

# **Sensoriamento Remoto I**

**José Antonio Pacheco de Almeida  
Paulo José de Oliveira**



**São Cristóvão/SE  
2010**

# Sensoriamento Remoto I

## Elaboração de Conteúdo

José Antonio Pacheco de Almeida

Paulo José de Oliveira

---

## Projeto Gráfico e Capa

Hermeson Alves de Menezes

## Diagramação

Neverton Correia da Silva

---

Copyright © 2010, Universidade Federal de Sergipe / CESAD.  
Nenhuma parte deste material poderá ser reproduzida, transmitida e gravada por qualquer meio eletrônico, mecânico, por fotocópia e outros, sem a prévia autorização por escrito da UFS.

FICHA CATALOGRÁFICA PRODUZIDA PELA BIBLIOTECA CENTRAL  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE

Almeida, José Antonio Pacheco de.  
A447      Sensoriamento remoto I / José Antonio Pacheco de  
Almeida, Paulo José de Oliveira. -- São Cristóvão:  
Universidade Federal de Sergipe, CESAD, 2010.

1. Sensoriamento remoto. I. Oliveira, Paulo José de.  
I Título.

CDU 528.8

## ESTEREOSCOPIA

### **META**

Apresentar as técnicas para a visualização de fotografias aéreas em 3D.

### **OBJETIVOS**

Ao final desta aula, o aluno deverá:

- Compreender o mecanismo para visualização estereoscópica de fotografias aéreas.
- Entender como se monta um par estereoscópico.

### **PRÉ-REQUISITOS**

Dominar o conteúdo da aula 2. Além do material didático e pessoal indicado na aula anterior, o Laboratório de seu pólo deverá disponibilizar os seguintes equipamentos: estereoscópio de bolso (um por aluno) e estereoscópio de espelhos (um por pólo).

### INTRODUÇÃO

Na aula anterior estudamos os conceitos básicos que envolvem as fotografias aéreas. Verificamos que o entendimento da geometria e das características das fotografias aéreas utilizadas para o estudo da paisagem, sendo determinante para que possamos aplicar adequadamente as técnicas de fotointerpretação na construção de mapas.

Nesta terceira aula, você estudará os métodos existentes para a visualização tridimensional ou estereoscopia, mais conhecida como 3D. Veremos que a visualização tridimensional em equipamentos somente é possível porque estes reproduzem uma característica do olho humano.

O olho humano é o principal instrumento para a visão estereoscópica, pois sem uma boa acuidade visual, o indivíduo pode ter dificuldade para uma adequada visão tridimensional dos objetos geográficos fotografados. Dessa forma, para uma boa visão estereoscópica, faz-se necessário que os dois olhos tenham a mesma capacidade de visão.

A visão tridimensional (3D) está intimamente associada à fotointerpretação de imagens aéreas, portanto, indispensável ao geógrafo para o estudo acurado da paisagem, possibilitando a obtenção de informações e medidas dos objetos geográficos fotografados.

As fotografias aéreas são tomadas de tal maneira que um mesmo objeto aparece em duas fotografias sucessivas, tiradas de ângulos diferentes. Com essas duas fotografias, faz-se chegar a cada olho uma imagem do objeto a ser estudado. Uma vez feita a fusão das duas imagens (fusão binocular), obtém-se a “percepção” estereoscópica (em três dimensões), através de uma imagem virtual. Cada posição do avião ao adquirir a fotografia corresponderá a cada um dos olhos e permitirá a visão estereoscópica.

### ESTEREOSCOPIA

A estereoscopia é o processo que possibilita a percepção de profundidade usando-se duas fotografias aéreas de uma mesma área de estudo tirada de posições diferentes. Tal processo permite a visão estereoscópica, ou seja, a visão tridimensional (3D)

A paralaxe é o deslocamento aparente de um referencial, causado pelo deslocamento do observador. Dessa forma as fotografias aéreas são tomadas de tal maneira que um mesmo objeto aparece em duas fotografias sucessivas, tiradas de ângulos diferentes. Com essas duas fotografias, faz-se chegar a cada olho uma imagem do objeto a ser estudado. Uma vez feita a fusão das duas imagens (fusão binocular), obtém-se a “percepção” estereoscópica, ou seja, uma imagem virtual tridimensional. Cada posição do avião ao adquirir a fotografia corresponderá a cada um dos olhos e permitirá a visão estereoscópica.

A visão monocular permite examinar a posição e a direção dos objetos dentro do campo da visão humana num único plano (visão bidimensional). Possibilita reconhecer nos objetos a forma, as cores e o tamanho. A fotografia simples é uma reprodução da visão monocular. Para facilitar esta visão usam-se lentes que possibilitam uma melhor apreciação dos detalhes. A visão binocular é fundamentada em duas imagens de um só objeto vista pelos olhos separadamente. A percepção de profundidade no intervalo correspondente à distância interpupilar [distância entre os centros das pupilas do olho humano] do observador que é de aproximadamente 6,5cm mas varia de acordo com cada pessoa. Em seguida o cérebro realiza o processo chamado de fusão estereoscópica, possibilitando a visão em 3D.

Este fenômeno é fisiológico, pois quando a imagem se forma em dois pontos (ou em duas zonas) correspondentes das duas retinas do olho humano, existe, ou foi estabelecida pela educação inconsciente do cérebro, uma ligação entre as duas fibras responsáveis pela transmissão do fluxo nervoso, o que faz o ponto observado ser considerado único.

### O MODELO ESTEREOSCÓPICO OU ESTEREOMODELO

A Figura 3.1 representa o princípio para a montagem de um estereopar representado pelo conjunto de duas fotografias com características que permitam a visão estereoscópica.

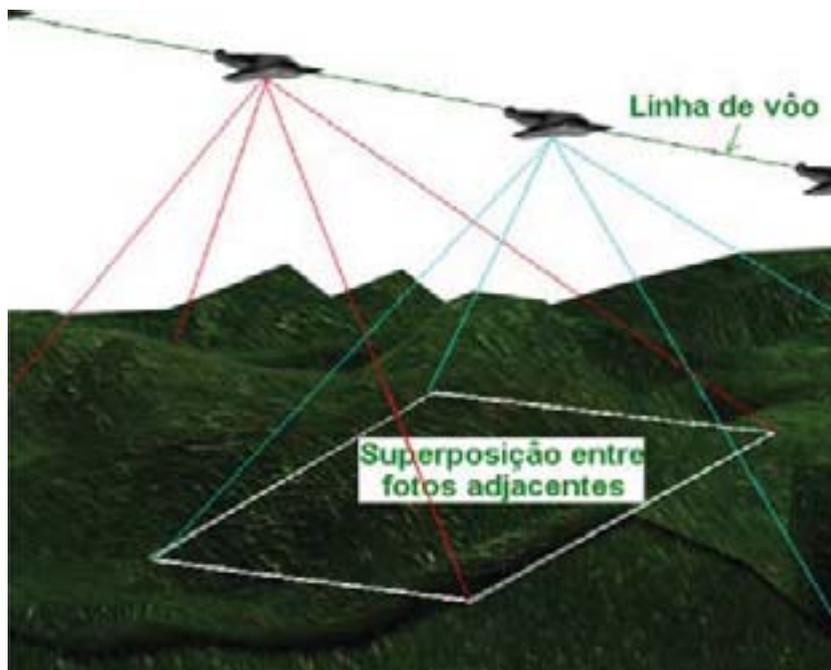


Figura 3.1 - Par de fotografias aéreas com área de sobreposição.

O Estereomodelo ou Modelo Estereoscópico resulta da reconstituição ótica, em três dimensões, de um objeto da área de estudo, por meio da superposição das imagens de um par de fotografias, tomadas de estações diferentes. Esta reconstituição ótica é uma imagem virtual tridimensional que nos fornece a sensação de estarmos observando a própria área (Figura 3.2).

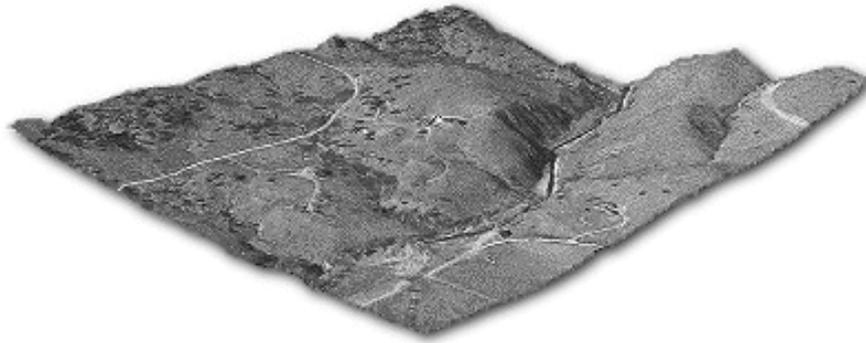


Figura 3.2 - Simulação de um estereomodelo (imagem tridimensional).

### MÉTODOS DE PERCEPÇÃO TRIDIMENSIONAL

A seguir destacaremos os principais métodos de percepção tridimensional ou estereoscópica.

Anaglifo: figura resultante da impressão ou projeção de par estereoscópico em cores complementares (verde e vermelho ou azul e vermelho, dependendo da banda espectral) em superposição, de forma tal que a imagem em relevo, ou em 3ª dimensão. A visualização em 3D é obtida pela observação através de óculos com filtros nas cores complementares. Este tipo de visualização foi muito utilizado nos primeiros aparelhos de restituição fotogramétrica denominados Multiplex, Balplex e Kelsh Plotter, conforme a Figura 3.3.

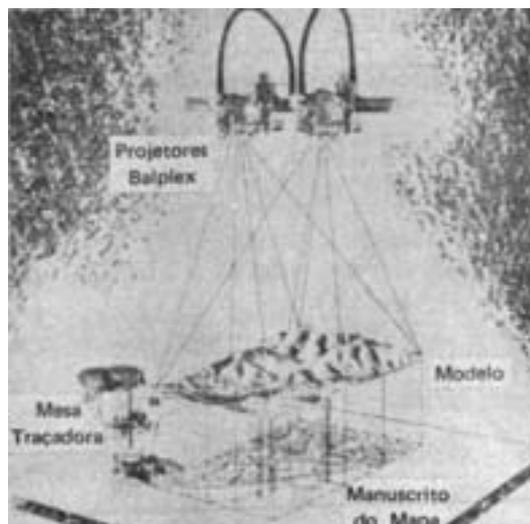


Figura 3.3 - Estereomodelo (imagem virtual) formado no projetor tipo Balplex.

Polaróide ou Vetografia: difere do anaglifo pelo uso de filtros polaróides ao invés de coloridos. A projeção esquerda é polarizada no plano vertical, por exemplo, e a direita no horizontal. A visualização tridimensional é obtida com óculos com lentes especiais que farão a seleção da imagem para cada olho.

Cintilamento: baseado na retenção pelo olho humano das imagens que nele se formam por um período de  $1/8$  a  $1/10$  de segundo. Esta propriedade, chamada de persistência da imagem, é aproveitada na arte cinematográfica, em que as cenas são projetadas em quadros que se sucedem com a frequência de 16 por segundo. O processo consiste em projetar as imagens com intervalo inferior a  $1/10$  de segundo, obtendo-se a estereoscopia pela fusão da imagem atual com a anteriormente projetada.

Imagem Estereoscópica ou Estereograma: par estereoscópico de fotografias ou desenhos (Figura 3.4) corretamente montado e orientado para uma visão estereoscópica direta, somente com os olhos, sem a necessidade de uso de óculos especiais. No entanto é um método um tanto inadequado, pois força a visão, causando geralmente cansaço nos olhos, além de necessitar de treinamento para se obter a visão tridimensional e nem todas as pessoas conseguem.

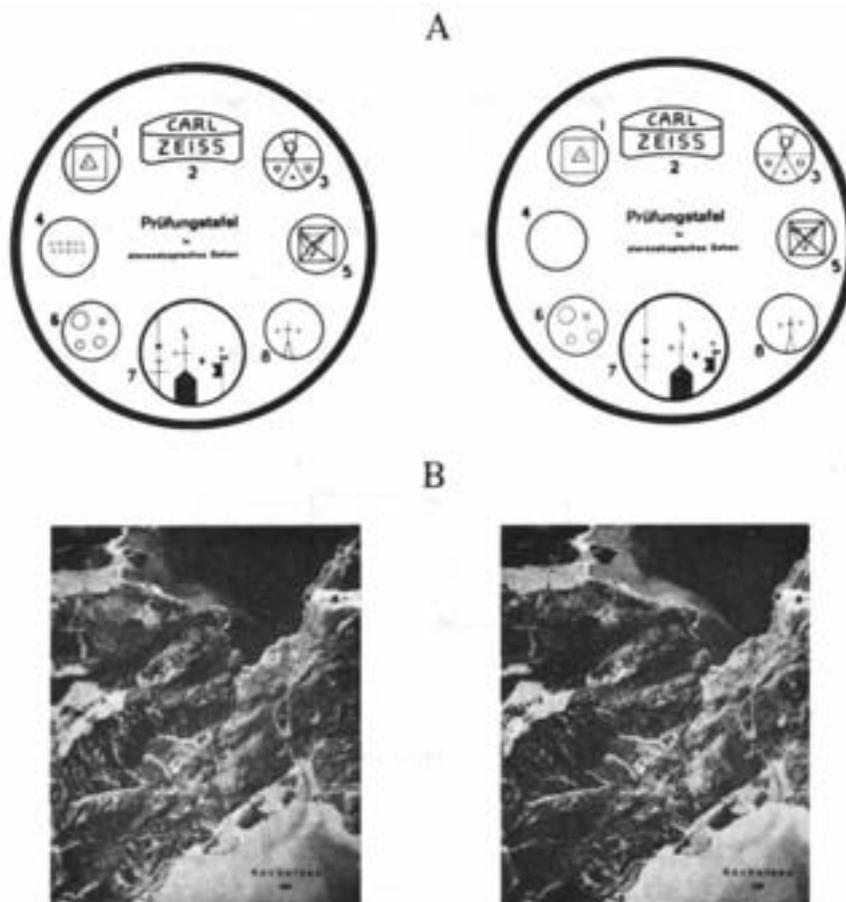


Figura 3.4 - Estereogramas de desenhos (A) e fotografias aéreas (B).

Existem ainda outros métodos de percepção tridimensional, mas com características diferenciadas, sendo eles a Hiperestereoscopia, a Pseudoscopia e a Holografia.

A Hiperestereoscopia é obtida observando-se um estereograma por meio de um sistema que amplia a base (como nos estereoscópios de espelho), aumentando-se a percepção do relevo (exagero no eixo z), facilitando a visualização de pequenas diferenças de nível.

A Pseudoscopia ou Pseudo-estereoscopia é um efeito também conhecido como “ilusão estereoscópica”. É a percepção invertida do relevo, isto é, o observador tem a sensação que as partes altas são baixas e vice-versa. Isto ocorre quando a foto que deveria ser observada pelo olho esquerdo é observada pelo olho direito. Num estereopar a pseudoscopia pode ser obtida girando-se ambas as fotos 180° fazendo com que a zona de superposição fique para o lado de fora (Figura 3.5).

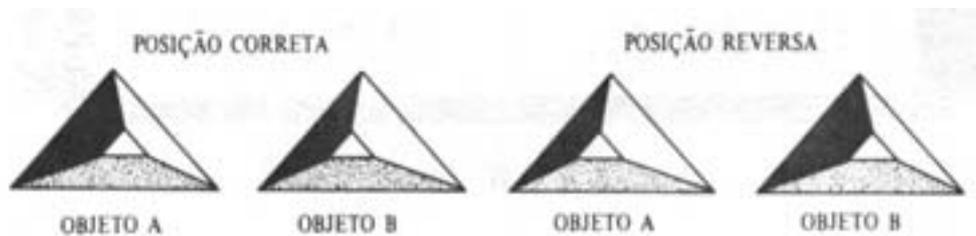


Figura 3.5 - Observação pseudoscópica.

A Holografia é um tipo de fotografia na qual as imagens são formadas sem o uso de lentes, possuindo a propriedade de ser tridimensional. É baseada nas propriedades da luz coerente emitida por um laser (ondas de diferentes fases).

### **INSTRUMENTOS PARA VISÃO ESTEREOSCÓPICA: ESTEREOSCÓPIOS**

Os instrumentos mais utilizados na Fotointerpretação são os Estereoscópios que são agrupados em dois grupos básicos:

- Estereoscópio de lente ou “de bolso”;
- Estereoscópio de espelhos ou de reflexão;
- Estereoscópio digital ou “screenscope”.

O Estereoscópio de Lente ou “de Bolso” possui uma armação simples de metal ou plástico resistente suportando um par de lentes, de maneira a manter os olhos trabalhando independentemente e suas linhas de visão aproximadamente paralelas. Os modelos normalmente possuem regulagem da distância interpupilar. A ampliação obtida varia de 1,25 a 4 vezes (Figura 3.6).

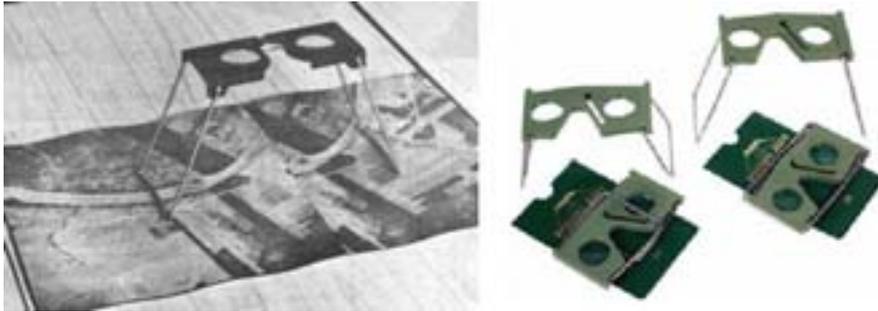


Figura 3.6 - Estereoscópios de bolso.

Entre as vantagens de seu uso estão o baixo custo, a portabilidade e a simplicidade de manutenção e operação.

Destacamos como desvantagens a focalização da lente no infinito (obriga o uso de óculos para portadores de miopia), dificuldades de realizar anotações nas fotos enquanto observadas, campo de visão estreito (curto espaço entre as fotos) e a fotobase não deve ser muito diferente da distância interpupilar.

O Estereoscópio de Espelho ou de Reflexão consiste basicamente em dois espelhos, inclinados de  $45^\circ$  em relação ao plano horizontal das fotografias, em dois prismas de  $45^\circ$  ou dois outros espelhos menores e duas lentes que permitem acomodar a vista ao infinito. Os espelhos são as partes mais importantes e precisam ser de ótima qualidade (Figuras 3.7 e 3.8).

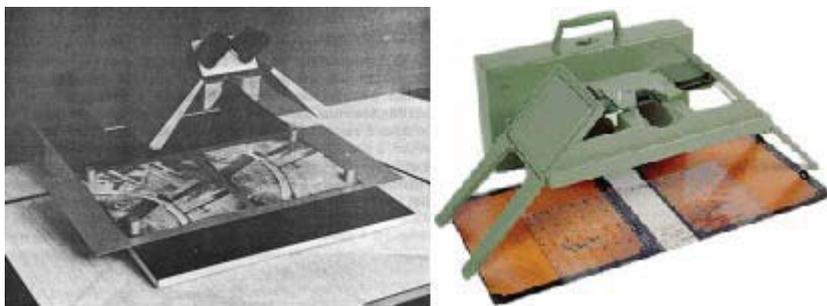


Figura 3.7 - Estereoscópios de Espelhos.

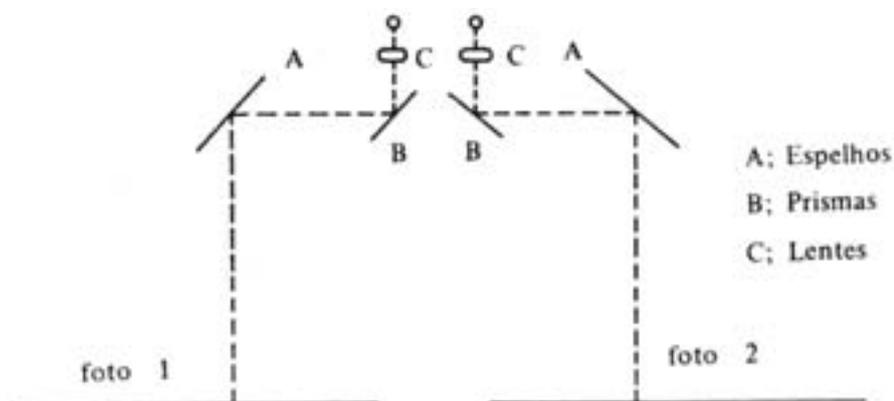


Figura 3.8 - Esquema de um estereoscópio de espelhos.

Entre as vantagens temos: maior separação entre as fotos (e destas ao instrumento, permitindo o trabalho sobre elas), visão total do modelo estereoscópico no sentido longitudinal e acomodação pelo binóculo à vista do operador.

Como desvantagens, uma pequena perda de iluminação devido ao sistema ótico mais complexo, maior custo, menor portabilidade e manutenção mais delicada devido aos espelhos.

Com o avanço tecnológico, principalmente no campo da Informática, surgiu o Estereoscópio Digital ou “Screenscope” (Figura 3.9). Este equipamento é baseado na montagem do estereograma a partir de fotografias aéreas digitais, através de um software que o acompanha. Com o auxílio do visor, a imagem tridimensional se formará virtualmente na tela (screen) do computador. É possível também adaptar tanto para os monitores mais antigos do tipo VGA como nos mais recentes de LCD ou mesmo notebooks.



Figura 3.9 - Estereoscópio digital ou “screenscope”.

## CONCLUSÃO

O uso adequado da técnica estereoscópica, seja utilizando o estereoscópio de bolso, de espelhos ou o digital, vai possibilitar que você construa mapas temáticos e efetue medidas precisas da área de trabalho. Dessa maneira, o sucesso da compreensão da paisagem, passa necessariamente pela utilização de fotografias aéreas em 3D.

## RESUMO

A visão estereoscópica ou binocular permite que você analise as fotografias aéreas em 3D e para tanto alguns princípios devem ser seguidos como trabalhar com pares de fotografias áreas de uma mesma área tiradas de ângulos diferentes. Para a visão tridimensional que facilitará a fotointerpretação, é necessário utilizar um estereoscópio de bolso, de espelhos ou então digital.



## ATIVIDADES

1. Pesquise na Internet e reformule um conceito sobre visão estereoscópica.
2. Esquematize e descreva os vários métodos de visão tridimensional.
3. Cite as principais características dos estereoscópios de bolso, de espelhos e digitais.



## COMENTÁRIO SOBRE AS ATIVIDADES

As duas primeiras atividades possibilitarão um melhor entendimento do método estereoscópico, indispensável para a visualização em 3D. A terceira atividade vai lhe familiarizar com os aparelhos que serão utilizados em suas atividades ao longo da disciplina.

## PRÓXIMA AULA

Na próxima aula iremos aprender como montar um par estereoscópio e utilizar o estereoscópio de bolso e o de espelhos para visualização tridimensional.



## AUTO-AVALIAÇÃO

- Compreendi o mecanismo para visualização estereoscópica de fotografias aéreas?
- Entendi como se monta um par estereoscópio?



## REFERÊNCIAS

- ANDRADE, José Bittencourt. **Fotogrametria**. Curitiba: SBEE, 1998, 258p.
- CENTENO, J.A.S. **Sensoriamento Remoto e Processamento de Imagens Digitais**. Curitiba: Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, 2003
- CHUVIECO, E. **Fundamentos de Teledetección Espacial**. Madrid: Rialp, S.A. 1990
- FLORENZANO, Teresa Gallotti. **Iniciação em Sensoriamento Remoto**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.
- JENSEN, J. R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente**. São José dos Campos: Parêntese, 2009.
- KUX, H; BLASCHKE, T. **Sensoriamento Remoto e SIG Avançados: Novos Sistemas Sensores e Métodos Inovadores**. São Paulo: Oficina de Textos, 2005

- LOCH, Carlos, LAPOLLI, Édis Mafra. **Elementos Básicos da Fotogrametria e sua Utilização Prática**. Florianópolis: UFSC, 1998, 104p.
- LOCH, Carlos. **A interpretação de Imagens Aéreas – Noções Básicas e Algumas Aplicações nos Campos Profissionais**. Florianópolis: UFSC, 2001, 118p.
- MARCHETTI, Delmar Antonio Bandeira; GARCIA, Gilberto José. **Princípios de Fotogrametria e Fotointerpretação**. São Paulo: Nobel, [s.d.].
- MENESES, P.R.; NETTO, J.S.M. **Sensoriamento Remoto: Reflectância dos Alvos Naturais**. Brasília: UNB, 2001
- PONZONI, F.G.; SHIMABUKURU, Y.E. **Sensoriamento Remoto no Estudo da Vegetação**. São José dos Campos: Parêntese, 2007.
- ROCHA, César Henrique Barra. **Geoprocessamento Tecnologia Transdisciplinar**, Cap.6. Petrópolis: SERMOGRAF, 2002, 220p.
- SEPLANTEC/SE. **Fotografias aéreas – escala 1:25.000**, 2003
- SOARES FILHO, Britaldo Silveira. **Interpretação de Imagens da Terra**. Belo Horizonte: Departamento de Cartografia – Centro de Sensoriamento Remoto, 2000, 17p.
- TEIXEIRA Amando Luís de Almeida, CHRISTOFOLETTI, Antonio. **Sistemas de Informação Geográfica – Dicionário Ilustrado**. São Paulo: HUCITEC, 1997, 244p.

### REFERÊNCIAS DAS IMAGENS

- Figura 3.1 – Fonte: Adaptado de Rocha (2002).
- Figura 3.2 – Fonte: <http://www.esteio.com.br/produtos/paginas/prod-foto.htm>
- Figura 3.3 - Fonte: MARCHETTI, [s.d.]
- Figura 3.4 – Fonte: MARCHETTI, [s.d.]
- Figura 3.5 - Fonte: MARCHETTI, [s.d.]
- Figura 3.6 – Fontes: MARCHETTI, [s.d.] e <http://www.stereoaid.com.au/index.html>.
- Figura 3.7 - Fontes: MARCHETTI, [s.d.] e <http://www.stereoaid.com.au/index.html>
- Figura 3.8 - Fonte: MARCHETTI, [s.d.]
- Figura 3.9 – Fonte: <http://www.stereoaid.com.au/index.html>