

AValiação PRELIMINAR DE TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO ORBITAL
E AÉREO PARA A PESQUISA DE QUALIDADE DA ÁGUA NA
REGIÃO DO EIXO RIO-SÃO PAULO

Renato Herz*
Juan José Verdesio Bentancourt
Celina Foresti

Instituto de Pesquisas Espaciais - INPE
Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq
São José dos Campos - SP - Brasil

A integração de sistemas sensores orbitais e/ou aerotransportados produzem os recursos complementares indispensáveis à execução de programas de saneamento em áreas de alta concentração demográfica e industrial da região sul e sudeste. As consequências negativas do uso inadequado dos recursos hídricos, especialmente pelo lançamento de dejetos municipais, agrícolas e industriais às reservas naturais de água, vem alterando violentamente a disponibilidade de água pura para o consumo humano, pondo em risco a própria sobrevivência da estrutura de ocupação do espaço no eixo Rio-São Paulo. Os reservatórios de grande amplitude e as áreas costeiras passíveis de contaminação monitoradas por plataformas do tipo LANDSAT alcançam detalhamento bastante satisfatório em razão da extensão do fenômeno. As reservas menores e os cursos d'água são suficientemente acompanhados através de sistemas sensores instalados em aeronave, alcançando-se a resolução adequada em função da alteração de altitude do sobrevôo. Alguns exemplos desse tipo de levantamento na área abrangida pelo tema, revelam a eficiência desse método de sensoriamento e seu valor na avaliação da qualidade da água dos recursos hídricos de superfície utilizados pelo homem.

* Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo - IOUSP
São Paulo - SP - Brasil

INTRODUÇÃO

O monitoramento de fenômenos relacionados ao estudo da qualidade das águas, pela aplicação de técnicas de sensoriamento remoto, é um problema que envolve, basicamente, as características espaciais e temporais da dispersão e/ou dissolução de produtos naturais e antropogênicos que, lançados às águas, modificam suas propriedades óticas. A escolha de sensores apropriados para a detecção seletiva desses produtos é, ainda, um procedimento bastante complexo em razão da mistura de sólidos e solutos nas águas, não havendo, na maioria dos casos, a possibilidade de discriminar senão aqueles pouco miscíveis e de baixa densidade transportados em superfície.

Plataformas orbitais e aéreas, atualmente em operação, promovem subsídios indispensáveis ao estudo de tendência dos processos de interação físico-química desses materiais lançados aos corpos de água, permitindo qualificar sua distribuição geográfica, a partir do registro seletivo de radiações eletromagnéticas que interagem, diferencialmente, segundo as propriedades físico-químicas das águas.

Na região do macro-eixo e das áreas metropolitanas de São Paulo e do Rio de Janeiro, esse problema tem sido focalizado com interesse, tomando-se em conta, o desenvolvimento industrial e a concentração demográfica que atuam com forte pressão sobre as reservas hídricas de superfície.

A diversificação do produto efluente, produzido nestes centros, tem dificultado seu controle, por parte de instituições especializadas que atuam no campo do saneamento básico, especialmente quando se trata de caracterizar a amplitude ou abrangência geográfica do processo natural de mistura. Neste propósito, as técnicas de sensoriamento remoto tem contribuído com grande eficiência, estabelecendo a observação repetitiva do fenômeno e possibilitando a identificação de fontes que alteram a qualidade das águas. Este procedimento, apesar de qualitativo ou semiquantitativo, é um método importante na complementação

dos resultados de amostragem pontual, realizada em superfície, por técnicas convencionais de levantamento.

METODOLOGIA

A escala do fenômeno relacionado a qualquer estudo de qualidade das águas é um fator primordial na adoção de qualquer método ou instrumentação para monitorar seu compartimento, em função da estrutura, especialmente das variáveis hidrometeorológicas que regem dada sistema.

No sistema integrado do eixo Rio-São Paulo, há grande diversificação nos tipos de bacias sujeitas à contaminação por ação natural ou antrópica. Pelo reconhecimento de tais unidades, estabelece-se um critério relacionado ao nível de detalhe ou generalização pretendida em cada caso.

A aplicação de plataformas orbitais do tipo LANDSAT tem demonstrado que o sistema MSS é suficiente para o levantamento de baías, estuários e lagunas, bem como lagos e reservatórios de grande capacidade (1). Dificuldades relacionadas à resolução geométrica desse sistema (unidade de resolução 79 x 56 m) limitam sua aplicação além de um certo nível de detalhe, havendo assim, a necessidade de se aplicar as plataformas aéreas equipadas com imageadores multiespectrais e câmeras fotográficas. Neste caso, a alteração da altitude de vôo é um fator que deve ser ajustado à escala desejada e à capacidade de resolução dos instrumentos sensores.

Especificamente para a região focalizada, foram aplicadas imagens MSS de satélite LANDSAT, na forma de fitas compatíveis ao computador, processadas automaticamente no Analisador Interativo IMAGE - 100 (GE), a uma escala limite de 1:124.000, para estudar a dispersão de sólidos nas represas Billings e Guarapiranga em São Paulo e no canal, no estuário na baía de Santos e Rio de Janeiro. Os rios Paraíba, Pinheiro e Tietê, principais bacias fluviais do sistema proposto, foram levantados em alguns locais, com o auxílio da aeronave Bandeirantes, equipada

com um Imageador BENDIX LN 3 com dois canais espectrais, uma multiespectral Mark I da International Imaging Systems e uma câmera métrica WILD RC-10.

RESULTADOS

Os resultados preliminares demonstraram a eficiência de cada uma das plataformas de pesquisa no detalhamento dos processos regionais e locais.

Para a Grande São Paulo, a imagem LANDSAT-2 produzida a 26 de junho de 1976, na órbita 164, ponto 28 (nº 176178-114744), após o processamento automático pela técnica MAXVER, classificou uma série de padrões de água nas duas represas já mencionadas (Fig.1) destacando-se, nitidamente, as diferentes unidades temáticas caracterizadas por variações nos fatores físico-químicos e biológicos das mesmas. O reservatório do Guarapiranga, menos sujeito à contaminação por dejetos sanitários, apresenta, nessa classificação temática, pouca variação no que se refere à suspensão de sólidos, derivada do lançamento de efluentes domésticos no setor marginal urbanizado. Mais a leste a represa Billings, a partir da mesma escala de classes no processamento da imagem, tem suas águas bastante contaminadas pelo lançamento direto do produto sanitário da cidade de São Paulo, lançado no rio Pinheiros e parte do rio Tietê. Fica muito bem caracterizada a dispersão, desse material, junto à usina elevatória de Pedreira.

Sobre o rio Tietê, foram realizados vôos de baixa altitude, utilizando sensores fotográficos aplicando emulsões coloridas (KODAK Aerochrome Infrared Film 2443), obtendo-se excelentes resultados na discriminação de fases de mistura e identificações de fontes poluidoras. Próximo a Guarulhos, é possível classificar, a partir de imagens obtidas pela câmera métrica com emulsão falsa-côr, uma série de propriedades, que indicam a qualidade das águas em lagoas situadas na várzea do referido rio, para montante.

Na imagem LANDSAT, anteriormente mencionada, torna-se viável, como traçador natural, parte desse produto (que altera profundamente as águas do planalto paulista) lançado no sistema de drenagem da Baixada Santista pela usina Henry Borden. Além disso, todo efluente municipal e industrial do parque de Cubatão, lançado no canal de Piaçaguera também é detectado (Fig.2) pelo mesmo satélite, discriminando diferentes padrões de concentração e sua distribuição geográfica. Na baía de Santos, esse mesmo fenômeno pode ser visto no setor oeste, junto da praia das Vacas, em São Vicente, e praia José Menino, em Santos, conforme já apontavam (2) e (3). Como resultado de lançamento de produto sanitário municipal, alterando a qualidade das águas drasticamente, ficando 90% do tempo abaixo do padrão de balneabilidade.

O rio Paraíba, como principal bacia fluvial do vale do Paraíba, onde existe, atualmente um grande número de indústrias poluidoras, (1329 em São Paulo, (4)), tem recebido uma grande quantidade de material de origem bastante variada. Entretanto, tem sido apontado, como um dos mais prejudiciais, os efluentes de três indústrias de produção de celulose que, apesar de representar somente 5,6% do total de indústrias em funcionamento, aprestam uma carga que corresponde a 65,1% do total de DBO/dia estando as indústrias químicas a seguir, com 21,1% (4). Na tentativa de verificar a potencialidade de alguns sensores para a detecção dessas fontes contaminantes das águas do rio Paraíba, foi programado um voo com aeronave Bandeirantes. Pela primeira vez no Brasil, determinou-se, no dia 10 de maio de 1975, a viabilidade de aplicação de imagens da faixa do infravermelho termal, obtidas por imageador (BENDIX LN 3) a 333 m de altitude de voo, na pesquisa desse fenômeno; (Fig. 3) destaca-se, aqui, o produto registrado sobre uma área do município de Jacareí, onde está instalada a indústria de papel São Simão S.A.. Nesta missão, foram efetuadas medidas de campo simultaneamente ao sobrevoo, que permitiu a varredura transversal de 1000 m no solo, sendo a escala da imagem de 1:20.000 e resolução geométrica de 1 m no centro da faixa de cobertura. O sinal gravado em fita magnética e processado no analisador interativo IMAGE-100 (GE) com um programa de equidensitometria de 256 níveis de cinza, estabeleceu temas semiquantitativos que permitiram a classificação de um gradiente de temperaturas de

superfície, variando entre 16,8⁰C e 23,9⁰C. Neste local de despejo do efluente, a temperatura da água do rio, a montante era de 21⁰C, na ocasião do vôo. Como houve uma defasagem considerável entre a temperatura medida "in situ" e a indireta, tomada pelo sensor, pode-se justificar o fato pela atenuação atmosférica (umidade relativa de 80%), não linearidade de resposta do detetor de mercúrio-cádmio-telúrio (pode atingir uma precisão de 0,5⁰C), ou calibração inadequada do sistema. Entretanto, esse resultado preliminar revelou a possibilidade de aplicação do imageador, a esse nível de detalhamento, proporcionando não só a localização das fontes de poluição termal, como também o comportamento do fluido, quando transportado e misturado às águas fluviais de superfície.

Para a baía da Guanabara, o problema é semelhante ao da baía de Santos, quanto à necessidade de resolução geométrica e espacial do sistema MSS. No projeto POLUE, um desenvolvimento no DSR no INPE o objetivo principal é o de elaborar uma metodologia de aplicação de dados orbitais na investigação de fenômenos de escala regional.

De resultados preliminares (5), prevê-se que a aplicação sistemática de análise de imagens repetitivas será um subsídio indispensável no estudo de tendências de correntes de superfície e processos de dispersão ou diluição do produto sanitário da cidade do Rio de Janeiro. Como na baía de Santos, esta área está também sujeita, preferencialmente, ao efeito da formação de correntes causadas pela variação das marés. Na Fig. 4 é possível verificar diferentes tendências de dispersão do material sólido nas órbitas adjacentes 232 e 233, ponto 75, para os dias 23 e 24 de junho de 1976, sendo que nesta ocasião, os ventos predominantes eram de nordeste e a maré em período de vazante.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dos diferentes aspectos a considerar, sob o ponto de vista da contaminação de reservas de água a céu aberto, é necessário estabelecer um critério de abordagem do problema em função de sua manifestação temporo-espacial. A metodologia de aplicação dos sensores fica

vinculada a esse critério básico, sendo o produto de monitoramento, uma consequência da escolha dos instrumentos necessários para atender a resolução espectral e geométrica essencial à detenção do fenômeno considerado.

BIBLIOGRAFIA

1. HERZ, R. *Circulação das águas da superfície da Lagoa dos Patos. Contribuição metodológica ao estudo dos processos lagunares e costeiros do Rio Grande do Sul através da aplicação de técnicas de sensoriamento remoto. Tese de Doutorado em Ciências. São Paulo, USP, 1977.*
2. OCCHIPINTI, A.G. *Pesquisas oceanográficas e de decaimento bacteriano em águas litorâneas brasileiras. Apresentado no CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA, 7, Rio de Janeiro. 1975.*
3. CETESB. *Poluição das águas no estuário e Baía de Santos. São Paulo, 1978.*
4. CETESB. *Listagem das indústrias poluidoras. São Paulo, 1978. Publicação Interna.*
5. HERZ, R.; TANAKA, K. *Estudo de modelos de dispersão de efluentes na baía de Guanabara por interpretação automática da informação multiespectral produzida por satélites LANDSAT. Apresentado no SIMPÓSIO LATINO AMERICANO SOBRE OCEANOGRAFIA BIOLÓGICAS, 5, São Paulo, 20-25 nov., 1978*

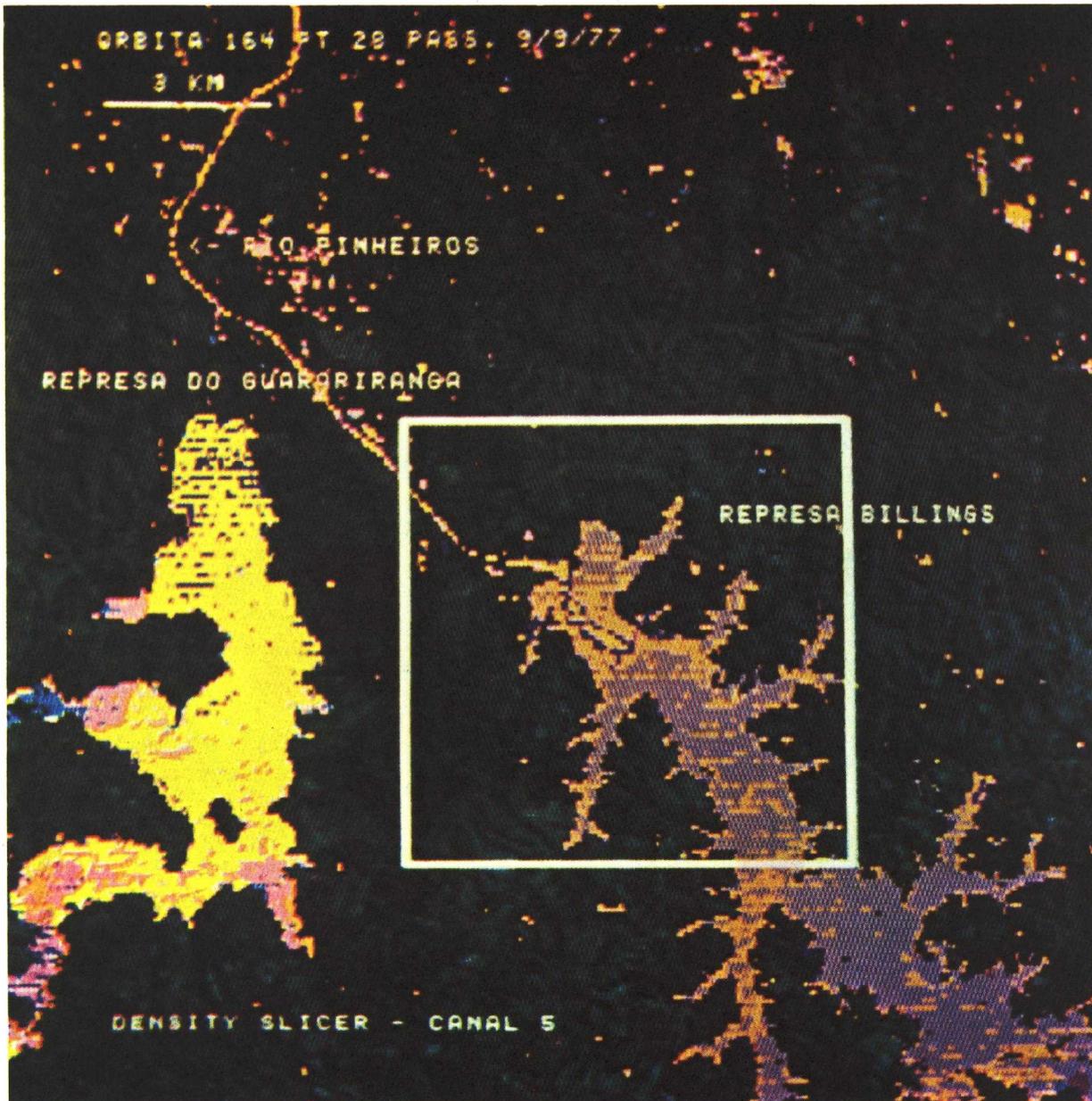


Fig. 1 - Processamento automático parcial dos canais MSS 4 e MSS 5, realizado a partir de dados CCT de imagem LANDSAT, para a área dos reservatórios Billings e Guarapiranga (detalhe da Figura 1).

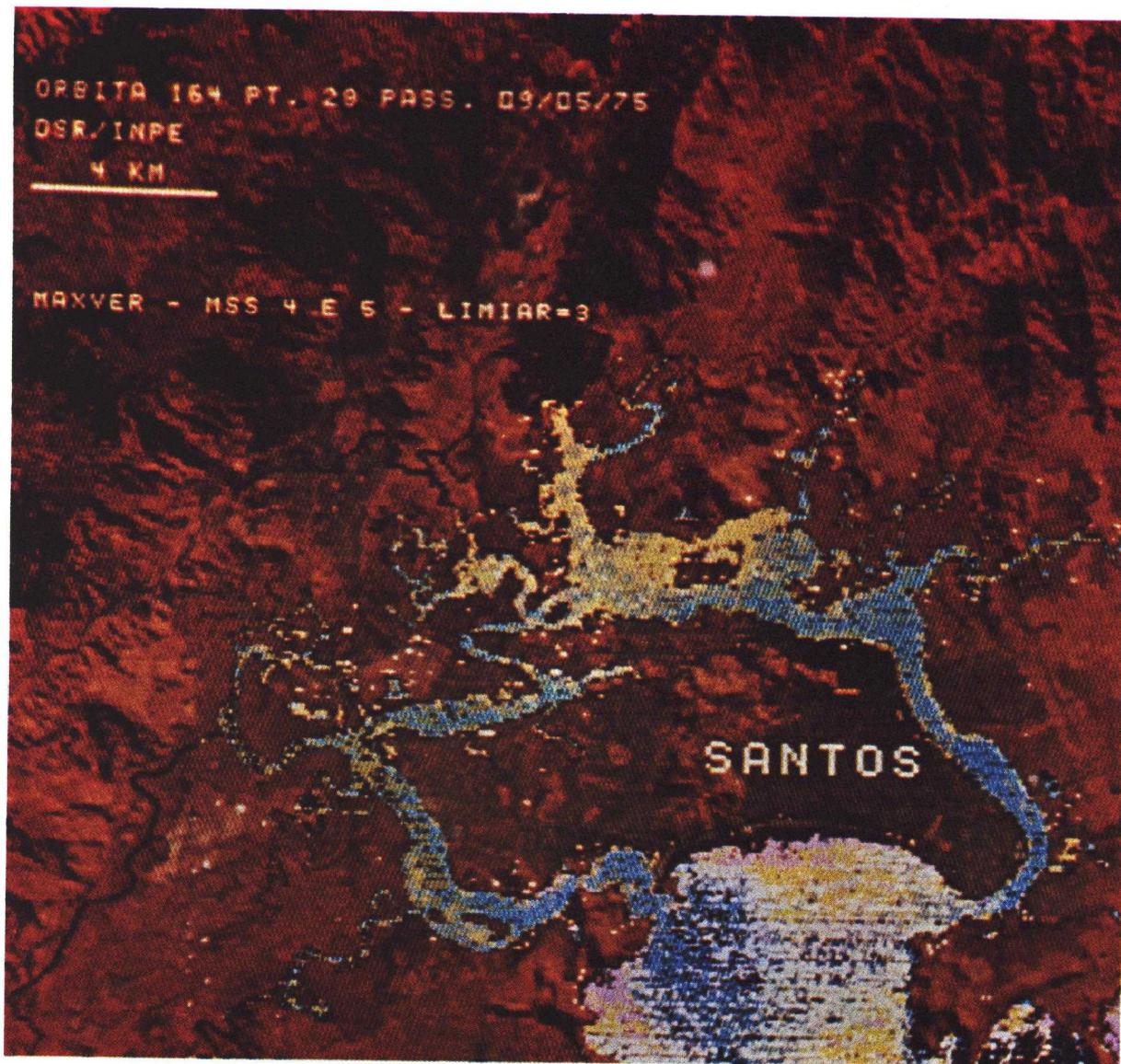


Fig. 2 - Processamento automático parcial dos canais MSS 4 e MSS 5, realizado a partir de dados CCT de imagem LANDSAT, para a área da baixada santista (detalhe da Figura 1).

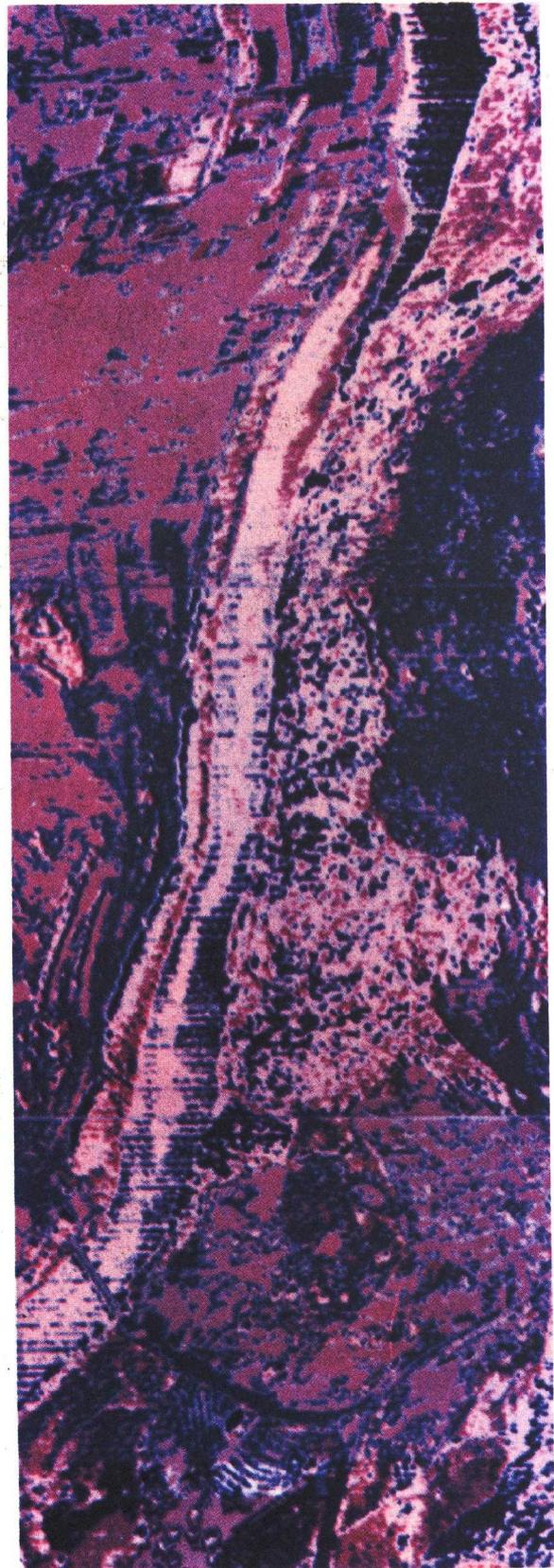
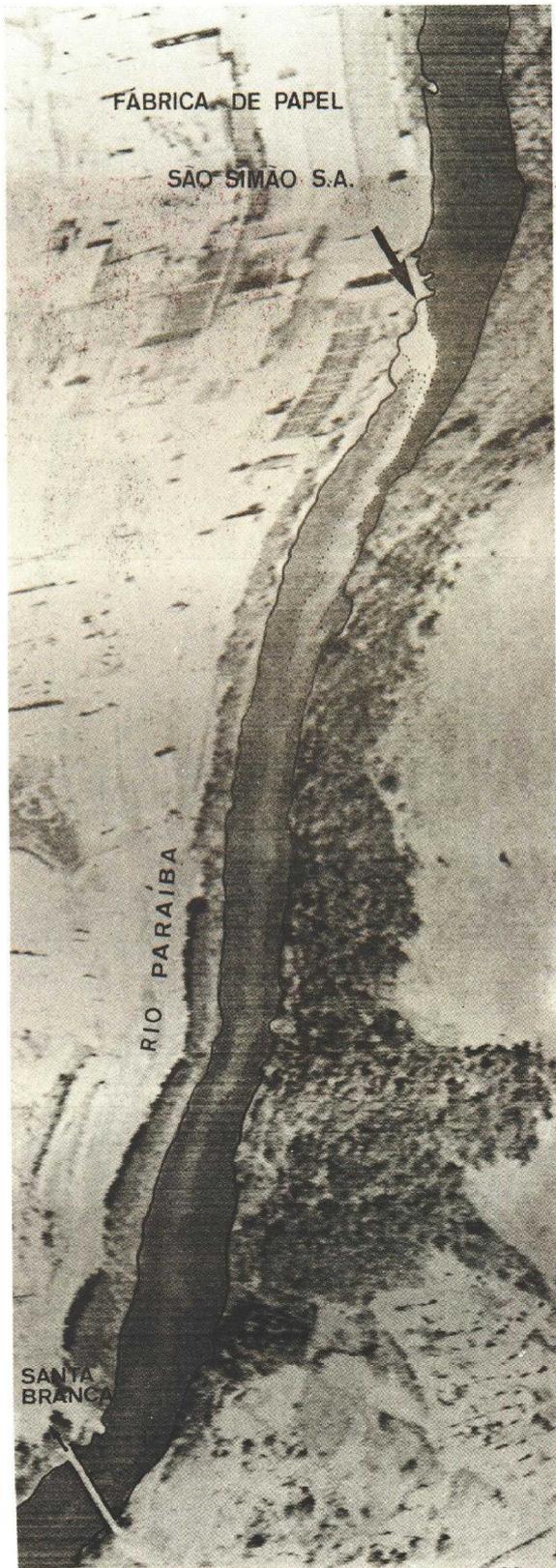


Fig. 3 - Detalhe do sobrevôo efetuado sobre o Rio Paraíba com o imageador Bendix LN3 (A) e correspondente processamento automático a partir da aplicação do IMAGE - 100 (B).

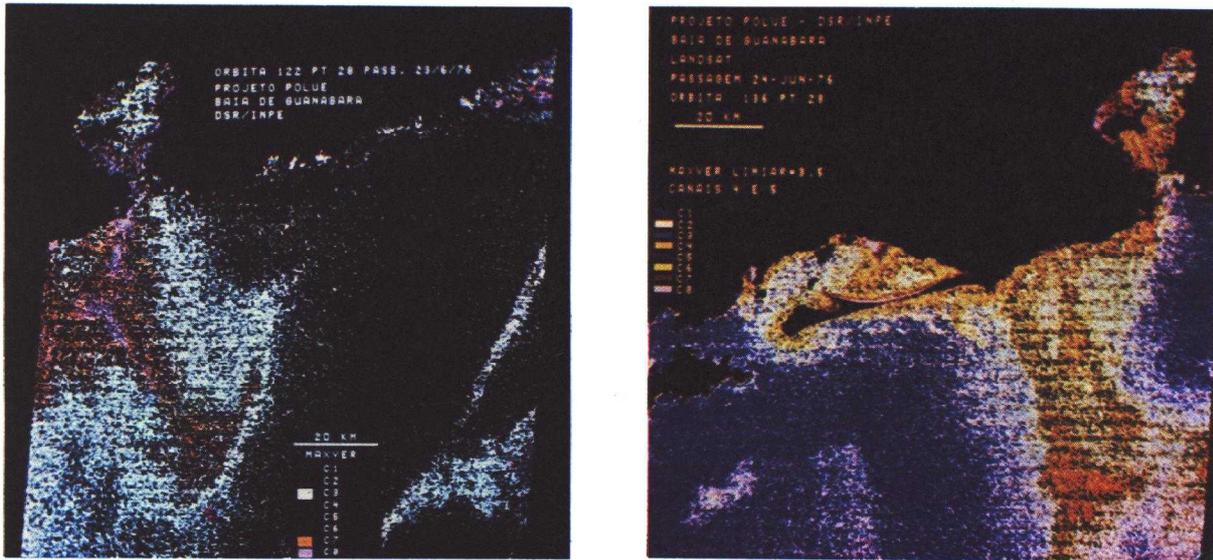


Fig. 4 - Processamento automático de dados CCT do MSS-LANDSAT, sobre a região da Baía da Guanabara e águas costeiras adjacentes.

Duas situações distintas de dispersão de material sólido em superfície derivado de efluentes urbanos e industriais (A-23.07.1976, B-24.07.1976)