

# **3200 Utilização de fotografias aéreas para a detecção de áreas contaminadas<sup>1</sup>**

## **1 Introdução**

A interpretação de fotografias aéreas para análise de locais de disposição de resíduos pode trazer contribuições para determinar as condições anteriores e atuais da disposição desses resíduos. Com as fotografias aéreas, podem ser obtidas informações quanto à localização e extensão dos depósitos, além de resgatar a ordem cronológica das mudanças ocorridas nesses locais.

A vantagem desses estudos é trazer à tona detalhes do histórico desses locais que não podem mais ser obtidos através de meras entrevistas com pessoas ou que não deixaram registro em documentações das companhias executoras ou órgãos públicos.

Como exemplo, sabe-se que muitos "lixões", com resíduos de natureza diversa, tiveram início há muitos anos e não existem documentações que mostrem como os mesmos surgiram ou como evoluíram ao longo do tempo.

As mudanças temporais que se observam nesses depósitos podem ser classificadas através de épocas ativas ou desativadas. As épocas ativas são caracterizadas por solos expostos decorrentes da remoção da vegetação e da camada superficial do solo além de escavações para disposição de resíduos "in-situ". As épocas desativadas podem mostrar uma recuperação total ou parcial da vegetação, observando-se nesse último caso a existência de clareiras.

A importância de detectar e identificar esses depósitos deve-se à possibilidade desses locais terem uma nova ocupação no futuro, totalmente incompatível com as atividades anteriores de disposição de resíduos, como, por exemplo, ocupação por moradias, em virtude do desconhecimento das substâncias existentes dispostas, mas que não podem ser vistas superficialmente, porém podendo trazer algum dano à saúde.

---

<sup>1</sup>Adaptação do relatório da consultoria de curto prazo no âmbito do Projeto CETESB-GTZ - Cooperação Técnica Brasil-Alemanha: "Métodos de Interpretação de Fotografias Aéreas para Identificação de Áreas Contaminadas", de Emanuel Pereira Barbosa - Geoimagem S/C Ltda; julho de 1994.

Esse desconhecimento deve-se também ao fato de que essas áreas podem estar recobertas por vegetação, ou por não ser possível detectar odores ou outras características que poderiam impedir a instalação de moradias.

A fotointerpretação permite a definição exata dos locais com resíduos e auxilia também na avaliação dos impactos ambientais ocorridos, definindo a rede de drenagem, áreas de captação e mananciais, tipos de vegetação existentes, extensão das remoções, áreas de ocupação humana, etc., que podem estar sendo atingidos por esses depósitos.

## **2 Definições**

### **2.1 Fotointerpretação**

“Ato de examinar imagens fotográficas com o fim de identificar objetos, e determinar seus significados”, segundo o “Manual of Photographic Interpretation”.

### **2.2 Fotografias aéreas**

Fotografias do terreno obtidas por câmeras fotográficas instaladas em aeronaves, com filmes variados que podem produzir fotos em branco e preto, coloridas, infravermelho e ultravioleta. Dependendo da posição do eixo da câmera em relação ao solo, podem ser verticais ou oblíquas. As fotografias aéreas convencionais, mais utilizadas e disponíveis, são em branco-e-preto e verticais.

### **2.3 Estereoscópio**

Aparelho óptico binocular para observação de pares de fotografias aéreas superpostas, obtendo-se uma visão estereoscópica (modelo tridimensional).

### **2.4 Fotoíndice**

Mosaico com os levantamentos fotográficos, mostrando os recobrimentos longitudinal e lateral sobrepostos das fotografias aéreas com as respectivas numerações e em alguns casos com as faixas de vôo correspondentes.

### **2.5 Detectabilidade**

Medida de pequenos objetos que podem ser discernidos numa imagem; depende da escala e qualidade das fotos.

## **2.6 Reconhecibilidade**

Habilidade de identificar um objeto numa imagem.

## **2.7 Sensoriamento remoto**

Utilização de sensores para aquisição de informações sobre objetos sem que haja contato direto entre eles. A transferência de dados do objeto para o sensor é feita através de energia ou radiação eletromagnética. Esses sensores podem estar localizados em aeronaves ou espaçonaves. As fotografias aéreas e imagens de satélite são exemplos de registros das informações detectadas por esses sensores.

## **2.8 Resolução**

Habilidade de distinguir objetos proximalmente espaçados numa imagem.

## **2.9 Alvo**

Um objeto no terreno de interesse específico na investigação em sensoriamento remoto.

## **2.10 Elementos de reconhecimento**

Elementos básicos de leitura (fatores-guia) em fotointerpretação, tais como tonalidade, forma, padrão, textura, tamanho, declividade, sombra, posição geográfica e adjacências.

### **2.10.1 Tonalidade**

Cada distinta intensidade de cinza (claro, média e escuro), partindo do branco até o preto

### **2.10.2 Forma**

Geometria dos objetos em fotografias aéreas, devendo ser considerada juntamente com o tamanho.

### **2.10.3 Padrão (modelo)**

União e extensão das formas que podem se repetir regularmente com variações tonais na imagem, podendo ser obras feitas pelo homem ou feições naturais, p. ex. padrões de drenagem, padrão das plantações, de construções, de minerações, etc

### 2.10.4 Textura

Arranjo dos tons numa área da imagem, podendo ser iguais ou similares e variar em função da escala; para região urbana, melhor utilizar o termo "densidade".

### 2.10.5 Tamanho

Tamanho do objeto visível na imagem. O tamanho real do objeto é conhecido a partir da escala da foto, e pode apresentar algum erro de aproximação.

### 2.10.6 Associação (ou convergência de evidências)

Elementos ou objetos que estão comumente associados, nos quais um tende a indicar ou confirmar o outro, ou seja, uma correlação de aspectos associados.

### 2.10.7 Posição geográfica ou regional

Entendimento e familiarização com a região geográfica fotografada.

## 3 Tipos de depósitos

Para a detecção de depósitos de resíduos é importante verificar como se encontram as superfícies dos locais com resíduos (no caso específico, lixões) e como podem ser expressos em fotografias aéreas.

Para o estudo é sempre necessário levantar as principais características fotográficas dos tipos de "lixões" conhecidos e de outros locais de disposição inadequada de resíduos industriais, procurando compilar esses dados em quadros e croquis que mostrem as características do terreno e a distribuição dos resíduos em superfície, bem como áreas recobertas, drenagens afetadas, etc.

As áreas conhecidas deverão ser estudadas em fotografias aéreas, procurando-se definir os padrões fotográficos que servirão de base para a procura de áreas semelhantes.

Na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), são conhecidos os seguintes tipos de locais com deposição de resíduos:

*Lixões:* áreas com disposição de resíduos predominantemente domiciliares, podendo existir também industriais. Em geral, são desenvolvidos e autorizados pelas prefeituras, prevalecendo, no entanto, locais clandestinos sem existir em geral qualquer controle sobre o tipo de material disposto. Ocupam grandes áreas, observando-se movimentação de máquinas para espalhamento do lixo e preenchimento de vales, em alguns casos.

*Aterros sanitários*: áreas construídas para a disposição de lixos domiciliares ou industriais, sob controle de órgãos públicos. Apresentam formas geométricas visíveis – taludes e bermas, podendo observar-se áreas de remoção de solo e de recuperação da vegetação.

*Despejos clandestinos*: áreas de lançamentos de lixos variados, sem controle e erráticos, ocupando áreas pequenas nas margens de estradas em locais que podiam ter sido ocupados por extrações minerais (areia, argila e material de empréstimo) ou então como lançamentos na meia encosta.

Áreas com resíduos industriais enterrados ou dispostos na superfície nas proximidades ou dentro de distritos industriais.

## **4 Fotointerpretação**

### **4.1 Metodologia de fotointerpretação**

#### **4.1.1 Escolha de áreas de estudo**

A área de estudo deve ser escolhida a partir dos objetivos determinados. Essa área é delimitada em bases cartográficas, que servirão de apoio para a verificação dos levantamentos aéreos disponíveis nos mosaicos e para a escolha das fotografias aéreas.

#### **4.1.2 Levantamento de bases cartográficas**

As bases cartográficas deverão ser levantadas junto às empresas ou aos órgãos públicos, em diversas escalas e em períodos atuais ou outros em que possam haver interesse para o estudo.

#### **4.1.3 Levantamento e aquisição de fotografias aéreas**

Sobre a área escolhida são lançados os levantamentos aéreos existentes, assinalando as datas dos levantamentos, escalas e órgãos executores. Nos mosaicos são escolhidas as fotografias aéreas, relacionando os números das fotos e faixas correspondentes, levando em conta o recobrimento fotográfico de 60%.

#### **4.1.4 Fotointerpretação**

Obtidas as fotografias aéreas, estas devem ser lançadas e identificadas em bases topográficas existentes, obtendo-se assim um mapa-índice das fotografias aéreas.

Escolhida a área de início dos trabalhos, parte-se para a verificação do par estereoscópico que abrange a referida área. Isso é feito com a identificação visual de pontos comuns nas bases topográficas e nas fotos aéreas.

### 4.1.4.1 Orientação das fotos para observação estereoscópica

Nas fotos aéreas devem ser marcados os pontos principais (centros das fotos) e os transferidos (homólogos). A união desses pontos define a linha de vôo.

Definida a posição adequada com o estereoscópio, as fotos deverão ser fixadas por fita adesiva nos cantos das mesmas.

### 4.1.4.2 Lançamento de dados

A interpretação não é feita sobre a fotografia aérea, ela é sempre desenvolvida sobre um papel vegetal ou plástico transparente ("overlay"), fixado no lado superior da fotografia já orientada para a visão estereoscópica, permitindo que o "overlay" seja levantado sempre que necessário.

Durante o trabalho, o "overlay" deve ser fixado na parte inferior, com fita adesiva, mas que possa ser retirada, a fim de se observar a foto sem o mesmo.

As marcações básicas que devem ser lançadas no "overlay": centro da foto (em cruz) e identificação da foto (número, faixa, data e escala) e o norte geográfico.

Os traçados de interesse (casas, indústrias, ruas, drenagens, etc.) poderão ser traçados com lápis dermatográficos, grafites coloridos ou não, de várias espessuras, adotando-se convenções para cada objeto de interesse.

### 4.1.4.3 Transferências de informações

Ao se iniciar o estudo sobre uma determinada região, deve-se levantar todas as informações possíveis, assim como todos os dados levantados e constantes em mapas, croquis e relatórios, devendo ser transportados para o "overlay", com precisão.

### 4.1.4.4 Estabelecimento de padrões

Para o estabelecimento de padrões é necessário conhecer os tipos de disposição de resíduos domiciliares e industriais existentes numa região e qual a evolução dos mesmos com o passar do tempo.

Numa área considerada padrão, devem ser lançados na foto mais atualizada todos os locais onde se conhecem a existência de resíduos, procurando-se verificar as feições fotográficas que possam caracterizar esses locais, tais como tonalidade, forma, textura, tamanho e posição geográfica.

Devem ser separadas as áreas com solo exposto, com vegetação natural ou recuperada, áreas preparadas para desmatamento, adotando-se a classificação proposta no item 4.1.4.5.

Nas fotos dos levantamentos anteriores é feito o mesmo trabalho, obtendo-se assim vários "overlays" que são em seguida comparados. É recomendável que se preencha a ficha ("Ficha de Identificação de Áreas Suspeitas de Contaminação em Fotos Aéreas" - modelo na seção 3201), em que se possa fazer uma descrição dos locais e suas feições fotográficas observadas, com um croqui correspondente de um determinado ano.

#### **4.1.4.5 Feições identificadoras de áreas de disposição de resíduos**

Nas fotografias aéreas, os aterros em geral apresentam as seguintes feições:

- Ausência de vegetação ou pouca vegetação;
- Feição óbvia de relevo não relacionada à geomorfologia da área. A área de trabalho de disposição, remoção e aplainamento apresenta uma forma de leque com limites definidos e uma declividade no sentido contrário na face de trabalho e material de cobertura na crista no final da frente de trabalho;
- Uma associação com antigas extrações de areia, cascalho, pedreiras e locais de extração de material de empréstimo;
- Pilhas de materiais deixados por caminhões-caçamba;
- Estrias decorrentes das marcas de caminhões e tratores, nos vários acessos existentes dentro do aterro;
- Possibilidade de pilhas de materiais separados por catadores;
- Existência de casebres dos catadores nos limites dos lixões que podem mudar-se ou desaparecer ao longo dos anos;
- Nos casos de despejos ao longo das estradas e avenidas: áreas pequenas abertas ao lado de estradas com lançamentos "in-situ" ou em meia-encosta;
- Nos distritos industriais e arredores: áreas abertas (solo exposto ou escavações).

#### **4.1.4.6 Sistema de classificação**

Na fotointerpretação deverão ser observadas as mudanças ocorridas na superfície do terreno, as quais são importantes na investigação de áreas de disposição de resíduos. As várias feições poderão ser classificadas adotando-se a seguinte terminologia e são lançadas nas fotografias aéreas:

- P - área perturbada, mas não recuperada, cujo solo pode estar coberto por vegetação ou exposto, mas não recentemente ou então sendo desenvolvido, por exemplo por construções;

- D - Essa área desenvolvida pode apresentar algumas variações: construções removidas (CR) ou abandonadas (CA) e indústrias (CI);
- E - solo exposto;
- R - área recuperada, possivelmente por vegetação; e
- L - lagoas naturais ou artificiais (LA), podendo ser provenientes de atividades de extração mineral ou para lançamentos de efluentes em áreas industriais, devendo neste caso verificar as formas das mesmas.

### 4.1.5 Detecção e seleção de alvos

Tendo por base as feições identificadoras anteriormente citadas, deverão ser identificadas nas fotografias aéreas todas as áreas ou locais que apresentem semelhanças com os "padrões" levantados.

Essas novas áreas serão denominadas de alvos, serão descritas e interpretadas em todas as fotos disponíveis, cujos dados serão lançados na ficha (modelo na seção 3201).

Se nas fotografias aéreas mais recentes esse alvo se apresentar ocupado por construções, deverá ser feita uma análise sobre a necessidade de avaliação de campo (seleção do alvo). Em caso positivo, todos os dados do alvo selecionado serão lançados na base cartográfica e, em caso contrário, o alvo será descartado.

### 4.1.6 Transferência dos alvos para as bases cartográficas

Cada alvo selecionado será lançado numa base cartográfica, na maior escala possível (de preferência 1:10.000). Cada contorno do alvo e outros elementos levantados de um determinado ano serão lançados em mapa, adotando-se uma cor para esse ano. Em seguida, são lançados os dados dos anos subseqüentes, adotando-se para cada ano uma cor. As convenções sugeridas, por exemplo, são as seguintes:

Ano	Cor
1968	Azul
1973	Laranja
1974	Amarelo
1977	Vermelho
1980	Violeta
1986	Verde
1994	Marrom

Outras cores e intensidades poderão ser intercaladas em função do número de fotos estudadas.

#### **4.1.7 Averiguação de campo**

Os alvos selecionados deverão ser observados em campo, procurando-se determinar a acuracidade do método. Todos os locais levantados em fotos deverão ser visitados, sendo importante reconstituir as áreas do passado, podendo isso ser feito primeiramente com bússola e trena. Nos locais reconstituídos, deverá ser feito um reconhecimento do terreno, mesmos naqueles que se mostrem ocupados por vegetação, procurando observar a existência de odores, resíduos em solo ou em subsuperfície, recomendando-se nesse caso furos de trado.

## **5 Análise de resultados**

Ao final dos trabalhos, será feita uma avaliação dos resultados, procurando-se verificar quais as áreas em que houve correspondência entre a interpretação e a realidade. Dessa forma, será possível verificar a aplicabilidade do método.

Nos casos positivos, os locais determinados dentro dos alvos poderão servir para os estudos de avaliação quantitativa e qualitativa dos resíduos existentes, na medida em que os locais de disposição possam ser visualizados nas fotografias aéreas.

Essas fotos poderão servir no monitoramento da área, através da análise das drenagens principais, secundárias e superficiais.

## **6 Bibliografia**

ANDERSON, P.S., 1982. Fundamentos para fotointerpretação. Rio de Janeiro. Sociedade Brasileira de Cartografia.

COLWELL, R.N., 1983. Manual of remote sensing, vol. I e II, American Society of Photogrammetry.

ERB, T.L. et al., 1981. Analysis of landfills with historic airphotos. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. 47:9: 1361-1369.

GAROFALO, D., & F. WOBBER, 1974. Solid waste and remote sensing. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 40:1: 45-49.

LYON, J.G., 1987. Use of maps, aerial photographs, and other remote sensor data for practical evaluations of hazardous wastes sites. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. 53:5: 515-519.

NOVO, E.M.L.M. 1989. Sensoriamento Remoto. Princípios e Aplicações. São Paulo, Editora Edgard Blucher.

PHILIPSON, W.R., 1988. Land-cover monitoring with SPOT for landfill investigations. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. 54:2: 223-228.