download* das imagens de interesse, realizou-se o registro modo tela dessas imagens, a partir das cartas topográficas georreferenciadas. Neste caso, as imagens 2, 3 e 4, que abrangem uma área maior utilizada no projeto, foram registradas com 20 (vinte) pontos de controle bem distribuídos, e a imagem 1, da qual foi recortado somente um pequeno trecho, foi registrada com 6 (seis) pontos de controle.

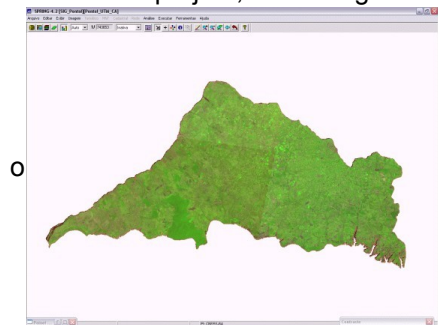


Figura 4: Recorte do mosaico das imagens CBERS-2/CCD

Em seguida, importou-se cada banda das quatro imagens CBERS-2 georreferenciadas para um PI distinto. A partir de então, realizou-se mosaico para cada uma das bandas 2, 3 e 4. No entanto, as imagens de satélite, quando mosaicadas, cobrem uma área muito superior à da UGRHI-22, havendo a necessidade de realizar um recorte que abrangesse somente a área de interesse. Assim, optou-se por utilizar a delimitação da UGRHI-22 disponibilizada no Relatório Zero (CPTI, 1999). O resultado do recorte do mosaico pode ser visto na Figura 4.

3 Resultados obtidos

Na execução dessa pesquisa, ao todo, foram georreferenciadas 40 (quarenta) cartas topográficas, sendo que, dentre estas, somente a carta Pontal do Paranapanema foi georreferenciada com pontos nos quatro cantos da folha, e, para as cartas restantes, foram adotados seis pontos de controle. Os Erros dos Pontos de Controle (em unidades de resolução de pixel e em metros) das cartas topográficas georreferenciadas pode ser visto na Tabela 2.

A partir da Tabela 2 pode-se verificar que o Erro dos Pontos de Controle, em geral, foi inferior a 2 pixels, ou seja, a 8,5 metros, valor bem abaixo do erro aceitável no registro que é cerca de 25 metros. Algumas cartas, como Alfredo Marcondes, Guaná e outras, apresentaram erro entre 2 e 3 pixels, por problemas de má conservação das mesmas, dificultando o processo de digitalização e gerando, conseqüentemente, resultados inferiores ao da maioria das cartas. Além disso, a carta Pontal do Paranapanema proporcionou um erro de, aproximadamente, 19 metros, por se tratar de uma cópia da carta original, além de possibilitar somente o registro com 4 pontos de controle utilizando os cantos da folha e não o quadriculado, como no caso das outras cartas produzidas pelo IBGE.

Tabela 2 – Erros dos Pontos de Controle das cartas topográficas

Id. Carta	Cartas	Erros dos Pontos de Controle (pixel)	Erros dos Pontos de Controle (metros)
01	Adamantina	1,248	5,28
02	Alfredo Marcondes	2,804	11,87
03	Anaurilândia	0,825	3,49
04	Ariranha	1,546	6,54
05	Cabeceiras do Jaguareté	1,986	8,41
06	Caraguatá	1,713	7,25
07	Cruzália	1,057	4,47
08	Cuiabá Paulista	1,572	6,65
09	Diamante do Norte	1,508	6,38
10	Esperança do Norte	1,073	4,54
11	Foz do Rio Peixe	1,711	7,24
12	Guaná	2,214	9,37
13	Iepê	0,610	2,58
14	Itororó do Paranapanema	1,089	4,61
15	Jaciporã	1,346	5,70
16	João Ramalho	1,258	5,33
17	Junqueirópolis	0,513	2,17
18	Lagoa São Paulo	1,565	6,63
19	Marabá Paulista	1,234	5,22
20	Mariápolis	2,971	12,58
21	Martinópolis	2,835	12,00
22	Mirante do Paranapanema	1,268	5,37
23	Oswaldo Cruz	1,823	7,72
24	Pirapózinho	1,393	5,90
25	Pontal do Paranapanema	4,577	19,38
26	Presidente Bernardes	1,706	7,22
27	Presidente Epitácio	1,941	8,22
28	Presidente Prudente	1,380	5,84
29	Presidente Venceslau	0,942	3,99
30	Rancharia	1,419	6,01
31	Ribeirão Anhumas	1,563	6,62
32	Ribeirão das Pedras	0,597	2,53
33	Salmourão	2,789	11,81
34	Santo Anastácio	0,650	2,75
35	Santo Antonio do Caiuá	1,357	5,74
36	Santo Inácio	1,153	4,88
37	Tarabai	1,050	4,45
38	Teodoro Sampaio	0,522	2,21
39	Terra Rica	1,027	4,35
40	Três Barras	2,798	11,84

Além da má conservação de algumas cartas topográficas, um fator que contribuiu para degradar a qualidade do georreferenciamento foram os erros existentes nas feições planimétricas das cartas. Como exemplo, mostrado na Figura 5, pode-se citar a descontinuidade existente entre a mesma rodovia nas duas cartas topográficas georreferenciadas. Constatou-se que o problema está presente nas cartas e não no georreferenciamento, já que o quadriculado das cartas é coincidente.

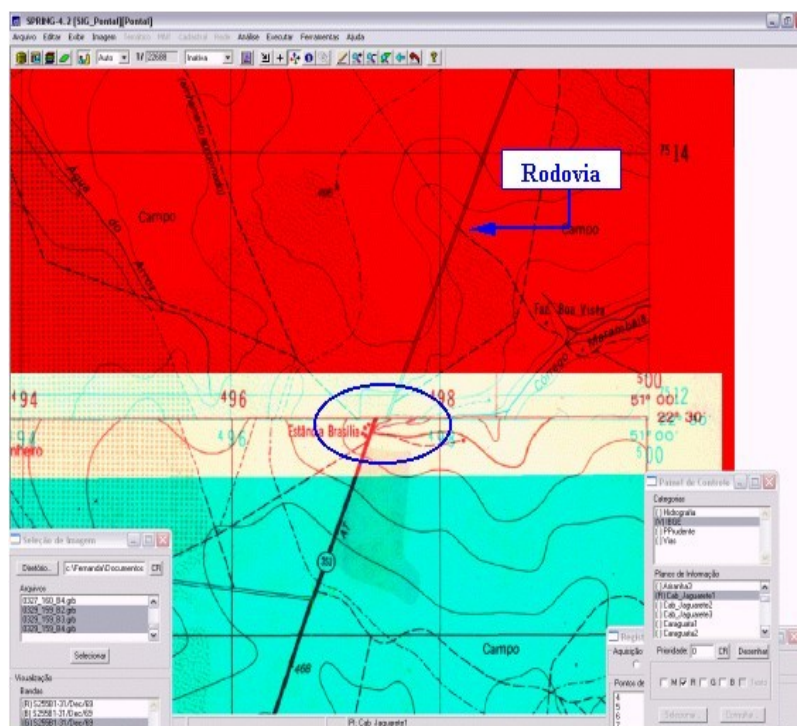


Figura 5: Exemplo de erro em feição planimétrica nas cartas do IBGE

Os Erros dos Pontos de Controle obtidos com o georreferenciamento das imagens CBERS-2/CCD, variaram de 25 (1,29 pixel) a 48 metros (2,44 pixel), considerando a resolução espacial de 20 metros. Tais erros são listados na Tabela 3.

Tabela 3 – Erros dos Pontos de Controle das imagens CBERS-2/CCD

Imagem	Erros dos Pontos de Controle (unidade: pixel)	Erros dos Pontos de Controle (unidade: metro)
1	1,296	25,92
2	1,690	33,80
3	2,449	48,98
4	2,209	44,18

4 Conclusão

Com a digitalização da base cartográfica, pôde-se ter em formato digital todas as cartas topográficas necessárias para cobrir a área de estudo (UGRHI-22). Esta etapa se mostrou ser a mais trabalhosa e demorada, por exigir uma série de cuidados durante o escaneio dos documentos, a fim de que pudessem ser gerados arquivos digitais de boa qualidade.

O processo de registro das cartas topográficas demandou grande atenção na escolha de uma distribuição geométrica adequada para os pontos de controle, bem como uma quantidade de pontos suficientes para o georreferenciamento das cartas. Foi necessária uma série de edições dos pontos de controle e análise dos resultados obtidos para o Erro dos Pontos de Controle, verificando se os mesmos eram satisfatórios para o trabalho em questão, levando-se em consideração a escala do material cartográfico (1:50.000). Vale frisar que esta etapa foi fundamental para que os resultados futuros de georreferenciamento das imagens CBERS-2/CCD fossem também satisfatórios.

Assim, após o registro das cartas topográficas, foi possível comprovar que a conversão analógico/digital com 300 dpi permitiu obter bons resultados durante o processo de georreferenciamento. Além disso, verificou-se que os maiores erros (em metros) foram obtidos para as cartas com menor qualidade de

conservação, enfatizando a necessidade de armazená-las e manuseá-las de forma adequada.

Os problemas de padronização radiométrica dos sensores que geram as imagens CBERS-2/CCD impossibilitaram o uso das imagens mais atuais disponibilizadas pelo INPE. Assim, a adoção de imagens do ano de 2004, bem como o trabalho somente com as bandas 2, 3 e 4, possibilitou resultados razoavelmente satisfatórios para o georreferenciamento.

O recorte das imagens CBERS-2/CCD georreferenciadas, após a execução do mosaico, visou agilizar a execução de possíveis processamentos e edições realizadas com as mesmas. Trabalhando somente com a área de interesse, tornam-se mais ágeis as tarefas que venham a ser executadas, como uma classificação, por exemplo.

O uso do *software* SPRING atendeu, assim, plenamente às necessidades do projeto, dispensando a adoção de aplicativos pagos. O Geoprocessamento no SPRING tem como principais vantagens o emprego de uma tecnologia nacional e gratuita, além do programa apresentar uma boa interface de trabalho com o usuário.

O procedimento proposto e validado nesta pesquisa permite a posterior atualização de documentos cartográficos, como as cartas produzidas pelo IBGE nas escalas de 1:100.000 e 1:250.000.

5 Agradecimentos

Esta pesquisa, inserida no Projeto Trienal intitulado “SIG-PONTAL: Sistema de Informações Geográficas do Pontal do Paranapanema”, foi beneficiada com financiamento da FAPESP (Proc. No. 2004/15476-1), PROPP/Unesp, PROEX/Unesp e FUNDUNESP, a partir dos quais foi possível a aquisição dos equipamentos utilizados pelos membros do Grupo de Pesquisa em Cartografia Multimídia da FCT/Unesp. Apoio adicional foi fornecido pela FAPESP (Bolsa de Iniciação Científica – Proc. No. 2004/07199-8) e pela FUNDACTE (Bolsa de Auxílio à Pesquisa - Proc. No. 05/01/551).

Agradecimentos ao Sr. Décio Antonio Fregonesi, Diretor de Informática da FCT/Unesp, pelo espaço físico e apoio logístico ao Laboratório de Multimídia, à Prof. Dra. Maria de Lourdes B. T. Galo e ao Doutorando Eduardo Paulon Girardi pelas relevantes sugestões oferecidas ao longo da pesquisa.

6 Referências Bibliográficas

- BOCHICCHIO, V. R. Manual de cartografia. Atlas Atual Geografia. São Paulo: Atual. 1993.
- CÂMARA, G. et al. Introdução à Ciência da Geoinformação. São José dos Campos: INPE, 2005. Disponível em <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/>>. Acesso em: 20 nov. 2005.
- COOPERATIVA DE SERVIÇOS, PESQUISA TECNOLÓGICAS E INDUSTRIAIS (CPTI). Diagnóstico da situação dos recursos hídricos da UGRHI – 22 Pontal do Paranapanema: relatório zero. São Paulo: CPTI, 1999. CD-ROM.
- CRÓSTA, A. P. Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto. São Campinas: UNICAMP, 1992.
- EPIPHANIO, J. C. N. CBERS - Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2004, Goiânia. Anais do XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2005. p. 01-08.
- FLORENZANO, T. G. Imagens de satélite para estudos ambientais. São Paulo: Oficina de Textos, 2002.
- GIRARDI, E. P. Integração de bases cartográficas digitais e imagens de satélites da UGRHI-22 para aplicações ambientais. 2005. 142 f. Monografia (Bacharelado em Geografia) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente.
- HARLEY, J. B. A nova história da cartografia. O Correio da Unesco, ano 19, n. 8, 1991.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Noções Básicas de Cartografia. Rio de Janeiro: IBGE, 1999.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). CBERS. Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/cbers/cbers.htm>>. Acesso em: 1 mai. 2006.

MOREIRA, M. A. Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação. São José dos Campos: INPE, 2001.

MOURA, A. C. M. Geoprocessamento na gestão e planejamento urbano. Belo Horizonte: Ed. da autora, 2003.

NOVO, E. M. L. M. Sensoriamento remoto: princípios e aplicações. São Paulo: Edgard Blucher Ltda, 1995.

TAYLOR, D. R. F. A conceptual basis for cartography: new directions for the information era. Cartographica, v. 28, n. 4, p. 1-8, 1991.