

Constituição de uma base de dados topologicamente consistente a partir do processo de restituição cartográfica de imagem orbital

Darlan Miranda Nunes ¹
Afonso de Paula dos Santos ¹
Marcos Vinicius Sanches Abreu ¹

¹ Universidade Federal de Viçosa - UFV/DEC
Departamento de Engenharia Civil
Setor de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica
36570-000 - Viçosa - MG, Brasil
{darlan.nunes, afonso.santos, marcos.abreu}@ufv.br

Abstract. The satellite images of remote sensing are currently one of the main source for interpretation and extraction's features of the land surface, making possible the development or updating of cartographic bases, as well as the composition of documents for cartographic purpose of these derivatives. Aware of the wide use and potential this tool for mapping cartographic, this work aimed to presents the construction of a database with cartographic information topologically consistent, from mapping land cover/land use, using orbital image “fused”, obtained by the sensors PRISM and AVNIR onboard ALOS satellite (Santos, 2010). For that, employed the cartographic restitution process with the help of edition tools and visual interpretation of image. Ensure the topological consistency of the database signified correct the mistakes originating from edit used in the digitalization in screen of features of the orbital image. Such mistakes were identified through integrity restriction based on topological rules defined and subsequently corrected. From of database topologically consistent, was created a document cartographic, in way of thematic map, representative of the land cover/land use classes, without redundancies or imperfection of digitalization of the features. The restitution process presented itself as a feasible tool in the development of the cartographic base, constituting a alternative source for create documents with the most relevant spatial information of the land surface, with great potential to assist in the decision-making.

Palavras-chave: remote sensing, features, integrity constraints, ALOS, sensoriamento remoto, feições, restrições de integridade, ALOS.

1. Introdução

Considerando a atual difusão do uso de imagens de satélite do sensoriamento remoto como ferramenta de mapeamento amplamente utilizada na cartografia, estas se constituem nos dias atuais uma das principais fontes para interpretação e extração de feições da superfície terrestre, como por exemplo, curso d'água, áreas de cultivo agrícola, campos destinados a pastagens, áreas de matas, etc., tornando possível a elaboração ou atualização de bases cartográficas, bem como a composição de documentos para fins cartográficos.

A construção de uma base de dados com informações cartográficas, ou simplesmente base cartográfica, com a finalidade de produzir posteriormente mapas ou cartas pode ser viabilizada através do mapeamento da cobertura e uso do terreno sobre imagens orbitais empregando o processo de restituição cartográfica com o auxílio de ferramentas de edição e interpretação visual de imagem.

Segundo IBGE (1998), o processo de elaborar um novo mapa ou carta, ou parte dele, a partir de imagens orbitais ou fotografias aéreas, por meio da transferência dos elementos destes para a minuta sob a forma de traços, é denominado de restituição. No âmbito da fotogrametria, o processo analógico de restituição é realizado por instrumentos conhecidos como restituidores, já o processo digital é realizado através de estações digitais fotogramétricas por meio de estereoscopia.

O conceito acima apresentado pode ser estendido e designar como restituição cartográfica, os procedimentos adotados a fim de gerar um documento cartográfico, através da extração/coleta de feições por meio do mapeamento da cobertura e uso do terreno utilizando técnicas de edição cartográfica e interpretação visual de um dado espacial (imagem orbital, imagem aérea, etc.).

De acordo com Guimarães e Gripp Júnior (2010), uma das fases da estruturação de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) ou da produção de bases cartográficas, consiste em editar os dados provenientes de restituições, sendo parte dessa fase, aspectos relacionados à criação e edição de atributos, sua integração a elementos gráficos, compatibilização entre diferentes sistemas de coordenadas, metadados e validação topológica dos elementos.

Ainda segundo os autores, a edição de bases cartográficas em ambiente SIG, utiliza tanto recursos básicos quanto recursos mais sofisticados, os quais utilizam restrições de integridade topológicas. Os primeiros são semelhantes àqueles disponíveis em *softwares* de CAD (*Computer Aided Design*), sendo apenas uma questão de adaptação à interface SIG. Entretanto deve-se ter em mente que, nesses ambientes, os dados geométricos e dados de atributos descritivos estão interligados e, por consequência, requer maior atenção ao uso de comandos de edição que podem alterar os atributos das feições, ocasionando até mesmo, a exclusão indevida de dados.

Basicamente a execução dos comandos de edição é realizada atendendo a seguinte sequência de passos: inicia-se uma sessão de edição; faz-se a seleção do alvo do plano de informação a ser editado; realiza-se a seleção do procedimento ou tarefa que será executado; definem-se as opções de aderência (*snapping*) de pontos notáveis (passo fundamental para minimizar erros de edição); procede-se à realização da edição; e por fim a sessão de edição é encerrada. Ao executar essas etapas, os passos intermediários podem variar de acordo com o comando utilizado, a necessidade de uso deste comando ou a ordem de execução do processo de edição (Guimarães e Gripp Junior, 2010).

Os recursos mais avançados estão relacionados à edição utilizando regras topológicas, específicos de *softwares* voltados para SIG, sendo este utilizado para criar banco de dados espaciais estruturados de acordo com restrições de integridade baseados em regras. As topologias podem ser entendidas como o relacionamento espacial que determina a adjacência e conectividade entre feições (ESRI, 2010). As regras topológicas são propriedades que

definem os relacionamentos espaciais que se deseja modelar e preservar nos dados cartográficos.

Ao se realizar os procedimentos de restituição sobre uma imagem orbital, com o objetivo de constituir uma base de dados com informações cartográficas, empregando ferramentas de edição, podem ser inseridos muitos erros, uma vez que o processo de restituição por meio da edição cartográfica de feições é moroso podendo ocasionar fadiga ao analista/interprete, sendo na maioria das vezes imperceptíveis. Do exposto, fica evidente a necessidade de garantir a consistência topológica da base cartográfica originada por tal método.

Embora metodologias diferentes possam ser utilizadas para controlar ou minimizar os erros de edição no processo de restituição cartográfica, a digitalização vértice a vértice das feições sempre estará sujeita a erros humanos, como por exemplo, os erros de edição ocasionado pelo fator fadiga, já supracitado. A estruturação da base cartográfica em um banco de dados espacial com restrições topológicas é essencial para identificação e correção de tais erros. Dessa forma, torna-se possível aos documentos cartográficos originados da base de dados, transmitirem informações verídicas com relação às feições da superfície terrestres.

Cabe informar que, utilizar o processo de restituição cartográfica com o objetivo de gerar informações geoespaciais das feições do terreno, seja elas provenientes das diversas fontes (imagem orbital, fotografias aéreas, documentos cartográficos já existentes, etc.), a uma base de dados sistematizada a nível federal, estadual, distrital ou municipal, para compor o Sistema Cartográfico Nacional (SCN), normas e padrões de qualidade aos dados espaciais digitais gerados devem ser obedecidos.

2. Objetivo

O presente trabalho teve como objetivo apresentar o processo de restituição cartográfica no mapeamento de cobertura e uso do terreno sobre imagem orbital fusionada, obtida pelos sensores PRISM e AVNIR à bordo do satélite ALOS, com a finalidade de construir uma base de dados com informações cartográficas topologicamente consistente por meio de restrições que garantam a integridade das feições mapeadas.

3. Metodologia de Trabalho

A metodologia para o desenvolvimento deste trabalho pode ser resumida em quatro etapas: 1 - escolha da área de estudo; 2 - estruturação da base cartográfica em um *geodatabase*, onde são armazenadas as feições restituídas e restrições baseadas em regras topológicas; 3 - extração das feições da imagem orbital via digitalização em tela, utilizando ferramentas de edição cartográfica com o auxílio de interpretação visual da imagem; e 4 - validação das regras topológicas pré-definidas e execução das correções cabíveis às feições com erros de edição.

3.1 Área de estudo

A área de estudo corresponde a um trecho do município de Alvinópolis, localizado no estado de Minas Gerais - Brasil, imageada pelo satélite ALOS, em julho de 2008, com área de aproximadamente 9,10km², limitada pelas coordenadas 20°06'11" a 20°07'48" de latitude sul e 43°05'12" a 43°06'56" de longitude oeste, conforme pode ser verificado na Figura 1.

A imagem orbital utilizada foi obtida através da fusão entre o sensor PRISM (*Advanced Land Observing Satellite*), com resolução espacial de 2,5m, e o sensor AVNIR-2 (*Advanced Visible and Near-Infrared Radiometer – Type 2*), com 10m de resolução espacial, a bordo do satélite japonês ALOS (*Advanced Land Observing Satellite*). Esta imagem foi ortorretificada, com acurácia posicional classe A segundo o Padrão de Exatidão Cartográfica - PEC (Brasil, 1984) para a escala de 1:25.000, sendo obtido do trabalho de Santos (2010).

O IBGE por meio de acordo de cooperação científica estabelecido, em outubro de 2006, com a *Alaska Satellite Facility* (ASL), um dos responsáveis pela distribuição das imagens ALOS nas Américas, tornou-se responsável por distribuir as imagens deste satélite aos órgãos dos governos federal, estadual e municipal, instituições de pesquisa e demais usuários não comerciais do Brasil.

Entretanto esta parceria foi encerrada em 25 de março de 2011 (IBGE, 2011), praticamente um mês e meio antes do satélite sair de operação devido a anomalias que comprometeram a geração de energia do satélite (JAXA, 2011).

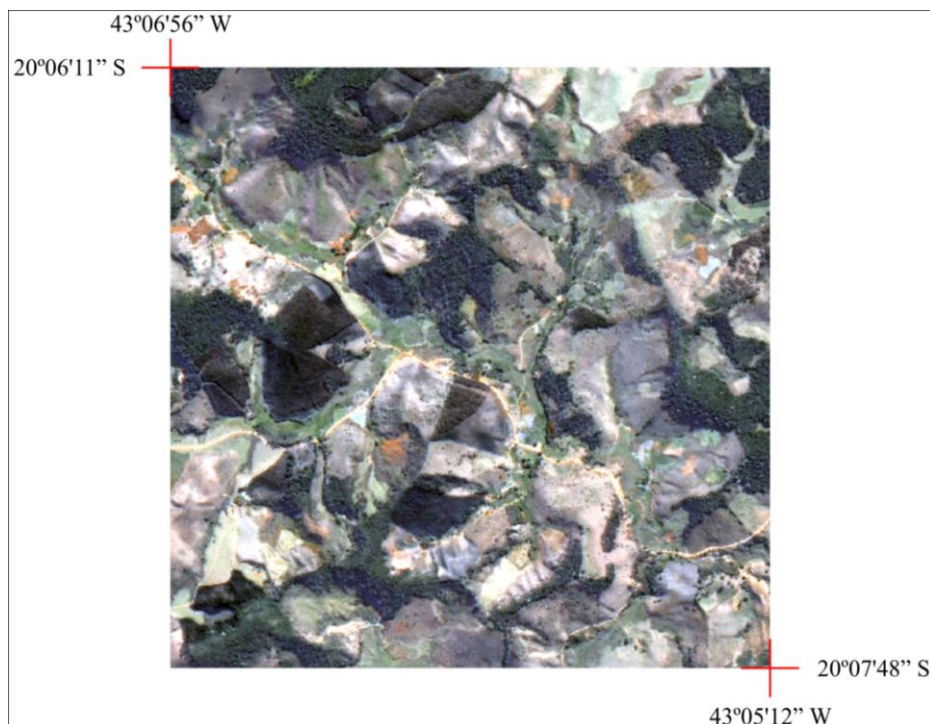


Figura 1 - Imagem orbital da área de estudo, município de Alvinópolis-MG, fusionada a partir do sensor PRISM e AVNIR-2, satélite ALOS.

3.2 Estruturação da base cartográfica em um *geodatabase*

De acordo com Lisboa Filho (2000), os objetos de um banco de dados espacial representam as entidades do mundo real através do armazenamento de seus atributos espaciais e não-espaciais, assim como seus relacionamentos. Além da manutenção dos dados é necessário manter os diferentes tipos de relacionamentos envolvendo esses dados.

Existe uma gama de variedades de relacionamentos espaciais possíveis. Dentre os quais, alguns são mantidos através de estruturas de dados dos SIG, como por exemplo, os relacionamentos de conectividade entre linhas e de adjacência entre polígonos (Lisboa Filho, 2000).

Segundo Laurini e Thompson (1992), em um banco de dados espacial do tipo cartográfico, os objetos são vistos e manipulados de forma independente. Dessa forma é necessária a estruturação (armazenamento) destes objetos em um banco de dados espacial do tipo topológico, o qual suporta relacionamentos espaciais estruturados de acordo com restrições de integridade baseado em regras topológicas.

O desenvolvimento deste trabalho foi realizado em ambiente SIG utilizando o *software* ArcGIS Desktop 10.0, utilizando o banco de dados proprietário do software denominado *File Geodatabase*, chamado neste trabalho somente por *geodatabase*.

A partir da *geodatabase* foi possível estruturar a base cartográfica, criando classes de feições dos tipos linha e polígonos bem como regras topológicas a serem utilizadas posteriormente no resultado do processo de restituição.

Um dos aspectos relevantes na estruturação da *geodatabase* é a definição do sistema de coordenadas, o qual as feições armazenadas nestes também compartilharão. Para tanto, definiu-se um sistema de coordenadas planas por meio do sistema de projeções UTM (*Universal Transversa de Mercator*) com fuso 23, hemisfério Sul e datum WGS 1984. A definição destes parâmetros se deve a fato de serem os mesmos da imagem orbital.

3.3 Extração das feições da imagem orbital via digitalização em tela, utilizando ferramentas de edição cartográfica com o auxílio de interpretação visual da imagem

Estruturada a base cartográfica, esta etapa consistiu em extrair as feições da imagem orbital via digitalização com o auxílio de interpretação visual da imagem.

A coleta das feições foi realizada por meio da digitalização em tela empregando ferramentas de edição. Para tanto, cada objeto identificado visualmente na imagem teve seu contorno delimitado percorrendo seus limites, no caso de áreas (polígonos), ou demarcando seu percurso para o caso de feições lineares.

A cada elemento digitalizado foi atribuído sua respectiva denominação de acordo com a chave de interpretação das classes de cobertura e uso do terreno. A Tabela 1 resume as classes mapeadas.

Esta etapa é caracterizada como o processo de restituição cartográfica da imagem orbital, visto que as feições foram extraídas em forma de traços através da associação de digitalização em tela utilizando de ferramentas de edição cartográfica e interpretação da imagem.

Tabela 1 - Classes de cobertura e uso do terreno digitalizadas em tela, ilustrando o respectivo tipo de feição utilizada.

Classe de cobertura e uso do terreno	Tipo de feição		Descrição
	Polígono	Linha	
Cobertura vegetal	x		Áreas cobertas com vegetação nativa nos diferentes estágios de vegetação (capoeira, mata, etc.)
Silvicultura	x		Áreas com plantio de eucalipto e pinus
Pasto	x		Áreas transformadas para o pastoreio
Pasto sujo	x		Pequenos arbustos associados à pastagem abandonada
Edificações	x		Edificações e benfeitorias (casas de colonos, terreiros de secagens de grãos, tulhas, etc.)
Área agrícola	x		Áreas de cultivo de cultura perene e culturas anuais (milho, feijão, hortaliças, etc.)
Solo exposto	x		Áreas sem cobertura vegetal
Corpos d'água	x		Lagos artificiais, pequenos reservatórios de água, etc.
Hidrografia		x	Pequenos córregos e rios
Estradas		x	Estradas vicinais, ruas, acessos e rodovia

3.4 Validação das regras topológicas pré-definidas e execução das correções cabíveis às feições com erros de edição

O resultado da etapa anterior constituiu a base de dados com informações cartográficas provenientes do processo de restituição. Essas informações foram armazenadas na base de dados como classes de feições, de acordo com a Tabela 1, representantes da cobertura e uso do terreno da área mapeada.

A estruturação da base de dados em um *geodatabase* tornou possível realizar, nesta etapa, a análise topológica dos dados de acordo com as restrições estabelecidas no momento de sua implantação e execução das devidas correções necessárias.

Dessa forma, neste passo, validaram-se duas regras topológicas para feições restituídas com geometria do tipo polígono e três para aquelas do tipo linhas, quais sejam: para as classes representadas por polígono não devia haver sobreposição e espaços vazios entre seus elementos, enquanto que não podiam ocorrer falsos nós, intersecção e sobreposição entre classes com feições do tipo linha.

Essas restrições topológicas foram implementadas, observando que todas as áreas da imagem devem ser mapeadas com ausência de espaços vazios, elementos de classes diferentes não devem se sobrepor ou se intersectar, pois poderia incorrer na omissão de feições. Por sua vez, as classes lineares devem ser contínuas sem subdivisões inapropriadas, ou seja, as quebras de conectividade entre as feições lineares (falsos nós) onde estas não existem, devem ser verificadas e corrigidas.

Ao validar as regras topológicas, as feições que as violavam foram identificadas e corrigidas utilizando tanto de ferramentas de edição cartográfica, de modo a corrigir tal feição manualmente, quanto empregando alternativas de correções automáticas fornecidas pelo *software*.

As feições inconsistentes são advindas de erros cometidos durante o processo de restituição ao executar sobre a imagem a digitalização manual por meio das ferramentas de edição cartográfica.

Caso esses erros sejam ignorados, as classes de cobertura e uso do terreno podem não representar corretamente seu correspondente elemento da superfície terrestre, repassando ao usuário da base cartográfica ou dos documentos dela derivados, informações inverídicas.

4. Resultados e Discussão

Após executar os procedimentos topológicos, o resultado obtido foi uma base de dados na qual suas feições constituintes estão consistente em adjacência e conectividade, justificando a designação base de dados topologicamente consistente.

As classes formadas por estas feições são representativas da cobertura e uso do terreno, mapeadas através da técnica de restituição cartográfica.

Cabe destacar que, embora os erros de edição cartográfica tenham sido eliminados da base de dados utilizando as restrições topológicas para garantir a integridade das feições, ainda pode haver erros de identificação dos objetos da imagem orbital, ocasionados na fase de interpretação visual. Mesmo com o auxílio de chaves de interpretação, a qualidade em discriminação dos diferentes tipos de elementos da imagem é diretamente proporcional a experiência e afinidade com processo de interpretação.

A Figura 2 ilustra um mapa temático originado da base de dados com informações cartográficas topologicamente consistente, representando as classes de cobertura e usos do terreno da área de estudo mapeada.

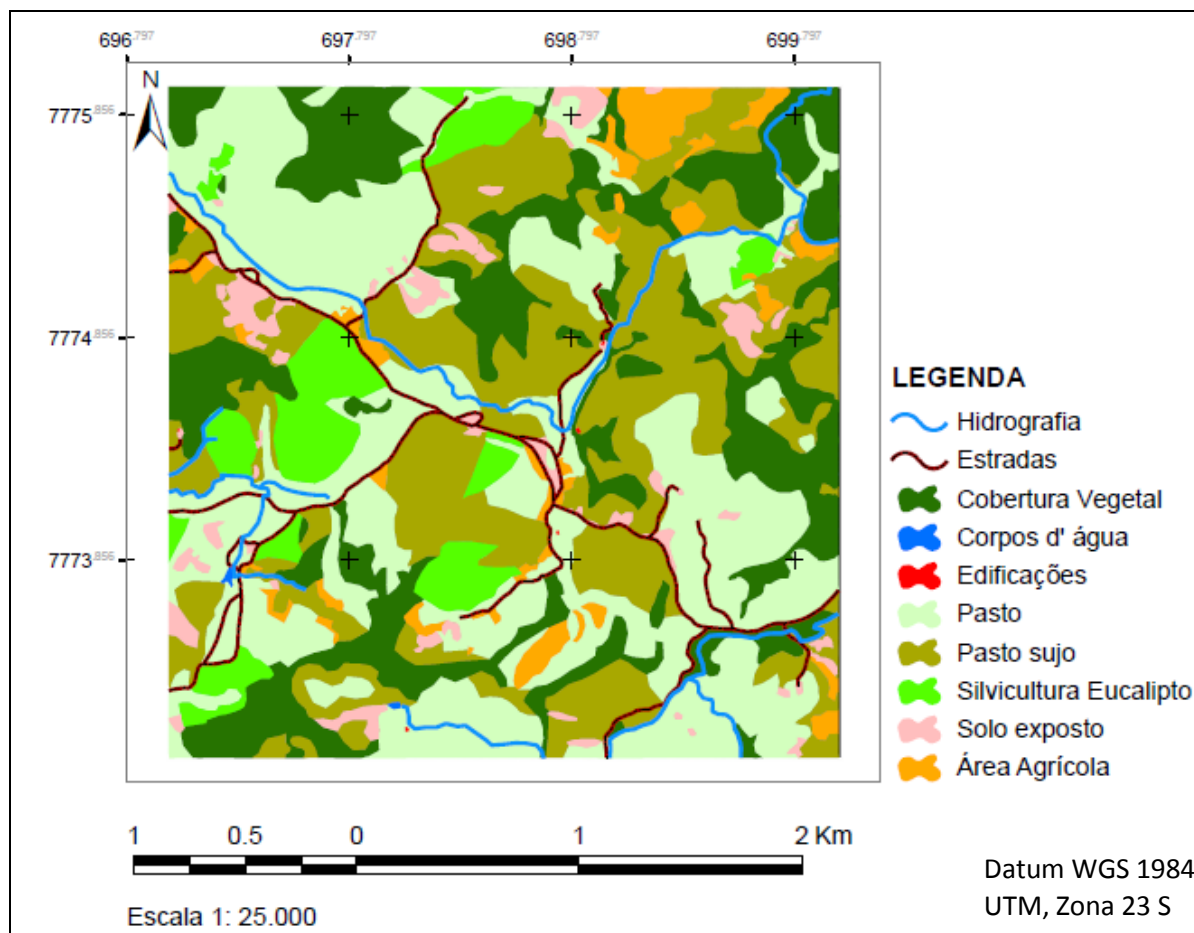


Figura 2 - Mapa temático resultado da restituição cartográfica representado os diferentes usos e ocupação do terreno (Sistema de coordenadas planas em km - Escala 1:25.000).

5. Conclusão

Embora a fase de mapeamento via digitalização em tela das feições de cobertura e uso do terreno sobre a imagem orbital seja um processo moroso, a técnica de restituição cartográfica apresenta-se como um instrumento viável a produção e/ou atualização de bases cartográficas, sendo uma fonte alternativa para gerar documentos com as informações espaciais mais relevantes da superfície terrestre, de grande potencial auxiliar para a tomada de decisão.

A estruturação da base de dados considerando aspectos topológicos é imprescindível para garantir a integridade da geometria e relacionamento espacial das feições mapeadas. A partir dessa estrutura, os erros inerentes ao processo de edição puderam ser corrigidos, constituindo uma base cartográfica consistente, com informações isentas de tais erros.

Referências Bibliográficas

Brasil. **Decreto nº 89.817, de 20 de junho de 1984.** Estabelece as Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 20.jun. 1984. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1980-1989/D89817.htm>. Acesso em: 08.nov. 2012.

Environmental Systems Research Institute (ESRI). ArcGIS 10.0 Desktop Help. Disponível em: <<http://help.arcgis.com/en/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#/006200000001000000.htm>>. Acesso em: 15.nov. 2012.

Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Noções Básicas de Cartografia.** 1998.127p. Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Término do Acordo de Cooperação**. In. ALOS, 2011. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/alos>>. Acesso em: 15.nov. 2012.

Guimarães, W. D.; Gripp Júnior, J. **Notas de Aula. Disciplina: Cartografia Digital I**. UFV. 2010. Viçosa, MG, Brasil.

Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA). **DAICHI (ALOS) operation completion**. In. Press Releases. 2011. Disponível em: < http://www.jaxa.jp/press/2011/05/20110512_daichi_e.html>. Acesso em: 15.nov. 2012.

Lisboa Filho, J. Projeto de Banco de Dados para Sistemas de Informação Geográfica. In: Nunes, R. C. (Org.). **VIII Escola de Informática da SBC Sul (Ijuí-RS, Foz do Iguaçu-PR, Tubarão-SC)**. Santa Maria: Editora da UFSM, 2000, v. 1, p. 115-146.

Laurini, R.;Thompson, D. **Fundamentals of Spatial Information Systems**. San Diego: CA, Academic Press Inc., 1992. 680p.

Santos, A. P. **Avaliação da acurácia posicional em dados espaciais com o uso da estatística espacial**. 2010. 128p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil / Informações Espaciais) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2010.