

Influência dos usos de sistemas geodésicos e de coordenadas geográficas nos mapeamentos cartográficos originados de imagens de satélites

Joel Gripp Junior ¹
Vicente Paulo Soares ¹
José Marinaldo Gleriani ¹
Agostinho Lopes de Souza ¹
Carlos Antônio Álvares Soares Ribeiro ¹

¹Universidade Federal de Viçosa – UFV/DEF
36570-000 – Viçosa – MG, Brasil
{jgripp, vicente, gleriani, souza, cribeiro}@ufv.br

Abstract. The advent of remote sensors with high spatial resolution such as Ikonos II and Quickbird has facilitated the natural resources assessment around the world. Images obtained from these sensors usually are found in raw format, which contain geometric errors caused by panoramic distortion, platform velocity, earth rotation, perspective, topographic relief displacement, among others. In order to get precise measurements from these images, it is necessary that they be orthorectified. Thus, the objective of this work was to compare, visually, a digital map obtained from topographic survey using a Total Station, assumed to be the ground truth, overlaid on raw, rectified (using affine transformation) and orthorectified (using polynomial ratio model with different geodetic systems) images obtained in rugged terrain conditions, located in Zona da Mata region, State of Minas Gerais - Brazil. The best overlay results occurred when the orthorectified image were generated using MDE and Ground Control Points in the same geodetic system and both using ortometric or geodetic altitudes. On the other hand, the worst overlay result occurred when the raw image was used. In conclusion, this article shows the importance of using the correct geodetic parameters during the image orthorectification procedures.

Palavras-chave: orthorectification, geodetic system, Ikonos image, cartography, ortorretificação, sistema geodético, imagem Ikonos, cartografia.

1. Introdução

Um dado georreferenciado é aquele que possui coordenadas amarradas a um modelo matemático que representa a terra, ou seja, latitude, longitude e altitude. Em algumas situações são conhecidas coordenadas cartográficas que podem ser convertidas em coordenadas geográficas. Mas para conhecer as coordenadas geográficas de um ponto, é necessário também saber em qual sistema de referência e modelo matemático ele foi obtido, ou seja, é necessário conhecer bem em qual sistema geodésico ele se encontra Gemael (1984).

Devido à variedade de sistemas geodésicos disponíveis, é comum haver confusões por parte daqueles que fazem determinações e/ou operações envolvendo transformações de pontos ou imagens, cartas, etc.

O presente trabalho teve por objetivo mostrar a influência de sistemas e elementos geodésicos de uso comum na comunidade técnica em transformações tipo ortorretificações de imagens de sensores orbitais.

1.1 Principais Sistemas Geodésicos

Um sistema geodésico é definido por um modelo matemático da Terra ou elipsóide e o posicionamento deste em relação à Terra. O elipsóide pode ser geocêntrico onde o seu centro coincide com o centro de massa da Terra, ou então, quase geocêntrico, onde ele é posicionado, adaptando-se ao território a ser utilizado (Figura 1), Gemael (1984).

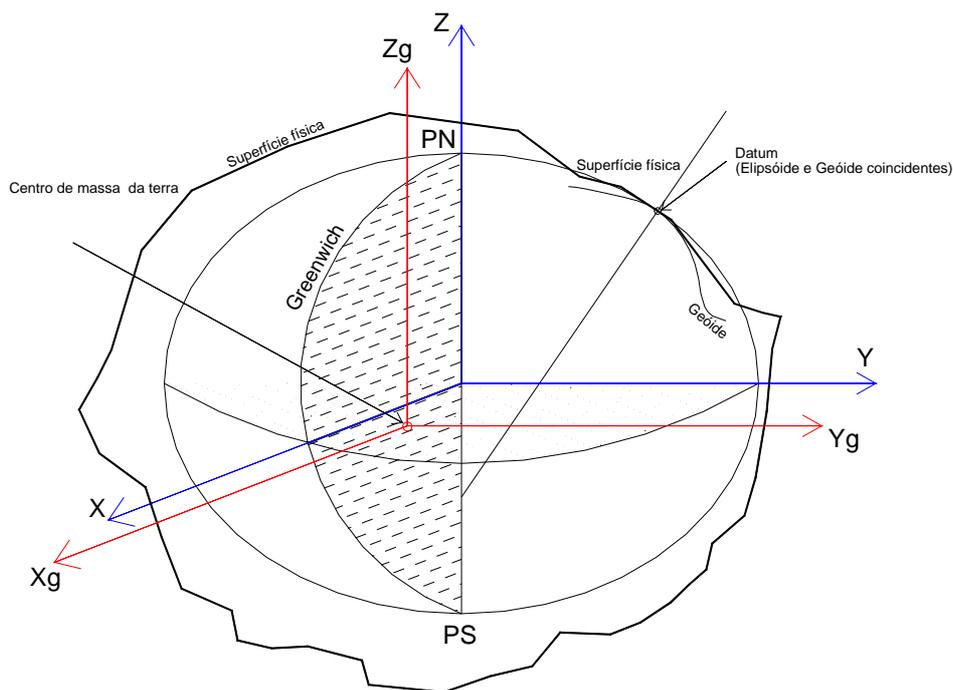


Figura 1 – Sistema geodésico geocêntrico e quase geocêntrico.

No Sistema Geodésico Brasileiro (SGB) usado até o final de 2004, a imagem geométrica da terra era definida pelo *Elipsóide de Referência Internacional de 1967 (SGR-67)*, cujo datum coincidia com o Datum Sul Americano - SAD-69, que está situado na localidade denominada CHUÁ próximo à cidade de Uberaba, Minas Gerais, Gemael (1984).

Neste datum considerou-se a ondulação do geóide como sendo nula, ou seja, coincidiu-se o elipsóide ao geóide, fazendo com que o elipsóide se adaptasse ao nosso território, não importando o fato de o centro do Elipsóide não coincidir com o centro de massa da Terra, Gemael (1984).

Até 1979 o Sistema Geodésico Brasileiro adotava o elipsóide de Hayford, com datum Córrego Alegre, também próximo a Uberaba.

Entrou em vigor no dia 25 de fevereiro de 2005 o Sistema Geodésico Brasileiro, denominado SIRGAS2000 (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas) em sua realização no ano de 2000. Na definição do sistema foram utilizadas estações da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo – RBMC no ano 2000 (Dalazoana e Freitas (2002)).

Alem de ter o perfeito conhecimento do sistema referencial e o modelo matemático do sistema geodésico utilizado, é necessário também conhecer o geóide, que é uma superfície equipotencial (superfície de potencial gravitacional constante) e que, em média, coincide com o valor médio do nível médio das águas do mar. O Geóide é irregular e o elipsóide regular. A separação destas duas superfícies é a ondulação do geóide (ou altura do geóide). Surge daí a altitude geodésica e a altitude ortométrica. A altitude obtida com GPS é a geodésica ou geométrica e é medida ao longo de uma normal. A altitude obtida em um nivelamento topográfico é a ortométrica, que é medida ao longo de uma vertical.

O SIRGAS2000 corresponde a uma densificação da rede de referência internacional nas Américas ocorrida em maio de 2000. Desde o estabelecimento do sistema GPS, o seu Sistema Geodésico de Referência (WGS84) já passou por três atualizações, com vistas a refinar sua realização. A mais recente atualização ocorreu em 20 de janeiro de 2002. O WGS84 mais recente é essencialmente idêntico ao SIRGAS2000, ao nível de precisão de 1 cm. Portanto, em termos práticos, não existem diferenças entre os sistemas SIRGAS2000 e o WGS84.

1.2 – Georreferenciamento digital de imagens orbitais

Normalmente é realizado o georreferenciamento juntamente com correções devido às diversas distorções, especialmente as causadas pela posição do satélite, pela superfície física da Terra (relevo e curvatura) e pela projeção cartográfica. Para a realização de uma ortorretificação das imagens é necessário haver um modelo digital de elevação (MDE), além de pontos de controle terrestres, Toutin & Cheng (2000). Não tendo o MDE, a correção devido ao relevo não pode ser realizada. É comum na literatura chamar de georreferenciamento expedito quando não é realizada a correção devido ao relevo, e georreferenciamento rigoroso, quando é aplicada uma transformação completa, corrigindo-se inclusive as deformações oriundas do relevo do terreno, Fonseca (2004).

Para realizar uma operação deste tipo, os elementos utilizados devem estar coerentes, ou seja, devem estar no sistema geodésico.

2. Metodologia de trabalho

2.1 – Área de Estudo

A área de estudo encontra-se situada na Zona da Mata do Estado de Minas Gerais, contemplando parte dos municípios de Canaã, Araponga e Ervália. Está compreendida entre os meridianos de 42° 31' 19" W e 42° 37' 20" W e entre os paralelos 20° 40' 22" S e 20° 45' 41" S.

A escolha desta área de estudo, teve como motivação, o fato da região ser uma amostra típica e representativa da Zona da Mata mineira, e se caracteriza por um relevo que varia de ondulado a montanhoso, com altitude mínima de 647 m e máxima de 1.288 m.

2.2 Imagem Ikonos II utilizada no estudo.

A imagem Ikonos II disponibilizada para o estudo é do tipo *GEO*, pancromática com 1,0 m de resolução espacial, foi obtida no dia 31 de maio de 2005, abrangendo uma área de 11 por 11 km, possuindo as seguintes características:

- Tamanho do pixel: 1 metro pancromático.
- Ângulo de elevação do sol: 42,81415°
- Ângulo azimutal do sol: 26,7147°
- Ângulo de elevação nominal: 64,73846°
- Ângulo azimutal da imagem: 295,2658°
- Direção da varredura: 180,02°
- Sistema geodésico: WGS84

2.4 Pontos de controle terrestres e Modelo Digital de Elevação.

Para os testes foram obtidas as coordenadas dos pontos utilizando o posicionamento GPS, conforme o recomendado nas normas do INCRA para posicionamento de imóveis rurais, adotando-se como critério para a definição da metodologia de posicionamento com GPS, que os pontos tenham precisão superior a 0,5 m. Para isto, foram obtidos uma grande quantidade de pontos de controle terrestres.

O MDE foi obtido a partir da utilização do mapeamento digital do IBGE, originário da escala 1:50.000 e com equidistância de 20 m, utilizando a ferramenta TOPOGRID do ARCGIS.

Como a imagem original utilizada estava no sistema de projeção UTM e sistema geodésico WGS84, optou-se por trabalhar com os pontos de controle e MDE também nestes sistemas, e utilizar as altitudes ortométricas.

2.5 Georreferenciamentos expedito e rigoroso (ortorretificação) das imagens

Para o georreferenciamento expedito e a ortorretificação das imagens, foram utilizados, respectivamente, o método polinomial simples (transformação afim) e o método das razões de polinômios, disponíveis no módulo *OrthoEngine* do *PCI Geomatics*, usando para isto 49 pontos de controle terrestres e um MDE com 2 metros de resolução espacial.

2.6 Levantamento topográfico digital

Para ser usado como base de referência, realizou-se um levantamento topográfico digital de um trecho da região, utilizando-se estação total GTS 212 TOPCON, partindo-se de marcos com posições conhecidas obtidas com rastreamento GPS. Como resultado, gerou-se uma planta digital com curvas de nível de 2 em 2 metros, com coordenadas UTM no sistema WGS 84.

3. Resultados e Discussão

Por meio de superposições (overlays), foram confrontados o levantamento topográfico digital, com as imagens Ikonos II, tipo bruta (tal como é entregue pelos fornecedores) e submetidas a diferentes tratamentos, tais como: imagem ortorretificada sem falha nos dados; imagem ortorretificada, mas com falha no sistema geodésico dos pontos de controle terrestres; imagem ortorretificada, mas com falha no sistema geodésico do MDE e imagem ortorretificada, mas com as altitudes dos pontos de controle terrestres informada como sendo geodésica, quando deveria ser ortométrica.

A seguir são apresentadas as situações onde foram realizadas superposições do mapa digital usado com referência com as diferentes imagens, bruta e ortorretificadas.

SITUAÇÃO 1: Superposição do mapa digital resultante do levantamento topográfico com a imagem bruta .

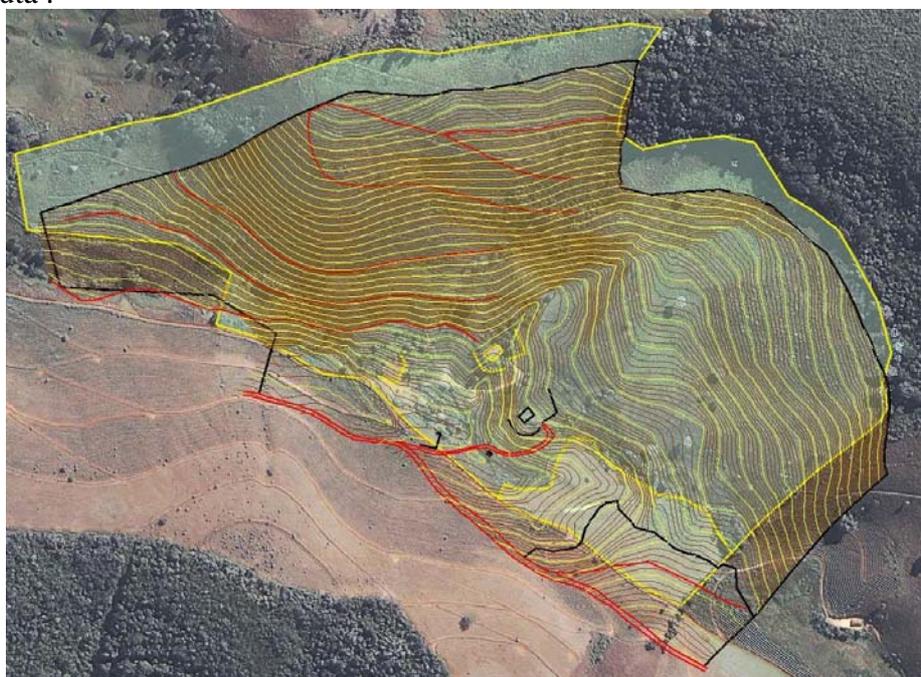


Figura 2 – Superposição do mapa digital resultante do levantamento topográfico com a imagem bruta .

SITUAÇÃO 2: Superposição do mapa digital resultante do levantamento topográfico com a imagem resultante de georreferenciamento expedito (ou transformação polinomial simples).

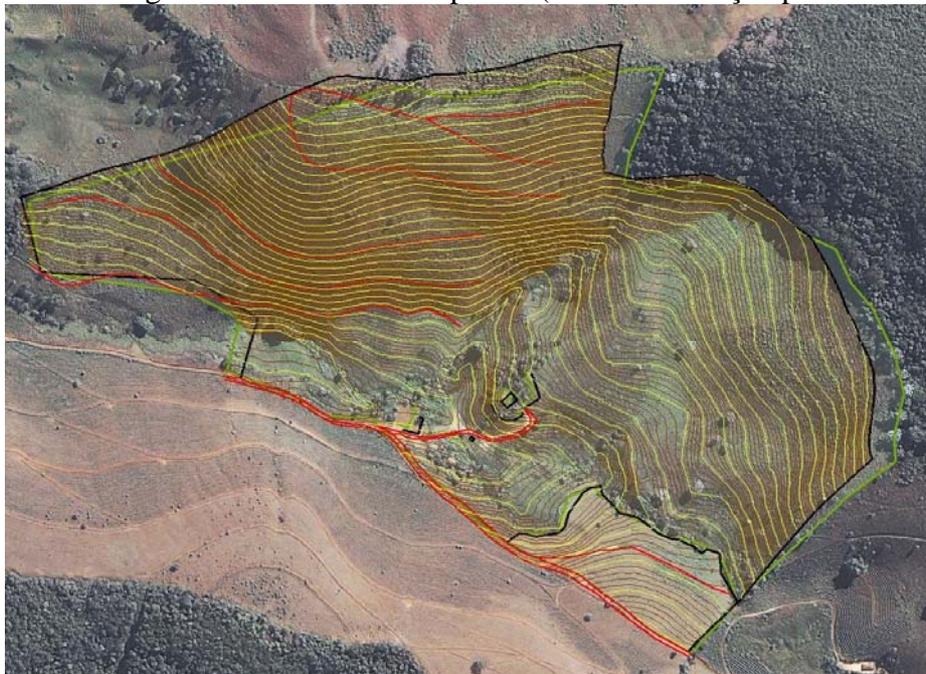


Figura 3 – Superposição do mapa digital resultante do levantamento topográfico com a imagem resultante de georreferenciamento expedito (ou transformação polinomial simples).

SITUAÇÃO 3: Superposição do mapa digital resultante do levantamento topográfico com a imagem resultante de georreferenciamento rigoroso (ortorretificação).

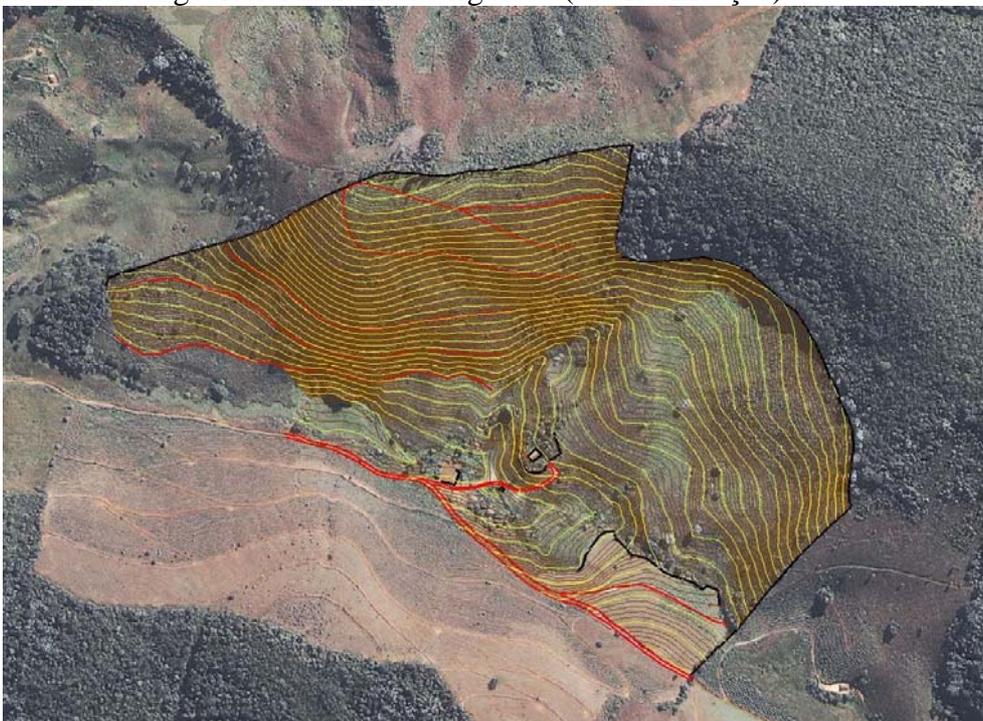


Figura 4 – Superposição do mapa digital resultante do levantamento topográfico com a imagem resultante de georreferenciamento rigoroso (ortorretificação)

SITUAÇÃO 4: Exemplo de incoerência ao informar sobre sistema geodésico. No processo de ortorretificação, o MDE utilizado encontrava-se no sistema geodésico *correto* (WGS 84), já os pontos de Controle terrestres estavam no sistema *errado* (SAD 69).

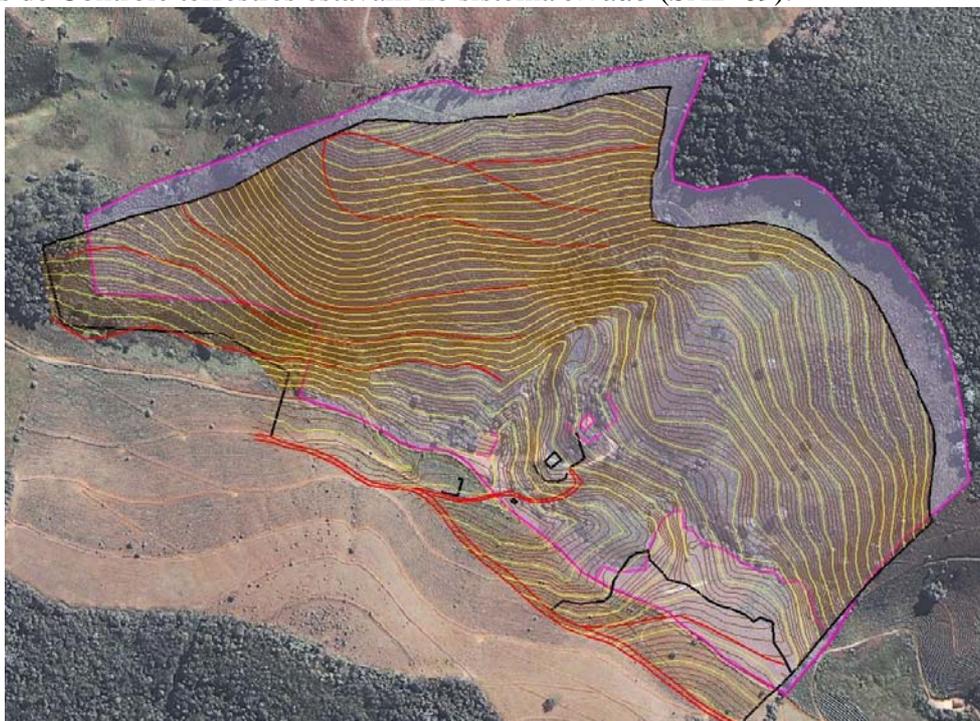


Figura 5 – Superposição do mapa digital resultante do levantamento topográfico com a imagem ortorretificada com falha na definição do sistema geodésico dos pontos de controle terrestres.

SITUAÇÃO 5: Exemplo de incoerência ao informar sobre sistema geodésico. No processo de ortorretificação, o MDE utilizado encontrava-se no sistema geodésico *errado* (SAD 69), já os pontos de Controle estão no sistema *correto* (WGS 84)

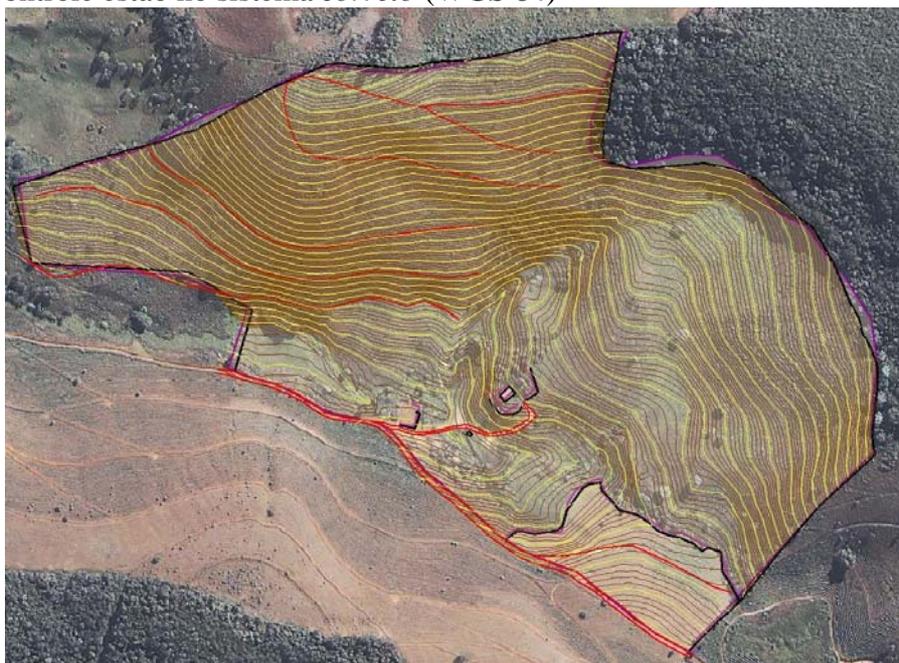


Figura 5 – Superposição do mapa digital resultante do levantamento topográfico com a imagem ortorretificada com falha na definição do sistema geodésico do MDE.

SITUAÇÃO 6: Exemplo de incoerência ao informar sobre sistema geodésico. No processo de ortorretificação, o MDE encontrava-se no Sistema geodésico correto (WGS 84), os pontos de controle terrestres também estavam no sistema correto (WGS 84), só que os pontos de controle estavam com altitudes geodésicas e não ortométricas como é o caso do MDE. Cabe aqui ressaltar que a ondulação do geóide média da região é 6,76 m.

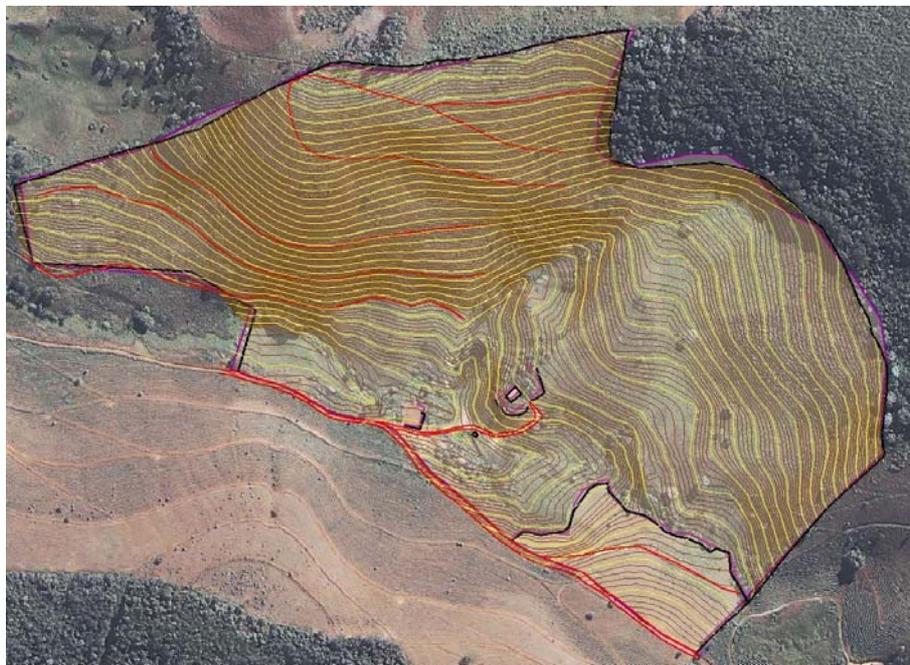


Figura 6 – Superposição do mapa digital resultante do levantamento topográfico com a imagem ortorretificada com falha na altitude dos pontos de controle terrestres.

Na figura 7 encontra-se ilustrado todas as superposições realizadas, mostrando uma confusão que pode acontecer, a menos que se tomem os cuidados e trabalhe com coerência.



Figura 7 – Superposição de todas as situações ilustradas anteriormente.

4. Conclusões

Ao final deste trabalho, pode-se verificar e analisar visualmente os resultados das diferenças de procedimentos, e as conseqüências de falhas na definição de sistemas geodésicos nos produtos finais gerados com imagens de satélites de alta resolução, e chegar a conclusões evidentes, tais como:

- Para a ortorretificação, o MDE e os pontos de controle terrestres devem estar no mesmo sistema geodésico, assim como as altitudes dos pontos de controle terrestres e MDE devem ser de mesma natureza (ortométricas ou geodésicas).
- Para a região em estudo, a ortorretificação apresentou o mesmo resultado utilizando-se MDE e pontos de controle terrestres com mesma natureza ou não.
- Sobrepondo a imagem ortorretificada corretamente com o levantamento topográfico, pode-se ver a eficiência e importância de ortorretificação de imagens orbitais.
- Falhas no sistema geodésico dos pontos de controle terrestres (PCT) influenciam mais no resultados do que as falhas na definição do sistema geodésico do MDE, o que é explicado pelo fato dos PCTs serem usados para o cálculo dos parâmetros de ortorretificação, e o MDE ser utilizado simplesmente para a obtenção das altitudes dos pixels no processo da ortorretificação.

5. Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo suporte financeiro, e ao Instituto de Geociências Aplicadas de Minas Gerais (IGA-MG) pelo apoio técnico e permissão de uso dos programas de computadores.

6. Referencias bibliográficas

Dalazoana, R e Freitas, S. R. C. Efeitos na Cartografia devido a evolução do sistema geodésico brasileiro e adoção de um referencial geocêntrico. Revista Brasileira de Cartografia número 54, 2002, 11p.

FONSECA, A. M. **Exploração de Imagens de Satélites de Alta Resolução**. – Lisboa, 2004. Informação Técnica de Detecção Remota, 35p.

Gemael, C. **Geodésia**. Curitiba, Universidade Federal do Paraná. Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, 147p. 1984.

TOUTIN, T. & CHENG, P. **Demystification of IKONOS**. Earth Observation Magazine EOM, 2000, 9p.