

O INTERESSE DAS IMAGENS DOS SATÉLITES ERTS PARA O ESTUDO DO CLIMA ÀS ESCALAS REGIONAL E LOCAL EM PORTUGAL

Introdução

A caracterização climática dos espaços continentais apresenta dificuldades particulares às escalas regional (algumas dezenas de quilómetros em dimensão linear) e local (dimensão hectométrica ou quilométrica).

Os registos tradicionais são pontuais e a sua generalização por interpolação muito arriscada, por duas razões: a situação dos postos de registo tem grande probabilidade de não ser representativa de uma realidade regional mal conhecida; as regras de variação espacial dos fenómenos climáticos, muito complexas e fortemente influenciadas pelas características da superfície terrestre, não se deixam reduzir a fórmulas matemáticas simples. Mesmo com a densa rede de mais de 500 postos udométricos existente em Portugal, os mapas de precipitação (quantidade e frequência) elaborados na escala de 1:500 000 ⁽¹⁾ estão sujeitos ao

Comunicação apresentada ao Seminário sobre Detecção Remota, Lisboa, Junho de 1976.

⁽¹⁾ S. DAVEAU, C. COELHO, *Mapas da Precipitação em Portugal (1931-1960). Quantidade e Frequência*, Relatório n.º 5 do Projecto de Geografia Física, Centro de Estudos Geográficos, Lisboa, 1975; S. DAVEAU *et al.*, *Répartition et Rythme des Précipitations au Portugal* (Memória n.º 3 do Centro de Estudos Geográficos), Lisboa, 1977.

coeficiente pessoal dos autores e o seu traçado não passa em certos lugares de uma escolha subjectiva entre várias soluções possíveis. Os estudos de climatologia local obrigam à multiplicação dos lugares de observação, o que os torna muito dispendiosos e o que implica ter em consideração apenas amostras ⁽²⁾, cuja localização no tempo e no espaço não escapa à arbitrariedade.

As imagens fornecidas pelos satélites meteorológicos, que funcionaram durante a última década, têm a grande vantagem de apresentarem homogeneidade espacial, mas o seu grau de resolução (alguns quilómetros) fica abaixo do desejável para a caracterização e interpretação do clima local ou mesmo regional (BARRETT, 1974). Permitiram consideráveis progressos no conhecimento dos aspectos e mecanismos do clima dependentes das vastas unidades que são as massas de ar e os grandes conjuntos geográficos (oceanos e continentes, cadeias montanhosas de primeira grandeza). Mas são insuficientes para a caracterização das variações regionais e locais à escala de Portugal. Ora, são estas que, directa ou indirectamente, condicionam tanto a vegetação como as actividades humanas, que se desenrolam normalmente num quadro espacial oscilante entre algumas centenas de metros e dezenas de quilómetros.

Dai o grande interesse despertado pelas imagens fornecidas pelos satélites ERTS.

Características das imagens ERTS

As suas características e especialmente a sua óptima resolução (nitidamente inferior a 100 metros, nos casos favoráveis) parecem prestar-se a uma interpretação climática na escala mais adaptada à sua utilização directa pelo homem; parecem, além disso, capazes de informar a respeito de certos aspectos climáticos importantes, mas muito dificilmente documentados através das técnicas de observação até agora utilizadas (por exemplo, o nevoeiro, o orvalho, a geada, a superfície molhada por um aguaceiro, a cobertura de neve instantânea e a sua progressiva fusão, a localização preferencial das ascendências ou subsidências orográficas).

Nem todas as características das imagens ERTS se afiguram, no entanto, favoráveis a este tipo de estudo. O seu ritmo (de 18 em 18 dias, ou de 9 em 9 dias, combinando as imagens dos dois satélites existentes) não permite acompanhar o desenrolar de uma dada situação. Por isso, será sempre preciso enquadrar o «instantâneo», fornecido pelo satélite ERTS, na documentação regularmente elaborada pelas outras fontes de informação (Boletins Meteorológicos, imagens dos satélites meteorológicos, registos das estações e postos pontuais). As faixas de recobrimento de duas passagens sucessivas, que correspondem a uma largura de cerca de 50 km (cada passagem cobre uma faixa larga

⁽²⁾ Por exemplo, E. SJÖGREN, «Local Climatic Conditions and Zonation of Vegetation on Madeira», *Agronomia Lusitana*, Lisboa, 36(2), 1974, p. 95-139.

de 135 km), apresentam no entanto duas imagens separadas por um intervalo de 24 horas, o que, em certos casos, pode permitir a apreciação da evolução.

Por outro lado, o facto da observação ser feita sempre à mesma hora (cerca das 10 horas e 40 minutos) constitui uma limitação, na medida em que os fenómenos típicos da tarde e da noite escapam ao registo, sem que, em compensação, a regularidade do horário traga uma perfeita homogeneidade das condições de insolação ao longo do ano.

Assim, as imagens ERTS não se prestam ao estudo do ritmo diário dos fenómenos, nem ao do desenrolar dos tipos de tempo, cuja duração em Portugal é, em geral, da ordem de alguns dias. Por isso, parecem ser de pouco interesse, quer directa quer indirectamente, na melhoria das técnicas de previsão do tempo.

Em compensação, elas prestam-se perfeitamente ao estabelecimento de séries, de valor estatístico, da repartição espacial de certos fenómenos em função dos tipos de tempo. O acaso resultante da periodicidade de 18 ou 9 dias com que, ao fim de alguns anos, a maior parte dos tipos de tempo característicos de Portugal tenha toda a probabilidade de ter sido captada, numa proporção próxima da sua frequência verdadeira. De qualquer forma, podendo esta ser estabelecida a partir dos registos tradicionais, é fácil introduzir uma correcção, se certo tipo de tempo aparecer super-representado nas imagens ERTS.

Uma tal colecção deve permitir cartografar a diferenciação climática regional de Portugal com um pormenor suficiente para tornar fácil e imediata a utilização do mapa pelas mais variadas categorias de utentes. O traçado de uma estrada, ou a implantação de um bairro, têm toda a vantagem em evitar o mais possível nevoeiros e geadas frequentes ou coberturas de neve perduráveis. Determinada cultura pode ser favorecida, ou prejudicada, pela frequência do nevoeiro ou do orvalho, pela violência ou ausência dos ventos canalizados entre os relevos. Ora, basta, muitas vezes, a deslocação de uma centena de metros, horizontal ou verticalmente, para se encontrar condições de cima local completamente diferentes, capazes de fazer do empreendimento um êxito ou um fracasso. Mas nenhum sistema de registo tradicional é capaz de fornecer tal tipo de informação. Pelo contrário, uma colecção de uma centena de imagens ERTS deve ser suficiente para estabelecer mapas de frequência de vários fenómenos climáticos com bom grau de aproximação temporal e um rigor perfeito no que diz respeito à repartição espacial.

Alguns exemplos, extraídos da leitura à vista desarmada das poucas imagens ERTS de Portugal que chegaram até agora ao meu conhecimento, vão permitir ilustrar as potencialidades de uma técnica de registo, que considero da maior importância para os progressos da climatologia regional e da sua integração no conhecimento global do ambiente geográfico.

Exemplos extraídos das imagens ERTS disponíveis

As imagens ERTS de Portugal até agora difundidas comportam uma cobertura de nuvens muito reduzida, em conformidade aliás com o programa traçado para o satélite: o inventário dos recursos terrestres. Não permitem, por isso, exemplificar os tipos de tempo atlânticos, muito nublados. Mesmo assim, estas escassas imagens são suficientes para sugerir todo o interesse do método.

19 de Agosto de 1973 (imagem 271, banda 7). — A parte continental da imagem é bastante pálida, sinal de grande secura. A situação é tipicamente anticiclónica, sendo a pressão ao nível do mar da ordem dos 1025 mb. A imagem vertical efectuada em Lisboa às 12 horas (fig. 1) atravessa massas de ar muito diferenciadas: uma delgada camada de ar atlântico, húmido e instável, está sobreposta por uma massa quente e subsidente, em lenta transgressão a partir do continente africano; por cima desta circula a partir de sudoeste e com maior velocidade uma massa de ar fria e seca.

No canto sudoeste da imagem, uma camada baixa de estrato-cúmulos cobre o oceano e penetra um pouco sobre a terra, a sul da foz do Sado (est. I). A sua baixa altitude lê-se, e poderia calcular-se, através da estreita sombra das nuvens que se destacam sobre o continente. A despeito da banda 7 não ser a melhor para estudar a forma dos cúmulos (MATTSSON, *Lund Studies*, 1974, LINDQVIST, *Id.*), distingue-se facilmente a sua dupla estrutura: largas faixas WNW-ESE e bandas muito mais estreitas, de orientação sensivelmente SW-NE sobre o mar, passando em terra a SSW-NNE, ao mesmo tempo que dão lugar a alinhamentos de cúmulos cada vez mais pequenos. Assim, às 10 h 40 m a transgressão de ar húmido, testemunhada em Lisboa às 12 h, não tinha ainda ultrapassado a península da Arrábida. A superfície de inversão, que coroava a camada húmida, devia apresentar ondulações transversais de alguns quilómetros de comprimento de onda enquanto os estreitos alinhamentos longitudinais (ou «estradas» de nuvens), devidos a movimentos verticais de convecção no seio da camada inferior, indicavam a direcção do vento e a sua inflecção para a esquerda, registada quando da penetração sobre o continente.

Isto constitui uma imagem da nebulosidade litoral ligada ao avanço de uma cunha de ar marítimo sobre o continente aquecido. Múltiplos devem ser os tipos desta situação estival característica. Uma colecção de imagens poderia documentá-los, mas não chegaria, no entanto, a esclarecer o importante ritmo diário deste fenómeno. O detalhe da penetração sobre o continente (por exemplo as relações entre a frente das nuvens e o relevo da Arrábida) ficaria também muito melhor esclarecido através de uma série de registos sucessivos.

No canto oposto da imagem 271 surge outro fenómeno climático, só muito difícil e parcialmente documentado através dos métodos tradicionais de registo: uma espectacular trovada, constituída por um rosário de enormes cúmulo-nimbos (est. II) A sua forma e desenvolvimento ver-

tical podem ser apreciados, em parte, graças à potente sombra que projectam sobre o solo. A extremidade sul deste alinhamento de 30 km roça o rebordo norte da Serra de São Mamede, enquanto os dois últimos cúmulos-nimbos passam alguns quilómetros a sul do Tejo. As caracte-

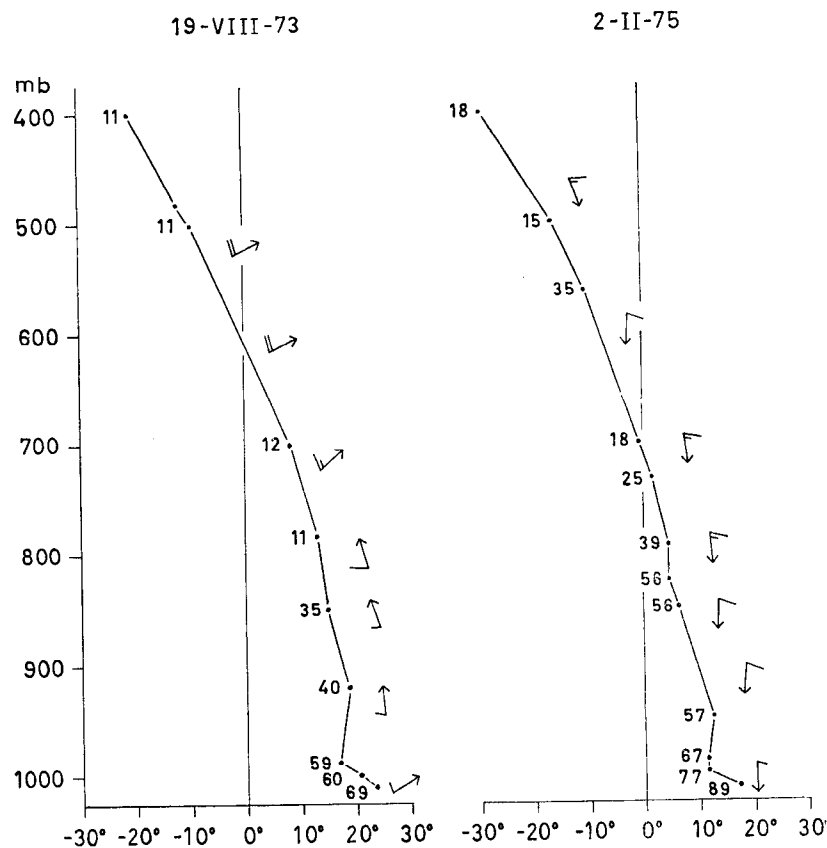


Fig. 1 — Estrutura vertical da atmosfera em Lisboa, às 12 horas, nos dias 19 de Agosto de 1973 e 2 de Fevereiro de 1975. Curva das temperaturas, percentagem da humidade em algarismos, direcção e velocidade do vento.

ísticas locais do alinhamento parecem muito influenciadas pela topografia: espesso a sul, fragmentado de encontro às Serras de San Pedro e Santiago, ele parece progredir mais rapidamente ao longo das faixas de baixo relevo.

A estrutura vertical da atmosfera, caracterizada, acima dos primeiros mil metros, por um gradiente térmico muito forte, é sem dúvida favorável à aparição de um tal «acidente». A trovoadas parece ter progredido rapidamente de oeste para leste: com efeito, observa-se atrás

dela, e desde o rebordo ocidental da imagem, uma zona húmida, de cor mais acentuada que todo o resto do espaço continental: deve corresponder à extensão da chuva (3). Como nenhuma das estações citadas no Boletim Meteorológico se encontra nesta zona, a trovoadas ficou completamente indocumentada nesta publicação de acesso fácil. Os registos dos outros postos levam em regra anos, senão décadas, antes de vir a público. O seu testemunho permitiria, no entanto, acompanhar o desenvolvimento e progressão da trovoadas, estabelecer se ela nasceu no oceano, no litoral ou em terra, de noite ou de dia, e verificar se a «sombra» de humidade que parece ter deixado resulta realmente da chuva. A hora da observação, como a estrutura atmosférica são, de qualquer forma, pouco favoráveis à hipótese de uma origem ligada à convecção térmica superficial. Só o enquadramento da imagem numa documentação mais extensa no espaço e no tempo permitiria a exploração completa deste fenómeno.

2 de Fevereiro de 1975 (imagens 51 e 52, banda 7). — A característica do dia é dada pelas manchas brancas do nevoeiro que preenche certas depressões topográficas, principalmente as bacias de Orense, Chaves e Mirandela e uma parte do vale do Douro (est. III). Mais a sul, uma grande capa de baixos estratos encobre a região de Ciudad Rodrigo mas, em Portugal, a extensão do nevoeiro reduz-se muito. Só se notam manchas um pouco importantes a sul da Marofa, na região de Arganil (est. IV) e, no vale do Tejo, à volta de Vila Velha de Ródão e de Abrantes (est. V).

Enquanto o nevoeiro das depressões setentrionais tem uma estrutura amorfa, os estratos de Ciudad Rodrigo, como os nevoeiros das depressões da Beira, têm uma estrutura «fibrosa», mais visível (na banda 7) nos seus rebordos. As ondulações transversais à direcção do vento costumam ser mais frequentes do que as longitudinais nos estratos e nevoeiros (MATTSSON, 1974); no entanto, no caso presente, parece tratar-se de «estradas» do vento, longitudinais. Efectivamente as sondagens das 12 horas indicam vento fraco de norte em Lisboa (fig. 1), de nordeste no Porto. Estará a diferença de comportamento das várias manchas de nevoeiro ligada a um enquadramento topográfico mais ou menos vigoroso e definido? Ou a uma estrutura e dinâmica atmosférica regionalmente diferenciada? Seria preciso dispor de mais que um exemplo da situação anticiclónica geradora de nevoeiros, para poder responder.

A extensão horizontal e vertical do nevoeiro pode ser analisada com grande pormenor, devido à excelente qualidade da imagem do relevo. A altitude atingida pelo nevoeiro pode ser fixada (através da consulta comparativa dos mapas topográficos na escala de 1:50 000 ou 1:25 000) com uma aproximação tanto melhor quanto o seu limite for mais nítido (por exemplo, nos vales afluentes da margem esquerda do Douro, est. III).

(1) Um fenómeno análogo tinha sido fotografado pelo satélite Gemini 4, em princípios de Junho de 1965, no Texas ocidental. Várias vezes reproduzida, esta fotografia aparece na página 49 do livro de BODECHEL e GIERLOFF-EMDEN, *Weltraumbilder*, 1974.

As dissimetrias de cada mancha podem ser analisadas deste modo, o que proporciona informações sobre a dinâmica do ar no momento da observação. Por exemplo, a sul da capa de nevoeiro que cobre a região de Arganil, existe uma outra ocorrência, mais reduzida, no vale serrano do Ceira (est. IV). Encontra-se em grande parte acantonada sobre a vertente da margem direita do vale, que oculta até cerca de 500 m de altitude, enquanto a encosta sul, ainda não atingida na sua maior parte pela insolação, e o próprio leito do rio, que corre a menos de 300 m, aparecem nitidamente. Será indicio de uma evolução matinal de dissipação do nevoeiro, através de um começo de ascendência na vertente soalheira?

Outro traço curioso da imagem deste dia são umas manchas escuras, quase tão intensas como a água dos rios e das barragens, cuja localização não é sempre fácil de entender. Uma delas corresponde aos campos pantanosos do Mondego, a jusante de Coimbra (est. IV). As outras, que se encontram a norte de Covelo perto do Mondego, no vale superior do rio Alge ou a nordeste de Tomar (est. IV), não podem resultar do afloramento de terrenos impregnados de água. Correspondem sim a depressões topográficas, mas de fundo acidentado e insusceptível de inundação. Por comparação com manchas de nevoeiro vizinhas, pode por-se a hipótese de se tratar de áreas que acabam de ser libertas do nevoeiro ou cobertas de um denso orvalho. A menos que testemunham da extensão de incêndios recentes...

Conclusão

As imagens ERTS parecem constituir um instrumento muito válido para o progresso da climatologia regional, ramo da ciência cuja evolução tinha ficado atrasada pela pouca adaptação escalar da documentação até agora disponível.

A interpretação das imagens exige a sua inserção num conjunto documental, que lhes proporcione a dimensão temporal de que carecem.

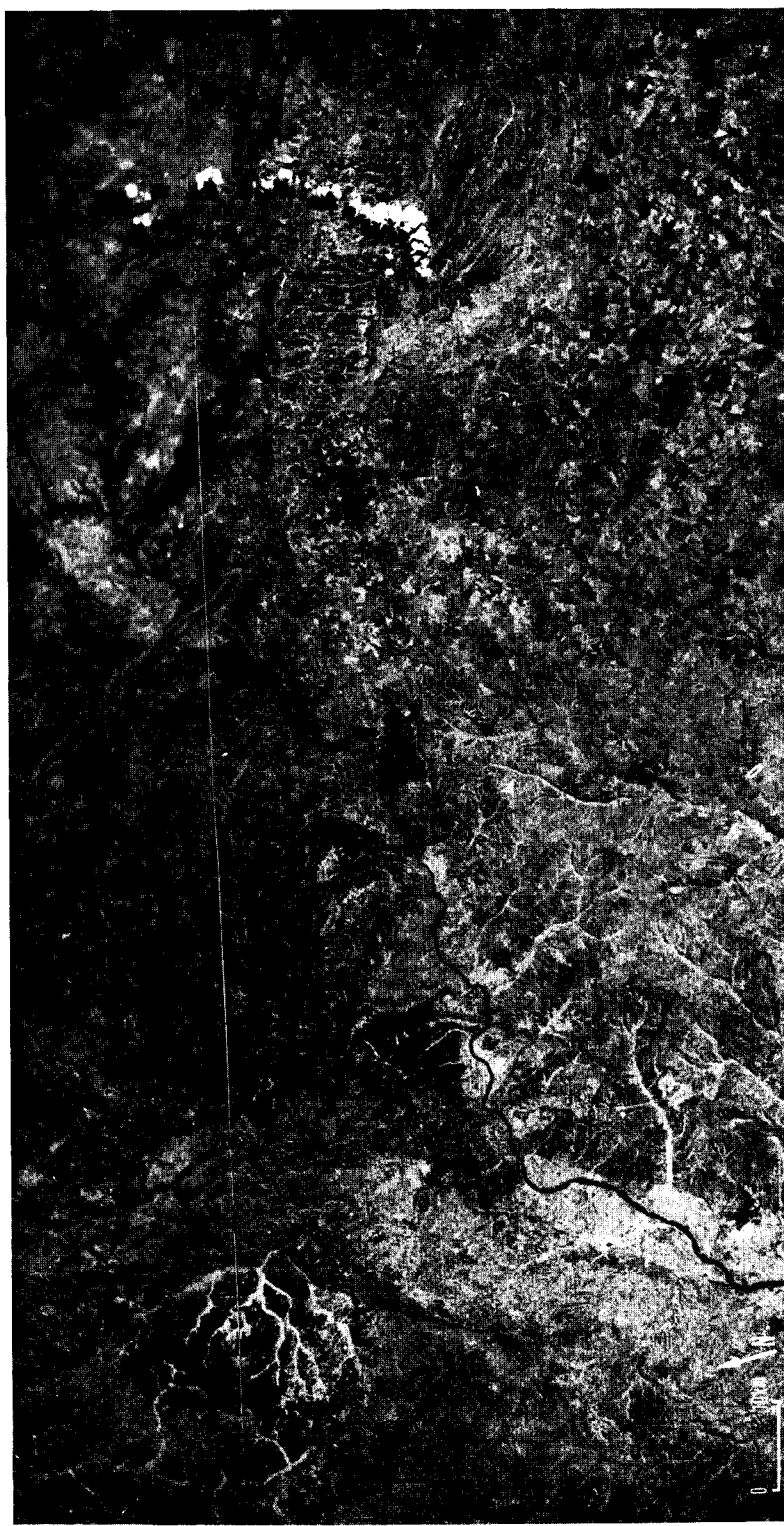
É através da sua excepcional escala de resolução, da sua perfeita homogeneidade espacial e temporal e do seu ritmo regular e, por isso, estatisticamente objectivo, que as imagens ERTS podem fazer progredir muito o conhecimento do clima, na escala mais adaptada a muitas das utilizações e adaptações humanas.

Para alcançar tal objectivo, seria desejável dispor de uma colecção tão completa quanto possível de imagens, sem que certos tipos de tempo tenham sido postos de parte por comportar cobertura de nuvens ou bruma seca abundante. Só assim se pode obter uma amostragem objectiva da expressão espacial dos vários tipos de tempo e uma caracterização climática regional válida e útil.

Nesta medida, as exigências documentais de um estudo da climatologia regional de Portugal podem parecer diferentes, e maiores, do que as de muitos outros aspectos do ambiente. Afigura-se, no entanto, que a caracterização climática regional constitui aspecto prioritário e indispensável num programa de utilização das imagens ERTS. Com



EST. I — As 10 h 40 m da manhã do dia 19 de Agosto de 1973 uma camada baixa de estrato-cúmulos atinge o litoral a sul da foz do Sado.



EST. II — Os enormes cúmulo-nimbos alinhados de uma trovoadá progridem para leste, entre a Serra de S. Mamede e o Tejo (19 de Agosto de 1973).



EST. III — Na manhã de 2 de Fevereiro de 1975, a neblina enche as bacias de Chaves e Mirandela, assim como o vale do Douro a montante da Régua, enquanto no resto da imagem uma luminosidade excepcional permite distinguir com extraordinário pormenor o entrecruzamento de fracturas e alinhamentos estruturais que comandam o relevo do Norte do País.



EST. IV — As 10 h 40 m da manhã de 2 de Fevereiro de 1975 a orientação das sombras dá especial vigor ao relevo recortado das montanhas de xisto da Cordilheira Central. Distingue-se, de norte a sul, o Caramulo, a bacia do Mondego e a Cordilheira Central, no meio da qual corre o Zêzere. A mancha branca principal corresponde à neblina da região de Arganil, a mais pequena, imediatamente a sul, à do vale da Ceira descrita no texto.



EST. V — A única mancha de neveiro visível sobre este extracto da imagem de 2 de Fevereiro de 1975 sublinha o obstáculo constituído pela crista das Portas de Ródão. Os batólitos graníticos ressaltam pela sua cor clara. Nota-se em particular o de Fundão, no terço superior, limitado pela sua auréola de rochas metamórficas resistentes.

efeito, não só encontra numerosas aplicações imediatas, como constitui um requisito indispensável a qualquer interpretação das imagens.

Se, por exemplo, os batolitos graníticos da Beira Baixa se distinguem com a maior facilidade do seu enquadramento xistoso na imagem 52 de 2 de Fevereiro de 1975 (est. v), enquanto os do Noroeste mal se deixam adivinhar (est. III e IV), é por razões climáticas. Será importante estabelecer se este contraste resulta só dos tipos de tempo dos dias anteriores à observação, ou se o clima regional e local médio não terá também influência sobre as cambiantes espaciais das imagens. Uma colecção tão completa quanto possível de imagens, correspondentes aos tipos de tempo mais variados, permitiria resolver este importante problema.

Notícia introdutória às estampas I a V

Estas imagens resultam dos registos efectuados pelos satélites ERTS (ou Landsat) nos dias 19 de Agosto de 1973 (est. I e II) e 2 de Fevereiro de 1975 (est. III, IV e V). As linhas transversais resultam de pequenas irregularidades na transmissão dos sinais pontuais, cuja dimensão individual é de aproximadamente 80 por 60 metros.

Todas as imagens apresentadas correspondem à banda 7, quer dizer à radiação infravermelha. Nesta banda a água, que absorve a radiação, aparece a preto, as superfícies secas e as nuvens, que a reflectem, em tons claros. Outro fenómeno importante, que interfere com o anterior para determinar a tonalidade de cada lugar de registo, é a oposição entre as vertentes iluminadas pelo Sol da manhã e as que, orientadas a noroeste, ficam na sombra.

A qualidade da imagem depende em larga parte das condições atmosféricas. É interessante, a este respeito, comparar a parte superior da estampa II com as partes inferiores das estampas IV e V, que dizem respeito ao mesmo espaço. A ligeira diferença na escala de reprodução não é a principal responsável pelas oposições que se notam. A atmosfera do dia 2 de Fevereiro de 1975 era muito mais límpida do que a de 19 de Agosto de 1973, daí uma muito maior nitidez da imagem, que permite ler com mais rigor a estrutura profunda. Mas, por outro lado, a imagem de Verão põe muito mais em realce o contraste entre as extensões de floresta, de cor escura, e os campos e charnecas, muito mais claros. No canto sueste da estampa II, a diversidade das culturas e a dimensão das parcelas fazem com que um extraordinário desenho cadastral apareça. Ele nota-se também com bastante nitidez nas lezírias e na península de Setúbal (est. I), enquanto as planícies situadas a leste são pontuadas pelas inúmeras manchas pretas das pequenas barragens de cultura.

É impossível chamar aqui a atenção para as características da extraordinária variedade e quantidade de informação reunida nestas poucas imagens. Cada um pode observá-las à vontade e descobrir nelas os mais variados assuntos de interesse e de espanto, mas deve ficar ciente de que a interpretação a sério dos contrastes entre as manchas mais ou menos escuras das imagens é tarefa que exige que se tenha

reunida muita informação recolhida no campo. Além da leitura das imagens à vista desarmada, já por si muito rica em sugestões, técnicas de observação, de comparação e de medição complexas vão sendo afinadas e experimentadas. Os especialistas hesitam ainda sobre a metodologia a adoptar perante a riqueza de possibilidades desta nova modalidade de observação da face da Terra. Isto não deve impedir os geógrafos de se debruçarem individualmente sobre imagens, que são capazes de dizer muito a todos, respondendo a muitas interrogações e suscitando maior número de novos problemas.

As gravuras foram feitas a partir de negativos pertencentes a M. C. Dachary, tendo sido a ampliação realizada na Base Aérea de Sintra, no serviço dirigido pelo Major Silva e Castro.

SUZANNE DAVEAU