

**Universidade de Brasília
Instituto de Geociências
Curso de Especialização em Geoprocessamento**

**Avaliação da precisão posicional relativa de uma carta topográfica na escala 1:100.000 na área do
Parque Nacional da Chapada dos Guimarães - MT**

Aluna: Sandra Maria da Silva Barbosa
Orientador: MSc. Giuliano Santa' Anna Marotta

Monografia de Conclusão de Curso de Especialização
Brasília, DF
Dezembro, 2012

Avaliação da precisão posicional relativa de uma carta topográfica na escala 1:100.000 na área do Parque Nacional da Chapada dos Guimarães - MT

Aluna: Sandra Maria da Silva Barbosa.

Matrícula: 08/26405

Trabalho de Conclusão de Curso de Especialização em Geoprocessamento apresentado ao Instituto de Geociências da Universidade de Brasília como requisito parcial para a obtenção do grau de Especialista em Geoprocessamento.

Menção: _____

Aprovado por:

Professor MSc. Giuliano Santa' Anna Marotta
Orientador – UnB

Brasília – DF, Dezembro de 2012

Resumo: Com o avanço tecnológico na área de *Geoinformação*, surge a necessidade de adequação das produções cartográficas aos índices e padrões de qualidade atualmente exigidos por lei. Porém, grande parte do acervo cartográfico oficial que se tem hoje, largamente utilizado na produção de dados espaciais, não atende mais ao padrão de qualidade exigido para obtenção de um dado de confiança. A atualização desse acervo demanda grande esforço técnico e financeiro por parte do governo e por isso os projetos para atualização cartográfica são pontuais. No sentido de averiguar a qualidade dos dados espaciais contidos nas bases oficiais, com relação pelo menos a acurácia posicional e temática obtidos, é imperativo que seja feita verificação prévia da condição atual das informações e feições contidas nesses materiais por meio de um método simples acessível a qualquer usuário de SIG. Essa avaliação pode ser realizada a partir de pontos de coordenadas de campo coletadas com GPS de precisão conhecida. O método propõe a obtenção da diferença das latitudes (DY) e longitudes (DX) entre o ponto coletado em campo e o seu homólogo na carta topográfica. Os resultados dessas diferenças são representados por meio de elementos estatísticos de variância e desvio padrão, vinculados a testes de hipóteses *t student* e *qui quadrado* tabelados, e objetivam a tomada de decisão sobre a viabilidade ou não do uso de uma carta topográfica para construção de um projeto cartográfico novo de boa qualidade acuracional e temática. Como alternativa de complemento ou substituição dessas fontes de dados quando for o caso, é avaliada a viabilidade de uso de imagens de Sensoriamento Remoto como dado subsidiário como prevê o Decreto-Lei nº 243, de 28 de fevereiro de 1967. A pesquisa tem aplicação em área de Unidade de Conservação Federal.

Palavras Chave: geoinformação, acurácia, carta topográfica e testes.

Abstract: With technological advancement in Geoinformation area it arises the necessity for adequacy of cartographic production index and quality standards currently required by law. However great part of the official cartographic patrimony actually used and widely used in the production of spatial data no longer meets to the required quality standards to achieve a reliable data. The update of this collection patrimony demands great technical and financial effort by the government and therefore updated cartographic projects are punctual. In order to ascertain the quality of spatial data contained in official bases, in relation at least with positional and thematic accuracy obtained, there is need to check in advance the veracity of the information and features contained in these materials through of a simple method accessible to any GIS user. This evaluation can be performed from field coordinated points with known precision collected with GPS. The method suggests the acquisition of latitudes (DY) and longitudes (DX) differences between point collected on the field and his counterpart agreeing, in the topographic map. The results of these differences are represented by statistical variance and standard deviation related to hypothesis test *t student* and *chi square* tabulated, and aim the decisions about the viability or not on using a cartographic map for building a new cartographic project with good quality acuracional and thematic. As alternative of complementing or replacing those data sources when is appropriate, evaluated the viability of using remote sensing imagery as a support data to predict as said by the Decree-Law No. 243 of February 28, 1967. This research has applications on Federal Conservation Unit.

Words Keys: Geoinformation, accuracy and topographic maps and tests.

SUMÁRIO

1. Introdução	06
2. Objetivo.....	07
2.1. Objetivo geral.....	07
2.2. Objetivo específico	08
3. Revisão bibliográfica	09
3.1. Mapeamento Sistemático	09
3.2. Cartas Topográficas	10
3.3. Relação da cartografia oficial com a produção de dados espaciais:	12
3.4. Apoio do Sensoriamento Remoto na Cartografia oficial	14
3.5. Acurácia e Precisão.....	15
4. Materiais e Metodologia	16
4.1. Abrangência e caracterização da área de estudo.....	16
4.2. Materiais.....	19
4.3. Metodologia	23
5. Análise dos dados e Resultados	29
6. Discussões	33
7. Conclusão.....	36
8. Referências bibliográficas.....	37

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Dados marginais de uma carta topográfica.	pág. 11
Figura 02 – Processo de atualização de uma carta topográfica.	pág. 13
Figura 03 – Representação de Acurácia e Precisão.	pág. 15
Figura 04 – Exemplo de gráfico com Teste de significância	pág. 16
Figura 05 – Abrangência da área analisada no Estado do MT e na carta topográfica.	pág. 19
Figura 06 – Demonstração do processo de instalação de um <i>wms server</i> no ArcGis.	pág. 20
Figura 07 – Apresentação do georreferenciamento da carta topográfica e do tamanho do pixel	pág. 21
Figura 08 – Demonstração do processo de georreferenciamento e RMS de erro.	pág. 22
Figura 09 – Gráficos estatísticos de acurácia e desvio padrão.	pág. 34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Quantidade de folhas do mapeamento sistemático brasileiro (IBGE, 1998).	pág. 12
Tabela 2: Critérios do PEC de acordo com o Decreto nº 89.817 de 20 de Junho de 1984 Erro! Indicador não definido.	pág. 14
Tabela 3: Parâmetros de Transformação entre Sistemas de Referência Geodésicos Erro! Indicador não definido.	pág. 24
Nenhuma entrada de índice de ilustrações foi encontrada.Tabela 7: Valores de χ^2 calculados considerando as escalas de 1/250.000 e 1/100.000.	pág. 30
Tabela 8: Valores de <i>t de student</i> calculados e estatísticas extraídas das diferenças entre coordenadas da carta e coordenadas de referência, retirados os pontos considerados <i>outlier</i> Erro! Indicador não definido.	pág. 31
Tabela 9: Valores de χ^2 calculados considerando a escala de 1/155.000 e 1:100.000 Erro! Indicador não definido.	pág. 31
Nenhuma entrada de índice de ilustrações foi encontrada.	

1 - INTRODUÇÃO

O Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBio é responsável pela gestão de quase 9% do território nacional por meio de Unidade de Conservação Federal – UC, num total de 312 contabilizadas até o mês de novembro de 2012. As áreas protegidas são divididas nas categorias de proteção integral e de uso sustentável dos recursos naturais instituídas pela Lei nº 9.985 de 18 de Julho de 2000 – O Sistema Nacional de Unidades de Conservação - SNUC.

De acordo com essa lei, no seu art. 2º, há a obrigatoriedade de definição inequívoca do limite de uma UC para o cumprimento dos objetivos de conservação. Ainda de acordo com a mesma lei, no art.

25º, o limite da UC e sua zona de amortecimento podem ser definidos no seu ato de criação ou em um momento posterior por norma de hierarquia igual ou superior a um Decreto presidencial.

“Art. 2º Para os fins previstos nesta Lei, entende-se por:

I - unidade de conservação: espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituído pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção;”

O avanço tecnológico na área de Geoinformação vem acompanhado de novas exigências de qualidade para a produção de dados espaciais. Considerando que a maior parte do material cartográfico oficial do Brasil está desatualizada, é essencial que haja sempre uma prévia avaliação da condição da informação e da adequação desta as exigências atuais. Para as novas produções e publicações cartográficas são definidos, além da obrigatoriedade de acurácia e precisão, outros índices como de qualidade temática, qualidade temporal, a consistência lógica e os metadados associados. A orientação de padronização e qualidade dos dados cartográficos é uma exigência atual instituída pelo Decreto nº 6.666, de 27 de novembro de 2008, que Institui no âmbito do Poder Executivo Federal a Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais – INDE.

A comprovação de perda de qualidade posicional e temática das cartas topográficas é resultado do espaço temporal dentre sua publicação/produção e os dias atuais, além do menor nível tecnológico da época. Desse modo, suspeita-se que grande parte do acervo cartográfico nacional oficial do país está desatualizada e imprópria para construção de novos dados espaciais, podendo resultar na baixa qualidade de informações produzidas. Com relação aos dados espaciais disponíveis, é possível assegurar que os índices de qualidade e oficialidade estão apartados um do outro na grande maioria das vezes. Na realidade atual, é comum um dado oficial não atender aos índices de qualidade, principalmente em relação à geometria e à posição, enquanto um dado atual ser de boa qualidade, mas não possuir homologação por parte dos órgãos responsáveis. Desse modo, para lidar com questionamentos e conflitos derivados do não cumprimento dos requisitos de qualidade dos dados e legalidade da informação geográfica se faz necessário buscar o máximo de subsídios técnicos que garantam respaldo jurídico.

São poucas as áreas no país com projetos de atualização cartográfica que atendam aos padrões de qualidade exigidos por lei. Dentre alguns projetos em andamento, destacam-se a radiografia da Amazônia com atualização de bases de dados geográficas a partir de imagens de radar, assim como o Estado da Bahia, São Paulo e Distrito Federal com aerolevantamentos, sendo estes comandados pelo Exército Brasileiro e por órgãos e projetos estaduais. De acordo com informações obtidas da equipe técnica do Exército Brasileiro, há interesse da Diretoria de Serviço Geográfico em fazer atualização da base de dados oficiais para todo o território brasileiro em escalas de 1:50.000 e maiores utilizando imagens de Radar, disponível atualmente com cobertura para todo o Brasil. Mas para isso, há necessidade de investimentos e destinação de recursos financeiros do governo.

Boas fontes de dados espaciais permitem uma adequada e segura definição do território, facilitando a correta gestão e fiscalização de porções ou amostras significativas de ecossistemas protegidos, evitando insegurança no cumprimento das atribuições de um agente público ou pesquisador, proporcionando um claro reconhecimento do território no espaço geográfico. Isso resulta na maior conservação do território, na garantia do cumprimento da lei em defesa do meio ambiente e promoção de uma correta regularização fundiária.

Dada a relação entre a amplitude do território brasileiro, com aproximadamente 8,7 milhões de quilômetros quadrados, e a quantidade de áreas protegidas no Brasil, somando 312 UC espalhadas por todo o território em aproximadamente 750 mil quilômetros quadrados, optou-se por trabalhar com o estudo de uma área localizada na região central do Brasil. Nas regiões centro norte do Brasil há maior carência de dados espaciais públicos de qualidade de acordo (*Notas de aula DSG, 2012*).

2. OBJETIVOS

2.1- Objetivo Geral

Assegurar a correta delimitação geográfica das áreas de conservação de modo a atender aos padrões de precisão cartográfica exigidos por lei, com o propósito de minimizar conflitos territoriais e evitar gastos indevidos para cumprir com a gestão e a conservação de áreas em que a poligonal obtida de uma base de dados remota diverge da realidade de campo. O custo para a correção de um dado ruim pode ser maior do que o investimento com a aquisição de dados de boa qualidade, necessário inclusive para preservar imagem de uma instituição. Vale destacar aqui que além do conceito constante no SNUC, explicitado acima, o Ministério do Meio Ambiente - MMA, na publicação intitulada “As Unidades de Conservação Brasileiras” (s.d.), define uma Unidade de Conservação - UC, como sendo:

“espaços com características naturais relevantes, que têm a função de assegurar a representatividade de amostras significativas e ecologicamente viáveis das diferentes populações, habitats e ecossistemas do território nacional e das águas jurisdicionais, preservando o patrimônio biológico existente”.

Diante da obrigação legal da definição de uma poligonal de uma Unidade de Conservação de forma clara e inequívoca, se faz necessária a avaliação prévia da qualidade da base de dados espaciais que será utilizada como fonte de informações. Normalmente, são utilizadas cartas topográficas oficiais articuladas em códigos de acordo com uma nomenclatura internacional de folhas. Assim, acredita-se está cumprindo com o critério da legalidade e assim respaldado por uma publicação oficial pública de acesso comum. De encontro a essa obrigatoriedade, essa pesquisa visa elaborar uma metodologia simples de obtenção rápida da qualidade acuracional de uma carta topográfica, que pode ser ampliada para avaliação de qualquer fonte de dados espaciais. A pesquisa pode servir de ferramenta técnica de subsidio a tomada de decisão sobre o uso da melhor fonte de dados geográficos para criação, alteração, ampliação e/ou modificação de limites, zonas de amortecimentos e outros dados espaciais de áreas protegidas.

A obrigatoriedade de preenchimento de protocolos técnicos de qualidade visa atender ao Decreto nº 6.666, de 27 de novembro de 2008, que institui a Infraestrutura de Dados Espaciais - INDE, infraestrutura de dados espaciais e tem o objetivo de atingir a maior qualidade dos mesmos. Estes devem ser disponibilizados para o cidadão brasileiro por meio de vários protocolos viabilizados por serviços de cartografia do governo gerenciados pela Comissão Nacional de Cartografia, vinculada ao Ministério do Planejamento Orçamento e Gestão. O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE é responsável pela construção, disponibilização e operação do Portal Brasileiro de Dados Geoespaciais – SIG Brasil, bem como pela gestão do Diretório Brasileiro de Dados Geoespaciais – DBDG, além da apresentação das propostas dos recursos necessários para a implantação e manutenção da INDE (<http://www.inde.gov.br>, acessado em novembro de 2012).

2.2 – Objetivo Específico

Esse estudo visa evidenciar a baixa qualidade de cartas topográficas produzidas entre as décadas cinquenta e oitenta, atualmente disponíveis e utilizadas como fonte de dados cartográficos oficiais em muitas regiões do país. Para isso, estudos e cálculos estatísticos são aplicados sobre as diferenças entre as posições de elementos na carta topográfica e a posição homóloga no campo com finalidade de obtenção de resultados de média, mediana, variância, desvio padrão e testes de hipóteses *T de student* e *Qui quadrado* calculados e tabelados das diferenças encontradas entre esses pontos. Essas estatísticas possibilitam a obtenção de características dos dados como nível de acurácia e precisão, dispersão e outras características. A partir desses elementos será possível avaliar a qualidade de uma carta topográfica e apontar um coeficiente de qualidade dos dados gerados com esses materiais. A metodologia de avaliação proposta neste estudo pode ser útil para obter índices de qualidade de outras fontes de dados espaciais, assim como de dados secundários por meio de comparações com dados reais.

Quando é proposta a criação de uma Unidade de Conservação, são feitos estudos que comprovam a relevância e a importância ecológica daquela porção de território. Este deverá ter delimitações claras para cumprimento de seu objetivo ambiental. Os estudos técnicos são de primordial importância para determinar a escolha da categoria e dos limites adequados à UC a ser proposta. Assim são realizados levantamentos e elaborados relatórios com foco no meio natural (físico e biótico), socioeconômico, cultural e fundiário, cuja profundidade da análise pode diferir em função das particularidades de cada proposta. Desse modo, podem ser utilizados como base para avaliação da qualidade das fontes cartográficas associadas ao local de coleta dos pontos para tomada de decisão sobre qual material é mais adequado ao uso para construção da poligonal da UC proposta (<http://www.icmbio.gov.br/portal/o-que-fazemos/criacao-de-unidades-de-conservacao.html>, acessado em novembro de 2012).

A escolha do Parque Nacional da Chapada dos Guimarães - MT ocorreu por haver nesse espaço geográfico os elementos necessários para a análise espacial da área e obtenção dos resultados necessários à conclusão deste estudo. As análises realizadas têm como parâmetro o Padrão de Precisão

Cartográfica - PEC, definidos pelo Decreto nº 89.817, de 20 de junho de 1984, que indica valores e índices de qualidade para a acurácia posicional das fontes cartográficas oficiais. Pretende-se com essa pesquisa que a metodologia de avaliação de qualidade de dados espaciais que será desenvolvida aqui, seja aplicada em todas as análises de limite de UC e nas novas propostas de criação, ampliação, redefinição, alteração de limite, zonas de amortecimento e outros. O objetivo principal é submeter todos os materiais cartográficos a uma previa avaliação de qualidade posicional e temática antes do uso como fonte de dados geográficos, para isso é necessário o apoio de imagens de sensoriamento remoto.

3 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 – Mapeamento Sistemático

A Cartografia desenvolve-se como instrumento de suporte essencial às áreas sociais, eleita prioritária pelo Governo Federal, agrícola, de segurança e energética. Dessa forma, a representação do espaço territorial brasileiro por meio de cartas e mapas, devido à escassez de recursos, exige uma ação seletiva, progressiva e coordenada para que se estabeleçam as prioridades conjunturais. Assim, padrões cartográficos devem ser estabelecidos dentro de critérios técnicos e legais constantemente atualizados, para serem aceitos e seguidos pela sociedade. Entretanto, para que esses objetivos sejam alcançados, faz-se necessária uma legislação compatível com a realidade tecnológica existente, pois o avanço ocorrido nas diferentes áreas do conhecimento humano nas últimas décadas aumentou a demanda por produtos cartográficos atualizados em ambiente digital e em escalas maiores, exigindo, portanto, um mapeamento sistemático mais adequado. Porém, em decorrência da falta de recursos financeiros que subsidiem uma política cartográfica nacional e do cronograma de longo prazo necessário para mapear um país com a extensão territorial do Brasil, vive-se hoje uma “**defasagem cartográfica**” quanto à atualização e cobertura cartográfica do território. Isso se reflete também no aspecto legal, uma vez que a legislação cartográfica vigente data de 1967 não considerando, portanto, os avanços tecnológicos e sociais das últimas décadas (Kátia Duarte Pereira - IBGE, *et al.*).

As atividades cartográficas no Brasil são desenvolvidas por meio de um sistema único, denominado Sistema Cartográfico Nacional – SCN, estando sujeito à disciplina de planos e instrumentos de caráter normativo constantes na legislação em vigor. O SCN é constituído pelas entidades nacionais públicas e privadas que tenham por atribuição executar trabalhos cartográficos ou atividades correlatas. O Decreto Lei nº 243 estabelece que o espaço territorial seja representado por meio de cartas e “outras formas de expressões afins” de forma subsidiária, tais como fotocartas e mosaicos. Cabe ao IBGE propor alterações nas Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Terrestre Nacional, de maneira a assegurar a coordenação e uniformidade das normas técnicas para as cartas gerais empregadas pelo SCN.

Chama-se mapeamento sistemático o esquema de mapas topográficos nas escalas padronizadas de 1:25.000, 1:50.000, 1:100.000, 1:250.000, 1:500.000 e 1:1.000.000, executadas pelo método aerofotogramétrico, segundo uma articulação sistemática padrão formando uma grande série cartográfica. Os mapas sistemáticos até a escala de 1:25.000 são considerados um pré-requisito para o

desenvolvimento do país. No Brasil, os principais órgãos executores de mapeamento sistemático são o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE e a Diretoria do Serviço Geográfico do Exército - DSG. As escalas e articulações das folhas oficiais do mapeamento sistemático são mostradas na Tabela 01 abaixo (Antão Langendolff *et al.*).

3.2 – Cartas Topográficas

A carta topográfica, seja impressa ou no formato digital, representa um modelo, em escala reduzida, interpretado por meio de símbolos e convenções cartográficas de uma área geográfica de interesse, na qual podem ser extraídas informações valiosas para diversas aplicações. As convenções cartográficas existentes em uma carta topográfica abrangem símbolos que, atendendo às exigências da técnica, do desenho e da reprodução fotográfica, representam de modo mais expressivo, os diversos acidentes do terreno e objetos topográficos em geral. Elas permitem ressaltar esses acidentes do terreno de maneira proporcional à sua importância, principalmente sob o ponto de vista das aplicações da carta. Por meio dessas convenções, o terreno é representado em uma carta topográfica em duas dimensões, a primeira se refere ao plano (representação planimétrica) e a segunda à altitude (representação altimétrica), que compõem, juntamente de hidrografia, vegetação, elementos de planimetria, quadriculado em UTM, metadados com referenciais geográficos e geodésicos e dados marginais (Antônio Henrique Correia *et al.*, 2008). Vale destacar que Carta Topográfica é a representação gráfica de uma porção da superfície da Terra em escala.

Com relação aos sistemas geodésicos de referência, vale destacar que o *datum* Córrego Alegre é um dos mais antigos, sendo adotado a partir da década de 50 até meados dos anos 70. Nesse período, este foi oficialmente adotado no país, possibilitando a existência de uma grande quantidade de documentos cartográficos e geodésicos ainda ligados a esse sistema de referência. Esse *datum* não é mais oficialmente vigente no país para produção cartográfica (www.ibge.gov.br, 2012). O SAD 69 foi homologado em 1969 e adotado no final da década de 70 no Brasil, com modelo de referência da Terra o Elipsóide de Referência Internacional de 1967 – de origem no vértice Chuá, ainda que arredondado seu valor de achatamento, segundo o IBGE. Esse *datum* foi sendo acomodado às transformações terrestres no decorrer dos anos de modo que ainda está vigente. Os datums Córrego Alegre e Sad 1969 são topocêntricos (ftp://geoftp.ibge.gov.br/documentos/geodesia/sisref_2.pdf, 2012).

Para compatibilizar os sistemas geodésicos utilizados pelos países da América do Sul, foi criado em 1993 o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas - SIRGAS, com o objetivo de definir e estabelecer um referencial único compatível em termos de precisão com a tecnologia GPS. A Portaria 1/2005, de 25/02/2005 – IBGE determina que deva haver a migração dos sistemas de referência para o Sirgas 2000 em um prazo não superior a dez anos, ou seja, no máximo até 2015 todos os dados espaciais brasileiros devem estar projetados nesse sistema de referência. Esse *datum* é geocêntrico (IBGE - <ftp://geoftp.ibge.gov.br/documentos/geodesia>, 2012).

Com o advento dos satélites de posicionamento, principalmente o GPS, outro sistema geodésico que tem sido utilizado no Brasil é o **WGS-84 (World Geodetic System 1984)**, que tem coexistido juntamente com os demais. Quando a localização do *datum* horizontal está sobre a superfície terrestre, o sistema é chamado **Topocêntrico ou Local**. Quando o datum horizontal está situado próximo ao centro de massa da Terra, o sistema é chamado **Geocêntrico ou Global**. Esse último é utilizado, principalmente, em Geodésia Espacial, para o posicionamento por meio do uso de satélites artificiais (Antônio Henrique Correia, *et al*, 2008). A tendência é que os novos referenciais geodésicos estejam no sistema Geocêntrico ou Global, como os *datums* WGS – 84 e Sirgas – 2000, que são equivalentes para escalas topográficas.

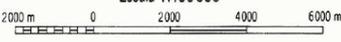
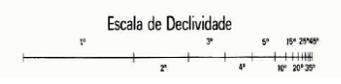
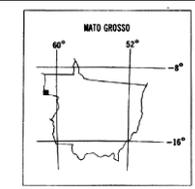
<p>Orgão de Mapeamento (canto superior esquerdo)</p> <p>SECRETARIA DE PLANEJAMENTO DA PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA IBGE REGIÕES CENTRO-OESTE E NORTE DO BRASIL - 1:100 000</p>	<p>Nome da Folha (centro superior)</p> <p>IGARAPÉ SÃO GABRIEL</p>	<p>Índice de Nomenclatura (canto superior direito)</p> <p>FOLHA SC.20-Z-B-IV MI-1684</p>									
<p>Declinação Magnética e Convergência Meridiana (canto inferior esquerdo)</p> <p>DECLINAÇÃO MAGNÉTICA EM 1985 E CONVERGÊNCIA MERIDIANA DO CENTRO DA FOLHA</p>  <p>– 8° 31' 30" – 0° 19' 35"</p> <p>A DECLINAÇÃO MAGNÉTICA CRESCE – 8'30" ANUALMENTE</p>	<p>Escala Gráfica (centro inferior)</p> <p>Escala 1:100 000</p>  <p>Escala de Declividade</p> 	<p>Localização da Folha (canto inferior direito)</p> 									
<p>Datum Vertical e Horizontal (centro inferior)</p> <p>EQUIDISTÂNCIA DAS CURVAS DE NÍVEL: 50 METROS</p> <p>AS CURVAS MESTRAS ESTÃO REPRESENTADAS EM LINHA GROSSA CONTÍNUA E CORRESPONDEM A CADA 5ª CURVA DE NÍVEL</p> <p>PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR</p> <p>DATUM VERTICAL : IMBITUBA - S. CATARINA DATUM HORIZONTAL : SAD-69</p>	<p>Articulação da Folha (canto inferior direito)</p> <table border="1" data-bbox="1104 1176 1299 1365"> <tr> <td>SERRA DA PROVIDÊNCIA MI-1617</td> <td>FAZENDA CASTANHAL MI-1618</td> <td>MI-1619</td> </tr> <tr> <td>JI-PARANÁ MI-1683</td> <td>IGARAPÉ SÃO GABRIEL MI-1684</td> <td>IGARAPÉ CANAÃ MI-1685</td> </tr> <tr> <td>PRESIDENTE MÉDICI MI-1745</td> <td>CACDAL MI-1746</td> <td>SERRA AZUL MI-1747</td> </tr> </table> <p>IGARAPÉ SÃO GABRIEL-MT, RO</p>		SERRA DA PROVIDÊNCIA MI-1617	FAZENDA CASTANHAL MI-1618	MI-1619	JI-PARANÁ MI-1683	IGARAPÉ SÃO GABRIEL MI-1684	IGARAPÉ CANAÃ MI-1685	PRESIDENTE MÉDICI MI-1745	CACDAL MI-1746	SERRA AZUL MI-1747
SERRA DA PROVIDÊNCIA MI-1617	FAZENDA CASTANHAL MI-1618	MI-1619									
JI-PARANÁ MI-1683	IGARAPÉ SÃO GABRIEL MI-1684	IGARAPÉ CANAÃ MI-1685									
PRESIDENTE MÉDICI MI-1745	CACDAL MI-1746	SERRA AZUL MI-1747									

Figura 01 - Dados marginais de uma carta topográfica

Tabela 1 – Quantidade de folhas do mapeamento sistemático brasileiro (IBGE, 1998).

Escala	Nº Total de Folhas	Nº de Folhas Executadas	% Mapeada
1:1.000.000	46	46	100,0
1:500.000	154	68	44,0
1:250.000	556	529	95,1
1:100.000	3.049	2.087	68,4
1:50.000	11.928	1.641	13,7
1:25.000	47.712	548	1,2

Obs.: Estes dados são do ano de 1998 e referem-se apenas ao mapeamento realizado pelo IBGE e pela DSG. Não estão computados os levantamentos realizados pelos Institutos Estaduais.

3.3 – Relação da Cartografia Oficial com a Produção de Dados Espaciais.

Delimitar uma área para conservação se torna uma tarefa difícil quando não dispomos de dados adequados para essa finalidade. Quando existem dúvidas acerca dos limites de uma UC, a elas acompanham uma série de problemas fundiários, atos ilícitos cometidos dentro da área protegida por imprecisão do limite, crimes ambientais e muitos outros problemas. Para construção de informação de qualidade é essencial que se considere a atualização das fontes cartográficas de referência, pois não é recomendado utilizar dados antigos na construção de um projeto novo (*Dora Maria Orth et al., 2004*). Partindo dessa premissa, compreende-se que é urgente a atualização de base cartográfica oficial para que se possam obter informações geográficas de qualidade e dentro da legalidade. Para isso, deve-se buscar junto às instituições competentes do SCN – Sistema Cartográfico Nacional a existência de alguma previsão para essa atividade ou se existem alternativas legais de utilização de outra base de dados não homologada, quando justificada a impossibilidade de uso de uma fonte oficial.

É consenso que as cartas topográficas publicadas por órgãos oficiais do governo são desde muito tempo fontes de referência capazes de assegurar legalidade às informações geográficas. Isso é permitido por serem publicações munidas de informações de tipo de mapeamento e qualidade utilizado para sua produção na época da publicação, sistemas de referência espaciais e outros dados marginais constantes nas folhas. Entretanto, é relevante apontar que essas publicações foram construídas a partir de tecnologias compatíveis e disponíveis na época para a obtenção e construção de informação espacial. Com os avanços tecnológicos, essas fontes se tornaram menos atraentes devido a maiores possibilidades, acessibilidade de materiais e formas de obtenção de dados com precisão posicional superior, aliados a outros caracteres de qualidade exigidos para novas publicações cartográficas. O Decreto- Lei 243, no capítulo IV trata da representação do espaço territorial em cartas topográficas, e no seu segundo parágrafo diz que as fotocartas, mosaicos e outras formas de representação são admitidas de forma subsidiária e acessoriamente.

Atualmente há orientação governamental para o cumprimento do Decreto nº 6.666, de 27 de Novembro de 2008, relativo à implantação da Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais. A DSG está com a responsabilidade de elaborar a norma cartográfica de especificação que regula e padroniza os

Produtos de Conjuntos de Dados Geospaciais – PCDG, utilizados como referência para o Espaço Geográfico Brasileiro - EGB, nos termos do estabelecido no nº 2 do §1º e no §3º do art. 15º, do Cap. VIII, do Decreto-Lei nº 243, de 28 de fevereiro de 1967. No capítulo VIII, o primeiro parágrafo diz que compete ao Ministério do Exército e à Diretoria de Serviço Geográfico elaborar as normas técnicas para a cartografia brasileira nas escalas 1:250.000 e maiores (Notas de aula do curso de *Introdução às Especificações Técnicas do Mapeamento Sistemático Terrestre da INDE*, realizado em outubro de 2012).



Figura 02 – Processo de atualização de uma carta topográfica

Quando testados no terreno, 90% dos pontos bem definidos numa carta não deverão apresentar erro superior ao Padrão de Exatidão Cartográfica, Planimétrico, estabelecido. 90% dos pontos isolados de altitude, obtidos por interpolação de curvas de nível, quando testados no terreno, não deverão apresentar erro superior ao Padrão de Exatidão Cartográfica Altimétrico estabelecido. As medidas planimétricas e altimétricas extraídas de uma carta impressa em papel sempre conterão erros. Estes erros estão sujeitos a pelo menos duas condições: ao erro Gráfico que é geralmente aceito como sendo de 0,2 mm e corresponde ao limite da acuidade visual humana; e ao Padrão de Exatidão Cartográfica - PEC, o indicador de dispersão relativo a 90% de probabilidade e que define a exatidão dos trabalhos cartográficos (Antônio Henrique Correia *et al*).

Padrão de Exatidão Cartográfica é um indicador estatístico de dispersão, relativo a 90% de probabilidade, que define a exatidão de trabalhos cartográficos. A probabilidade de 90% corresponde a 1,6449 vezes o Erro Padrão - PEC. O Erro-Padrão isolado num trabalho cartográfico, não ultrapassará 60,8% do Padrão de Exatidão Cartográfica (Suzana Daniela Rocha *et al.*, 2010). A tabela abaixo mostra os valores do PEC e do Erro-Padrão isolado para diversas escalas do mapeamento sistemático.

Tabela 2 – Critérios do PEC de acordo com o Decreto nº 89.817 de 20 de Junho de 1984

Carta	PEC Planimétrico	Erro padrão	PEC Altimétrico	Erro padrão
Classe A	0,5 mm x Escala	0,3 mm x Escala	1/2 equidistância	1/3 da equidistância
Classe B	0,8 mm x Escala	0,5 mm x Escala	3/5 equidistância	2/5 da equidistância
Classe C	1,0 mm x Escala	0,6 mm x Escala	3/4 equidistância	1/2 da equidistância

Quadro 1 – Critérios do PEC

Fonte: Decreto Nº 89.817 de 20 de Junho de 1984

3.4 – Apoio do Sensoriamento Remoto na Cartografia Oficial

Do programa americano Landsat seguiram-se outros, europeus, canadenses, asiáticos e sul americanos, cada um procurando atender, cada vez mais, necessidades específicas, quer sejam em função das características geográficas das diversas regiões terrestres ou em função das suas aplicações. Atualmente, há em circulação no espaço dezenas de sensores orbitais imageando a superfície da Terra em todas as faixas espectrais possíveis, com os mais variados parâmetros de resolução espacial e temporal. De um lado, há os sensores hiperespectrais com centenas de bandas espectrais (centenas de imagens) e, de outro, há os sensores de alta resolução espacial, capazes de detectar objetos na superfície da Terra, menores que 50 cm. E para atravessar a opacidade das nuvens, muito frequente em regiões como a Amazônia, há os sensores de radar com as suas fontes artificiais de radiação eletromagnética que fazem das nuvens um objeto transparente (Paulo Roberto Menezes *et al.*, 2012).

Apesar da possibilidade de disponibilização gratuita de imagens de baixa e média resolução por alguns sites de internet, dentre eles o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, para alguns objetivos é mais adequado adquirir ou comprar imagens com melhor resolução espacial como dado de apoio para produção e definição de áreas de conservação de forma segura e mais precisa. Além do mais, hoje imagens de boa resolução espacial são obtidas a menores custos se forem imagens constantes em bancos de dados de empresas autorizadas pela venda, as chamadas imagens de catálogo, com no máximo dois ou três anos da passagem do satélite necessárias para o objetivo de extração de geometrias. Vale salientar que o uso de imagens de satélite para a melhor descrição de áreas, observando as características atuais do território, deve acontecer de modo subsidiário por meio de correlação com as publicações oficiais cartográficas com incorporação de outros elementos que não constam nas imagens, como toponímias, identificações temáticas locais e outros como prever a lei.

As imagens rapideye são destacadas nesse trabalho por serem nessa pesquisa uma das referências espaciais utilizadas para comparação de qualidade posicional com a carta topográfica. Essas imagens são atualmente compradas por alguns órgãos ambientais do governo, como o ICMBio e o Ministério do Meio Ambiente - MMA, por um custo considerado relativamente baixo por quilometro quadrado e possuem boa precisão espacial e radiométrica. No cenário mundial, o diferencial oferecido pela RapidEye é a capacidade de produzir conjuntos de imagens de qualquer ponto da Terra em pouco tempo, para monitoramento de eventos em agricultura, cartografia, florestas, governos, seguradoras e

em outros que necessitem de uma atualização de dados mais rápida. No Brasil, o revendedor desses produtos é a Santiago e Cintra Consultoria.

Os sensores dos satélites RapidEye obtêm imagens da Terra em cinco faixas espectrais, Azul (440–510nm), Verde (520-590nm), Vermelho (630-685nm), Red-Edge (690-730nm), sensível a alterações do teor de clorofila das plantas e Infravermelho Próximo (760-850nm), com uma área imageada de 77,25 km. O período de revisita dos satélites é de 24 horas (off-nadir) e 5,5 dias (nadir). A resolução espacial oferecida pelo sensor é de 6,5 metros e 5 metros nas imagens ortorretificadas. Esses dados foram obtidos do site da Embrapa (<http://www.sat.cnpem.embrapa.br/conteudo/rapideye.htm>).

3.5 – Acurácia e Precisão

Para muitas pessoas, acurácia e precisão significam a mesma coisa. Para alguém envolvido em medições estes dois termos têm significados bem diferentes. Medições por sua natureza são inexatas, a dimensão desta falta de exatidão é o erro. Isto é diferente do erro sistemático, o qual é a introdução de um erro que pode ser rastreado até sua fonte, podendo ser detectado, quantificado e corrigido. Um erro sistemático é uma espécie de engano na técnica de medição, como ler de maneira errada uma escala ou ajustar erroneamente o aparelho que será utilizado para tomar as medidas. Erros são inerentes ao processo de medição e incorporam coisas como a precisão dos instrumentos de medida, seu correto ajustamento e uso adequado do equipamento (Antão Langendolff *et al*).

Precisão é o grau de refinamento da execução de uma operação ou o grau de perfeição dos instrumentos e métodos utilizados para obter os resultados. Uma indicação da uniformidade ou reprodutibilidade dos resultados. Precisão está relacionada com a qualidade de uma operação, na qual um resultado é obtido, diferindo da acurácia, que está relacionada com a qualidade do resultado. A acurácia é o grau de conformidade com uma verdade padrão. E está relacionada com a qualidade dos resultados, sendo, portanto, diferente de precisão como já exposto acima (Antão Langendolff *et al*).

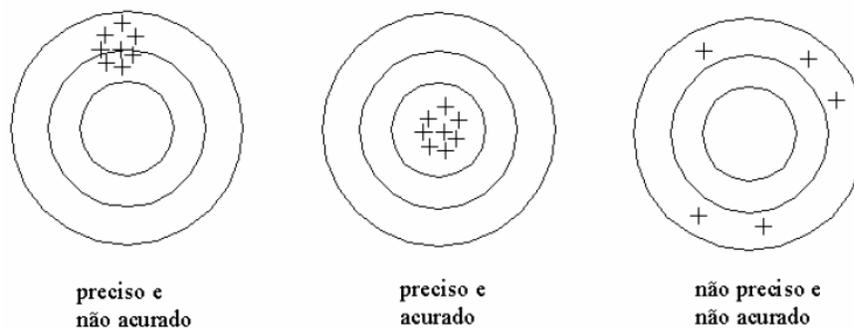


Figura 03 – Representação de Acurácia e Precisão

Para mensuração do grau de qualidade dos dados obtidos a partir das cartas topográficas foram utilizados testes de hipóteses como o *Chi quadrado* e o *t student*. O *Chi quadrado* analisa se as frequências observadas em uma amostra são diferentes das frequências esperadas ao acaso. Como todo teste estatístico, também apresenta suas limitações, os eventos devem ser independentes, e deve haver alguma lógica conhecida nas frequências esperadas, possibilitando que seja identificada se realmente há alguma fonte de variação nos dados (SPENCE, *et al.*, 1968). O *Chi quadrado* assume a seguinte formula (SPENCE, *et al.*, 1968):

$$x^2 = \sum \left(\frac{(O - E)^2}{E} \right)$$

Onde: O: Frequência observada e E: Frequência esperada

A análise estatística da acurácia planimétrica é composta pela análise de tendências, com o objetivo averiguar a presença de erros sistemáticos, e análise de precisão. A análise de tendência foi realizada utilizando o Teste *t de Student*, onde a partir das discrepâncias das médias amostrais obtidas em cada uma das “n” coordenadas planimétricas coletadas, a certo nível de significância (1- α) e com um grau de liberdade (n-1). Admite-se a não existência de tendência nas componentes vetoriais, ou seja, o valor $t_{(n-1, \alpha/2)}$ calculado deve ser inferior ao valor limite tabelado para que a carta esteja livre de erros sistemáticos nas coordenadas planimétricas, quando comparadas às coordenadas tomadas como referência (Marotta e Calijuri, 2006).

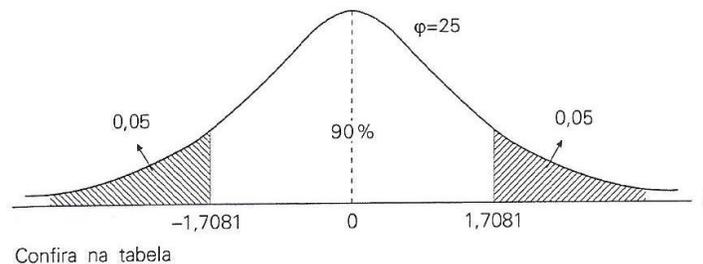


Figura 04 - Exemplo de gráfico com Teste de significância de 10%, onde se tem 5% de significância de cada lado do gráfico para 90% de confiança na parte central da curva.

4 - MATERIAIS E METODOLOGIA

4.1 Abrangência e Caracterização da área de estudo:

Atualmente, as cartas topográficas oficiais ainda são largamente utilizadas por instituições públicas na produção de dados espaciais e no caso específico do ICMBio, com finalidade de delimitação de UC e outras áreas ambientais. No primeiro momento, é elaborado um limite aproximado a partir de uma folha topográfica georreferenciada, mas não é averiguada a qualidade espacial desta, tão necessária

para o alcance de um dado de confiança. O que tem ocorrido com frequência é que quando os dados mapeados, a partir de cartas topográficas, são verificados em campo, não correspondem àquela posição ou se encontram a uma distância que extrapola os padrões de precisão cartográfica para aquela escala de trabalho. Com o intuito de melhorar a qualidade dos dados posicionais de limites de UC extraídos a partir dessas bases de dados, esse estudo sugere a verificação prévia de sua qualidade por meio do método estatístico de comparação entre pontos de campo homólogos a pontos na fonte de dados. A partir de pontos de coordenadas de campo coletados previamente com GPS, pode ser obtida a diferença entre latitudes (DY) e longitudes (DX) dos locais homólogos, considerando dados de campo e a carta topográfica. Os pontos de coordenadas obtidos em campo devem se localizar preferencialmente em referenciais de fácil identificação nas bases de dados, para facilitar as comparações e checagens das diferenças e obter os valores de mensuração da qualidade espacial e temática de uma folha cartográfica.

O Parque Nacional da Chapada dos Guimarães se localiza na região central do Mato Grosso no Bioma de Cerrado e possui aproximadamente 33.000 hectares. Essa área foi selecionada, por essa pesquisa, por conter pontos de coordenadas precisas, resultado de processo de demarcação em campo do perímetro da UC, em conformidade com o seu Decreto de Criação n.º 97.656, de 12 de abril de 1989. No processo de oficialização de uma UC, no ato de criação da mesma, os pontos de coordenadas delimitadores da poligonal são obtidos, inicialmente, em coordenadas aproximadas e o limite é interpretado ou construído a partir de feições constante, numa base de dados, com precisão relativa, considerando-se primeiramente as descrições dos locais de referência. Após esse momento, é estabelecido um prazo jurídico para proceder à materialização do limite em campo com a demarcação pela coleta de pontos de precisão geodésica. A área é materializada quando são fixados marcos de concreto ou outro material evidenciando o local certo do perímetro da UC, referenciados pelos pontos de seu Decreto de Criação. Vale destacar que a demarcação ou materialização de uma área é de fundamental importância para sua efetiva implantação, facilitando a atuação do poder público no controle e monitoramento da área com o consequente cumprimento do objetivo de conservação.

A princípio, foram desconsiderados os deslocamentos observados, quando espacializados os pontos de coordenadas com valores retirados do Decreto de Criação, devido ao desconhecimento de metodologia e forma de obtenção destes. Foram vetorizados os pontos exatamente sobre as feições de referência descrita na norma acima como confluência de rios, encontro de rios com estradas, e outros alvos citados. Desse modo, foram identificados e selecionados, no Memorial Descritivo - MD de demarcação, os pontos homólogos ao Decreto de Criação. Para os pontos homólogos foi apurado que a descrição e caracterização do local são as mesmas nos dois documentos com pequenas diferenças de construção textual. Sendo assim, todos os 23 pontos (sendo 22 com coordenadas e um com descrição local) do decreto de criação da UC foram mapeados no processo de demarcação, e além destes foram inseridos mais 63 pontos ao longo de todo o perímetro, somando um total de 85 pontos materializados nessa poligonal. Vale ressaltar que de acordo com jurisprudência interna do ICMBio, a demarcação deve considerar primeiramente as referências contidas no Decreto de Criação, embora possa conter outros pontos complementares para materialização do imóvel de modo que se adeque a norma de mapeamento de imóveis rurais do INCRA. Atualmente, existem padrões de demarcação estabelecidos em Norma de

Execução do INCRA/DF de número 96 de setembro de 2010. Nela são estabelecidas as diretrizes e procedimentos referentes à Certificação de Imóveis Rurais conforme disposto no Decreto 4.449, de 30 de outubro de 2002, alterado pelo Decreto 5.570, de 31 de outubro de 2005 e na Norma Técnica para Georreferenciamento de Imóveis Rurais a Lei 10.267, de 28 de agosto de 2001.

A demarcação do perímetro da UC em questão foi realizada no ano de 1992. Esse mapeamento foi executado pela empresa de consultoria EPROL – Estudos e Projetos LTDA por um convênio entre o IBAMA e a Prefeitura Municipal de Chapada dos Guimarães. Dos 23 pontos homólogos foram escolhidos 18 que permitiram mais fácil assimilação dos elementos de campo nas fontes de dados citadas e foram descartados os pontos onde não era clara a identificação do local. Foi verificado também que em 5 desses 18 pontos é evidente a desatualização temática da carta topográfica, pois a localização real dos objetos na folha está com deslocamento superior a 100 metros do local demarcado em campo. Desse modo, esses pontos foram considerados como *outliers*. Em estatística, *outlier*, ou valor atípico, é uma observação que apresenta um grande afastamento das demais da série (que esta "fora" dela), ou que é inconsistente. A existência de *outliers* implica, tipicamente, em prejuízos a interpretação dos resultados dos testes estatísticos aplicados às amostras (Wikipedia, 2012).

É fato que a tecnologia avançou nesses 20 anos, ainda assim esses pontos de demarcação, obtidos com mapeamento geodésico, são considerados de precisão superior ao de um GPS convencional moderno, que é capaz de oferecer uma exatidão de até 2 m. Para novos mapeamentos, é prudente a coleta de pontos no tempo atual com equipamentos precisos para que as avaliações e comparações sejam feitas de forma segura, considerando as transformações espaciais dos referenciais geodésicos com formatos e valores atuais. Provavelmente, para escalas pequenas, inferiores a 1:50.000 estima-se que a imprecisão dos GPS sejam diluídas na precisão da escala. Porém, para escalas cadastrais pode ser necessário maior precisão dos pontos de campo para que sirvam de parâmetro de avaliação de outro dado geográfico.

Segundo contato feito com o gestor da UC citada acima, os pontos da demarcação correspondem ainda aos locais citados com boa precisão. Vale destacar que em pesquisas realizadas no site do INCRA no link <http://www.incra.gov.br> em novembro de 2012 a maior parte das normas que regulamentam mapeamentos topográficos em imóveis foi publicada a partir de 1992, mas antes disso já havia no INCRA e em outras instâncias do governo normas técnicas com regras para o mapeamento de terras, como a NBR 13.133 de 1994 – Norma de Execução de Levantamentos Topográficos.

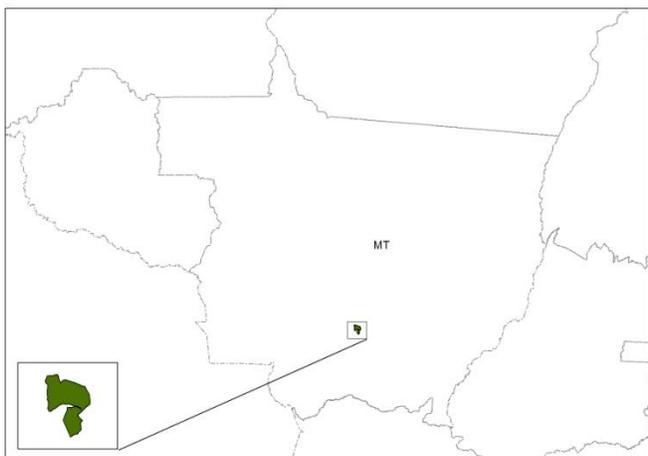
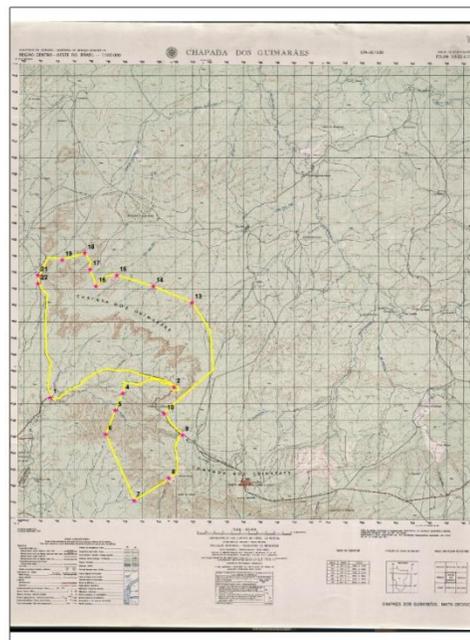


Figura 05 – Abrangência da área analisada no Estado do MT e na carta topográfica.



O PN Chapada dos Guimarães foi demarcado em coordenadas métrica e no *datum* horizontal Sad-69, pois esse *datum* era o sistema de referência vigente na época da sua demarcação da UC. Esse referencial ainda é vigente, mas com prazo determinado para ser substituído pelo Sirgas 2000, obrigatório a partir de 2015 (Resolução do IBGE R.PR – 1/2005 que altera o sistema Geodésico Brasileiro). Em geodesia deve se considerar que os movimentos terrestres acarretam acomodação dos *datums* que devem ser consideradas para atualização dos novos referenciais para que o local definido por um valor de coordenada num dado momento corresponda exatamente àquele ponto em outro período. É por isso que alguns *datums* possuem diferentes versões ou nomenclaturas que remetem a uma data mais recente. Essas alterações são contempladas por meio de novos *datums* com valores ajustados e atualizados.

4.2 – Materiais

Os principais documentos utilizados nessa análise foram o Decreto de Criação n.º 97.656, de 12 de abril de 1989 do Parque Nacional Chapada dos Guimarães por conter a descrição dos pontos utilizados nesse estudo como forma de complemento a descrição do MD de demarcação. Outro documento de referência foi o Processo n.º 02097.000017/2010-41/ICMBio, que trata da demarcação da UC e por possuir pontos de coordenadas de campo utilizados como parâmetros na comparação com locais homólogos na carta topográfica. O Decreto n.º 89.817, de 20 de Junho de 1984, que trata dos Critérios do Padrão de Precisão Cartográfica. O Decreto-Lei 243, no capítulo IV, trata da representação do espaço territorial e outros documentos e normas que constam na bibliografia.

A Carta topográfica utilizada nessa pesquisa possui escala 1:100.000 e nomenclatura n.º SD. 21.Z-C-III (MI-2155), editada pela Diretoria do Serviço Geográfico do Exército. As fotografias aéreas que deram origem a essa folha foram produzidas em 1966 e foram restituídas em 1974 de acordo com metadados disponíveis na própria carta. Essa folha foi citada como fonte oficial para reprodução da

poligonal do Parque Nacional da Chapada dos Guimarães no seu Decreto de n.º 97.656, de 12 de abril de 1989, no seu artigo segundo. O georreferenciamento desta folha foi feito a partir do seu grid UTM, cujo arquivo foi obtido no formato “jpg”. Os parâmetros de referência utilizados após esse processo foram os especificados nos dados marginais da folha, projeção UTM, *datum* córrego alegre, zona 21S. A carta georreferenciada foi convertida para o formato “tif”, mais adequado para trabalhar no software do ArcGis.

O erro médio quadrático, obtido no processo de georreferenciamento foi 3,9 para nove pontos de controle distribuídos por toda a folha, conforme apresentado na figura 08. Foi feita, para o arquivo digital da folha, uma avaliação da qualidade do arquivo, por meio da verificação do tamanho do pixel versus compatibilidade com a escala da carta. As cartas topográficas em meio digital, constantes na base de dados do ICMBio, foram adquiridas do acervo digital, que compõe o mapa mosaico do MMA acessível via serviço *WMS server* pelo link <http://mapas.mma.gov.br/cgi-bin/mapserv?map=/opt/www/html/webservices/baseraster.map&>, adquiridos do Centro de Imagens e Informações Geográficas do Exército - CIGEX, de acordo com metadados visualizados para a base de dados *Raster*, nas escalas de 1:25.000 até 1:250.000, no formato “jpg”. O serviço WMS só permite fazer visualização, não sendo possível fazer download e nem edição dos dados. Vide figura 08.

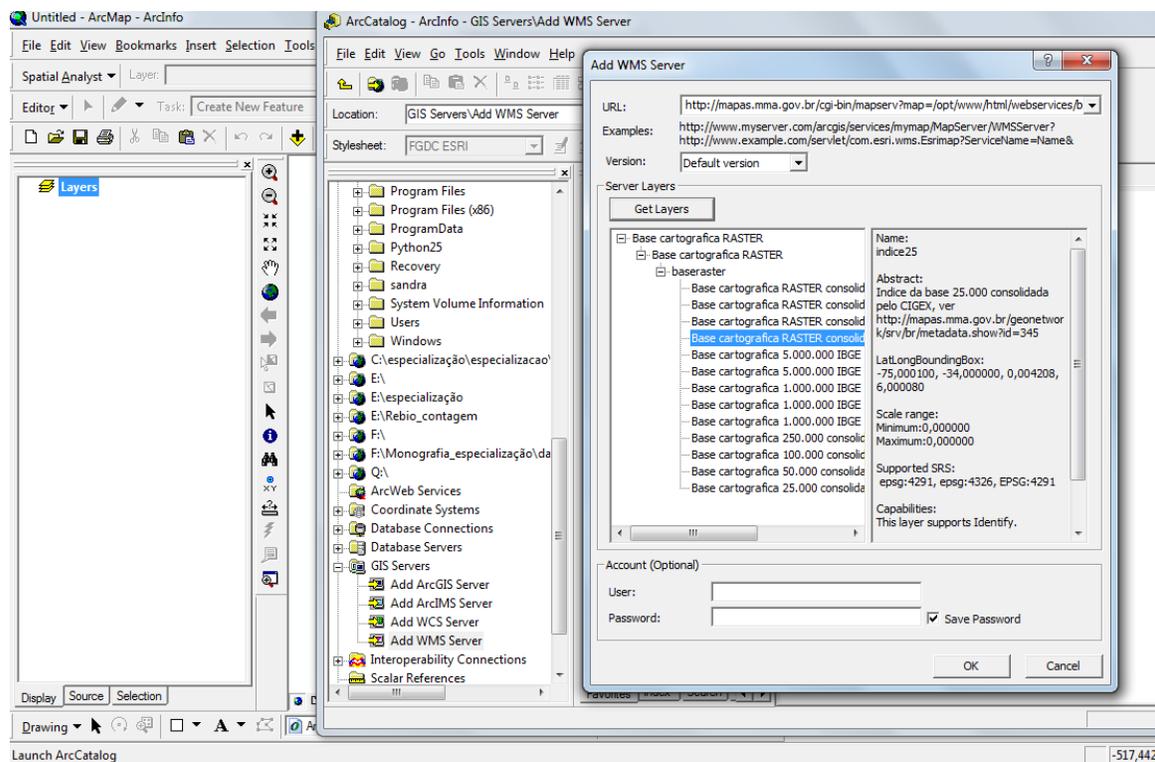


Figura 06 – Demonstração do processo de instalação de um *wms server* no ArcGis.

A respeito da resolução espacial da folha analisada, foi observado que no cruzamento do *grid*, no encontro entre os paralelos e meridianos, parâmetro de orientação para o georreferenciamento da carta, o local exato do cruzamento entre as linhas abrange uma área de 3X3 pixels. Cada pixel da folha possui

uma medida lado em torno de 7X7 m e, desse modo o ponto de georreferenciamento pode se localizar em uma área de 21 por 21 metros, como área possível para identificação de um objeto na imagem ou na folha. Vide figura 07. Para justificar a compatibilidade dessas medidas com a escala especificada, foram considerados a acuidade visual ou o erro de graficismo, que é a feição mínima que o olho humano é capaz de enxergar.

No caso de utilização de imagens, são necessários 3 pixels para detecção de um objeto e 9 pixels para identificação e reconhecimento deste. Para uma carta topográfica, numa escala de 1:100.000, considerando esses fatores 20 x 20 m é a dimensão aproximada de uma feição nessa folha, que permite a detecção e reconhecimento de um objeto. Na folha analisada, conforme especificações acima, o valor da área de 9 pixels está correspondendo a uma área de 21x21 m para reconhecimento de uma feição, valor aceitável para um produto digitalizado a partir de um original analógico. Esses parâmetros foram considerados para marcação do ponto exato entre os paralelos e meridianos no processo de georreferenciamento da folha (Giuliano Marotta, *notas de aula 2012*). Vide figura 07.

Os dados finais da folha e dos pontos de demarcação, comparados nesse estudo, foram obtidos no sistema de coordenadas UTM WGS – 84, zona 21S compatíveis ao Sirgas 2000 em escalas topográficas. O sistema de referência das imagens Rapideye é o UTM WGS – 84, zona 21S, que será proposta aqui como fonte de dados subsidiária as cartas topográficas na produção de dados espaciais. Essa proposta de estudo tem o propósito de utilizar a recente aquisição destas imagens pelo ICMBio para recobrimento de áreas de algumas Unidades de Conservação, com previsão de compra para todas as UC federais, como fonte subsidiária de dados cartográficos na delimitação e análise de limite de UC.

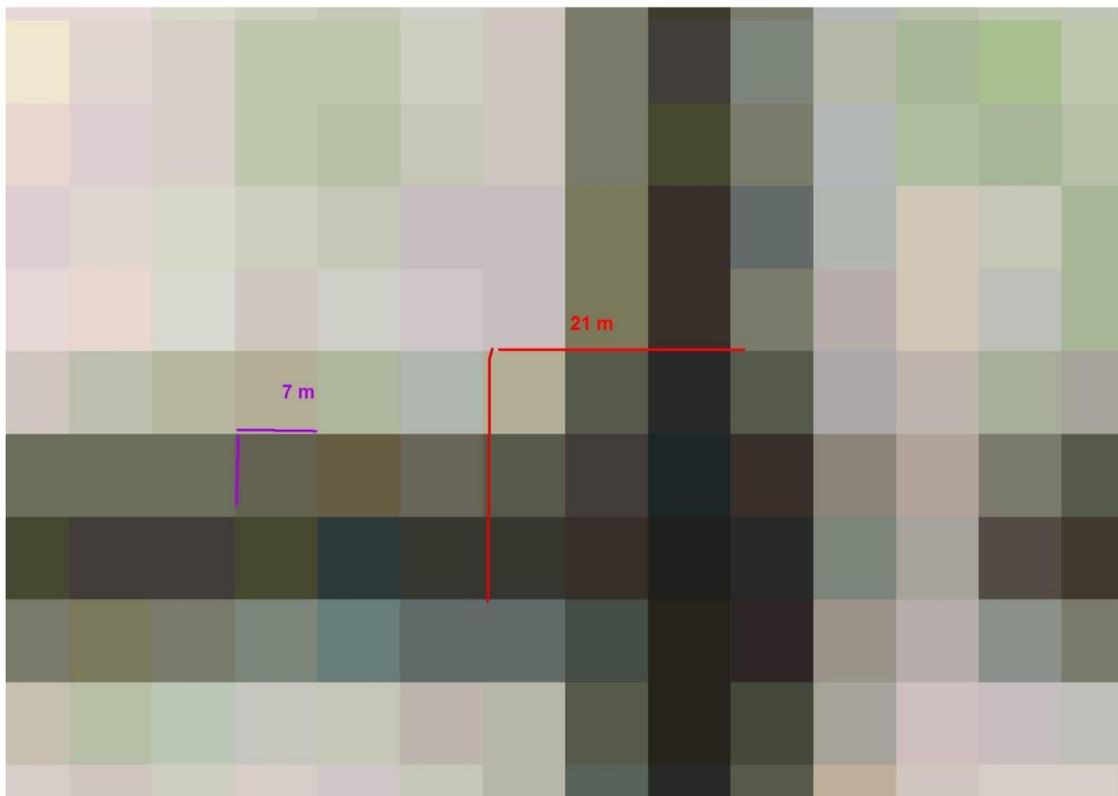


Figura 07 – Apresentação do georreferenciamento da carta topográfica e do tamanho do pixel

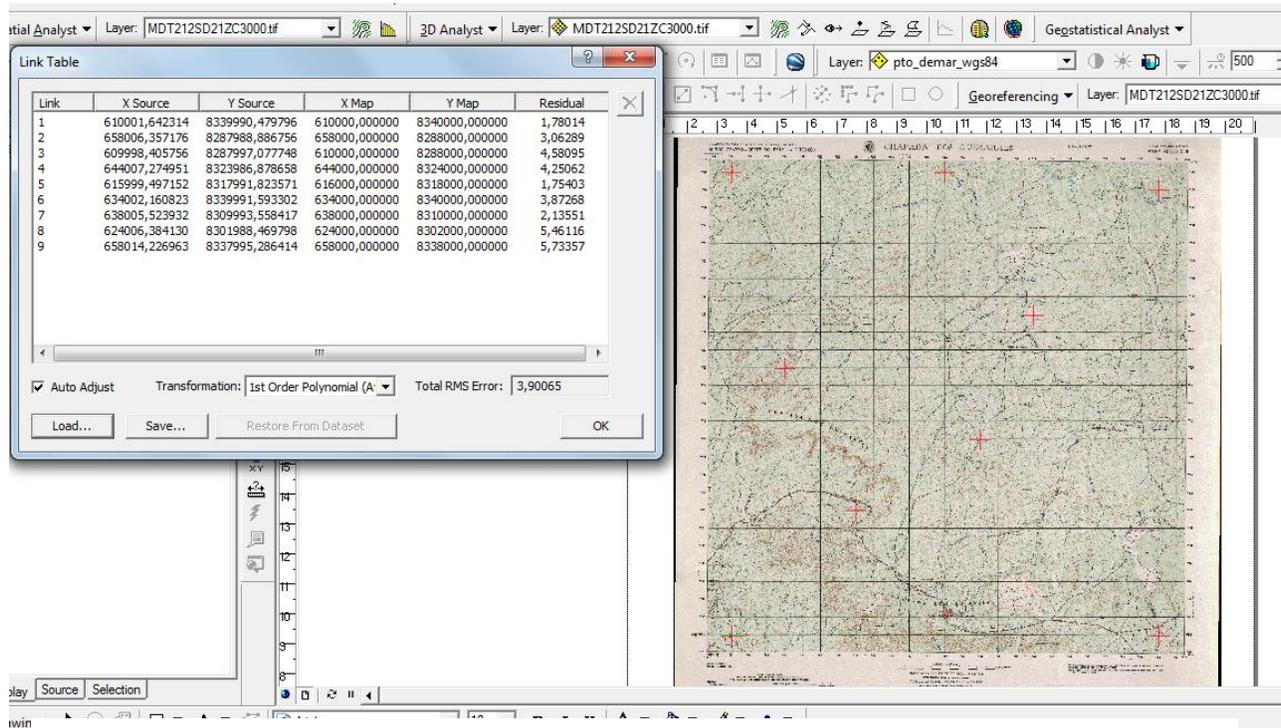


Figura 08 – Demonstração do processo de georreferenciamento e RMS de erro.

Para essa análise, foram utilizadas como dado de sensoriamento remoto Imagens Rapideye, compradas em 2012 pelo ICMBio, de seguinte nomenclatura:

2009-08-10T143817_RE5_3A-NAC_9255293_135018; 2009-08-10T143821_RE5_3A-NAC_9224990_134801; 2010-09-02T150337_RE1_3A-NAC_9250198_134802; 2010-09-02T150337_RE1_3A-NAC_9250263_134802; 2010-09-02T150340_RE1_3A-NAC_9250261_134802; 2010-09-02T150341_RE1_3A-NAC_9250199_134802.

De acordo com relatório enviado pela Santiago e Cintra Consultoria, distribuidor das imagens Rapideye no Brasil, os insumos utilizados nas transformações geométricas dessas imagens foram modelo digital de terreno o SRTM 90m e as imagens GeoCover 2000 no georreferenciamento. Não foram utilizados pontos geodésicos de controle nessas imagens, embora o seu uso melhorasse a precisão posicional das imagens. Em relação às transformações geométricas na ortorretificação da imagem, realizada pela própria RapidEye, é utilizada, como método de reamostragem, a “Convolação Cúbica”. Em relação à precisão e erros máximos, essas imagens possuem precisão compatível com a escala de 1:50.000 - PEC A (planimétrica) compatível com as folhas da Carta do Mapeamento Sistemático do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, podendo ser o deslocamento em campo de até 25 metros. Existem diferenças de qualidade posicional dessas imagens entre as regiões do Brasil, sendo que em áreas, onde há muita predominância de floresta densa (exemplo: floresta amazônica), por possuir menos feições de referência, o deslocamento pode ser superior ao de uma região onde há mais feições como estradas, por exemplo, o estado de São Paulo (Santiago e Cintra Consultoria – outubro de 2012).

Foi feita, para essas imagens, a mesma avaliação da acurácia posicional feitas para a folha topográfica nessa área de estudo. A partir dos pontos de demarcação de campo, foram coletados pontos de coordenadas homólogos na imagem, nos mesmos locais coletados na folha e foram obtidas as coordenadas. Desse modo, foi possível avaliar a escala real da imagem no padrão PEC A e a viabilidade de serem utilizadas como dado complementar à folha, principalmente na atualização temática desse local, podendo se estender para outras áreas de interesse do ICMBio. A intenção desse procedimento é oferecer para este caso uma fonte de dados subsidiária como forma de simulação de um processo novo de geração de uma poligonal de UC, a partir da avaliação da base de dados agregando o uso de imagens de Sensoriamento Remoto.

A escolha dessas imagens, como complemento de informação, decorre do fato de possuírem melhor resolução espacial em comparação com imagens disponibilizadas gratuitamente no site do Instituto de Pesquisas Espaciais – INPE, por meio do link www.inpe.br. Vale ressaltar que as imagens devem oferecer qualidade espacial superior a da escala da folha analisada e que permita identificar com facilidade as feições geométricas. As imagens utilizadas como forma de atualização temática das feições do terreno devem ser recentes e os locais de interesse devem ter sido verificados in loco com os respectivos pontos de coordenadas de campo coletados com GPS.

O ICMBio cedeu as bases de dados espaciais vetoriais e matriciais para essa análise, no caso a carta topográfica, as imagens de satélite e os dados vetoriais referentes à área de estudo. Dentre os dados vetoriais, foram utilizados limites municipais e estaduais do ano de 2007, poligonal da UC e dados de biomas de 2004, publicados pelo IBGE. Os softwares utilizados foram o ArcGis 9.3 e o ENVI 4.5. As análises estatísticas foram feitas em tabelas de Excel.

4.3 - Metodologia

Dos 22 pontos de demarcação que formam o perímetro da UC, foram selecionados para essa análise 18 pontos do Decreto de Criação da UC pela maior facilidade de identificação na carta analisada, considerando as descrições dos documentos de demarcação e da norma.

Uma vez que as coordenadas dos pontos de demarcação utilizados como referência se apresentavam nos sistemas de projeção UTM (Universal Transversa de Mercator) e de referência SAD69 (South American 1969) e uma vez que coordenadas da carta topográfica analisada se apresentavam no sistema de projeção UTM e de referência Córrego Alegre, houve a necessidade de realizar a compatibilização entre os sistemas de referência. Para isto, foram utilizados os parâmetros de transformação, apresentados na Tabela 1, e ambos os sistemas foram transformados para a referência SIRGAS época 2000,4, conforme Equação 1.

$$\begin{bmatrix} X_0 \\ Y_0 \\ Z_0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_i \\ Y_i \\ Z_i \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} T_x \\ T_y \\ T_z \end{bmatrix} \quad (1)$$

onde X_0, Y_0 e Z_0 são coordenadas cartesianas geocêntricas no sistema de referência SIRGAS 2000,4; X_i, Y_i e Z_i são coordenadas cartesianas geocêntricas no sistema de referência SAD69 e Córrego Alegre; e T_x, T_y e T_z são as translações entre as origens dos sistemas cartesianos geocêntricos para os diferentes sistemas de referência, conforme Tabela 3.

Tabela 3. Parâmetros de Transformação entre Sistemas de Referência Geodésicos (Gonçalves *et. al* (2007)).

SIRGAS 2000,4	Córrego Alegre	SAD69
Translação X	+206,048 m	+67,348 m
Translação Y	-168,279 m	-3,879 m
Translação Z	+3,823 m	+38,223 m

Na avaliação planimétrica do PEC, após transformação das coordenadas da carta (E_c, N_c) e das coordenadas de referência (E_r, N_r) para o sistema de referência SIRGAS 2000,4 e para o sistema de projeção UTM, estas foram comparadas pela diferença entre componentes vetoriais planimétricas (d_E, d_N), obtendo-se valores como média (\bar{d}_E, \bar{d}_N) e desvio padrão (S_{dE}, S_{dN}), dados por:

$$(d_E; d_N) = (E_r - E_c; N_r - N_c) \quad (2)$$

$$(\bar{d}_E; \bar{d}_N) = \left(\frac{\sum_{i=1}^n d_{Ei}}{n}; \frac{\sum_{i=1}^n d_{Ni}}{n} \right) \quad (3)$$

$$(S_{dE}; S_{dN}) = \left(\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (d_E - \bar{d}_E)^2}{n-1}}; \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (d_N - \bar{d}_N)^2}{n-1}} \right) \quad (4)$$

onde “ n ” é o número de coordenadas observadas.

Segundo Marotta e Calijuri (2006), a análise estatística da acurácia planimétrica é composta pela análise de tendências, com o objetivo averiguar a presença de erros sistemáticos, e análise de precisão. A análise de tendência foi realizada utilizando o Teste *t de Student*, onde a partir das discrepâncias das médias amostrais obtidas em cada uma das “ n ” coordenadas planimétricas coletadas, a certo nível de significância ($1-\alpha$) e com um grau de liberdade ($n-1$), admite-se a não existência de tendência nas componentes vetoriais, ou seja, o valor $t_{(n-1, \alpha/2)}$ calculado deve ser inferior ao valor limite tabelado para que a carta esteja livre de erros sistemáticos nas coordenadas planimétricas quando comparadas às coordenadas tomadas como referência.

O teste *t de Student* é calculado, portanto, conforme a Equação 5 e obedecendo a hipótese afirmativa de que as diferenças de coordenadas encontradas nas componentes vetoriais são estatisticamente iguais a zero.

$$(\bar{t}_{dE}; \bar{t}_{dN}) = \left(\frac{\bar{d}_E \cdot \sqrt{n}}{S_{dE}}; \frac{\bar{d}_N \cdot \sqrt{n}}{S_{dN}} \right) \quad (5)$$

Com objetivo de verificar a classe que a carta analisada se enquadrava na época em que a demarcação da UC foi realizada, foi aplicado o Teste Qui-quadrado (χ^2). Este teste, utilizado para análise de precisão, teve por finalidade verificar as variâncias das discrepâncias amostrais das componentes vetoriais planimétricas adotando valores pré-estabelecidos de Erro Padrão (EP) definidos pelo decreto n°89817 de 1984.

$$\sigma_N = \sigma_E = \frac{EP}{\sqrt{2}} \quad (6)$$

As precisões nas direções planimétricas da carta topográfica são atendidas quando os valores calculados ($\chi_{dE,n-1}^2, \chi_{dN,n-1}^2$) forem inferiores ao valor limite $\chi_{\alpha,n-1}^2$ tabelado. Por hipótese afirmativa, tem-se que as variâncias calculadas são estatisticamente iguais às variâncias tabeladas.

$$(\chi_{dE,n-1}^2; \chi_{dN,n-1}^2) = (n-1) \cdot \left(\frac{S_{dE}^2}{\sigma_E^2}; \frac{S_{dN}^2}{\sigma_N^2} \right) \quad (7)$$

A consideração dos textos descritivos da demarcação e do Decreto que cria a UC de forma complementar facilitou a identificação e a correta localização na carta topográfica dos pontos homólogos adotados nessa análise. Para identificação de feições em campo e em bases cartográficas, os pontos descritos como elementos locais ou identificados em campo possuem maior relevância como, por exemplo, o Rio Coxipó, indicação de confluências, interseções, direções, sentidos e outros caracterizadores locais. Desse modo, compreende-se que a descrição de um local somado aos valores de coordenadas são atributos que tornam aquele local inequívoco.

A partir do memorial descritivo de demarcação complementado por descrições do Decreto de Criação da UC foi feita a identificação dos locais na carta topográfica e a partir dos valores de coordenadas dos pontos vetorizados, foram realizados os cálculos estatísticos, base para avaliação da qualidade acuracional da carta topográfica. No processo de vetorização dos pontos, foram consideradas projeções e referenciais espaciais, contidos nos dados marginais da folha e procedida das translações necessárias à adequação dos dados ao mesmo sistema de referencia.

Segue abaixo a descrição dos pontos da demarcação do perímetro da Chapada dos Guimarães – MT, escolhidos para avaliação da carta topográfica especificada acima. Essa descrição é acompanhada da descrição do ato de criação da UC como complemento descritivo para o entendimento da correta localização dos pontos.

Ponto 1

... o marco **M-1** de coordenadas planas UTM E: 611115,62 e N: 8300996,38, ponto inicial desta demarcação, fica situado na região conhecida por Mutuca, no encontro de uma estrada secundária que atinge o lado setentrional da Rodovia MT-305, que liga Cuiabá com a cidade de Chapada dos Guimarães;...

Decreto: (Começa no encontro de uma estrada secundária que atinge no lado setentrional da Rodovia MT-305 que liga Cuiabá com a Cidade de Chapada dos Guimarães)

Ponto 2

... **M-2** de coordenadas planas UTM E: 625748,94 e N: 8302096,55, onde existe uma estação turística...

Decreto: (... o encontro do Córrego Salgadeira com a mesma MT-305, onde existe uma estação turística - Decreto; contornando a estação turística, e passando pelos marcos...)

Ponto 4

... O marco **M-4** de coordenadas planas UTM E: 619735,62 e N: 8301420,49, situado na confluência de dois pequenos tributários do Córrego Salgadeira;...

Decreto (... até a confluência de dois pequenos tributários do Córrego Salgadeira, ponto 4...);

Ponto 5

... marco **M-5** de coordenadas planas UTM E: 618739,12 e N: 8299285,91, localizado na confluência de um pequeno tributário com o Rio Coxipó;...

Decreto (... até atingir a confluência de dois tributários do Rio Coxipó, ponto 5);

Ponto 6

... o marco **M-6** de coordenadas planas UTM E: 617628,25 e N: 8296293,32, situado no topo da elevação de cota aproximada 622 m;...

Decreto (... até o topo da elevação de cota aproximada 622m, ponto 6);

Ponto 7

... marco **M-7** de coordenadas planas UTM E: 621037,93 e N: 8288230,53, que corresponde o extremo sul da área (ponto onde a linha de alta-tensão atravessa um tributário do Rio Aricazinho - Decreto);.

Decreto (... até atingir o ponto onde a linha de alta-tensão atravessa um tributário do Rio Aricazinho, ponto 7)...

Ponto 8

... deste marco segue-se pela mesma margem esquerda desta estrada, na direção nordeste, ao longo de uma distancia de 1.235,56 m até o marco **M-8** de coordenadas planas UTM E: 625217,62 e N: 8290950,58,;

Decreto ... (daí, segue a linha de alta-tensão em direção nordeste até atingir a velha estrada de manutenção da linha (Estrada Tope Fita), ponto 8);

Ponto 9

... até o marco **M-9** de coordenadas planas UTM E: 626653,12 e N: 8296207,70, situado a 100 m da margem esquerda da rodovia MT- 305 direção Chapada dos Guimarães-Cuiabá;

Decreto ... (até seu encontro com a MT-305, no ponto 9);

Ponto 10

... até o marco **M-10** de coordenadas planas UTM E: 624499,41 e N: 8298913,06, situado a margem esquerda do Córrego Mata Fria, afluente do Rio Coxipó;

Decreto... (daí segue a cem (100) metros da margem esquerda da MT-305 em direção a Cuiabá, até seu encontro com um afluente do Rio Coxipó chamado Rio Mata Fria, ponto 10);

Ponto 13

... até o marco **M-13** de coordenadas planas UTM E: 627853,77 e N: 8312341,11, situado na confluência de dois outros tributários do Córrego da Estiva,

Decreto... (até atingir a confluência de dois outros tributários do Córrego da Estiva, ponto 13);

Ponto 14

... até o marco **M-14** de coordenadas planas UTM E: 623350,92 e N: 8314293,80, situado na confluência de dois tributários do Córrego Água Fria,

Decreto... (até atingir a confluência de dois tributários do Córrego Água Fria, ponto 14);

Ponto 15

... até o marco **M-15** de coordenadas planas UTM E: 619003,87 e N: 8315692,88, situado na confluência de dois outros tributários do Córrego Água Fria;

Decreto ... (até atingir a confluência de dois outros tributários do Córrego Água Fria, ponto 15);

Ponto 16

... até o marco **M-16** de coordenadas planas UTM E: 616482,70 e N: 8314327,76, situado na cabeceira deste talvegue;

Decreto ... segue pelo talvegue do tributário esquerdo até atingir sua cabeceira, ponto 16);

Ponto 17

... até o marco **M-17** de coordenadas planas UTM E: 615807,24 e N: 8316393,92, situado na cabeceira de um pequeno córrego,

Decreto ... até atingir a cabeceira de um pequeno córrego, ponto 17);

Ponto 18

... até o marco **M-18** de coordenadas planas UTM E: 615207,61 e N: 8318342,27, situado na confluência deste com outro pequeno afluente;

Decreto (...até atingir a confluência desse com outro pequeno afluente, no ponto 18);

Ponto 19

... até o marco **M-19** de coordenadas planas UTM E : 612514,23 e N: 8317594,25 situado na confluência de dois pequenos tributários;

Decreto (...até atingir a confluência de dois outros pequenos tributários , ponto 19);

Ponto 21

... até o marco **M-21** de coordenadas planas UTM E: 609730,54 e N: 8315650,26, situado na confluência de uma outra estrada secundária;

Decreto (... até atingir sua confluência com uma outra estrada secundária, no ponto 21);

Ponto 22

até o marco **M-22** de coordenadas planas UTM E : 609734,80 e N: 8314701,37, situado numa bifurcação com outra estrada secundária;

Decreto (... até atingir uma bifurcação no ponto 22);

5 – ANÁLISE DOS DADOS E RESULTADOS

Dos 18 pontos selecionados para análise, foi verificado que 5 apresentaram-se tematicamente desatualizados (Tabela 2). Esta verificação se deu como limiar definido em acordo com o PEC, em que o valor limite de deslocamento para a classe “C”, segundo Decreto nº89.817, de 20 de Junho de 1984, é de 1 milímetro vezes denominador da escala da carta, ou seja, 100 metros.

Para estes pontos, considerados *outliers*, foi verificada, dentre outros aspectos, a alteração nos contornos das feições entre época de confecção da carta e época dos pontos tomados como referência. Desconsiderando possibilidade de problema na identificação do ponto, estes não foram retirados em primeira análise.

Por definição, *outlier* ou valor atípico, é considerado como uma observação que apresenta um grande afastamento dos demais valores de uma série (discrepantes quando analisada a série), ou que é inconsistente. A existência de *outliers* implica, tipicamente, em prejuízos a interpretação dos resultados dos testes estatísticos aplicados às amostras.

A Tabela 4. Diferenças entre as coordenadas da carta topográfica e as coordenadas de referência.
Em vermelho estão os pontos considerados *outliers*.

Pontos	E_r (m)	N_r (m)	E_c (m)	N_c (m)	d_E (m)	d_N (m)
1	611115,620	8300996,380	611104,897	8300760,625	10,723	235,755
2	625748,940	8302096,550	625695,368	8302054,958	53,572	41,592
3	619735,620	8301420,490	619683,175	8301270,003	52,445	150,487
4	618739,120	8299285,910	618777,749	8299191,464	-38,629	94,446
5	617628,250	8296293,320	617609,073	8296304,357	19,177	-11,037
6	621037,930	8288230,530	620984,657	8288190,573	53,273	39,957
7	625217,620	8290950,580	625122,359	8290920,846	95,261	29,734
8	626653,120	8296207,700	626697,794	8296191,854	-44,674	15,846
9	624499,410	8298913,060	624559,276	8298811,647	-59,866	101,413
10	627853,770	8312341,110	627834,85	8312334,535	18,920	6,575
11	623350,920	8314293,800	623285,427	8314313,888	65,493	-20,088
12	619003,870	8315692,880	618936,241	8315669,121	67,629	23,759
13	616482,700	8314327,760	616469,197	8314328,906	13,503	-1,146
14	615807,240	8316393,920	615770,758	8316397,727	36,482	-3,807
15	615207,610	8318342,270	615142,815	8318333,488	64,795	8,782
16	612514,230	8317594,250	612478,782	8317545,643	35,448	48,607
17	609730,540	8315650,260	609597,171	8315649,471	133,369	0,789
18	609734,800	8314701,370	609610,780	8314640,972	124,020	60,398

A Tabela 5 demonstra os valores de média, desvio padrão, variância e *t de student* calculados. A Tabela 6 mostra os valores de Erro padrão baseando-se no Decreto nº89.817, de 20 de Junho de 1984, e nas escalas originais da carta e sugerida para atender à variação temporal. Os valores de Qui-Quadrado calculados segundo tabelas 5 e 6 são mostrados na Tabela 7.

Tabela 5. Valores de *t de student* calculados e estatísticas extraídas das diferenças entre coordenadas da carta e coordenadas de referência.

Estatística	d_E	d_N
$\bar{d}_E; \bar{d}_N$	38,941	45,670
$S_{dE}; S_{dN}$	52,664	64,892
$S_{dE}^2; S_{dN}^2$	2773,515	4210,979
$\bar{t}_{dE}; \bar{t}_{dN}$	3,137	2,986

Tabela 6. Desvio padrão calculado com base nos valores de erro padrão pré-estabelecidos para a escala de 1/250.000 e 1/100.000.

CLASSE	ESCALA = 1/250.000				ESCALA = 1/100.000			
	PEC (m)	EP (m)	σ_E (m)	σ_N (m)	PEC (m)	EP (m)	σ_E (m)	σ_N (m)
A	125,00	75,00	53,033	53,033	50,00	30,00	21,213	21,213
B	200,00	125,00	88,388	88,388	80,00	50,00	35,355	35,355
C	250,00	150,00	106,066	106,066	100,00	60,00	42,426	42,426

Tabela 7. Valores de χ^2 calculados considerando as escalas de 1/250.000 e 1/100.000.

CLASSE	1/250000		1/100000	
	$\chi_{dE,n-1}^2$	$\chi_{dN,n-1}^2$	$\chi_{dE,n-1}^2$	$\chi_{dN,n-1}^2$
A	16,764	25,453	104,777	159,081
B	4,260	6,468	26,626	40,425
C	2,958	4,492	18,490	28,073

Para os valores dos pontos de coordenadas acima, obtidos na carta topográfica, foi observado que a maior escala possível para que os dados se enquadrem no PEC – A, de acordo com especificações da norma, é a escala de 1:250.000, considerando χ^2 a 10% de significância igual à 24,769. Considerando a escala original da carta, o PEC resultante, de acordo com a Tabela 5, estaria fora da classe “C”, pois na escala original os valores de *PEC*, *EP*, σ_E e σ_N estariam fora dos padrões exigidos pela norma para produção cartográfica.

Nas interpretações de dados, a média aritmética deve estar sempre acompanhada do desvio padrão para que seja possível visualizar a dispersão média dos valores.

Observando os valores da Tabela 4, além de uma leve tendência para valores positivos de deslocamentos, há uma grande dispersão que podem ser explicadas por componentes estatísticos de variância e desvio padrão (Tabela 5). A variância e o desvio padrão, por sua vez, fornecem uma idéia de variabilidade das observações em torno da média aritmética. Para as estatísticas calculadas, observou-se

que para 17 graus de liberdade foi obtido *t student* calculado de 3,137 para um valor de *t student* tabelado de 1,740 com 10% de significância. Consequentemente, considera-se a hipótese alternativa de que as diferenças entre as coordenadas utilizadas não são estatisticamente iguais à zero. Detectada a presença de tendência, portanto, esta foi possível ser eliminada aplicando uma translação nos valores de coordenadas da carta topográfica utilizando como parâmetro, a média dos deslocamentos.

Segundo Galo/Camargo (1994), a presença de tendência pode ser eliminada subtraindo-se de cada coordenada lida o valor da discrepância nesta direção.

Das estatísticas obtidas nos resultados, observou-se uma variância e um desvio padrão muito elevados, sugerindo grande dispersão dos dados e baixa acurácia, como consequência baixa precisão.

Em segunda análise, desconsiderando os pontos cujas diferenças de coordenadas se apresentou superior a 100 metros, foram realizados novos cálculos para 12 graus de liberdade e 10% de significância. O valor do teste *t de student* tabelado para os dados restantes é de 1,782, mostrando (Tabela 8) presença de tendência na direção norte.

Com a eliminação dos pontos, cujas coordenadas foram consideradas *outliers* especificados neste estudo, a escala da carta topográfica subiu para aproximadamente 1:155.000 no PEC classe “A”, com Qui-Quadrado tabelado de 18,549 a 10% de significância (Tabela 9). Na escala de 1/100.000, a carta original se apresenta, após retirada de *outlier*, na classe “B”. O desvio padrão e a variância se apresentam menores quando comparados ao experimento anterior, o que indica menor dispersão dos dados. Os pontos deslocados, devido à desatualização temática, causaram grande interferência na acurácia do material analisado, podendo inclusive determinar a inviabilidade de uso como fonte de dados espaciais para produção de dados cartográficos.

Tabela 8. Valores de *t de student* calculados e estatísticas extraídas das diferenças entre coordenadas da carta e coordenadas de referência, retirados os pontos considerados *outlier*.

Estatística	d_E	d_N
$\bar{d}_E; \bar{d}_N$	33,865	21,017
$S_{dE}; S_{dN}$	40,741	30,589
$S_{dE}^2; S_{dN}^2$	1659,864	935,679
$\bar{t}_{dE}; \bar{t}_{dN}$	2,997	2,477

Tabela 9. Valores de χ^2 calculados considerando a escala de 1/155.000 e 1:100.000.

CLASSE	1/155000		1/100000	
	$\chi_{dE,n-1}^2$	$\chi_{dN,n-1}^2$	$\chi_{dE,n-1}^2$	$\chi_{dN,n-1}^2$
A	18,424	10,386	44,263	24,951
B	6,633	3,739	15,935	8,982
C	4,606	2,596	11,066	6,238

Após conclusão de análise da qualidade espacial da folha cartográfica descrita acima, foi feito também análise da precisão de imagens do satélite Rapideye de cobertura da área de estudo do PN da Chapada dos Guimarães, para saber do potencial desse material como dado subsidiário às cartas topográficas, como fonte de atualização e complemento nas delimitações de feições componentes de limites de UC. O método de comparação das coordenadas extraídas da imagem, com os pontos homólogos aos da demarcação foi o mesmo utilizado no estudo acima.

Antes de proceder às análises de qualidade acuracional da imagem, foi calculada a escala compatível com a resolução espacial da mesma. Para o cálculo da escala da imagem Rapideye nesse estudo, foi utilizada a fórmula da distância, considerando o erro de grafismo de 0,2 mm. Por ser uma imagem ortorretificada, a medida do pixel é de 5 m, então calcula-se a fórmula da seguinte forma:

$$d^2 = l^2 + l^2 \longrightarrow d = \sqrt{2l^2} \longrightarrow d = l\sqrt{2} \longrightarrow d = 5\sqrt{2} \longrightarrow d = 7,07m.$$

A fórmula para cálculo da precisão de escala, de acordo com *Luis A. K. Veiga/Maria, Et al, Fundamentos de Topografia*, é:

$$Pe = M * 0,2 \longrightarrow M = 7,07m / 0,0002m \longrightarrow M = 1:35.000. \quad (pe = \text{precisão de escala})$$

A escala final dessas imagens pelas especificações técnicas seria de aproximadamente 1:35.000 se os processamentos e transformações resultasse em um produto livre de quaisquer erros geométricos, o que não é o caso dessas imagens, onde o aumento da qualidade geométrica e radiométrica implicariam em elevação de valores e como já foi explicado anteriormente, as fontes de apoio para ortorretificação e georreferenciamento são de escalas menos precisas do que as da própria imagem.

A Tabela 10. Diferenças entre as coordenadas da Imagem Rapideye e as coordenadas de referência.

Pontos	E_r (m)	N_r (m)	E_c (m)	N_c (m)	d_E (m)	d_N (m)
1	611115,620	8300996,380	611053,737	8300939,226	61,883	57,154
2	625748,940	8302096,550	625690,167	8302055,701	58,773	40,849
3	619735,620	8301420,490	619672,102	8301352,743	63,518	67,747
4	618739,120	8299285,910	618716,315	8299224,658	22,805	61,252
5	617628,250	8296293,320	617573,563	8296245,966	54,687	47,354
6	621037,930	8288230,530	620984,352	8288188,927	53,578	41,603
7	625217,620	8290950,580	625164,046	8290908,978	53,574	41,602
8	626653,120	8296207,700	626632,553	8296159,202	20,567	48,498
9	624499,410	8298913,060	624445,836	8298871,465	53,574	41,595
10	627853,770	8312341,110	627807,456	8312329,987	46,314	11,123
11	623350,920	8314293,800	623295,986	8314255,046	54,934	38,754
12	619003,870	8315692,880	618954,628	8315665,65	49,242	27,230
13	616482,700	8314327,760	616430,098	8314287,507	52,602	40,253
14	615807,240	8316393,920	615757,879	8316369,106	49,361	24,814
15	615207,610	8318342,270	615129,606	8318311,473	78,004	30,797
16	612514,230	8317594,250	612461,379	8317551,971	52,851	42,279
17	609730,540	8315650,260	609665,355	8315601,552	65,185	48,708
18	609734,800	8314701,370	609680,227	8314635,675	54,573	65,695

A Tabela 11 demonstra os valores de média, desvio padrão, variância e *t de student* calculados. A Tabela 12 mostra os valores de Erro padrão baseando-se no Decreto nº89.817, de 20 de Junho de 1984. Os valores de Qui-Quadrado, calculados segundo tabelas 11 e 12, são mostrados na Tabela 13.

Tabela 11. Valores de *t de student* calculados e estatísticas extraídas das diferenças entre coordenadas da Imagem e coordenadas de referência.

Estatística	d_E	d_N
$\bar{d}_E; \bar{d}_N$	52,557	43,184
$S_{dE}; S_{dN}$	13,370	14,396
$S_{dE}^2; S_{dN}^2$	178,761	207,244
$\bar{t}_{dE}; \bar{t}_{dN}$	16,677	12,727

Tabela 12. Desvio padrão calculado com base nos valores de erro padrão pré-estabelecidos para a escala de 1/55.000

CLASSE	PEC (m)	EP (m)	σ_E (m)	σ_N (m)
A	27,50	16,50	11,667	11,667
B	44,00	27,50	19,445	19,445
C	55,00	33,00	23,335	23,335

Tabela 13. Valores de χ^2 calculados considerando a escala de 1/55.000.

CLASSE	$\chi_{dE,n-1}^2$	$\chi_{dN,n-1}^2$
A	22,325	25,882
B	8,037	9,317
C	5,581	6,470

Para os valores dos pontos de coordenadas acima, obtidos na Imagem Rapideye, foi observado que a maior escala possível para que os dados se enquadrem no PEC – A, de acordo com especificações da norma, é de 1:55.000, considerando χ^2 a 10% de significância igual à 24,769, vide tabela 13. A escala encontrada está com valor compatível com o do relatório enviado pela empresa Santiago e Cintra, contido nessa análise, que para esse pacote de imagens compradas pelo ICMBio, dadas a qualidade do MDT utilizado e as fontes de georreferenciamento, a escala máxima para esse material é de 1:50.000.

6 - DISCUSSÕES

As estatísticas obtidas para a qualidade acuracional das cartas topográficas denotaram variância e um desvio padrão muito elevados, o que pode indicar grande dispersão dos dados e baixa acurácia, como consequência baixa precisão. Teoricamente, não há necessidade de dizer análise da acurácia e da precisão, tal como comparece em muitos exemplos na literatura. Dizer apenas análise da acurácia já seria o suficiente, uma vez que engloba tanto a análise de erros sistemáticos quanto aleatórios. João Francisco Galera Monico, *et al*, 2009.

Os gráficos abaixo exemplificam bem a relação da acurácia com o maior ou menor afastamento da média, do valor de referência. Quanto mais próxima da média estiver os valores de referência, menor a dispersão dos dados, maior será a acurácia destes. Quanto menor o desvio padrão, ou seja, quanto menos disperso forem os valores em relação à média, mais a curva do teste de significância irá se aproximar da curva normal.

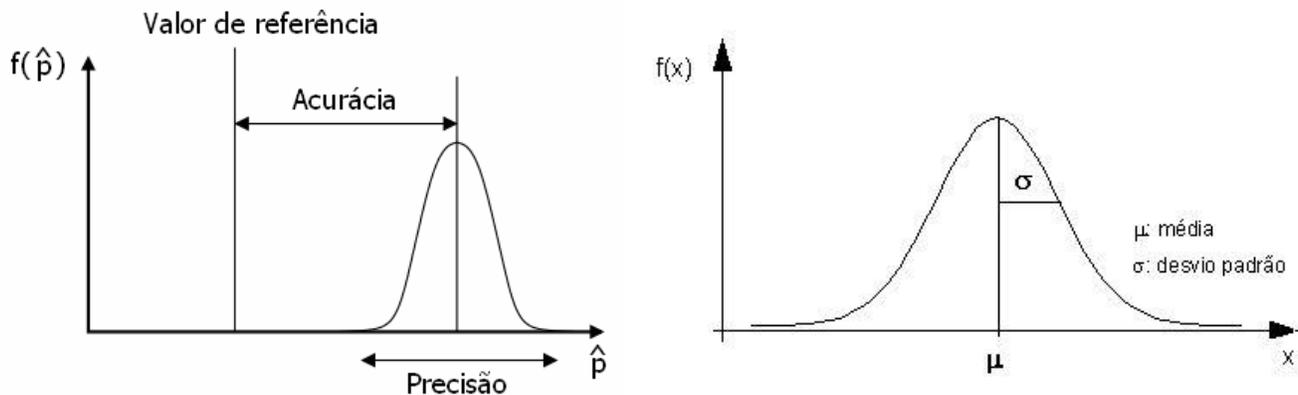


Figura 08 – Gráficos estatísticos de acurácia e desvio padrão.

Considerando as definições apresentadas, observa-se que a acurácia é tomada como sendo o afastamento entre o valor de referência e o valor estimado, e a precisão a dispersão do valor estimado. A diferença entre precisão e acurácia advém da presença de erros sistemáticos, que se manifestam como uma tendência constante ou variável com tempo, afetando a estimativa (como o assunto deste artigo trata de uma tendência constante, doravante usaremos tendência apenas com esse sentido). Acrescentam que na precisão se consideram apenas efeitos aleatórios, enquanto a acurácia inclui não só os efeitos aleatórios, mas também os sistemáticos (Mikhail e Ackermann, 1976).

Atualmente, para que um dado de referência seja considerado oficial e seja disponibilizado pela INDE, ele deve ser avaliado pelo órgão público competente e ser homologado. Os valores ou os intervalos de valores que devem ser atingidos para que o dado tenha conformidade positiva estão expressos na Especificação Técnica para o Controle de Qualidade de Produtos de Conjuntos de Dados Geoespaciais (ET-CQPCDG). Na ET-CQPCDG, além dos valores previstos para conformidade também são definidos os procedimentos para essa avaliação. Assim, este item apenas citará quais são os elementos de qualidade que devem ser avaliados para que o produto seja considerado um dado oficial de referência que são: acurácia posicional, completude das informações, consistência lógica das informações e Acurácia Temática. Notas de aula do curso ministrado pela DSG de *Introdução às Especificações Técnicas do Mapeamento Sistemático Terrestre da INDE, 2012*.

A partir dos resultados acima, se conclui que a carta topográfica utilizada como fonte de dados para delimitação da área do Parque Nacional da Chapada dos Guimarães em 1989, a folha SD. 21-Z-C-III (MI-2155) está defasada com relação às qualificações exigidas atualmente. Em comparações feitas dos valores de coordenadas do Decreto de Criação com os valores obtidos diretamente na folha, nos

pontos descritos, foram observadas inconsistências. Essas inconsistências foram comprovadas, quando da vetorização dos pontos descritos a partir dos memoriais descritivos de demarcação e da norma e obtenção de valores das diferenças entre eles.

O grande problema de se ter, atualmente, disponível um acervo cartográfico oficial desatualizado na sua maior parte, é a insegurança jurídica na construção de informação espacial. A publicação dessa folha no ano de 1974 foi cercada de vários critérios técnicos que lhe conferiu a qualidade e a oficialidade necessária para o respaldo técnico e jurídico naquela época, mas que para os dias de atuais possuem sérias limitações, por não atenderem mais requisitos de qualidade exigidos pelas normas atuais de produção cartográfica.

Sendo prejudicado o item de qualidade posicional, um dos mais importantes a ser considerado, conforme conclusão dessa análise devem-se buscar alternativas que sejam suficientes para localização correta dos elementos no terreno. Isso é necessário para que se possa resguardar ou assegurar a proteção de recursos naturais importantes, facilitar a regularização fundiária da UC e a proporcionar a correta gestão do território. Esses resultados levam a crer que quando a intenção for dar o máximo de oficialidade à informação espacial produzida é prudente sempre fazer uma avaliação prévia dos materiais cartográficos para que seja averiguada a existência de índice de qualidade dos dados contidos neles. Esse cuidado é importante porque, quando se divulga uma informação espacial com erros ou com qualidade duvidosa, pode ocasionar prejuízos à imagem da instituição divulgadora daquela informação e isso implica no prejuízo da credibilidade do ente público, quando as divergências e conflitos advêm da divulgação de um dado equivocado, incorreto ou impreciso.

Em consultas feitas a Diretoria de Serviço Geográfico do Exército Brasileiro acerca de procedimento para utilização de imagens de sensoriamento remoto como dado complementar a carta topográfica, sem perda do caráter oficial do dado resultante, foi feita alerta para problema do uso de imagens de SR em delimitação de áreas protegidas. Pois uma mesma imagem pode conter metadados diferentes devido a diferentes processamentos, softwares e transformações feitas nos arquivos, sendo, portanto um dado “variável”. Para a DSG, imagens de Sensoriamento Remoto não são consideradas dados oficiais, e informações cartográficas e geográficas para serem consideradas oficiais, carecem de homologação por parte dos órgãos competentes.

No caso de aerolevanteamento, o produto resultante geralmente são *ortofotos* publicadas com numeração específica e vinculadas a um projeto oficial do governo estadual ou federal e por isso são homologadas e munidas de metadados padronizados. A alternativa sugerida, até que seja feito atualização de todo o acervo cartográfico nacional, é o uso de imagem de satélite de modo subsidiário a essas fontes oficiais de forma a amenizar problemas decorrentes da desatualização cartográfica, como prever o Decreto-lei nº 243, de 28 de fevereiro de 1967, no inciso dois do artigo seis. A orientação geral é que para construção de um dado espacial novo, deve-se utilizar uma fonte atual, desse modo estará sendo alcançados os requisitos de qualidade exigidos em lei.

Com relação às imagens Rapideye que aqui são sugeridas como fonte de dados subsidiários as cartas topográficas, foram feitas análises da acurácia e precisão e os resultados estão compatíveis com o esperado para esse tipo de imagem, em que a escala final para a região desse estudo ficou em 1:55.000 para resolução espacial de 5 metros. A escala final da imagem e os metadados contidos nelas asseguram que os dados de apoio às folhas oficiais, na construção de um dado espacial, possuem qualidade adequada para escalas topográficas de 1:50.000 e menores.

7 – CONCLUSÃO

Boas fontes de dados espaciais permitem uma adequada e segura definição do território, facilitando a correta gestão e fiscalização de porções ou amostras significativas de ecossistemas protegidos, evitando insegurança no cumprimento das atribuições de um agente público ou pesquisador, proporcionando um claro reconhecimento do território no espaço geográfico. Também são instrumentos que permitem a execução de atividades necessárias em prol da conservação do território e garantem o cumprimento da lei em defesa do meio ambiente.

As cartas topográficas são as principais fontes de dados na delimitação de áreas protegidas, por serem dados oficiais. Por isso, a partir dos resultados encontrados para a qualidade acuracional e temática de uma carta topográfica produzida e publicada há mais de quarenta anos, é possível concluir que não é prudente utilizar material antigo como fonte de dados espaciais de produção de informação geográfica, sem prévia avaliação acerca do cumprimento dos requisitos de qualidade exigidos atualmente por lei. O uso indiscriminado de dados desatualizados, para construção de projetos novos, pode gerar uma série de dificuldades referentes a deslocamentos e inconsistências que pode inviabilizar a concretização de ações que dependem de dado espacial confiável e de qualidade. De encontro às novas necessidades cartográficas, o governo tem feito esforço no sentido de implementar a Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais – INDE, em que novos padrões de qualidade devem ser agregados às produções cartográficas. Nesse sentido, será obrigatória a adoção de padrões de produção e apresentação de material cartográfico. Assim, deve ser informado o uso de referenciais cartográficos recomendados pelo governo, sob pena de não homologação de dados.

Se forem utilizadas imagens de sensoriamento remoto como dado subsidiário às cartas topográficas, é aconselhável disponibilizar todos os metadados para que outro usuário possa reproduzir um dado espacial de forma idêntica. Para isso, deve ser feita a avaliação da qualidade espacial dessa fonte de dados geográficos, assim como a conveniência ou não de uso como material cartográfico de apoio ou até substituição às fontes oficiais, quando estas forem descartadas por grande defasagem. A conclusão sobre o grau de qualidade desse material só é possível de se mensurar após uma averiguação do quanto houve de alteração dos elementos espaciais nelas contidos, e para isso devem ser considerados aspectos como as dimensões das feições, contornos e até mesmo localização destas.

8 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- **Brasil:** *Decreto nº 89.817 de 20 de junho de 1984 - Normas Técnicas da Cartografia Nacional*, Diário Oficial da União, Brasília, Brasil, 1984.
- **Plano de Manejo do Parque Nacional da Chapada dos Guimarães**, MMA/ICMBio – 2009.
- **IBGE – Geociência: Geodésia.** <<http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/default.shtm>> Acesso em outubro e novembro de 2012.
- Especificação Técnica para a Aquisição de Dados Geoespaciais Vetoriais (ET-ADGV), 2ª Edição – 2012.
- Lei nº 9.985 de 18 de Julho de 2000 – O Sistema Nacional de Unidades de Conservação - SNUC.
- **Gonçalves, Rômulo Parma; Marotta, Giuliano Sant’Anna; Andrade, Rafael José de Oliveira; Assis, Leonardo Campos.** Determinação da precisão posicional na transformação de sistemas de coordenadas entre sistemas de referência terrestre.
- **Gonçalves, Romulo Parma; Silva, Antonio Simões; Marotta, Giuliano Sant’Anna; Andrade, Rafael José de Oliveira.** *Identificação de erros grosseiros utilizando teste Qui quadrado e Teste Tau.* II Simpósio Brasileiro de Geomática Presidente Prudente - SP, 24-27 de julho de 2007 V Colóquio Brasileiro de Ciências Geodésicas ISSN 1981-6251, p. 393-399.
- **Pereira, Kátia Duarte; Augusto, Moema José de Carvalho; Santos, Cláudio João Barreto; Freitas, Anna Lúcia.** Atualização da Legislação Cartográfica – Necessidade Nacional. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, Diretoria de Geociências, Departamento de Geodésia.
- **Marotta, Giuliano Sant’Anna;** Calijuri, Dra. Maria Lucia. Avaliação da Qualidade Posicional Planimétrica em Planta Cadastral Utilizando Diferentes Processos na Extração de Feições.
- **Galo, M.; Camargo, P. de O.:** *O uso do GPS no controle de qualidade de cartas.* In.: COBRAC - 1994, 1o Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário, Florianópolis - SC, 1994, Tomo II, p.41-48.
- **ICMBIO – Unidades de Conservação.** <<http://www.icmbio.gov.br/portal/o-que-fazemos/criacao-de-unidades-de-conservacao.html>> Acessado em outubro e novembro de 2012.
- **Veiga, Luis A. K.; Zanetti, Maria A. Z.; Faggion, Pedro L.:** Fundamentos de Topografia.
- **Menezes, Paulo Roberto; Almeida, Tati.:** Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto. 2012.
- **Langendolff, Antônio; Pellegrini, Guilherme.:** Curso Técnico em Geoprocessamento – Cursos de Extensão.

- **Santos, Daniela Rocha; Huica, Suelen Cristina Movio; Melo, Lineardo Ferreira de Sampaio; Silva, Marly Terezinha Quadri Simões; Delazari, Luciene Stamato.** : Considerações sobre a utilização do PEC (padrão de precisão cartográfica) nos dias atuais.
- **Orth, Dora Maria; Vieira, Sálvio José; Debetir, Emiliana; Silva, Jackson; Rocha, Ronaldo.**: Guia metodológico para delimitação de unidades de conservação .
- **Correia; Antônio Henrique; Martins, Ronald Alexandre.** : Fundamentos de Cartografia e GPS.
- **EMBRAPA,** < <http://www.sat.cnpm.embrapa.br/conteudo/rapideye.htm>> Acessado em novembro de 2012.
- **Pereira, Kátia Duarte; Augusto, Moema José de Carvalho; Santos, Cláudio João Barreto; Freitas, Anna Lúcia.**: Atualização da Legislação Cartográfica – Necessidade Nacional. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Diretoria de Geociências, Departamento de Geodésia.
- **Marotta, Giuliano Sant’Anna; Calijuri, Maria Lucia.**: Avaliação da Qualidade Posicional Planimétrica em Planta Cadastral Utilizando Diferentes Processos na Extração de Feições.
- Portaria/INCRA/P/N o 69 de 22 de fevereiro de 2010. Norma Técnica para Georreferenciamento de Imóveis Rurais. (Publicada no DOU, nº 42, de 4 de março de 2010, Seção I, página 81 e Boletim de Serviço nº 10, de 8 de março de 2010).
- **Monico, João Francisco Galera; Dal Póz, Aluir Porfírio; Galo, Maurício; Santos, Marcelo Carvalho; Oliveira, Leonardo Castro.**: Acurácia e Precisão: Revendo os conceitos de forma Acurada (*Accuracy and Precision: reviewing the concepts by means of an accurate procedure*).
- **D’Ávila, Victor Hugo Lachos.**: Teste de Hipóteses.