

## Validação da função mancha de inundação do SPRING

Ana Paula Moni Silva<sup>1</sup>  
Alexandre Augusto Barbosa<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Centro Universitário de Itajubá – UNIVERSITAS  
Av. Dr. Antonio Braga Filho, n. 687 – 37501 002 – Itajubá – MG - Brasil  
anamoni@unifei.edu.br

<sup>2</sup>Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI  
Av. BPS, n. 1303 – 37500 903 - Itajubá – MG – Brasil  
barbosa@unifei.edu.br

**Abstract:** Floodings are natural events, that have its effect increased for the human action. The occurrence with this type of critical event demands some measures, to diminish the human and economic losses. A spot for the critical event occurred in January of 2000 was generated, to verify the validity of the SPRING, being that the results had been satisfactory.

**Palavras-chave:** Flood inundation map, digital elevation models, SPRING, Itajubá inundation. Manchas de inundação, modelo digital de terreno, SPRING, enchentes em Itajubá.

### 1. Introdução

A previsão de áreas atingidas por inundações é fortemente dependente da topografia, ocupação e uso do solo e, mudanças climáticas. Trata-se de um processo dinâmico, complexo tanto no contexto espacial como no temporal.

Para tanto, pode-se, através de modelos hidrodinâmicos associados a Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), elaborar previsões de áreas susceptíveis à inundações.

O objetivo deste artigo é gerar manchas de inundação, para um determinado evento extremo, a partir de uma função específica do SPRING, um SIG. Os resultados obtidos pela mancha através do SPRING, para a cheia ocorrida em 2000, na cidade de Itajubá/MG, serão comparados com as cotas de inundação na área urbana do município para esse evento. Assim, poderá verificar a eficiência e a precisão da função mancha de inundação do programa.

### 2. Inundação

O desenvolvimento histórico da utilização de áreas livres explica os condicionamentos urbanos hoje existentes. Devido à grande dificuldade de meios de transporte no passado, utilizava-se o rio como a via principal. As cidades se desenvolveram às margens dos rios ou no litoral. Pela própria experiência dos antigos moradores, a população procurou habitar as zonas mais altas onde o rio dificilmente chegaria. Com o crescimento desordenado e acelerado das cidades, principalmente na segunda metade do século XX, as áreas de risco considerável, como as várzeas inundáveis, foram ocupadas, trazendo como consequência prejuízos humanos e materiais de grande monta (TUCCI, 2002).

As condições meteorológicas e hidrológicas propiciam a ocorrência de inundação. O conhecimento do comportamento meteorológico de longo prazo é muito pequeno devido ao grande número de fatores envolvidos nos fenômenos meteorológicos e à interdependência dos processos físicos a que a atmosfera está sujeita. As condições hidrológicas que produzem a inundação podem ser naturais ou artificiais.

As condições naturais são aquelas cuja ocorrência é propiciada pela bacia em seu estado natural. Algumas dessas condições são: relevo, tipo de precipitação, cobertura vegetal e capacidade de drenagem.

As condições artificiais são aquelas provocadas pela ação do homem. Alguns exemplos são: obras hidráulicas, urbanização, desmatamento, reflorestamento e uso agrícola. A bacia rural possui maior interceptação vegetal, maiores áreas permeáveis (infiltração do solo), menor escoamento na superfície do solo e drenagem mais lenta. A bacia urbana possui superfícies impermeáveis, tais como telhados, ruas e pisos, e produz aceleração no escoamento, através da canalização e da drenagem superficial. Os resultados da urbanização sobre o escoamento são: aumento da vazão máxima e do escoamento superficial, redução do tempo de pico e diminuição do tempo de base. A urbanização e o desmatamento produzem um aumento na frequência da inundação nas cheias pequenas e médias. (TUCCI, 2002).

### **2.1. Zoneamento de áreas inundáveis**

O zoneamento de áreas inundáveis é realizado a partir da definição do risco de inundação de diferentes cotas e o respectivo mapeamento. A regulamentação ou zoneamento das áreas ribeirinhas definirá tipos de ocupação que serão permitidas nas regiões de maior ou menor risco à inundação e deve fazer parte do plano diretor da cidade.

Assim, o mapeamento das planícies de inundação de uma cidade é um instrumento essencial para a ordenação do uso e ocupação do solo e o direcionamento das expansões urbanas. Além de facilitar a elaboração do Plano de Defesa Civil que estabelece as ações individuais e corretivas para minimizar perdas durante as enchentes (CPRM, 2004).

### **2.2. Mapeamento de áreas inundáveis utilizando um SIG**

O mapeamento das planícies de inundação através de um SIG consiste basicamente no relacionamento entre o modelo digital de terreno (MDT) da área em estudo, também chamado de modelo numérico de terreno (MNT), e os perfis da linha d'água dos eventos de cheia com diferentes probabilidades de excedência (CPRM, 2004).

## **3. Caracterização da área de estudo**

O município de Itajubá – MG, desde sua fundação, sofre com problemas de inundações. De acordo com MORAES (2003) foram 74 eventos de cheia, desde 1821. Sendo algumas consideradas de grande porte e algumas localizadas<sup>1</sup>. PINHEIRO (2005) apresentou um levantamento técnico sobre esses eventos em Itajubá, além do levantamento de algumas características hidráulicas do Rio Sapucaí dentro do município de Itajubá.

### **3.1. O Município**

A área de estudo localiza-se no município de Itajubá – Minas Gerais, que está localizado pelas coordenadas Latitude Sul – 22°:25':36,55" e Longitude Oeste "Greenwich"- 45°:27':33,42" (Igreja Matriz de Soledade), na região do Sul de Minas.

De acordo com censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE - o município de Itajubá possuía em 2005 uma população de, aproximadamente, 89.795 habitantes, em uma área de 290 km<sup>2</sup>. Sendo 80% de área rural e 20% Km<sup>2</sup> de área urbana, aproximadamente.

---

<sup>1</sup> Com base em relatos históricos, embasados em entrevistas com moradores e recortes de jornais.

### 3.2. O Rio Sapucaí

Nascendo na Serra da Mantiqueira, no município de Campos de Jordão – SP, a aproximadamente 1.700m de altitude, e desaguando no Rio Grande (Lago de Furnas), a aproximadamente 780m de altitude, na margem esquerda, no município de Paraguaçu – MG, o rio Sapucaí é o principal rio da região. Atravessa dois estados: São Paulo e Minas Gerais, percorrendo 34 km no primeiro e 309 km no segundo, aproximadamente.

Como a área de interesse dessa dissertação é o município de Itajubá, o trecho do rio Sapucaí a ser estudado pertence à bacia do Alto Sapucaí. Na Bacia do Alto Sapucaí, da nascente até uma seção da foz do Ribeirão Vargem Grande, o rio percorre aproximadamente 120 km. A área de drenagem do trecho estudado tem um total de aproximadamente de 1.000 km<sup>2</sup>, da nascente até o município de Itajubá. A Bacia localiza-se entre os paralelos 22°:40':38" e 22°:12':33" de latitude sul e os meridianos 45°:04':39" e 45°:45':33".

A **Figura 1** apresenta um mapa da bacia do Alto Sapucaí.

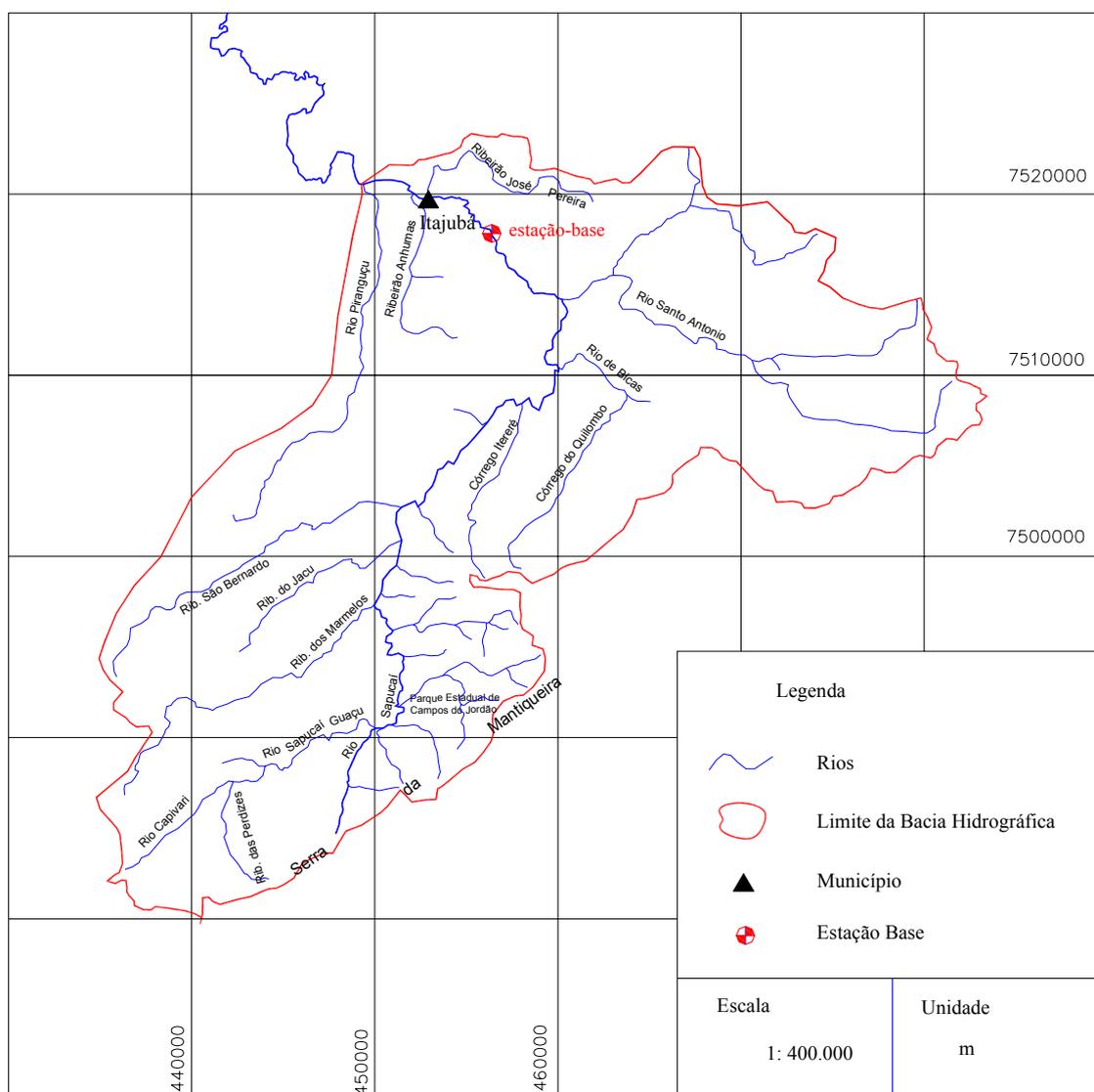


Figura 1: Bacia do Alto Sapucaí. Elaborado por MONI SILVA.

De acordo com BARBOSA et al. (2000), a declividade da lâmina d'água do Rio Sapucaí no perímetro urbano da cidade, por ocasião do pico de cheia de 2000, ocorrida no mês de janeiro, apresentou um resultado de 0,66 m/km.

As cotas de inundação para seção foram calculadas, considerando a declividade do Rio Sapucaí. O mesmo processo foi repetido para o Rio Piranguçu, Ribeirão Anhumas e Ribeirão José Pereira, que deságuam no Rio Sapucaí dentro da cidade de Itajubá. A **Tabela 1** apresenta as declividades usadas para os cálculos das cotas de inundação.

Tabela 1: Declividades dos cursos d'água que atravessam Itajubá.  
Fonte BARBOSA (2000) e PINHEIRO (2005)

<i>Curso d'água</i>	<i>Declividade</i>
Rio Sapucaí	68 cm/km
Rio Piranguçu	60 cm/km
Ribeirão Anhumas	60 cm/km
Ribeirão José Pereira	70 cm/km

A **Figura 2** apresenta um diagrama unifilar para o trecho do Rio Sapucaí no município de Itajubá:

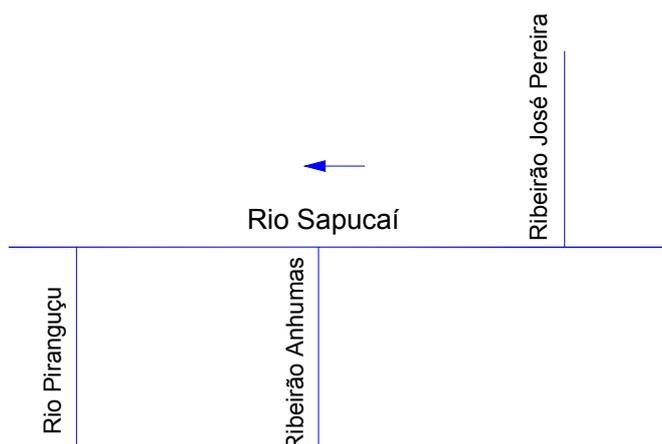


Figura 2: Diagrama unifilar do trecho itajubense do Rio Sapucaí.

#### 4. Programas

**a) O AutoCad:** é um programa robusto que tem se mostrado útil nas diversas áreas de engenharia. Assim, levantamentos topográficos são comumente elaborados neste programa. Também permite trabalhar e gerar certos tipos de dados, com extensões específicas: *.jpeg*, *.dwg*, *.dxf*, entre outras. O pré-processamento dos dados topográficos usados neste trabalho foi feito todo usando este programa.

**b)O SPRING:** O SPRING (Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas) é um SIG com funções de processamento de imagens, análise espacial, modelagem numérica de terreno e consulta a banco de dados espaciais (SPRING, 2005).

O SPRING é baseado em um modelo de dados orientado a objetos, do qual são derivadas sua interface de menus e a linguagem espacial LEGAL.

Baseado nessas características o SPRING tem se mostrado uma opção altamente atrativa na área de geoprocessamento, pois passa a ser considerado um software de domínio público, podendo ser adquirido pela Internet.

## 5. A função Mancha de Inundação do SPRING

ROSIM (2003) apresenta um método para delimitação automática de manchas de inundação baseado na distância mínima entre cada posição do espaço de busca e as cotas de inundação. As informações utilizadas foram: altimetria da área de estudo estruturada em uma grade regular retangular, a rede de rios e as cotas de inundação, definidas pelo modelo hidrodinâmico Mike11. O sistema de informação geográfica SPRING foi empregado como plataforma de desenvolvimento deste método.

### 5.1. Elaboração de uma mancha de inundação

Para se elaborar uma mancha de inundação usa-se para o pré-processamento dos dados o AutoCad e uma função do SPRING, chamada “Mancha de Inundação”. Para esta são necessários a topografia, a rede de drenagem da área de estudo, e as cotas de inundação para determinados pontos ao longo da rede drenagem.

O tempo de processamento consumido na geração das manchas é variável considerando a quantidade de dados, o computador utilizado, o tipo de dados e a metodologia empregada.

## 6. Conclusões

Alguns testes são necessários para verificar a eficiência da função “Mancha de Inundação”. Assim, foi escolhida a cheia de janeiro de 2000 para verificar se a mancha gerada confere com os níveis de cheia em alguns pontos da cidade de Itajubá.

Na **Figura 3**, é apresentada a mancha de inundação da cheia de 2000, gerada pelo SPRING. Na **Tabela 2** é apresentado um resumo dos dados, comparando pontos de inundação gerados pelo SPRING com os dados medidos por PINHEIRO (2005).

Tabela 2: Resumo dos dados da cheia de 2000 (PINHEIRO, 2005) e dos dados gerados pelo SPRING.

	<i>Ponte Guaraci Guedes (Santos Dumont)</i>	<i>Ponte Tancredo Neves</i>	<i>Ponte Randolpho Paiva (Mercado)</i>	<i>FEPI</i>	<i>Ponte José Job (IMBEL)</i>	<i>Estação-Base COPASA</i>
Coordenadas Planas [m]	450.564,16 e 7.520.646,88	452.471,56 e 7.519.698,02	453.362,88 e 7.519.855,92	454.019,64 e 7.519.614,00	455.675,06 e 7.518.160,38	456.356,97 e 7.517.788,02
Cota altimétrica (NA) [m]	835,77	836,27	838,0	838,1	839,9	840,3
Cota da margem (Terreno) [m]	840,70 (ponte)	844,16 (ponte)	845,46 (ponte)	843,7	848,0 (ponte)	844,3
Cota de inundação Cheia 2000 – histórica [m]	841,0	843,0	844,3	844,7	845,7	846,9
Cota de inundação Cheia 2000 – SPRING [m]	841,5	843,0	843,9	844,5	846,2	846,9

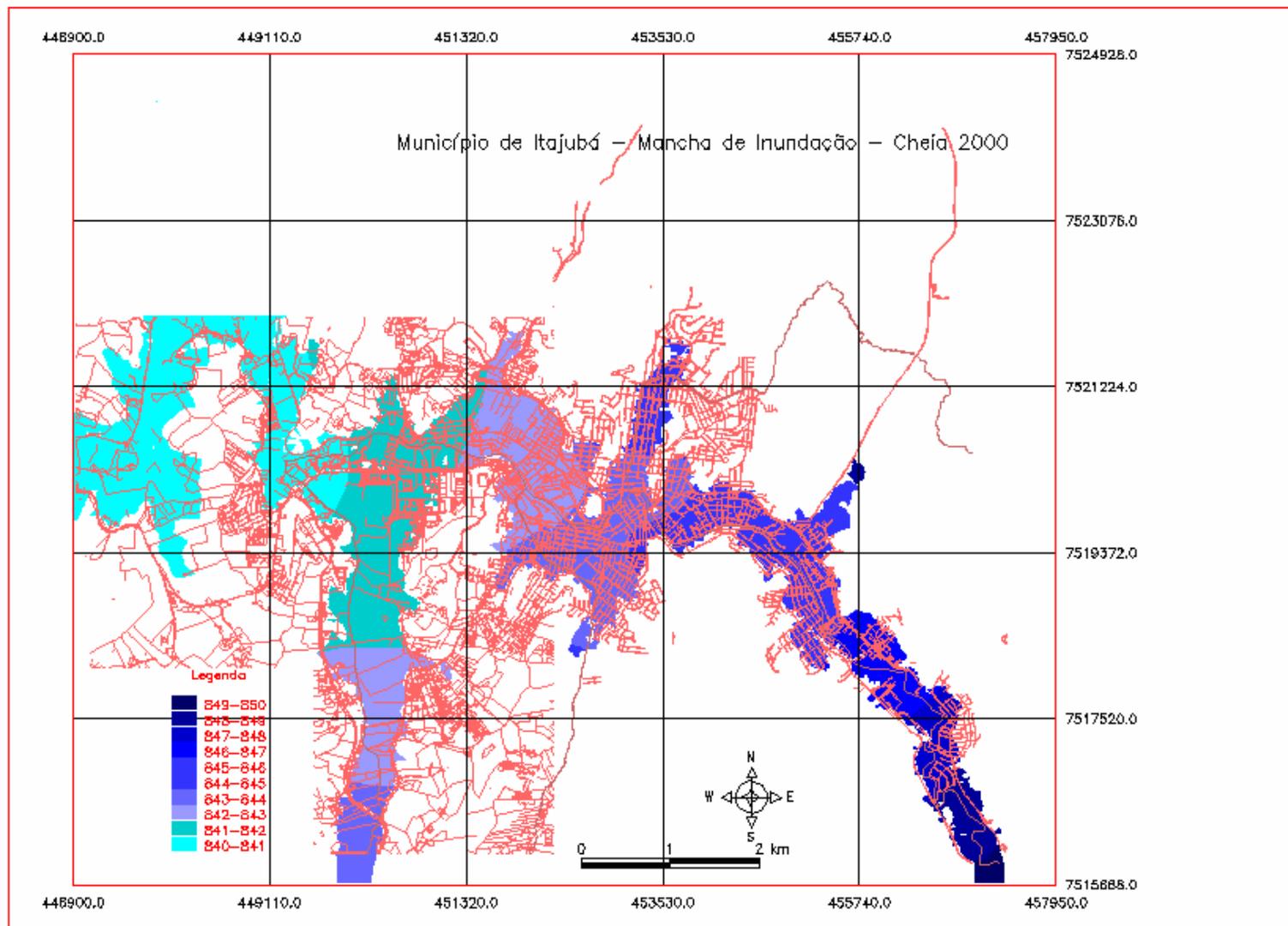


Figura 3: Mancha de Inundação para a cheia de janeiro de 2000. Cota de inundação = 846,89 m.

Através dos dados obtidos por PINHEIRO (2005) e os gerados pelo SPRING, pode-se verificar que o programa fornece resultados muito próximos da realidade.

As pequenas variações encontradas entre os dados medidos e os gerados computacionalmente podem ter ocorrido em função de alguns fatores: declividade usada na geração das cotas de inundação, falta de dados de outros eventos extremos. Mas mesmo com tais variações o programa se mostrou robusto e eficiente ao manipular grande quantidade de dados e gerar resultados tão significativos.

Para a determinação das cotas de inundação foi utilizada a declividade média dos cursos d'água, sabe-se porém que ela é variável ao longo do rio. Sugere-se que seja feito um levantamento da declividade mais detalhado.

Para que os valores simulados possam convergir para valores os mais reais possíveis, ainda são necessárias maiores campanhas de medição das características hidráulicas do Rio Sapucaí e seus afluentes para os diversos regimes de escoamento; incluindo nesses, os futuros eventos de cheias extremas.

## 7. Referências bibliográficas

Apostila SPRING Básico. 2005. Elaborada por Eymar Silva Sampaio Lopes. [On-line] Disponível na Internet no endereço eletrônico: <http://www.dpi.inpe.br/spring>. Data de acesso: 10/10/2005.

BARBOSA, A. A. et al (org.). 2000. **Relatório da Comissão de Avaliação Técnica para Recuperação e Urbanização das Margens do Rio Sapucaí e seus afluentes da Área Urbana**. UNIFEI.

CAMARA, G., DAVIS, C., MONTEIRO, A. M., D'ALGE, J.C. 2001. **Introdução à Ciência da Geoinformação**. 2ª ed. São José dos Campos, INPE.

CAMARA, G. et al. 1996. **SPRING Integrating Remote Sensing and GIS with Object - Oriented Data Modelling**. Computers and Graphics.

CPRM, ANA e IGAM. 2004. **Definição da Planície de inundação da cidade de Governador Valadares**. Belo Horizonte. 30 p.

MORAES, J. M. 2003. **Rio Sapucaí – Vereda da visão de uma Alvorada**. ACR & Associados.

PINHEIRO, V. M. 2005. **Avaliação Técnica e Histórica das Enchentes em Itajubá – MG**. Dissertação de Mestrado em Engenharia da Energia, UNIFEI. Concluída em 2005.

SPRING – **Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas**. 2005. [On-line] Disponível na Internet no endereço eletrônico: <http://www.dpi.inpe.br/spring/>. Data de acesso: 20/01/2006.

TUCCI, C. E. M. 2002. **Hidrologia: ciência e aplicação**. Editora da UFRGS/ABRH. 3ª ed. Porto Alegre. 943p.

## Agradecimentos

Os autores agradecem a Prefeitura Municipal de Itajubá por fornecer o levantamento aerofotogramétrico do município; e ao Sérgio Rosim do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais pelo auxílio técnico.