

O INTERESSE DOS DOCUMENTOS OBTIDOS POR TELEDETECÇÃO NO ESTUDO DO AMBIENTE GEOGRÁFICO NATURAL

Introdução

A teledeteccção é o conjunto das técnicas que permitem a percepção à distância de um objecto ou fenómeno. A noção de distância, mutável com o progresso tecnológico, varia actualmente entre cerca de 1 a 900 km (voo de um avião ligeiro ou helicóptero e raio orbital do satélite ERTS-1, respectivamente).

São recentes os métodos da teledeteccção, ao serviço da ciência; datam dos anos 30 as primeiras tentativas de fotografia. No entanto, a primeira forma de prospecção longínqua da superfície terrestre, a fotografia aérea convencional, começou a fazer-se durante a guerra de 1914-18, ao abrigo de rígido segredo militar.

No período entre as duas Grandes Guerras, o aperfeiçoamento das técnicas de aviação e de captação de imagens permitiu a recolha de documentos a distâncias maiores e, além disso, portadores de informações não perceptíveis ao sistema visual humano. Os resultados desse progresso foram conhecidos durante a Segunda Guerra: operações de artilharia orientadas pela fotografia aérea pancromática, camuflagens detectadas pela fotografia aérea infravermelha de falso colorido, centrais térmicas e fábricas localizadas sobre imagens de termografia nocturna, perfis submarinos obtidos por «sonar», e finalmente a localização precisa dos objectos pelo radar.

No após-guerra assiste-se à vulgarização, algures com sérias reservas, pelo menos da fotografia aérea convencional. O lançamento dos satélites artificiais (Sputnik, o primeiro em 1957) munidos de aparelhos cada vez mais especializados, segundo a finalidade das imagens que pretendem obter, levanta parte dos «tabús» da estratégia e possibilita o acesso aos documentos a um público não militar, ainda que restrito.

Os primeiros anos da década de 70 são testemunhos da explosão do termo «teledeteccção», enquanto a polivalência dos seus documentos

multiespectrais oferece novas possibilidades à investigação das ciências da Terra, do ambiente e da ocupação do espaço.

I. A organização de um programa de teledetecção para o estudo do ambiente natural

Num sistema de teledetecção há a considerar: o emissor de radiação, a radiação, o objecto, o meio de transmissão ou vector e a plataforma de captação e registo (fig. 1).

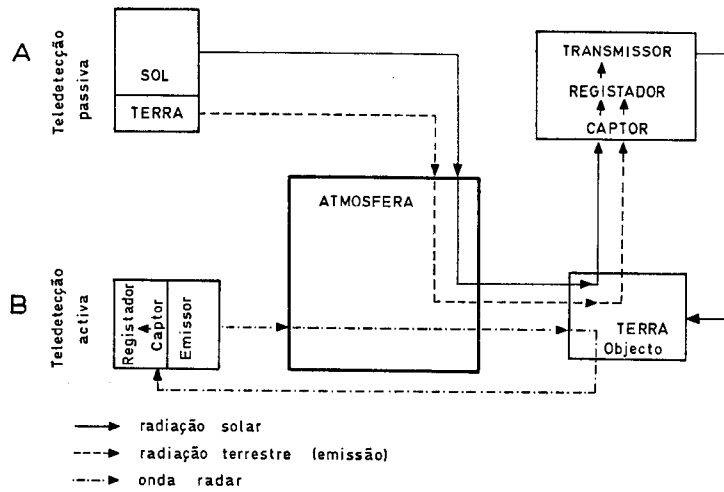


Fig. 1 — Diagrama de fluência de dois programas de teledetecção para o ambiente natural sub-aéreo: A — De teledetecção passiva, B — de teledetecção activa.

O emissor de radiação. — A percepção de um objecto à distância é-nos dada pelo seu comportamento face à radiação electromagnética (luminosa, sonora, térmica, etc.). Portanto, os documentos obtidos por teledetecção são registos dessa mesma radiação, emitida ou reflectida pelo objecto.

As fontes radiativas podem ser naturais — o Sol e a Terra; os documentos que registam a emissão ou a reflexão dessa energia são ditos de teledetecção passiva. Se a radiação utilizada for artificial (radar, raios laser), os documentos em que é captada a sua reflexão são ditos de teledetecção activa. A radiação solar é, incontestavelmente, a mais importante na teledetecção, devido à grande amplitude do seu espectro. A radiação emitida pela Terra com interesse para estes métodos é a infravermelha térmica.

A radiação. — Na teledetecção do ambiente natural não se utilizam todos os comprimentos de onda do espectro electromagnético. A radiação a utilizar depende das propriedades físicas dos objectos sobre os quais ele incide, especialmente da capacidade de reflexão daqueles perante os diferentes comprimentos de onda (fig. 2).

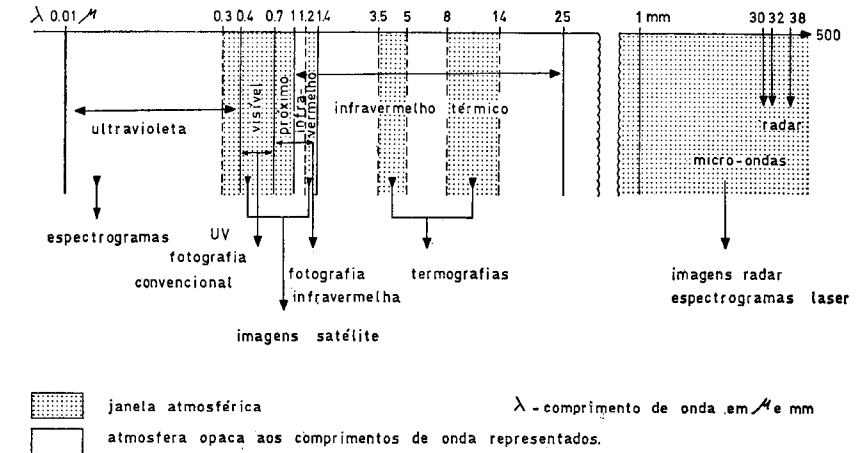


Fig. 2 — As faixas do espectro electro-magnético utilizadas no registo de documentos de teledetecção do ambiente natural.

A radiação ultravioleta ($0,01 < \lambda < 0,38 \mu$) pode dizer-se no limite do menor comprimento de onda utilizado, até agora com êxito, na prospecção do ambiente natural. Tem interesse na análise da poluição química das águas para a pesquisa dos vapores de iodo e mercúrio, e em geologia na prospecção das rochas carbonatadas (GAGNON, 1974).

A radiação luminosa ($0,38 < \lambda < 0,72 \mu$) é a utilizada na fotografia aérea convencional, a preto e branco ou colorida, onde por séries de tons se regista a reflexão diferencial da luz solar sobre os objectos. É ainda usada pela televisão e pelos radiómetros.

O infravermelho próximo ($0,8 < \lambda < 1,4 \mu$, captável entre $1,2$ e $1,4 \mu$) permite obter a fotografia infravermelha, também a preto e branco ou falso colorido (HUSSON, 1974).

O infravermelho térmico ($1 < \lambda < 25 \mu$, captável de $3,5$ a 5μ e de 8 a 14μ) utiliza-se na obtenção das termografias, registos da reflexão ou da emissão diferencial da radiação térmica do objecto, relativa à do corpo negro.

As micro-ondas, ou ondas de hiperfrequência ($1 \text{ mm} < \lambda < 0,8 \text{ m}$) são ainda pouco utilizadas na detecção do ambiente natural, salvo as emitidas pelos radares ($\lambda = 30, 32, 38 \text{ mm}$), e cuja reflexão fornece imagens de grande interesse geográfico.

Objecto. — No estudo do ambiente geográfico, o objecto é a superfície da Terra, com todas as suas formas naturais e de ocupação. O uso das técnicas de teledeteccção pressupõe o conhecimento prévio, por vezes aprofundado, do objecto, pois que o tipo de documento pretendido depende das suas propriedades físicas, como foi dito no parágrafo anterior e se pormenorizará ao tratar de cada tipo de documento em especial.

O vector de radiação. — Nos processos concernentes à pesquisa do ambiente natural, o vector que transmite a radiação entre o emissor e o objecto e entre este e o captor é a atmosfera; quando se detectam ambientes subaquáticos, os vectores são a atmosfera e a água. Nem um, nem outro, são penetráveis à totalidade do espectro electromagnético; a água ainda menos que a atmosfera.

Para alguns comprimentos de onda a atmosfera torna-se opaca, porque eles são absorvidos, reflectidos, difundidos ou difractados pelos seus componentes. As faixas espectrais que atingem a superfície da Terra sem serem muito modificadas pela atmosfera chamam-se «janelas atmosféricas» e só dentro do seu domínio espectrográfico se podem obter documentos.

As principais «janelas atmosféricas» são (ÉCOLE D'ÉTÉ, 1973): λ entre 1,2 e 1,4 μ , no próximo infravermelho. λ entre 3,5 e 5 μ , no domínio do infravermelho emitido e reflectido. λ entre 8 e 14 μ , no infravermelho térmico; e as radiações de comprimento de onda superior a 1 milímetro (microondas e ondas radar) (fig. 2).

As plataformas de captação e registo. — São os veículos que transportam a aparelhagem captora, registadora/transmissora (televisão, radiómetro, câmara fotográfica). Tem grande interesse conhecer a altura de voo desses veículos, porque dela depende a escala dos documentos e o grau de resolução dos objectos neles registados.

O satélite é o mais recente e o que circula a maior altitude. A uma distância de 917 km da Terra, o satélite ERTS-1 regista imagens de um quadrado do espaço terrestre com 185 km de lado; a imagem pode ser observada a escalas que variam de 1:1 000 000 a 1:250 000. Com um período orbital de 18 dias, ele fornece sucessões cronológicas de documentos do mesmo lugar da Terra.

O balão estratosférico desloca-se entre 30 e 45 km de altitude, permitindo registar documentos que cobrem espaços quadrados de cerca de 40 km de lado, a uma escala que varia entre 1:450 000 e 1:200 000. No entanto este veículo é pouco utilizado por estar muito sujeito às condições atmosféricas e devido aos problemas criados pela falta de estabilidade geométrica das imagens.

O avião tem sido o mais tradicionalmente usado; autónomo, mais económico que qualquer um dos outros e, além disso, permitindo a escolha da escala do documento pretendido, uma vez que é susceptível de voar a altitudes muito variáveis. O avião pesado voa a cerca de 10 km, obtendo documentos à escala de 1:20 000 que cobrem quadrados reais de 15 km de lado. O avião ligeiro ou o helicóptero, voando entre

algumas dezenas de metros e 5 km de altitude podem fornecer documentos cujas escalas variam entre 1:5000 e 1:20 000 (TRAUTMANN, 1975).

II. Os documentos obtidos por teledeteccção

Os registos de teledeteccção constituem uma técnica de pesquisa para as ciências da terra e do ambiente. Eles podem fornecer informações novas ou complementares, não perceptíveis e não evidentes sobre o terreno.

A imagem de satélite. — Considerar-se-ão apenas as imagens dos satélites ERTS-1 (ou Landsat) (1), únicas que conhecemos, e que obedeceram a um programa já organizado para a investigação dos recursos da Terra. Em 1973 entrou em órbita o 2.º satélite com fins científicos — SKYLAB, com grandes vantagens técnicas sobre o ERTS-1 (sistemas RBV com 6 canais entre 0,5 e 0,7 μ , MSS com 13 canais entre 0,41 e 12,5 μ e DCS muito mais aperfeiçoado) e um programa mais ambicioso que chega a incluir a cartografia temática.

As imagens de satélite são os registos dos valores da capacidade de reflexão da superfície terrestre, em cada ponto, medidos por radiómetros ligados a um sistema de captação multispectral (MSS) por «varredura», que funciona com 4 bandas (ou canais), nos comprimentos de onda de: 0,5 ao 6 μ para a banda 4; 0,6 a 0,7 μ para a banda 5; 0,7 a 0,8 μ para a banda 6 e 0,8 a 1,1 μ para a banda 7. As duas primeiras captam a radiação visível (verde para a banda 4, vermelho alaranjado para a 5), a banda 6 situa-se entre o alaranjado e infravermelho e a banda 7 capta apenas a radiação do próximo infravermelho. Por intermédio dos números recebidos no sistema DCS, obtém-se uma imagem que impressiona uma película fotográfica em tons de cinzento. Ao mesmo tempo, um sistema de televisão (RBV) capta e transmite para a Terra as mesmas imagens, mas apenas em 3 bandas, entre 0,47 e 0,83 (GAGNON, 1947).

A escala destes documentos permite o seu uso na interpretação dos grandes conjuntos de fenómenos: eles salientam os alinhamentos e as cadeias montanhosas; pela distribuição das sombras, dada a obliquidade em que é tomada a imagem, pode-se analisar a distribuição do relevo. A constituição geológica dos terrenos é também perceptível à vista desarmada (MOHR, 1974); por vezes pode-se ajuizar sobre a granulometria das formações superficiais ou das rochas granulosas, mas indirectamente, a partir da sua capacidade de retenção de água. A rede hidrográfica e todas as superfícies hídricas e pantanosas e o grau de humidade dos solos podem ser apreciados. A cobertura vegetal e o tipo de ocupação do espaço (AMEÉN, 1973), as áreas construídas, são outras indicações fornecidas por estas imagens, assim como todos os

(1) Abreviaturas utilizadas neste parágrafo: ERTS: Earth Resources Technology Satellite; Landsat: Land Satellite, designação posteriormente atribuída pela NASA aos satélites ERTS; RBV: Multichannel Return Beam Vidicon Camera System; MSS: Multispectral Scanner, DCS: Data Collection System.

objectos de dimensão real superior à resolução do satélite (300 m para o ERTS, 20 m para o SKYLAB).

As possibilidades dos registos multiespectrais permitem obter informações variadas segundo as bandas, dado o facto já referido do comportamento diferencial dos objectos perante os diversos comprimentos de onda.

A imagem da banda 4 é a menos rica, onde os contrastes são esbatidos, os tons pálidos e os contornos mal definidos. É um registo altamente influenciado pela atmosfera, não só pelas nuvens, como toda a imagem de satélite, mas até pela bruma. Se a imagem for óptima pode sugerir os alinhamentos e as massas de relevo principais.

A banda 5 fornece imagens interessantes para o estudo da vegetação; os contrastes entre as zonas de floresta densa, floresta aberta, prado ou terra lavrada, são nítidos. A partir da análise da vegetação podem-se obter indirectamente informações sobre os solos e a localização das superfícies hídricas. A imagem desta banda permite fazer a cartografia dos tipos de vegetação.

A imagem da banda 6 evidencia a localização de todas as superfícies hídricas, e a distribuição das sombras aperfeiçoa a ideia do relevo já adivinhada na banda 4.

A banda 7 é a melhor para o estudo da água (BERGSTEN, 1973). Absorvendo a totalidade da radiação infravermelha, a água torna-se perfeitamente visível; o desenho da rede hidrográfica, a negro, é exacto sobre estes documentos, assim como o traçado da linha de costa e das formas geográficas e ecológicas do estrão (REGRAIN, 1973), o relevo submarino a fraca profundidade (BEHERENS, 1973; DEMATHIEU e VERGER, 1973) ou a análise das condições de sedimentação (DAVID e VERGER, 1974). A análise de sequências cronológicas de imagens de um litoral permite averiguar os processos de acumulação ou degradação do litoral, os sistemas de ondulação, os movimentos das massas de água (correntes de maré e outras).

Para o estudo do relevo é ainda esta banda a mais indicada; os efeitos de sombra, a orientação dos vales e os tipos de vegetação ajudam na interpretação das formas.

Nas regiões polares do hemisfério norte, as imagens de satélite têm sido úteis na determinação da extensão da cobertura de gelo, na análise da qualidade dos gelos, no movimento dos glaciares e icebergs, todos respectivamente importantes na precisão do regime dos rios abastecidos pelos glaciares e na navegação marítima (BODECHTEL e GIERLOFF-EMDEN, 1974; SVENSSON, 1973).

A localização das áreas de poluição marinha e da sua evolução, assim como a dos grandes cardumes e seus movimentos podem ser pesquisados sobre a imagem de satélite, principalmente quando se estudam séries de imagens captadas em períodos de tempo diferentes. Esta possibilidade de se poder possuir uma série cronológica de imagens do mesmo objecto é, juntamente com a escala de generalização dos factos nas imagens satélites, uma das grandes vantagens destes documentos.

A imagem de radar. — É um registo radiométrico, transcrito sobre um suporte fotográfico, das ondas hertzianas reflectidas pela superfície. O radar emite a onda para a superfície terrestre, por um sistema de «varredura» cujo plano é perpendicular ao plano de voo do avião (avião pesado). Essa, ao atingir os objectos, é reenviada ao emissor por reflexão; se o ângulo incidente for de 90° ou perto desse valor a reflexão é total; à medida que esse ângulo diminui, diminui a quantidade de radiação reflectida que é captada pelo radar. Do registo das

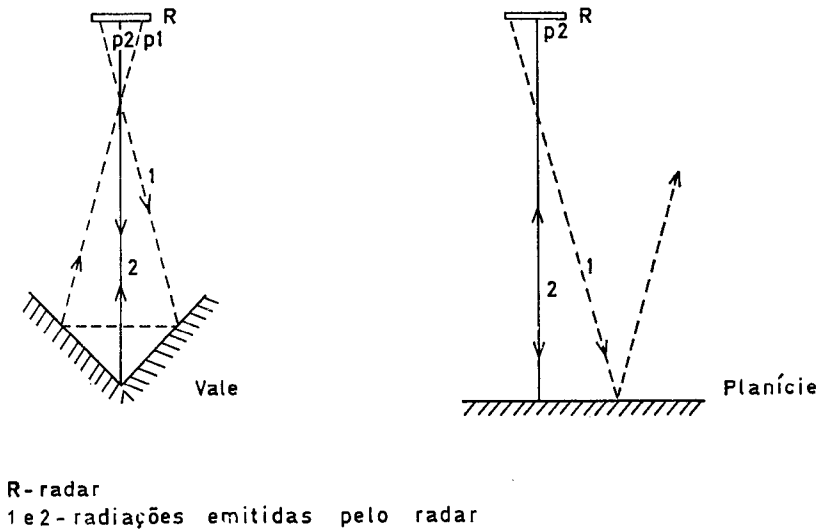


Fig. 3 — No vale, as radiações 1 e 2, emitidas pelo radar, são reflectidas e o filme do captor é impressionado em dois pontos, p1 e p2. Na planície apenas é captada a radiação reflectida de 2; o filme só é impressionado num ponto, p2, e a imagem é mais escura.

diferentes intensidades de radiação reflectida, devido à rugosidade e à geometria da superfície topográfica, obtém-se uma imagem em tons de cinzento, onde o relevo dessa superfície se apresenta com uma característica estereoscópica dada pela distribuição dos tons cinzentos. As planícies e as superfícies livres de água traduzem um mínimo de reflexão captável e portanto apresentam-se em tons escuros, enquanto os edifícios e vales apertados produzem um máximo e revestem-se de tons claros (fig. 3). Do mesmo modo as superfícies angulosas das cristas rochosas e os talwegues reflectem fortemente e dão, na imagem, traços muito claros (KOOPMANS, 1973). A vantagem dos mosaicos radar, além de ser uma imagem bem orientada no terreno, reside essencialmente no poder de penetração atmosférica da onda, anulando os efeitos perturbadores da vegetação, da nebulosidade, chuva ou nevoeiro. É por isso um processo que tem sido usado sobre regiões intertropicais geralmente

cobertas de nuvens, o que dificulta ou impossibilita a obtenção de fotografia aérea. O primeiro mapa onde foi possível desenhar com pormenor a rede hidrográfica da Amazônia brasileira foi estabelecido sobre mosaicos radar (TRICART, 1975).

No entanto, estes registos são de escala demasiado pequena para os estudos de pormenor (cerca de 1:250 000, nas imagens da Amazônia brasileira).

A termografia infravermelha. — É o registo radiométrico da temperatura da radiação emitida pela Terra, no comprimento de onda do infravermelho térmico. Captados também por um sistema de «varredura» as imagens da termografia traduzem-se visualmente por tons de cinzento, que representam diferenças de temperatura da superfície de Terra.

Para se obter uma escala termográfica, a cada linha de varredura compara-se a temperatura de radiação emitida pela Terra à do corpo negro, verificando-se a que tonalidade ela corresponde sobre a imagem. Os extremos dessa escala são o branco, para os objectos mais quentes e o negro para os mais frios.

A termografia tem interesse no estudo de todos os fenómenos caracterizados por contrastes térmicos, ou que lhe sejam proporcionais. É o caso da humidade do solo, por exemplo. A água tem propriedades vizinhas do corpo negro para a radiação térmica, e a sua presença num solo modifica-lhe portanto a condutibilidade térmica, a capacidade calorífica e o poder de emissão. Durante o dia, teoricamente, um objecto húmido é mais frio que um seco; na imagem este aparecerá escuro e o outro claro; durante a noite dá-se o fenómeno inverso (est. I).

Por essa razão os registos tomados durante a noite e no inverno devem ser mais expressivos, até porque durante o dia o radiómetro regista a radiação emitida pela Terra e a radiação infravermelha solar reflectida. Partindo deste princípio, na cobertura vegetal de uma superfície pode-se distinguir entre vegetação alta e densa e vegetação baixa, clareiras e solo ou rocha a nú (TRICART e HUSSON, 1972).

O relevo só muito indirectamente pode ser deduzido de uma termografia; quando há rupturas de pendor a variação de exposição provoca diferente aquecimento da vertente e diferentes tons na imagem, que por vezes vão perturbar, por exemplo, o estudo da vegetação.

Como registo único a termografia é muito imprecisa; mesmo tomada a diferentes horas e diferentes estações, precisa de ser controlada por medidas tomadas sobre o terreno (temperatura e humidade); é um documento de difícil orientação e interpretação. No entanto é muito útil no estudo das correntes marinhas (VERSTAPPEN, 1972) e lacustres, no controle da poluição térmica, nas pesquisas vulcânicas e hidrotérmicas, de águas subterrâneas, potencialidades agrícolas dos solos, e até na exploração mineira (GREEN, 1971).

A fotografia aérea. — A diferença de certos autores e de acordo com a amplitude da nossa definição, consideramos a fotografia aérea um documento de teledeteção.

A fotografia é o registo de uma radiação reflectida; se ele se faz dentro do espectro visível obtemos a fotografia aérea dita convencional ou tradicional; se ele inclui o espectro do próximo infravermelho obtém-se a fotografia aérea infravermelha. Tanto uma como outra podem ser feitas a preto e branco ou a cores, mas no caso da fotografia infravermelha as cores da imagem não coincidem com as cores reais do objecto, dizendo-se então de colorido falso.

São bem conhecidas as potencialidades de informação da fotografia aérea convencional pancromática. É uma imagem precisa, de escala que permite estudos de pormenor de fraquíssima resolução, e com a possibilidade de se obter a terceira dimensão do espaço real, por estereoscopia. Todas as ciências da Terra, do ambiente e da ocupação do espaço a usam como método fundamental de pesquisa.

A fotografia convencional colorida, sobre estas vantagens apresenta as da marcação precisa dos contornos, mais fáceis de traçar entre duas cores, que entre dois tons de cinzento — por exemplo, entre dois tipos de rocha ou de vegetação diferentes.

A fotografia infravermelha para determinadas linhas de pesquisa completa a pancromática, porque introduz, em casos de convergência, um elemento de diferenciação — a capacidade de reflexão da radiação infravermelha, que para o mesmo objecto não é igual à da radiação visível.

É no estudo da vegetação, da água e humidade que a fotografia infravermelha, principalmente a de colorido falso, oferece vantagem sobre a convencional. No entanto, são frequentes os fenómenos de convergência nestes documentos, devido à fraca penetrabilidade de radiação infravermelha: um pântano, uma superfície de micaxistos nus e uma vertente de cascalhos periglaciares lavrada, apresentam na fotografia infravermelha de colorido falso a mesma cor e o mesmo tom (TRICART e HUSSON, 1972).

O comportamento da água perante a radiação infravermelha já ficou exposto; absorvendo totalmente esse comprimento de onda, as superfícies de água livre são pretas na fotografia infravermelha a preto e branco e na colorida. As superfícies húmidas vão aparecendo respectivamente cinzentas e azuladas, com um tom tanto mais esbatido quanto mais secas se vão tornando. Para os objectos com uma determinada cor, a presença de humidade provoca um tom escuro dessa cor.

O comportamento da vegetação na fotografia infravermelha vem da capacidade de reflexão da clorofila a essa radiação. As plantas verdes, reflectindo a radiação infravermelha aparecem claras nas fotografias a preto e branco e vermelhas ou rosa nas de colorido falso. A intensidade da cor depende da altura, da densidade e da homogeneidade da cobertura vegetal (HUSSON, 1974), traduzindo, portanto os diferentes aspectos fisionómicos da cobertura vegetal e o estado do seu metabolismo (as árvores doentes são detectadas pelas folhas mortas, amarelas, de fraco ou nulo metabolismo positivo). A presença ou não de folhas durante a estação seca pode ser observada na fotografia infravermelha. Ela permite mesmo cartografar as áreas de espécies de folhagem caduca e de folhagem persistente.

Em geologia estes documentos podem fornecer resultados interessantes porque a capacidade de reflexão das rochas depende da granulometria e do grau de alteração dos seus componentes.

III. O tratamento das imagens

O tratamento das imagens consiste no conjunto de técnicas e processos que permitem um aproveitamento máximo das informações dos documentos de teledeteccção.

A enorme quantidade desses registos, sob a forma de imagens ou de séries numéricas, dificulta o seu tratamento manual. A natureza de algumas das suas informações escapa à capacidade de percepção fisiológica do homem. Recorre-se então a aparelhos e processos que facilitam e melhoram o aproveitamento de imagem, até se obter, por vezes a sua cartografia.

O interpretoscópio é o aparelho mais usado na pesquisa sobre as imagens de satélite; além de poder aumentar a escala até 1:50 000, aperfeiçoa a noção de estereoscopia das imagens e permite a visualização simultânea de imagens de bandas diferentes, facilitando comparações.

Outros aparelhos ópticos que permitem uma exploração perfeita do conteúdo da imagem, são por exemplo, os analisadores de imagens, os microdensímetros, que por tratamento numérico dos registos analisam a imagem quanto às diferentes densidades de distribuição de um fenómeno, pelo número de tons de cinzento existentes na imagem (TRAUTMANN, 1975).

Vários tratamentos ópticos são também utilizados; dentre eles salientam-se os sistemas da cor compósita (VERSTAPPEN, 1974), das equidensidades coloridas (WIECZOREK, 1972; LAU e RUG, 1968), o método dos mapas de contornos (VERSTAPPEN, 1974), a filtragem óptica para obtenção da transformada de Fourier (GUY, 1969; DUFFIEUX, 1946), e outros que realçam sobre as imagens, aspectos novos, não discerníveis à observação directa.

Conclusão

Com todas as suas vantagens e limitações, cada tipo de documentos de teledeteccção dá uma informação particular do objecto que regista, a uma escala determinada. Os documentos de captação radiométrica acrescentam aos de captação fotográfica explicações sobre as propriedades físicas dos objectos, sobre a estrutura interna destes, sobre a sua dinâmica própria; acrescentam à imagem real do objecto, a noção do seu comportamento energético, completando-se portanto.

A comparação de vários tipos de documentos contemporâneos é necessária para a interpretação de um momento na vida da paisagem; a comparação do mesmo tipo de documentos registados em tempos diferentes é necessária para compreender a evolução da paisagem.

Finalmente, a compreensão da superfície da Terra será perfeita, se se considerar comparativamente as várias dimensões dos fenómenos, analisando todas as escalas disponíveis, que permitam situar esses

mesmos fenómenos numa hierarquização de grandeza e de pormenor. Para padrão toma-se a escala real, o estudo do terreno, das suas formas, características e propriedades, sobre o qual se resolvem todas as convergências dos documentos.

As possibilidades postas ao serviço dos estudiosos da Terra pela teledeteccção são imensas. Para o geógrafo, recordemos apenas, que, no princípio deste século, a visão de conjunto mais ampla era a do cimo mais alto que ele pudesse escalar.

M. EUGÉNIA MOREIRA-LOPES

BIBLIOGRAFIA

Vão aqui indicadas as obras que não figuram na bibliografia apresentada neste número da revista.

- AMEÉN, L. — «Agricultural Elements Seen by ERTS-1». *Lund Studies in Geography*, Lund, 49 (55), 1974, p. 166-168.
- BEHRENS, S. — «Analysis of the Physiography of Scania and Sealand Interpreted by Means of ERTS-1 Images». *Lund Studies in Geography*, Lund, 49 (55), 1974, p. 139-147.
- BERGGSTEN, K. E. — «Some Morphological Features in the Region of the Great Swedish Lakes». *Lund Studies in Geography*, Lund 49 (55), 1974, p. 134-139.
- BODECHTEL, J. e GIERLOFF-EIDEN, H. — *Weltraumbilder die dritte Entdeckung der Erde*, Munchen, Paul List Verlag, 1974, 207 p.
- DAVID, D. J. et al. — *Cartographie automatique des marais et waden à partir des données multispectrales d'ERTS-1*. Mémoires du laboratoire de Géomorphologie de l'École Pratique des Hautes Etudes, Dinard, 26, 1974, 81 p.
- DEMATHIEU, P. e VERGER, F. — «Etude des eaux estuariennes et littorales sur deux images ERTS-1». *Revue Photo-Interprétation*, Paris 5 (2), 1973, p. 13-15.
- DUFFIEUX, P. M. — *L'Intégrale de Fournier et ses applications à l'optique*, Besançon, Thèse présentée à la Faculté des Sciences, 1946.
- ÉCOLE D'ÉTÉ — *La télédétection des ressources terrestres*. Tarbes, Centre National d'Etudes Spatiales, 1973, 539 p.
- GAGNON, H. — *La photo aérienne. Son interprétation dans les études de l'environnement et de l'aménagement du territoire*. Toronto. HRW Ltd., 1974.
- GUY, M. — «L'analyse fine de la houle par diffraction optique». *Revue Photo-Interprétation*, Paris, 69 (4), 1969.
- HUSSON, ANDRE — *Etude des photographies aériennes infrarouges. Leur apport à la connaissance du milieu naturel*. Strasbourg, Thèse présentée à l'UER de Géographie, 1974.
- KOOPMANS, B. N. — «Drainage Analysis on Radar Images». *ITC Journal*, Enschede, 3, 1973, p. 464-479.
- LAU, E. e KRUG, K. — *Equidensitometry*. New York, Focal Press, 1968.

LEGENDA DAS ESTAMPAS

As imagens das estampas I, A e I, B são registos termográficos da região de Brumath, na planície da Alsácia (França), gentilmente cedidos pelo Doutor Jean Trautmann do Centre de Géographie Appliquée de Strasbourg. A imagem A é o registo diurno — 13 horas — e a B o registo nocturno — 22 horas.

EST. I, A — No terço inferior da imagem os cursos do rio Ill (A) e seus afluentes e canais vêem-se a negro, alguns sublinhados por corredores de floresta. Os terrenos da planície (P) aparecem com tons negros e cinzentos, consoante a sua humidade; as franjas brancas que se projectam a partir das orlas das florestas traduzem o aquecimento dos solos por elas abrigados do vento.

No terço médio, um retalho da floresta decídua do Ried (F) põe em contraste a inversão térmica do espaço coberto de árvores, a negro, com as pequenas clareiras onde o solo, quente, aparece a branco. A aglomeração (C) e as parcelas (B) são mal definíveis.

No terço superior da imagem observam-se, a branco, parcelas cultivadas e uma estrada alcatroada (E).

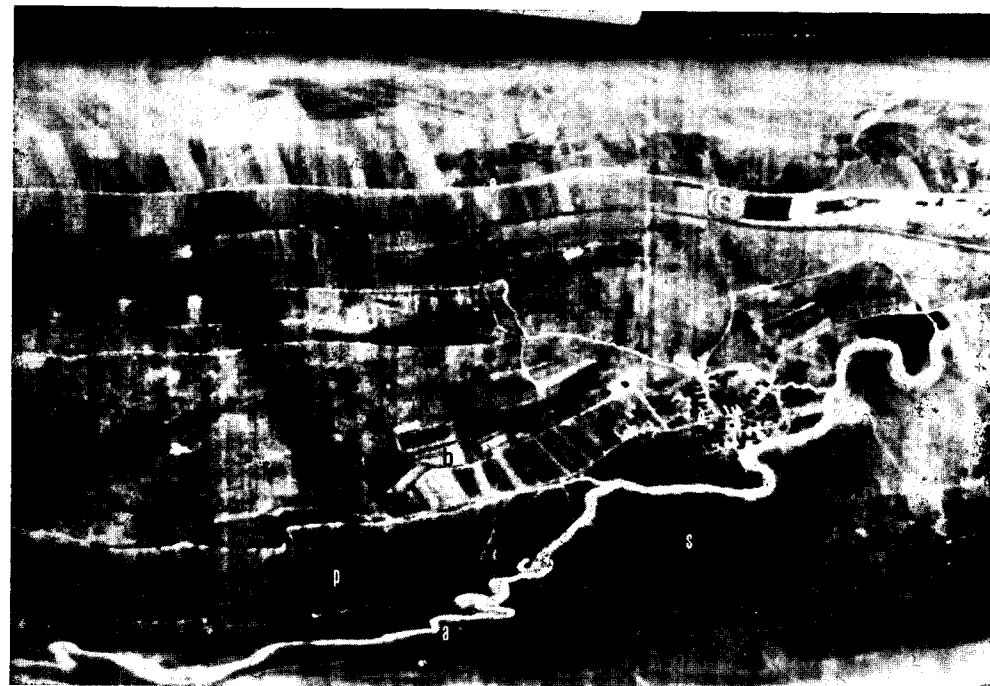
EST. I, B — Embora a imagem seja tecnicamente menos perfeita que a anterior (porque as linhas de «varrimento» são muito visíveis), é menos contrastada e, portanto, mais rica de informações. No terço inferior, o curso do Ill (a) e seus afluentes aparecem a branco luminoso; os seus contornos são bem definidos, sendo possível reconhecer os pântanos e lagos de meandros abandonados. A estrada (s) é visível, como um traço cinzento claro, que atravessa os solos da planície, mais frios que o asfalto, e por isso registados a cinzento escuro ou negro.

No terço médio, a floresta do Ried (f) e os outros espaços florestados confundem-se com os campos (p) da planície, mas as estradas e as parcelas (b) agricultadas (a cinzento) ou apenas lavradas (a negro) são bem nítidas. Na aglomeração (c) diferenciam-se os espaços construídos, a branco.

No terço superior, o contraste entre a estrada (e) e os campos marginais é menos marcado que na imagem diurna, porque a diferença de temperatura entre eles é maior.



EST. I, A



EST. I, B

- REGRAIN, R. — «L'intérêt des images multispectrales: l'exemple du littoral de la Manche orientale». *Bulletin de l'Association de Géographes Français*, Paris, 411-412, 1973, p. 703-703.
- SVENSSON, H. — «Break up of Lake Ice Observed in ERTS-1 Images from SW Sweden». *Lund Studies in Geography*, Lund, 49 (55), 1974, p. 115-170.
- TRAUTMANN, J. — *Photo interprétation et télédétection dans l'étude du milieu naturel*. Communication au stage de photo interprétation et télédétection appliquée aux unités écologiques, Strasbourg, Nov. 1975.
- TRICART, J. — «Influence des oscillations climatiques récentes sur le modelé en Amazonie Orientale (Région de Santarém) d'après les images radar latéral». *Z. Geomorph. N. F.*, Stuttgart, Berlin, 19 (2), 1975, p. 140-163.
- TRICART, J. e HUSSON, A. — «Quelques apports des enregistrements infrarouges à la connaissance du milieu physico-géographique». Paris, *Annales de Géographie*, 446, 1972, p. 385-420.
- VVERSTAPPEN, H. T. — «On Quantitative Analysis and the Study of Terrain». Enschede, *ITC Journal*, 3, 1974, p. 395-413.
- WIECZOREK, V. — *Der Einsatz von Aequidensiten in der Luftbildinterpretation und bei der quantitativen Analyse von Texturen München*, Münchener Geog. Abhandlungen, 7, 1972, p. 137.