

Delimitação da Faixa de Fronteira do Brasil no Estado do Mato Grosso do Sul – Estudo de Caso

Tecnolog. Msc. Ismar Wollmann do Amaral Silva ^{1 2}
Prof. Dr. Iris Pereira Escobar ^{2 3}
Prof. Msc. Mauro Pereira de Mello ³

¹ IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística -
Diretoria de Geociências
CEP: 21.241-051 - Rio de Janeiro – RJ
iwollman@ibge.gov.br

² UERJ – Programa de Pós-graduação em Engenharia de Computação
Geomática (PGEC)
CEP 20.550-013 - Rio de Janeiro - RJ
irisescoar@terra.com.br

³ UERJ – Departamento de Engenharia Cartográfica
CEP 20.550-013 - Rio de Janeiro - RJ
mpmello@uerj.br

Resumo: Este artigo apresenta uma proposta de delimitação da faixa de fronteira do Brasil, no Estado do Mato Grosso do Sul. Esta proposta baseia-se na metodologia apresentada na dissertação, intitulada "Metodologia para Caracterização Espacial da Faixa de Fronteira do Brasil", submetida ao PGEC/UERJ, para obtenção do título de Mestre. Os resultados indicam a viabilidade desta metodologia ser aplicada aos outros estados fronteiriços do País.

Palavras chaves: Limites territoriais, Geomática, Geopolítica, Cartografia, SIG.

Abstract: This article presents a proposal of delimitation of the border strip of Brazil, in Mato Grosso do Sul State. It is based on the methodology presented in the dissertation, entitled "Methodology for Spatial Characterization of the Border Strip of Brazil", submitted to the PGEC/UERJ, for the obtainment of the Master Degree. The results point out the viability of the application of this methodology to the other frontier states of the Country.

Keywords: Territorial limits, Geomatics, Geopolitics, Cartography, GIS.

1 Introdução

A proposta metodológica de Silva (2003) embasada neste estudo de caso para delimitação da Faixa de Fronteira do Brasil foi produzida a partir de um estudo técnico-científico realizado junto ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Computação (PGEC), da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ) – Mestrado na Área de Geomática, com o objetivo de solucionar os problemas causados pela inexistência de uma definição clara dos limites desta faixa, a qual vem afetando o processo de identificação de municípios com área localizada parcial ou totalmente dentro desta parte do território brasileiro, ora realizado pela Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Para aplicação desta metodologia, foi escolhido o Estado do Mato Grosso do Sul que atendeu a dois requisitos fundamentais estabelecidos para escolha: o primeiro, foi de que se deveria escolher um Estado fronteiriço que possuísse pelo menos uma reentrância significativa em seu território, permitindo assim observar a aplicação da referida metodologia, no tocante à geração de círculo de raio igual à largura da faixa de fronteira e com vértice na interseção dos segmentos da Linha de Base Reta da Fronteira (LBRF), segundo o desenvolvimento de "buffer" elementar, o qual foi a ferramenta de Sistema de Informação Geográfica (SIG) usada para se projetar a Linha Interna da Faixa de Fronteira (LIFF) e os Limites da Faixa de Fronteira (LFF); e, o segundo, foi de que o Estado fronteiriço possuísse fronteira com mais de um País

vizinho, contíguo ao território nacional.

Um outro aspecto que também colaborou na escolha do Estado do Mato Grosso do Sul para estudo de caso foi de que a última grande alteração ocorrida no quadro municipal da Divisão Territorial do Brasil (DTB), instalações de municípios realizadas em janeiro/2001, não incluiu novos municípios dentro da faixa de fronteira no estado, de acordo com informações obtidas do cadastro de municípios do IBGE, facilitando assim a utilização de informações textuais e gráficas mais atualizadas dentro da região em questão, sem que houvesse conflitos entre elas.

Assim, este estudo de caso serviu para proporcionar sustentabilidade a metodologia em questão e avaliar a viabilidade de sua aplicação nos outros Estados brasileiros fronteiriços.

2 Materiais e Métodos

2.1 Softwares

Neste estudo de caso, o software ArcMap da família ArcGis da ESRI poderia ter sido empregado na maioria dos processos, mas outros programas de computador também foram considerados, escolhidos por simples conveniência (Tabela 1).

Tabela 1: Programas de computador utilizados nos principais processamentos. Fonte: Silva (2003, p. 81).

ENTRADA	PROCESSOS	SAÍDA
Internet Explorer/word		
- Dados primários de Marcos de Fronteira (html).	Aquisição de dados Adequação de dados	- Dados de Marcos de Fronteira (txt).
Access		
- Dados de Marcos de Fronteira (txt).	Adequação de dados	- Dados selecionados e transformados de Marcos de Fronteira (dbf).
ArcView		
- Dados selecionados e transformados de Marcos de Fronteira (dbf). - Limites estaduais e municipais (dgn e shp). - Buffer de LBRF - Recorte de imagens orbitais	Traçado da LBRF Constituição da Faixa de Fronteira	- LBRF (shp) - LFF (shp) - Mapas (shp)
Microstation		
- Limites municipais da MMD (dgn)	Traçado da LBRF	- limites municipais da MMD segmentados (dgn)
ArcMap		
- LBRF	Projeção da LIFF	- Buffer de LBRF

2.2 Dados de Entrada

Os dados utilizados neste estudo de caso foram: vetoriais – os marcos de fronteira e os limites territoriais dos municípios, e matriciais – imagens de sensores orbitais; conforme descritos a seguir:

a) Os dados dos marcos de fronteira dos limites internacionais do Brasil com os Países contíguos ao território do Estado do Mato Grosso do Sul foram obtidos, via internet, do sítio da Segunda Comissão Brasileira Demarcadora de Limites (SCDL, 2002), em duas relações armazenadas no formato “html”. Uma relação contendo os dados dos marcos de fronteira Brasil-Paraguai (situação em Novembro/98) e a outra contendo os dados dos marcos de fronteira da parte sul de Brasil-Bolívia (situação em Abril/98). Elas foram copiadas do navegador de internet para dentro de um documento do processador de texto Word.

Alguns marcos de fronteira não foram considerados no limite internacional do Brasil no Estado do Mato Grosso do Sul, conforme mostrado na Tabela 2.

Tabela 2: Quantidade de Marcos de Fronteira no limite internacional do Brasil no Estado do Mato Grosso do Sul.
Fonte: Silva (2003, p. 82).

RELAÇÃO DE MARCOS DE FRONTEIRA	QUANTIDADE DE MARCOS RELACIONADOS	QUANTIDADE DE MARCOS USADOS	OBSERVAÇÃO
BR-PA	916	910	-1 (+Foz do Apa = duplicado) -2 (+Pt. Tripart. BRPABO e M. Ref. Tripart. (PA)= BR-BO) -3 (caso de marcos lado a lado)
BR-BO (Parte Sul)	402	122	-278 (fora dos limites no MS) -2 (caso de marcos lado a lado)
TOTAIS	1318	1032	- 286 marcos excluídos.

b) Os dados dos limites territoriais relativos às linhas de divisa dos estados e municípios fronteiriços foram obtidos junto ao antigo Departamento de Cartografia do IBGE. Esses dados gráficos e não gráficos dos limites dos estados brasileiros e dos limites dos municípios do Estado do Mato Grosso do Sul são oriundos do arquivo fonte, sem supressão de pontos, consolidados na escala de 1:250.000 para produzir a Malha Municipal Digital do IBGE. Os arquivos foram adquiridos no formato “shp” contendo o contorno dos estados brasileiros, em nível de Brasil, e no formato “dgn” contendo os limites municipais em nível de estado.

c) Os dados dos recortes das imagens orbitais foram obtidos do CD Mato Grosso do Sul da Coleção Brasil Visto do Espaço adquirido da EMBRAPA Monitoramento de Satélites. Tais dados estão disponibilizados em arquivos “html” e “jpeg” dentro de diretórios organizados por formato de arquivo e nível de escala. A Figura 1 mostra a organização dos dados dentro do CD.

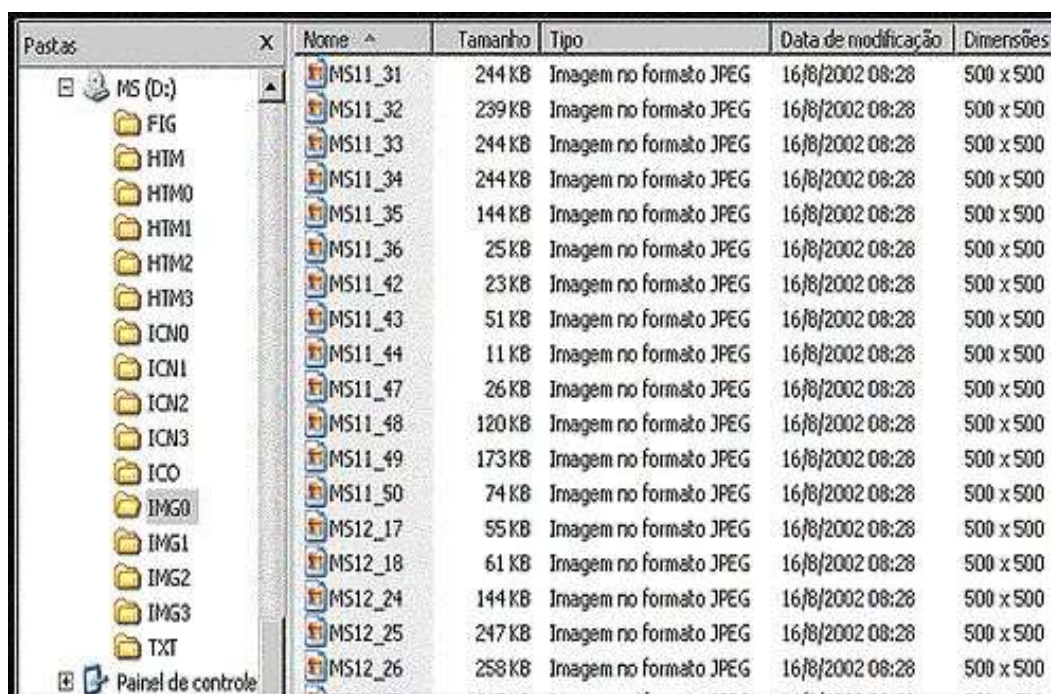


Figura 1: Organização das pastas contendo arquivos com as imagens orbitais do CD Coleção Brasil Visto do Espaço

Com o objetivo de propiciar uma melhor visualização dos trechos dos limites territoriais na fronteira foram selecionados os recortes de imagens orbitais com maior nível de detalhamento que recobrem a fronteira internacional, ou seja: os recortes com resolução espacial de 30m, na escala de 1:25.000, os quais estão armazenados nos arquivos da pasta IMG0, correspondendo a 119 arquivos com os recortes das imagens.

Neste caso, “IMG” significa pasta de arquivos de imagens armazenadas no formato “jpeg” e o número seguinte “0” significa o nível de escala dos recortes de imagem desta pasta. Também, foram selecionados os recortes de imagens orbitais com menor nível de detalhamento, escala 1:250.000, para visualizar a área da faixa, bem como visualizar todo o estado. A Tabela 3 mostra a quantidade destes recortes de imagens por escala dentro do estado.

Tabela 3: Quantidade de Recortes de Imagens Orbitais no Estado do Mato Grosso do Sul, no formato “jpeg”, por escala. Fonte: Silva (2003, p. 84).

NÍVEL DE ESCALA	QUANTIDADE DE RECORTES (ARQUIVOS)	QUANTIDADE DE RECORTES UTILIZADOS	ESCALA
0	2099	119	1:25.000
1	555	0	1:50.000
2	156	0	1:100.000
3	34	34	1:250.000

Também foram baixadas da internet informações sobre resolução e superposição das imagens orbitais recortadas para composição do mosaico do estado, segundo articulação das folhas topográficas (Tabela 4).

Tabela 4: Dimensão e Resolução dos Recortes de Imagens de Satélites. Fonte: EMBRAPA Monitoramento de Satélites.

Estado	Largura da Imagem	Largura Total	Comprimento da Imagem	Comprimento Total	Tamanho do Pixel(m)	Tamanho do Pixel (graus decimais)	Nível
Mato Grosso do Sul							
MS	454	500	303	400	360	0,00331116	3
MS	454	500	454	500	120	0,00110372	2
MS	454	500	454	500	60	0,00055186	1
MS	454	500	454	500	30	0,00027593	0

2.3 Métodos

Em resumo, a nova metodologia aplicada neste estudo de caso, consiste no desenvolvimento de uma linha no meio digital ao longo do limite internacional do Brasil, constituída com o maior número de segmentos de reta extraídos de determinados trechos dos limites dos municípios brasileiros fronteiriços, digitalizados de cartas topográficas (IBGE, 1997), os quais são intercalados entre os marcos de fronteira para servir especificamente de base para projeção do limite interno da faixa de fronteira (linha paralela a 150km do limite do país). Com operações de buffer a partir desta linha de base deverá ser gerada uma nova feição geográfica que será utilizada em operações de interseção e união de dados espaciais, a fim de produzir os limites da Faixa de Fronteira do Brasil.

Esta nova metodologia, desenvolvida para caracterizar espacialmente a Faixa de Fronteira do Brasil, se apropria de vários métodos e técnicas, tais como: transformação entre Sistemas Geodésicos de Coordenadas, representação cartográfica Eqüidistante Azimutal, Operação de Buffer desenvolvido para Análise de Proximidade entre dados espaciais e de outras operações de geoprocessamento presentes nos Sistemas de Informações Geográficas, entre outros, conforme abordados em Silva (2003, cap. 3).

Um dos métodos desenvolvidos pelo Environmental Systems Research Institute (ESRI) para operação com a ferramenta “Buffer Wizard” do SIG ArcMap da família ArcGIS, denominado “*Feature Optimized Coordinate System*”, utiliza-se de um algoritmo que cria um sistema temporário de coordenadas para operações de “buffer”, baseado em uma projeção Eqüidistante Azimutal. Uma vez criado, os buffers são reprojatados e gravados no sistema de coordenadas da estrutura de dados para cada feição que está sendo processada (ESRI, 2001a; ESRI, 2001b). Isto implicou na escolha deste programa para projeção dos limites da faixa de fronteira em direção ao interior do País.

Bakker (1965, p.32), quando faz um resumo das propriedades da representação cartográfica Eqüidistante Azimutal, afirma: [...] “quando se necessita de uma carta com a finalidade específica de representar verdadeiras distâncias a um determinado ponto, essa projeção pode ser usada com excelentes resultados, fazendo-se o tal ponto centro da projeção (ponto de tangência)”.

3 Procedimentos Passo à Passo

PASSO 1: De posse dos dados relativos aos marcos de fronteira Brasil-Paraguai e Brasil-Bolívia (parte sul), baixados da Internet, abriu-se cada arquivo com o processador de texto Word para eliminação das linhas indesejáveis sobre título, cabeçalho e nota no final de arquivo. A seguir, configurou-se os dados do documento alterando-se os tipo e tamanho da fonte visando padronizar os dados no ambiente de trabalho e, principalmente, proporcionar um visual da tabulação dos dados e das quebras de linhas facilitando a exclusão das mesmas. Daí excluiu-se as linhas indesejáveis e, depois, os dados foram salvos como "somente texto com quebra de linha", em um arquivo no formato "txt". Uma visão da execução deste passo com os dados dos marcos de fronteira dos limites entre Brasil e Paraguai é fornecida a seguir (Figura 2).

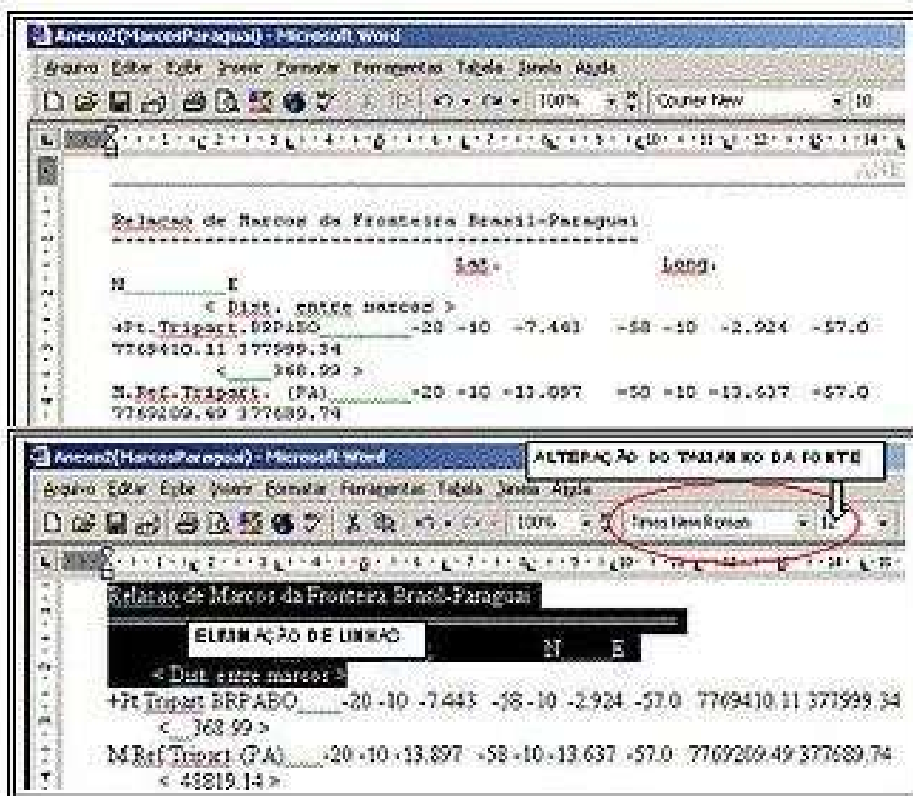


Figura 2: Exemplo de preparação dos dados dos marcos de fronteira Brasil-Paraguai

PASSO 2: Os dados do arquivo "txt" foram importados para um objeto do tipo tabela do software Access, na qual foi criada uma estrutura adequada de tabela para receber todos os dados do arquivo "txt", como mostrado nas Figuras 3 e 4.

The screenshot shows Microsoft Access with a table named 'MF_BR_PAR'. The table has 10 columns labeled 'Campo1' through 'Campo10'. The data is as follows:

Campo1	Campo2	Campo3	Campo4	Campo5	Campo6	Campo7	Campo8	Campo9	Campo10
+Pt. Tripart. BRPABO < 368.99 >	-20	-10	-7443	-58	-10	-2924	-57.0	7769410.11	377999.34
M.Ref. Tripart. (PA) < 48819.14 >	-20	-10	-13897	-58	-10	-13637	-57.0	7769209.49	377689.74
+Faz. Porto Sobrero < 49110.53 >	-20	-34	-49649	-57	-59	-53239	-57.0	7723956.71	395974.90

Figura 3: Dados dos marcos de fronteira Brasil-Paraguai importados para uma Tabela do software Access

PASSO 3: Excluiu-se os campos da Tabela com os dados que não seriam utilizados, permanecendo somente as informações de identificação do nome e suas coordenadas geográficas, conforme mostra a Figura 4.

Nome do campo	Tipo de dados	Descrição
Campo1	Texto	Nome do Marco de Fronteira
Campo2	Número	Grau de Latitude
Campo3	Número	Minuto de Latitude
Campo4	Número	Segundo de Latitude
Campo5	Número	Grau de Longitude
Campo6	Número	Minuto de Longitude
Campo7	Número	Segundo de Longitude
Campo8	Texto	Excluir
Campo9	Texto	Excluir
Campo10	Texto	Excluir

Figura 4: Estrutura da Tabela Access com exclusão de campos

PASSO 4: Criou-se um objeto do tipo consulta com critério para excluir os registros com a presença do caractere de menor (“<”) no campo que identifica o nome do marco de fronteira (campo1) a fim de eliminar os registros indesejáveis, e para transformar as coordenadas geográficas de grau, minuto e segundo para grau decimal, a partir da criação de dois campos calculados. A Figura 5 mostra a estrutura deste objeto consulta e logo a seguir é fornecido um exemplo deste campo calculado que foi usado para transformação do valor da coordenada de latitude.

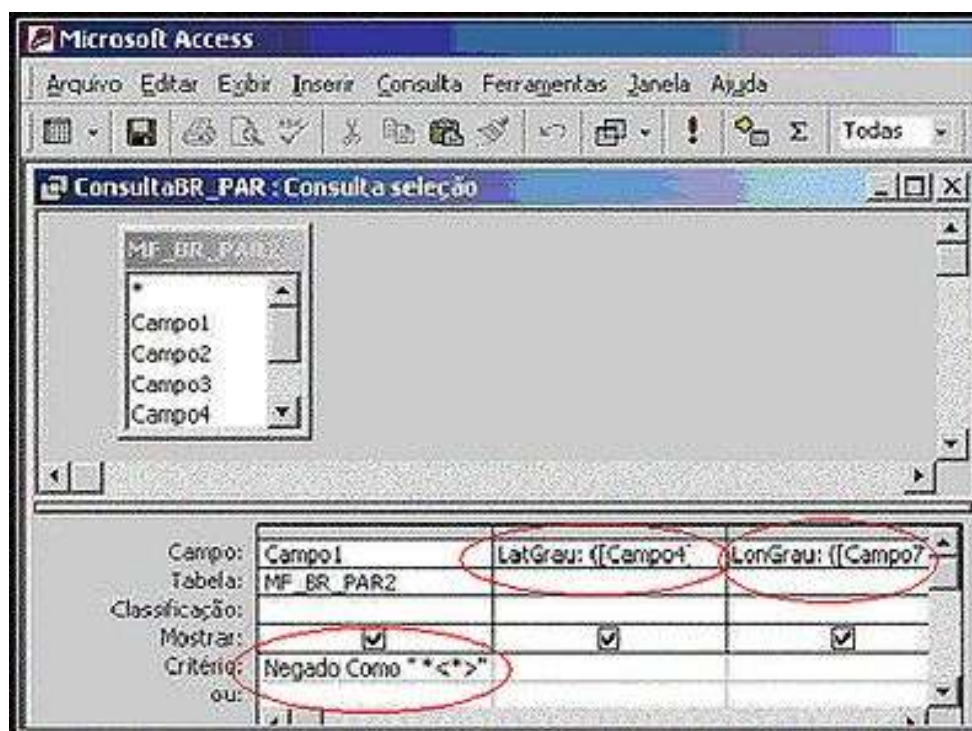


Figura 5: Consulta em Access para eliminação de registros e transformação de unidades de grau sexagesimal para grau decimal

Um exemplo de campo calculado pode ser visto a seguir na expressão criada para transformação dos valores da coordenada de latitude de grau sexagesimal para grau decimal utilizando-se do objeto Consulta dentro do ambiente do Access. O resultado está na ilustração a seguir (Figura 6).

LatGrau: ([Campo4]/60+[Campo3])/60+[Campo2]

Onde:

LatGrau = nome do novo campo gerado na Consulta;
 Campo4 = campo da Tabela com os segundos de latitude;
 Campo3 = campo da Tabela com os minutos de latitude;
 Campo2 = campo da Tabela com os graus de latitude.

Campo1	LatGrau	LonGrau
+Pt.Tripart.BRPABO	-20,1687341666667	-58,1674788888889
M.Ref.Tripart.(PA)	-20,1705269444444	-58,1704547222222
+Faz.Porto.Sobrero	-20,5804580555556	-57,9981219444444

Registros: 1 de 916.

Figura 6: Resultado da Consulta Seleção do Access após o processo de Adequação de Dados

PASSO 5: Exportou-se os dados resultantes da aplicação do objeto consulta feita na tabela de dados para o formato "dbf" que é nativo do "software" dBase e usado pelos programas da família ArcGis da ESRI.

PASSO 6: De posse dos dados relativos aos recortes das imagens orbitais do estado realizou-se no ambiente do software ArcView a identificação das cenas na escala 1:25.000 (o procedimento é semelhante para os outros níveis de escala). Identificou-se o nome do arquivo em "html" no campo de endereço de arquivos na página do navegador, após clicar várias vezes na imagem do mosaico, no extremo norte do estado, na fronteira internacional do Brasil, até o nível correspondente à escala de 1:25.000, a fim de selecionar a imagem de interesse na pasta IMG0, com o mesmo nome do arquivo da imagem identificada, porém, no formato "jpeg". O primeiro arquivo de imagem selecionado foi o denominado "MS12_17.JPG", conforme seqüência apresentada na Figura 7.

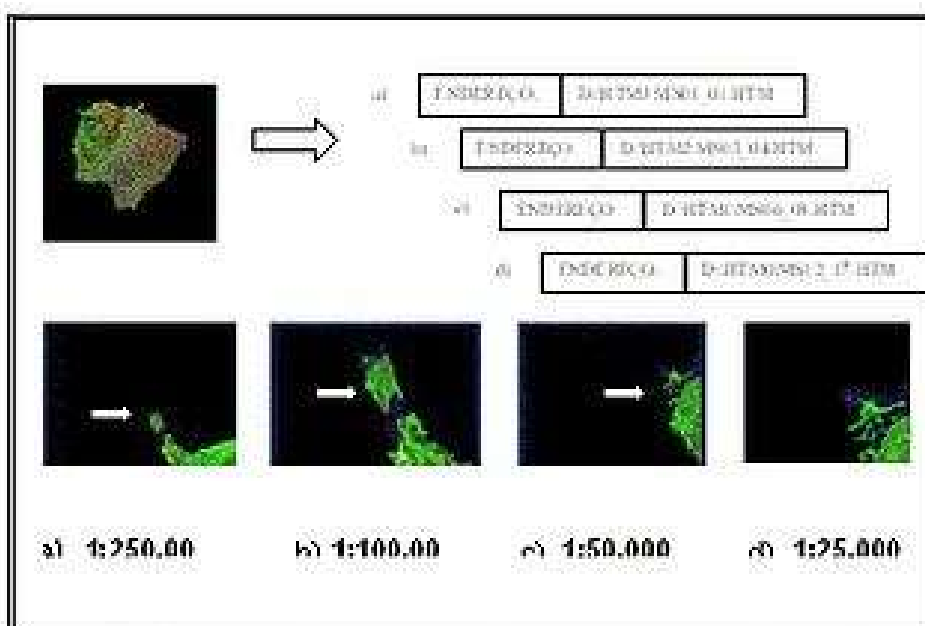


Figura 7: Seleção dos recortes das imagens orbitais conforme escala

PASSO 7: Montou-se um esquema de quadrículas sobre a região de fronteira para lançamento de longitudes e latitudes de algumas posições estratégicas do reticulado, auxiliando assim a identificação dos arquivos de interesse para georreferenciamento das imagens orgitais, tendo em vista que a denominação do arquivo é composta pela SIGLA DO ESTADO + N° DA LINHA + N° COLUNA + EXTENSÃO. Os números de linha e de coluna se referem à grade de articulação das folhas topográficas dentro da escala escolhida, assim, o arquivo selecionado corresponde a um recorte de imagem que abrange uma área de 7' 30" por 7' 30", sem considerar a faixa de superposição existente entre os recortes. Um exemplo deste esquema pode ser observado na ilustração a seguir (Figura 8).

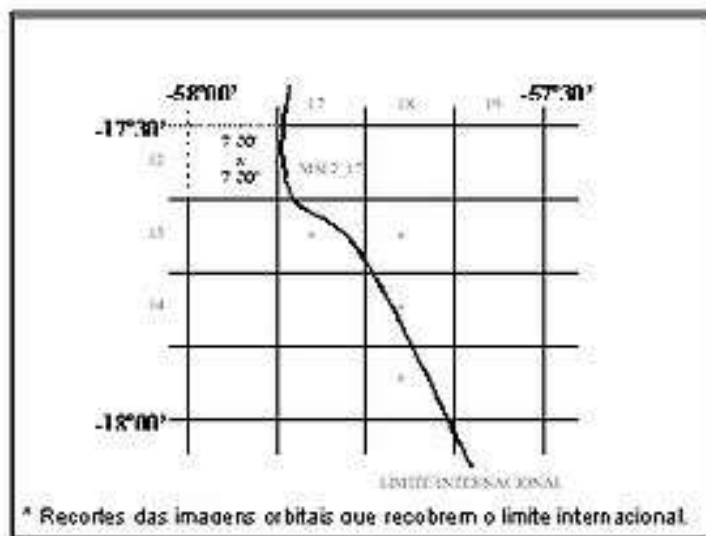


Figura 8: Exemplo de esquema de quadriculas sobre a linha de limite internacional do Brasil para auxiliar no georreferenciamento dos recortes das imagens orbitais na escala 1:25.000

E, também, visando agilizar o georreferenciamento dos recortes das imagens orbitais, construiu-se uma tabela de conversão dos minutos e segundos do grau sexagesimal para grau decimal das coordenadas geográficas possíveis de uso na articulação dos recortes da escala de 1:25.000 para grau decimal (Tabela 5).

Tabela 5: Conversão dos minutos e segundos de grau sexagesimal para grau decimal para auxiliar a criação dos arquivos de georreferenciamento. Fonte: Silva (2003, p.90)

GRAU SEXAGESIMAL	GRAU DECIMAL
0° 07' 30"	0,125°
0 15	0,25
0 22 30	0,375
0 30	0,5
0 37 30	0,625
0 45	0,75
0 52 30	0,875

PASSO 8: Obteve-se as coordenadas geográficas do canto superior esquerdo (CSE) do reticulado apresentado na página do navegador, onde está posicionado o recorte da imagem orbital correspondente à área da folha topográfica na escala selecionada, logo abaixo da grade de articulação. Por exemplo, no caso do primeiro recorte de imagem identificado, arquivo MS12_17, estas coordenadas são: Latitude = -17° 30' e Longitude = -57° 52' 30". A ilustração, a seguir, destaca o referido reticulado da página do navegador (Figura 9).



Figura 9: Informações sobre as coordenadas geográficas do recorte da imagem orbital selecionada

PASSO 9: Calculou-se o tamanho do pixel em grau decimal, com a aplicação de uma regra de três simples, conforme fórmulas a seguir, a partir das informações sobre os recortes das imagens orbitais do estado (Tabela 4).

$$T_{px} = \frac{Lx}{Li} \quad e \quad T_{py} = \frac{Cy}{Ci}$$

Onde:

T_{px} = Tamanho do pixel em x;
 Lx = Largura da área do recorte em grau decimal;
 Li = Largura da imagem em pixel;
 T_{py} = Tamanho do pixel em y;
 Cy = Comprimento da área do recorte em grau decimal;
 Ci = Comprimento da imagem em pixel

Neste exemplo, obtêm-se na Tabela 4 as dimensões da imagem (em pixel): Largura = 454 e Comprimento = 454.

Como o tamanho do pixel é igual tanto da direção das longitudes quanto na direção das latitudes, temos:

$$454 \text{ pixel} \rightarrow 7' 30'' (=0,125^\circ)$$

$$1 \text{ pixel} \rightarrow X$$

$$\text{Ou seja: } T_{px} = T_{py} = X = 0,125^\circ/454 = 0,00027533^\circ$$

Obs.: A Tabela atualmente disponível pela EMBRAPA, com as informações sobre os recortes de imagens orbitais, já dispõe de uma coluna informando o tamanho do pixel, em grau decimal, para todos os estados e níveis de escala.

PASSO 10: Calculou-se a área de superposição do recorte (borda), a partir das informações sobre os recortes das imagens de satélites do estado. Da Tabela 3, obtêm-se, além das dimensões da imagem (454x454), a largura e o comprimento totais, sendo ambos iguais a 500 pixels no estado em questão. O cálculo para se conhecer o tamanho desta borda (área existente além da área útil do recorte segundo a articulação das folhas topográficas) pode ser feito com o formulário abaixo, de acordo com o critério adotado na elaboração dos recortes (observação a seguir).

- Tamanho da borda nas laterais oeste (LO) e leste (LL)

$$LO = (Largura \text{ Total} - Largura \text{ da Imagem})/2$$

$$LL = Largura \text{ Total} - (Largura \text{ da Imagem} + LO)$$

- Tamanho da borda nas laterais norte (LN) e sul (LS)

$$LN = (Largura \text{ Total} - Largura \text{ da Imagem})/2$$

$$LS = Largura \text{ Total} - (Largura \text{ da Imagem} + LN)$$

No georreferenciamento deste recorte na escala de 1:25.000, aplicando-se as fórmulas acima, têm-se uma borda de 23 pixels em todas as laterais, devido às larguras e comprimentos dos recortes serem iguais, não existindo diferença ímpar entre as dimensões.

Assim, se 1 pixel vale 0,00027533 tem-se uma borda = 0,006332599°, portanto:

$$LO = LL = LN = LS = 23 \text{ pixels} = 0,006332599^\circ$$

Obs.: Critério adotado pela EMBRAPA na elaboração dos recortes de imagens - Quando a diferença entre as extensões da área total e da área útil da imagem de uma determinada direção do recorte (largura ou comprimento da imagem) for ímpar o critério estabelecido pela Embrapa Monitoramento de Satélites é de que as laterais leste ou sul do recorte será 1 pixel maior que a outra lateral, conforme a direção considerada

PASSO 11: Determinou-se as coordenadas do ponto de georreferenciamento (PG), ampliando a quadrícula relativa à área da folha topográfica em questão, no ponto de coordenadas lidas do canto

superior esquerdo (CSE), com o valor da borda calculada para as laterais oeste e norte do recorte da imagem, utilizando-se das fórmulas a seguir:

Latitude de PG = Latitude de CSE + LN
 Longitude de PG = Longitude de CSE - LO

As coordenadas lidas no CSE da quadrícula da folha SE-21-V-D-V-1-NE são: Latitude = $-17^{\circ} 30'$ ($-17,5^{\circ}$) e Longitude = $-57^{\circ} 52' 30''$ ($-57,875^{\circ}$). Assim, para o recorte de imagem do arquivo MS12_17 as coordenadas do ponto de georreferenciamento foram:

Latitude de PG = $-17,5^{\circ} + 0,006332599^{\circ} = -17,4936674^{\circ}$
 Longitude de PG = $-57,875^{\circ} - 0,006332599^{\circ} = -57,8813326^{\circ}$

PASSO 12: Criou-se o arquivo ASCII com os parâmetros de georreferenciamento ("World File"), de acordo com as convenções estabelecidas para este tipo de arquivo, ou seja: mesma denominação do arquivo que contém os dados da imagem acrescido da letra "w" na sua extensão. O arquivo criado para o recorte da imagem armazenada em MS12_17.jpg ficou com a seguinte denominação: MS12_17.jpgw e com o conteúdo ilustrado a seguir (Tabela 6).

Tabela 6: Exemplo dos parâmetros de georreferenciamento do recorte da imagem orbital - arquivo MS12_17.jpgw no formato ASCII. Fonte: Adaptado de ESRI (1999b).

PARÂMETROS	DESCRIÇÃO
0.00027533	= valor positivo do tamanho do pixel na direção de X
0	
0	
-0.00027533	= valor negativo do tamanho do pixel na direção de Y
-57.8813326	= longitude do ponto (canto superior esquerdo do reticulado)
-17.4936674	= latitude do ponto (canto superior esquerdo do reticulado)

PASSO 13: Seguiu-se por intermédio dos comandos do navegador de consultas dos recortes (Figura 10) para identificação dos demais arquivos até a seleção de todos recortes das imagens de satélites que recobrem os limites internacionais; reiniciando esta seqüência de passos, sempre navegando no sentido norte-sul junto ao extremo oeste do estado.



Figura 10: Vista dos comandos do Navegador de Consulta aos recortes de imagens orbitais adjacentes

PASSO 14: Para o traçado da Linha de Base Retra da Fronteira, segmentou-se no ambiente do programa "Microstation" os limites municipais no formato DGN oriundo da MMD do IBGE. Primeiro selecionou-se todos os elementos em torno de uma "fence" e depois, aplicou-se a ferramenta "drop element", a fim de separar os elementos "lines" da "polyline" para possibilitar a edição dos trechos dos limites municipais. Isto, após ter dado carga do arquivo (f50.dgn) contendo os limites municipais do estado, conforme ilustrado a seguir (Figura 11). Depois, salvou-se o arquivo contendo os elementos geométricos (segmentos do tipo "lines") como "MunMS250.dgn". Nesta operação ocorreram na "polyLine" a quebra de 78 elementos geométricos do tipo "Complex shape" e "Shape" para 92357 elementos geométricos do tipo "line".

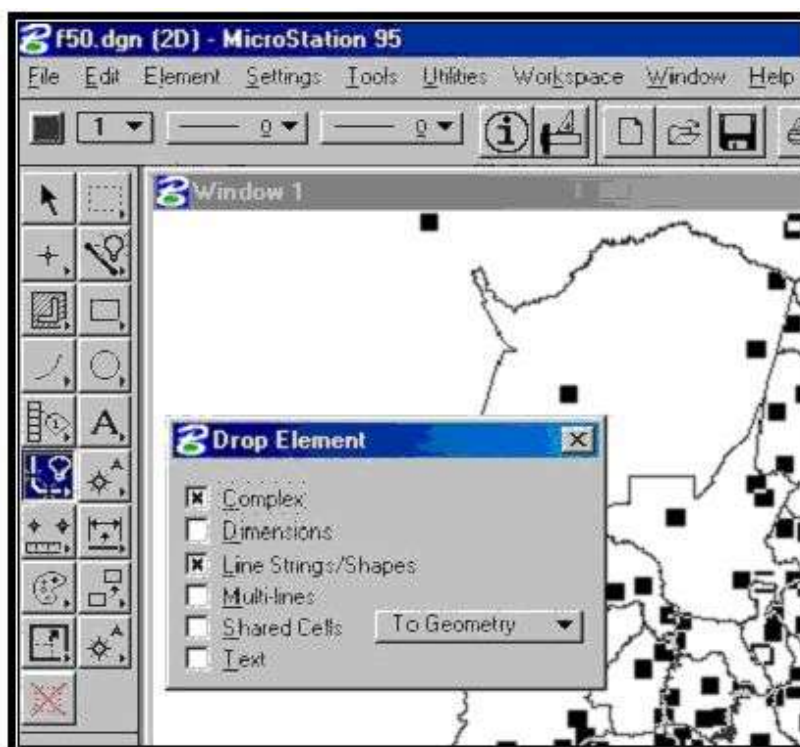


Figura 11: Segmentação dos limites da MMD do IBGE em linhas menos complexas no ambiente do Microstation

PASSO 15: Configurou-se o ambiente do software ArcView, procedendo habilitação da extensão: “File => Extensions => CAD Reader”, para se trabalhar com dados de CAD, e alterações de outras informações (nome da “View” e unidades no mapa, de coordenadas para grau decimal e de distância para metros) para adequação da interface de dados gráficos: “View => Properties”. Neste momento, convém salvar logo o projeto com um nome e local apropriados.

Obs.: Na oportunidade, configurou-se também as extensões: “Database Access”, “geoprocessing”, “graticules and Measured Grids” e “JPEG (JFIF) Image Support”.

PASSO 16: Criou-se dois temas: um com os dados da MMD do Estado do Mato Grosso do Sul e outro com os do Brasil. Daí, selecionou-se os dados de limites dos municípios fronteiriços do estado junto à fronteira internacional, entre os limites estaduais norte e sul, com a ferramenta “Select feature”. Deste modo, foram identificados 3465 segmentos que compõem a linha dos limites fronteiriços dos municípios (LLF) que foram convertidos para dentro de um arquivo SHP e, logo a seguir, inseridos no ambiente de trabalho, conforme ilustrado na figura a seguir (Figura 12).

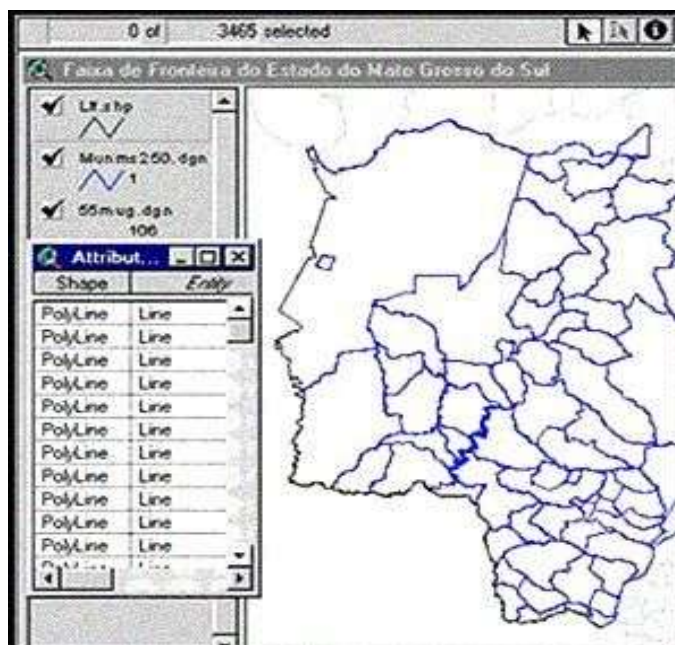


Figura 12: Tela do ArcView mostrando o ambiente de construção da linha de limite fronteira

PASSO 17: Inseriu-se no ambiente de trabalho os arquivos com os dados dos marcos de fronteira entre Brasil-Bolívia (parte sul) e Brasil-Paraguai, como tabelas do ArcView: “Project => Add Table”.

PASSO 18: Criou-se dois temas no ambiente de trabalho a partir das coordenadas dos marcos de fronteiras: “View => Add Event Theme” (o campo “X field” corresponde a Longitude e o campo “Y field” a Latitude) e ajustou-se os símbolos adotados no momento da adição dos temas.

PASSO 19: Inseriu-se como tema no ambiente de trabalho do Arcview as imagens orbitais que foram processadas, as que recobrem a região de fronteira (1:25.000) e o estado (1:250.000) que foram georreferenciadas a partir de dados sobre os recortes.

A ilustração (Figura 13), a seguir, mostra o ambiente do ArcView após os passos 17, 18 e 19.

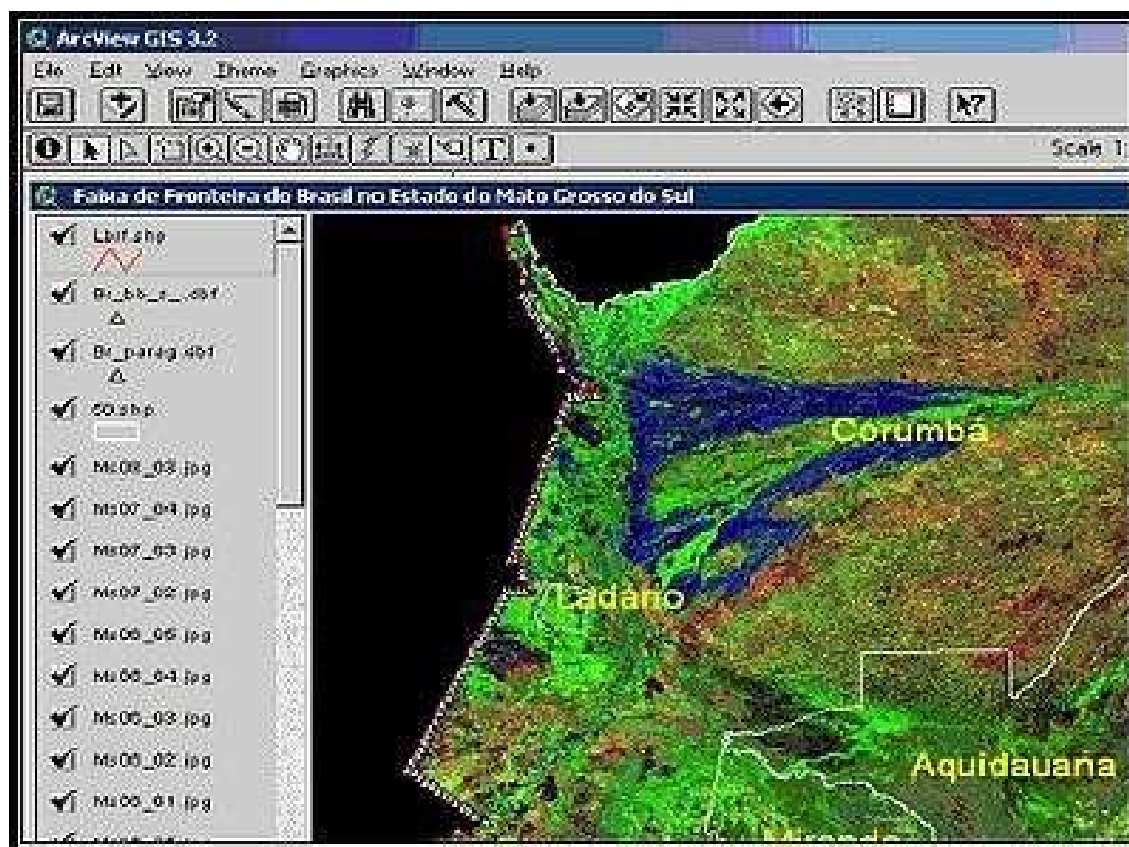


Figura 13: Tela do ArcView com as principais feições geográficas envolvidas.

PASSO 20: Editou-se a linha de limite fronteiro já renomeada para LBRF. Com as imagens de satélites e o tema da feição geográfica LBRF ativados na janela gráfica, selecionou-se o tema para edição, ou seja: na janela “View” clicar no tema LBRF e depois “Theme => start editing”. A edição significa conectar ao marco de fronteira os pontos definidores dos segmentos da LLF mais próximos dele, objetivando intercalar trechos da LLF entre os marcos de fronteira ou quebrar o segmento incluindo um ou mais marcos de fronteira, traçando assim um novo alinhamento da linha com os marcos de fronteira, por exemplo, nos casos onde os limites são linhas secas. Estes casos são apresentados na ilustração a seguir (Figura 14).

Obs.: Na edição, a caixa de comando do tema LBRF (retângulo envolvente à esquerda da janela “View”) fica ressaltada com relação as outras e seu perímetro fica circundado por uma linha tracejada.

PASSO 21: Configurou-se o ambiente do ArcMap com o utilitário de configuração avançada do ArcGis (“Advanced ArcMap Setting”), localizado no diretório “utilites” do ArcGis, visando a projeção da Linha Interna da Faixa de Fronteira. Após a execução do aplicativo, na aba “Miscellaneous” e na seção destinada ao “Buffer Wizard” selecionar o método “Feature Optimized Coordinate System” e a seguir aplicou-se a escolha deste 3º método de operações com a ferramenta, a fim de executar o algoritmo que cria um sistema de coordenadas temporário para processamento de buffer (BPCS), baseado em uma projeção cartográfica plana eqüidistante azimutal, conforme tela do utilitário mostrada na Figura 15.

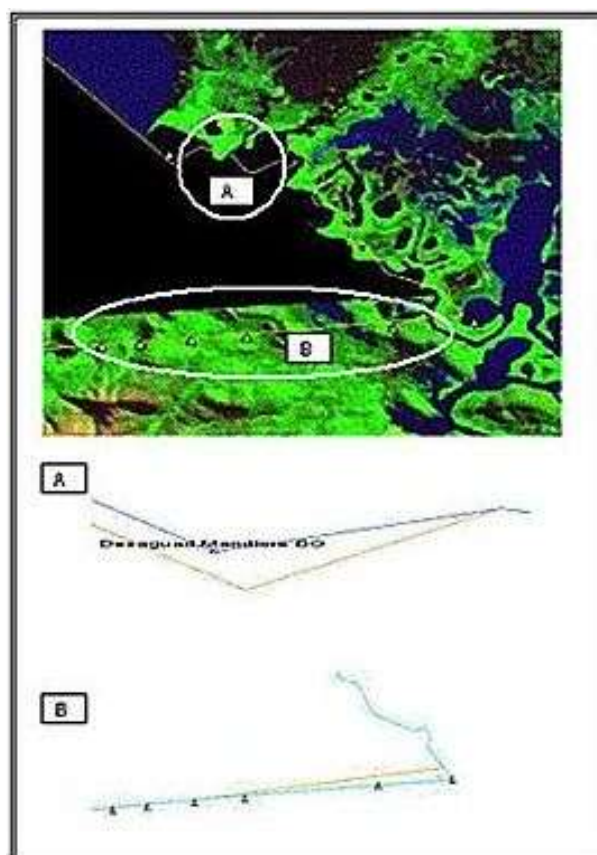


Figura 14: Exemplo de dois casos na edição da LBRF

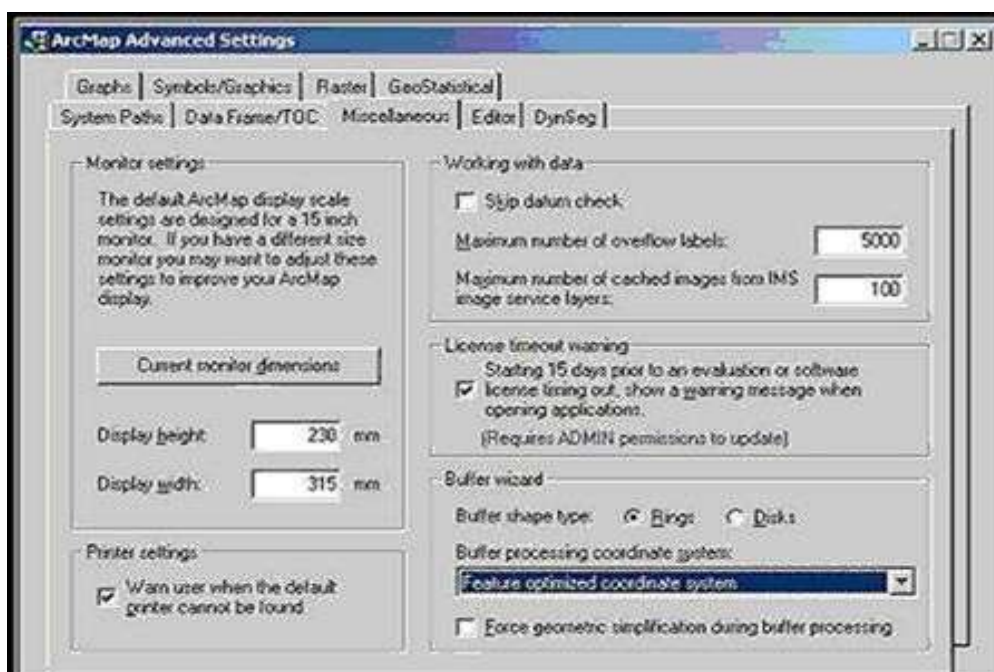


Figura 15: Tela do utilitário de configuração do software ArcMap

PASSO 22: Criou-se um tema no ambiente do software ArcMap com a feição geográfica LBRF de onde gerou-se outro tema com “buffer” de 150 km de distância deste objeto espacial, considerando a opção que resulta na união dos buffers elementares gerados. O resultado pode ser visto na Figura 16.

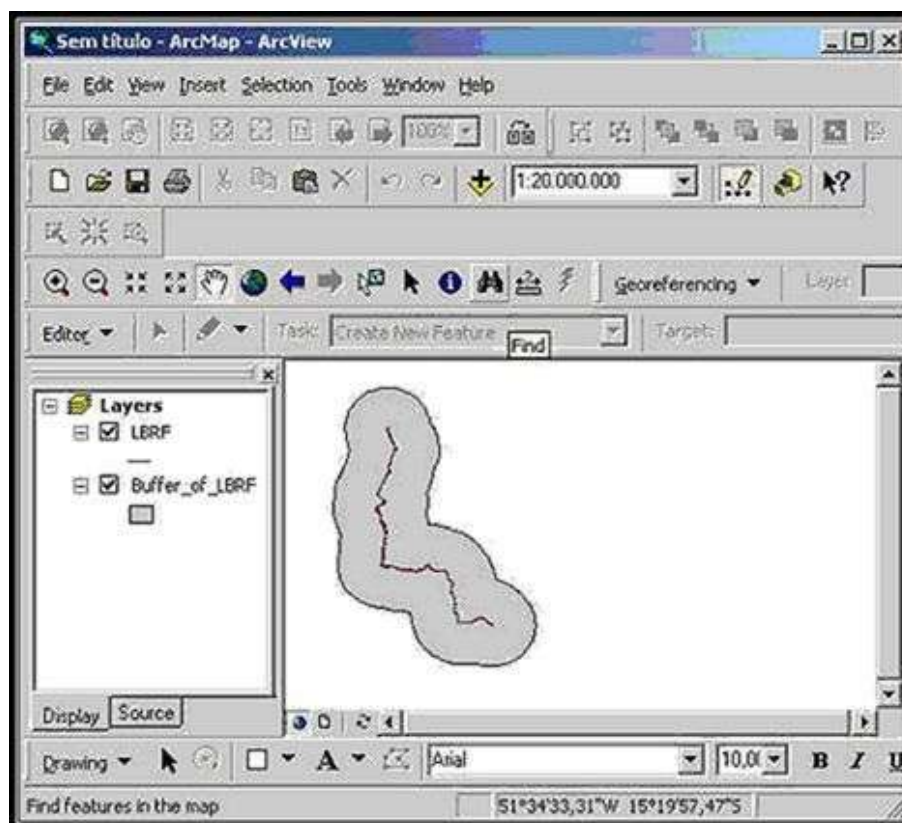


Figura 16: Tela do ArcMap após a criação do buffer de 150 km da LBRF

PASSO 23: Inseriu-se o tema “buffer of LBRF” criado no ArcMap no ambiente de trabalho do ArcView, visando executar operações de interseção com a malha estadual do país.

PASSO 24: Processou-se a ferramenta “Geoprocessing Wizard” para cortar do tema buffer a área da Faixa de Fronteira do Brasil no Estado do Mato Grosso do Sul, a partir do tema correspondente à malha municipal do estado, conforme mostrado na ilustração a seguir (Figura 17).

Obs.: Como o interesse é num objeto espacial que possibilite selecionar municípios ou outras áreas dentro da faixa de fronteira, não há necessidade de desmembramento da LIFF; processa-se a identificação dos municípios da faixa de fronteira a partir da LFF estadual sobre a malha municipal.

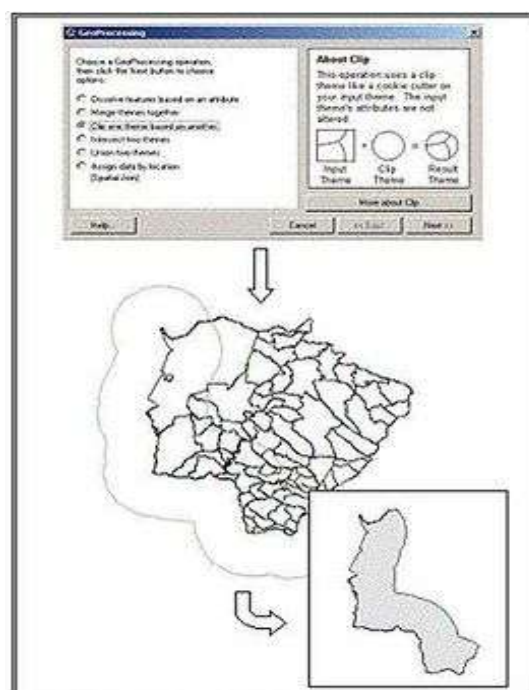


Figura 17: Limites da Faixa de Fronteira do Brasil no Estado do Mato Grosso do Sul.

PASSO 25: Com os temas malha municipal e faixa de fronteira estadual no ambiente de trabalho do Arcview, processou-se a ferramenta “Geoprocessing Wizard” do ArcView para se obter por interseção com a faixa de fronteira estadual (LFF) os municípios com área localizada dentro da Faixa de Fronteira do Brasil no Estado do Mato Grosso do Sul (Figura 18).

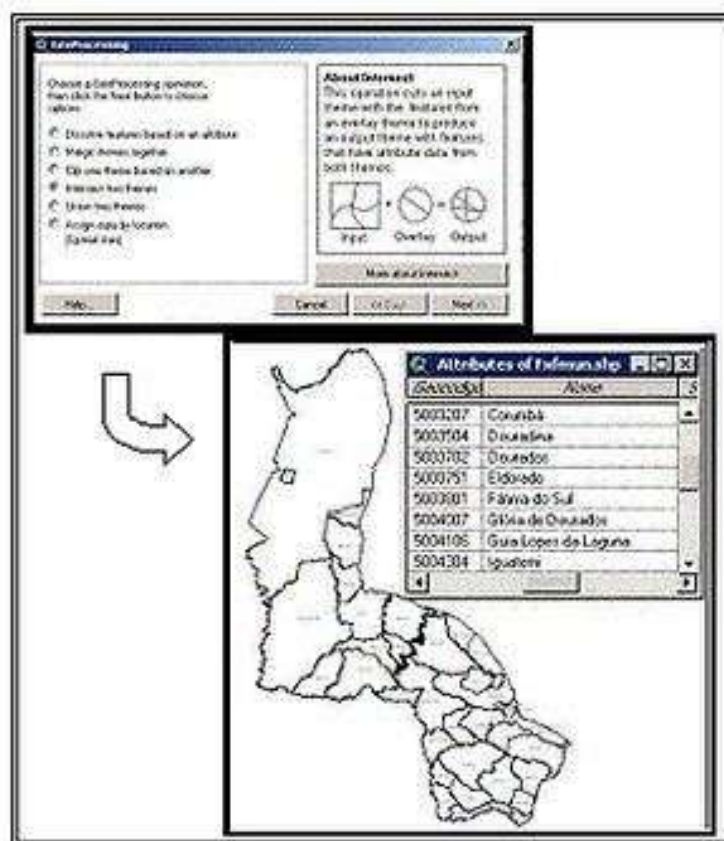


Figura 18: A Faixa de Fronteira do Brasil no Estado do Mato Grosso do Sul

4 Resultados e Discussões



Figura 19: Identificação do município de Nova Alvorada do Sul (MS) como parcialmente dentro da Faixa de Fronteira do Brasil

A identificação do município de Nova Alvorada do Sul dentro da faixa de fronteira foi confirmada utilizando-se programas de cálculos geodésicos (problema inverso), considerando-se o cálculo da distância geodésica a partir de coordenadas de pontos selecionados no limite do referido município e na LBRF (marco de fronteira) mais próximos.

O resultado da aplicação desta nova metodologia no Estado do Mato Grosso do Sul, se comparado com a identificação de municípios da Faixa de Fronteira do Brasil do cadastro do IBGE no mesmo estado, apresentou divergência no total de municípios localizados parcial ou totalmente dentro desta faixa territorial. Pela aplicação desta metodologia, identifica-se pequena área do município de Nova Alvorada do Sul dentro da faixa (Figura 19), além dos 44 municípios constantes na relação oficial, conforme constantes no mapa a seguir (Figura 20).

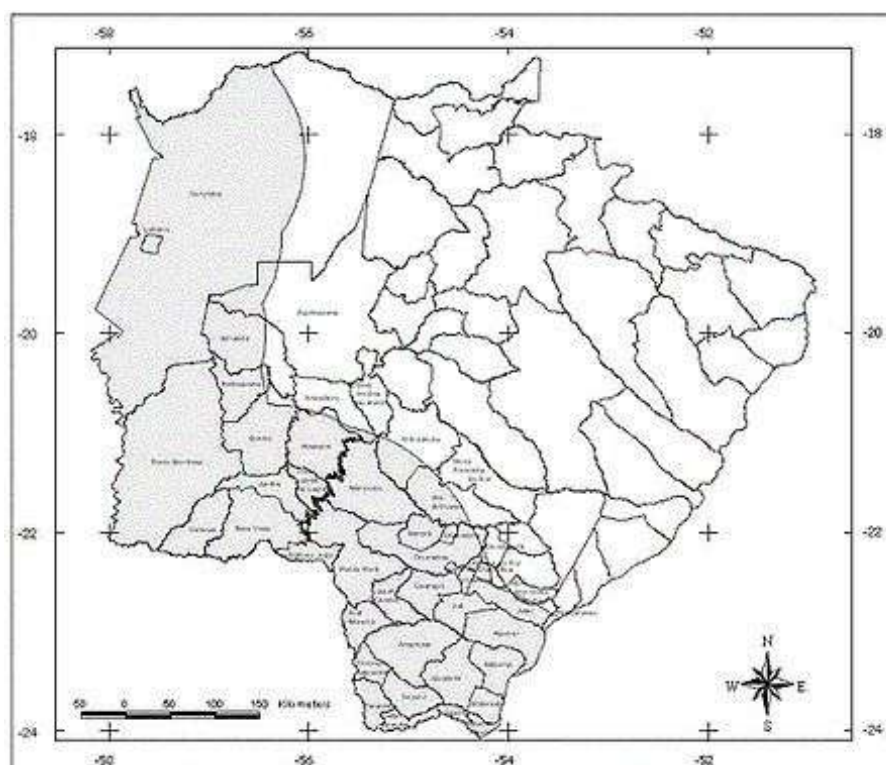


Figura 20: A Faixa de Fronteira do Brasil no Estado do Mato Grosso do Sul

No corte do tema buffer pelo tema malha municipal do estado, se invertido, ou seja: se o buffer cortasse a malha municipal teríamos a faixa de fronteira do Brasil no Estado do Mato Grosso do Sul, dispensando o próximo passo; porém, não teríamos a feição geográfica correspondente aos limites da faixa de fronteira (LFF) que possibilita o seu uso a qualquer momento sobre outras bases de dados mais atualizadas.

A princípio, foi pensado em utilizar-se somente de folhas topográficas para auxiliar a análise cartográfica realizada na região, com a finalidade de identificar trechos dos limites dos municípios fronteiriços junto à linha de fronteira internacional, visando uma definição consistente da linha de base reta construída na fronteira (LBRF). Assim, previa-se a impressão, via “plotter”, de cartogramas contendo as feições geográficas envolvidas, na mesma escala das folhas topográficas utilizadas na elaboração da Malha Municipal Digital do Brasil. Esta idéia veio a ser substituída pelos recortes de imagens orbitais disponibilizados comercialmente pela EMBRAPA Monitoramento de Satélites durante o desenrolar dos trabalhos.

A análise feita nos trechos dos limites de municípios fronteiriços, com o objetivo de identificação e seleção de trechos desses limites para intercalar entre os marcos de fronteira, a partir dos recortes de imagens de sensores orbitais utilizados, mostrou-se suficientemente adequada para tal fim, apesar do deslocamento observado após o georreferenciamento dos mesmos segundo a articulação das folhas topográficas. Esta análise, também, contribuiu na definição de critérios de utilização dos marcos de fronteira.

Um melhoramento poderia ser realizado no “controle terrestre” dos recortes das imagens de satélites utilizados, tomando-se como referência o contorno dos limites territoriais da MMD e os marcos de fronteira e considerando-se o afastamento médio em pixel nas direções norte-sul e leste-oeste dos acidentes naturais (os que servem de limites territoriais) visíveis nas imagens. Este melhoramento poderá ser efetivado pelo desenvolvimento de um programa de computador com uma interface com o usuário permitindo o mesmo proceder tais ajustes.

Outro programa poderia ser desenvolvido com o objetivo de otimizar o processo de identificação dos recortes de imagens de satélites, segundo a articulação das folhas topográficas. O algoritmo seria baseado na denominação dos arquivos que contêm os recortes de imagens, na área que eles recobrem (escala) e a articulação da folha topográfica que cada um corresponde. Tal procedimento se justificaria, tendo em vista a possibilidade da nova metodologia ser aplicada em mais dez unidades da federação.

Convém considerar a visualização de coordenadas no ArcView com mais casas decimais de grau decimal, procedendo a configuração do mesmo com o script a ser implementado no projeto (ESRI, 2001c).

5 Conclusões

O desenvolvimento deste estudo de caso no Estado do Mato Grosso do Sul deu consistência ao estudo técnico-científico que produziu a metodologia para caracterização espacial da Faixa de Fronteira do Brasil, além de comprovar a viabilidade de sua aplicação no restante dos estados brasileiros fronteiriços, valendo-se apenas estudar e desenvolver algumas otimizações no sentido de minimizar tempo de construção da Linha de Base Reta da Fronteira (LBRF) no ambiente digital e na automatização do georreferenciamento dos recortes de imagens de satélites, inclusive, com ajustes para melhorar o seu enquadramento diante do posicionamento dos marcos de fronteira e dos limites municipais da MMD do IBGE.

6 Referências Bibliográficas

BAKKER, M. P. R. de. *Cartografia. Noções Básicas*. Diretoria do Serviço Geográfico da Marinha, DH 13-1, 1965. 242 p, 23 cm. Inclui índice.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Métodos de Elaboração e Navegação nos Mosaicos e Perguntas Mais Frequentes*. <<http://www.cdbrasil.cnpm.embrapa.br/txt/nave.htm>> e <<http://www.cdbrasil.cnpm.embrapa.br/faq/georef.htm>>. Acesso em 29 out. 2002.

___ Embrapa Monitoramento por Satélites. Coleção Brasil Visto do Espaço: CD Mato Grosso do Sul, Campinas, SP, 2002. *Recortes de Imagens de satélites LANDSAT 7/ETM+, jun.-ago./2001, bandas 5,4,3/RGB*. Arquivos *.JPG, 119 cenas na escala 1:25.000 e 34 na escala 1:250.000: entre 8 e 296 Kb.

ESRI (1999a), Environmental Systems Research Institute. *ESRI Data & Maps CD-ROM*. Califórnia, USA, 1999. CD#1, World, ArcView 3.2.

___ (1999b). *How images are registered to a map*. Help Topics, Georeferencing Images. ArcView's help GIS 3.2, 1999.

___ (2001a). *How does the ArcMap Buffer Wizard calculate buffers, and how can I change the method that it uses?* Frequently Asked Questions. ESRI Support Center. Article id: 17560, 28 mar. 2001 (Last Modified: 27 jan. 2003).

___ (2001b). *Change the processing parameters for the ArcMap Buffer Wizard*. Frequently Asked Questions. ESRI Support Center. Article id: 17341, 21 mar. 2001 (Last Modified: 27 jan. 2003).

___ (2001c). *Increase the decimal precision in the Shape Properties dialog (ArcView 3.x)*. Frequently Asked Questions. ESRI Support Center. Article id: 19949, 2 jul. 2001 (Last Modified: 24 jul. 2002).

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Departamento de Cartografia. *Documentação Técnica da Malha Municipal Digital do Brasil*. CD-ROM. Rio de Janeiro: IBGE, 1997. ISBN 85-240-0672-2.

___ *Dados da Malha Municipal Digital do Brasil*. Arquivo fonte, sem supressão de pontos, consolidados para escala 1:250.000. Base de dados, 2000. IBGE/DGC/DECAR.

SCDL, Segunda Comissão Brasileira Demarcadora de Limites, do Ministério das Relações Exteriores (MRE). *Marcos de Fronteira*. <<http://pub2.Incc.br/wrmkkk/bolivia3.html>> e <<http://pub2.Incc.br/wrmkkk/paraguai.html>> Vários acessos em 2001/2002.

SILVA, I. W. do A. *Metodologia para Caracterização Espacial da Faixa de Fronteira do Brasil*. Rio de Janeiro, 2003. Dissertação de mestrado, FEN/UERJ, Xv, 182p. 29,7cm.