1.Classificação INPE-COM.3/NTE	2.Periódo	4.Critério de Distri-
629.783:525:621.38SR(047)	Out.72/Dez.74	Dulçao:
3.Palavras Chave (selecionadas	pelo autor)	interna
Sensoriamento Remoto Re Satélite ERTS (LANDSAT) Ge Recursos do Mar Recursos Minerais	cursos do Solo ografia	externa X
5.Relatório nº 6.Dat	a	7.Revisado por -
INPE-780-NTE/039 Noven	ıb <b>ro</b> de 1975	João B: Machade
8.Titulo e Sub-Titulo		9.Autorizado por -
COLEÇÃO DOS RESULTADOS RELEVA AS IMAGENS DO SATÉLITE ERTS-1 DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE) VOL. I	NTES OBTIDOS COM PELO INSTITUTO	Fernando de Mendonça Diretor
10.Setor CRT	'Cõdigo 4.02	11.Nº de cópias <i>50</i>
12.Autoria Renato Herz, Sydnéa Amaral, Aderbal C.Corrêa, Paulo Teixeira Batista, Celina Forest Leão de Moraes, René Antonio No	Maluf, Gilberto Veneziani,Getúlio ti, Evlyn Marcia vaes.	14.Nº de páginas 380
13.Assinatura Responsável	. A Horaes	-15.Preço
16.Sumário/Notas		
Este relatório é traduçã télite ERTS preparado para a NA NASA quando submetemos a ela a ERTS (Report LAFE-150, April,19 gadores Principais:	ão do relatório find ASA. Ele é um dos re Proposta para o uso 971). Nesta Proposto	al dos resultados do Sa- equisitos exigidos pela o dos dados do Satelite a foram nomeados Invest <u>i</u>
Dr. Fernando de Mendo Dr. Gilberto Amaral CF Emmanuel Gama de A	onça (Recursos do So (Recursos Minerais) Almeida (Recursos do	olo) o Mar)
Aqui estão reunidos tral sos Terrestres (CRT) do INPE, de diversos pesquisadores (Ver dores responsáveis de cada grup	balhos realizados n nas suas diversas d página seguinte), po estão nomeados n	a Coordenação de Recur- isciplinas, de autoria sendo que os pesquisa- o îtem 12 desta página.
	*	
17.0bservações Este relat número INPE-606-LAFE em ling	tório foi publicado gua inglesa.	anteriormente com o
	<ul> <li>1.Classificação INPE-COM.3/NTE 629.783:525:621.38SR(047)</li> <li>3.Palavras Chave (selecionadas Sensoriamento Remoto Re Satélite ERTS (LANDSAT) Ge Recursos do Mar Recursos Minerais</li> <li>5.Relatório nº 6.Dat INPE-780-NTE/039 6.Dat Novem</li> <li>8.Título e Sub-Título COLEÇÃO DOS RESULTADOS RELEVA AS IMAGENS DO SATÉLITE ERTS-T DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE) VOL. I</li> <li>10.Setor CRT</li> <li>12.Autoria Renato Herz, Sydnéa Amaral, Aderbal C.Corréa, Paulo Teixeira Batista, Celina Forest Leão de Moraes, René Antonio No</li> <li>13.Assinatura Responsável</li> <li>14. Sumário/Notas Este relatório é traduço télite ERTS preparado para a Na NASA quando submetemos a ela a ERTS (Report LAFE-150, April,15 gadores Principais: Dr. Fernando de Menda Dr. Gilberto Amaral CF Emmanuel Gama de Aqui estão reunidos tral sos Terrestres (CRT) do INPE, y de diversos pesquisadores (Ver dores responsáveis de cada grup</li> <li>17.Observações Este relating</li> </ul>	1.Classificação INPE-COM.3/NTE       2.Período         629.783:525:621.385R(047)       Out.72/Dez.74         3.Palavras Chave (selecionadas pelo autor)       Sensoriamento Remoto       Recursos do Solo         Satélite ERTS (LANDSAT)       Geografia         Recursos do Mar       Recursos do Solo         Satélite ERTS (LANDSAT)       Geografia         Recursos Minerais       6.Data         Novembro de 1975         8.Ritulo e Sub-Titulo       Coleção DOS RESULTADOS RELEVANTES OBTIDOS COM         AS IMAGENS DO SATÉLITE ERTS-1 PELO INSTITUTO       DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE)         VOL. I       10.Setor CRT       Código 4.02         12.Autoria Renato Herz, Sydnéa Maluf, Gilberto       Amaral, Aderbal C.Corrêa, Paulo Venezioni, Getúlio         Teixéra Batista, Celina Foresti, Evlyn Marcia       Leão de Moraes, René Antonio Novaes.         13.Assinatura Responsável       Jac         16.Sumário/Notas       Este relatório é tradução do relatório finic         télite ERTS preparado para a NASA. Ele é um dos re       MASA quando submetemos a ela a Proposta para o us         EATS (Report LAFE-150, April, 1971). Nesta Proposta       Jac         16.Sumár io/Notas       Dr. Fermando de Mendonça (Recursos do S.D. Pr. Gilberto Amaral (Recursos

As seguintes pessoas também contribuiram na execução deste relatório:

Recursos do Mar:

- . Affonso da Silveira Mascarenhas Jr. INPE/Univ.S.Paulo
- . Claudio Cicero Sarti
- . Hector Manuel Inostroza Villagra
- . Keiko Tanaka
- . Luiz Toshio Takaki
- . Tseng Yun Chi

#### Recursos Minerais

- . Athos Ribeiro dos Santos
- . Celio Eustaquio dos Anjos
- . Clovis Carlos Carraro Universidade Fiederal do R.G.Sul
- . Edison Crepani
- . Flavio Soares do Nascimento
- . Juércio Tavares de Mattos
- . Liu Chan Chiang
- . Paulo Roberto Martini
- . Raimundo Almeida Filho
- . Roberto Pereira da Cunha
- . Sergio Kunio Yamagata
- . Ubiratan Porto dos Santos
- . Waldir Renato Paradella

- iii -

### Recursos do Solo:

- . Antonio Tebaldi Tardin
- . Armando Pacheco dos Santos
- . Carlos Vicente Barbieri Palestino
- . David Chung Liang Lee
- . Mario Valério Filho
- . Mostafa Kamel Nosseir
- . Natalio Felipe Koffler
- . Nilton Tocicazu Higa
- . Pedro Hernandez Filho
- . Sherry Chou Chen
- . Vitor Celso de Carvalho
- . Yosio Edemir Shimabukuro

#### Geografia:

- . Madalena Niero
- . Maria Amélia Guimarães Leite

- iv - .

#### PREFACIO

Este relatório final descreve a contribuição significante nas áreas de Recursos do Mar, Recursos Minerais, Recursos do Solo e Geogr<u>a</u> fia, obtida pelo estudo de imagens do Satélite ERTS-1, realizado no Instituto de Pesquisas Espaciais - INPE.

Descrição que está dividida em cinco (5) capítulos, como se segue:

<u>Capítulo I</u> - <u>Introdução</u> - É uma descrição sumária das principais atividades brasileiras em sensoriamento remoto.

<u>Capitulo II</u> - <u>Recursos do Mar</u> - Descreve o uso das imagens MSS do ERTS-1pa ra estudos batimétricos; de sedimentação costeira (distribuição, transporte e depósitos); de correção cartográfica e de controle das linhas costeiras para a atualização de cartas náuticas; de identificação dos processos costeiros de circulação, baseada na distribuição dos sedimentos; de identificação dos centros poluidores.

<u>Capítulo III</u> - <u>Recursos Minerais</u> - Indica o valor das imagens ERTS em varios estudos geológicos tais como prospecção mineral, hidrogeologia e engenharia geológica.

- V -

- <u>Capítulo IV</u> <u>Recursos do Solo</u> Mostra como as imagens MSS do ERTS-1 podem ser usadas para estudos de recursos do solo, especialmente aspectos da cobertura vegetal e propriedades do solo sob o ponto de vista pedológico.
- <u>Capítulo V</u> <u>Geografia</u> Descreve como as imagens MSS do ERTS podem ser usadas em Geografia, principalmente em mapeame<u>n</u> tos geomorfológicos e hidrológicos, e estudos de inferência demográfica.

Este relatório esta dividido em dois (2) volumes (I e II). Os capítulos I, II e III pertencem ao primeiro volume e os capítulos IV e V ao segundo.

### INDICE

### CAPITULO I - CONSIDERAÇÕES GERAIS

I.1 - As Atividades Espaciais no Brasil	1
I.1.1 - O Projeto SERE	2
I.1.2 - O Sistema ERTS	4

# CAPITULO II - RECURSOS DO MAR

II.1 - O Satélite ERTS em Oceanografia	10
II.2 - O Projeto Rio Grande do Sul	18
Area Teste 827 - Estuário do Rio da Prata e Costa Sul do	
Brasil	18
II.2.1 - Descrição da Área Teste	18
II.2.2 - Justificativa da Escolha da Área	19
II.2.3 - Objetivos do Projeto	21
II.2.4 - Região Costeira do Rio Grande do Sul e Bacia do Rio da	
Prata	24
II.2.4.1 - Introdução	24
11.2.4.2 - Interpretação	27
II.2.4.3 - Conclusões	40
II.2.5 - Lagoa dos Patos	43
II.2.5.1 - Introdução	43
II.2.5.2 - Interpretação	44
II.2.5.3 - Conclusões	62

II.3 - Projeto Costa Sudeste do Brasil

Area Teste 826 - Estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo e Adjacencias ..... 64 II.3.1 - Uso das Imagens do ERTS-1 em Estudos Costeiros nas Águas da Baía de Guanabara e Adjacencias ..... 64 II.3.1.1 - Introdução ..... 64 II.3.1.2 - Técnicas usadas na Analise ..... 67 II.3.1.3 - Resultados e Discussão..... 68 II.3.1.4 - Conclusões ..... 71 II.3.2 - Região Nordeste do Estado de São Paulo ..... 73 II.3.2.1 - Considerações Gerais ..... 73 II.3.2.2 - Conclusões ..... 79 II.4 - Projeto Barra do Rio Amazonas ..... 81 II.4.1 - Introdução ..... 81 II.4.2 - Interpretação ..... 83 II.4.3 - Conclusões ..... 89 II.5 - Projeto Abrolhos ..... 91 Ārea Teste - Parcel de Abrolhos ..... 91 II.5.1 - Descrição da Área Teste ..... 91 II.5.2 - Justificativa da Escolha da Area ..... 91 II.5.3 - Sumario do Projeto ..... 92 II.5.4 - Objetivos do Projeto..... 92 II.5.5 - Litoral Sul do Estado da Bahia ..... 93 II.5.5.1 - Introdução ..... 93 II.5.5.2 - Interpretação ..... 95

II.5.5.3 - Conclusões 10	00
II.6 - Região Meio Norte do Brasil - Area do Litoral Nordeste	
(Barra do Rio Parnaíba) 10	0 <b>2</b>
II.6.1 - Introdução 10	0 <u>2</u>
II.6.2 - Interpretação 10	)4
II.6.3 - Conclusões	3 <b>7</b>
II.7 - Bibliografia 10	) <b>9</b>

### CAPÍTULO III - RECURSOS MINERAIS

III.1 - Introdução	113
III.2 - Materiais e Métodos	115
III.3 - Discussão dos Resultados	119
III.3.1 - Bacia do Rio São Francisco	120
III.3.2 - Região Amazônica	121
III.3.3 - Projeto Estrutura	123
III.3.4 - Outras Āreas	124
III.4 - Conclusões	128
III.5 - Agradecimentos	129
Anexo III.1 - Imagens ERTS-1 para diferentes Projetos	129a
Apêndice III.1 - INPE-395-LAFE-Geologia das Áreas da Bacia do Alto	
São Francisco e Represa de Furnas (Brasil). Base <u>a</u>	
do na interpretação das imagens do ERTS-1	129c

Apêndice	III.2	-	Мара	Geol	lõgico	) do	) Pr	Ecambri	ano d	la F	Região	Amazônica.	,	129d
Apêndice	III.3	-	As A	plica	ações	de	Sen	soriame	nto R	lemo	oto em	Geologia e	•	
			Recu	irsos	Miner	ais	s na	Região	Amaz	oni	ica Br	asileıra	÷	129e

### CAPTTULO IV - RECURSOS DO SOLO

IV.1 - Introdução	131
IV.2 - Análise Preliminar das Imagens MSS do Satélite ERTS-1 com es	
pecial referência à Agricultura e Floresta	132
IV.2.1 - Introdução	132
IV.2.2 - Metodologia	132
IV.2.3 - Imagem E-1047-12274 ~ Região do Vale do Rio Paraíba	134
IV.2.3.1 - Introdução	134
IV.2.3.2 - Informações Obtidas	134
IV.2.3.3 - Conclusões	137
IV.2.4 - Imagem E-1054-13070 - Região de Campo Grande	137
IV.2.4.1 - Introdução	137
IV.2.4.2 - Informações obtidas	138
IV.2.4.3 - Conclusões	140
IV.2.5 - Imagem E-1105-12532 - Região de Santa Maria	141
IV.2.5.1 - Introdução	141
IV.2.5.2 - Informações Obtidas	141
IV.2.5.3 - Conclusões	144
IV.2.6 - Imagem E-1048-12282 - Região de Teresina	144
IV.2.6.1 - Introdução	144

IV.2.6.2 - Informações Obtidas	145
IV.2.6.3 - Conclusões	150
IV.2.7 - Imagem E-1123-12510 - Area de Presidente Prudente	152
IV.2.7.1 - Introdução	152
IV.2.7.2 - Informações Obtidas	152
IV.2.7.3 - Conclusões	155
IV.2.8 - Imagem E-1247-12042 - Região de Piracicaba	159
IV.2.8.1 - Introdução	. 159
IV.2.8.2 - Informações Obtidas	160
IV.2.8.3 - Conclusões	161
IV.2.9 - Imagem E-1054-13073 - Região de Dourados	164
IV.2.9.1 - Introdução	164
IV.2.9.2 - Informações Obtidas	164
IV.2.9.3 - Conclusões	168
IV.2.10 - Imagem E-1048-12321 - Região de Três Marias	168
IV.2.10.1 - Introdução	168
IV.2.10.2 - Informações Obtidas	169
IV.2.10.3 - Conclusões	171
IV.2.11 - Conclusões Gerais	171
IV.3 - Mapeamento da Vegetação Natural do Centro-Leste do Brasil	
Usando Dados do ERTS-1	173
IV.3.1 - Introdução	173
IV.3.2 - Área Estudada e Metodologia	175
IV.3.2.1 - Ārea	175
IV.3.2.2 - Metodologia	176

.

.

1

IV.3.2.2.1 - Legenda	178
IV.3.2.2 - Chave de Interpretação	181
IV.3.3 - Resultados e Conclusões	188
IV.3.4 - Discussão	189
IV.3.5 - Referências	191
IV.4 - Uso de Imagens ERTS no Avompanhamento e Controle de Proje-	
tos Agropecuários	199
IV.4.1 - Introdução	199
IV.4.2 - Metodologia	202
IV.4.3 - Resultados e Discussão	203
IV.4.4 - Conclusões	213
IV.5 - Identificação de Cobertura Florestal Através de Imagens ERTS-1	215
IV.5.1 - Introdução	215
IV.5.2 - Materiais e Métodos	215
IV.5.2.1 - Materiais	215
IV.5.2.2 - Mētodos	216
IV.5.3 - Resultados	218
IV.6 - Utilização de Imagens Orbitais (ERTS-1 e SKYLAB) para Levan-	
tamento Pedológico	221
IV.6.1 - Introdução	221
IV.6.2 - Āreas Teste	221
IV.6.3 - Material e Métodos	222
IV.7 - Avaliação dos Usos da Terra em 1964 e 1972 na Região de Fur-	
nas	225
IV.7.1 - Introdução	225
- xii -	

.

IV.7.2 - 1	Material e Métodos	226
IV.7.3 - I	Localização	226
IV.7.4 - (	Clima	227
IV.7.5 - V	Vegetação	228
IV.7.6 - I	Resultados e Discussão	229
IV.7.7 - (	Conclusões	234
IV.7.8 - 8	Bibliografia	238
IV.8 - Ava	aliação de Pastagens usando Imagens ERTS (Aplicações de	
Ser	nsoriamento Remoto Multiespectral na Análise da Capaci-	
dac	de de Suporte de Pastagens)	239
17.8.1 - 1	Introdução	239
IV.8.2 - N	Metodologia	240
IV.8.3 - 1	Interpretação	245
IV.8.4 - R	Resultados	246
IV.8.5 - C	Conclusões	250
IV.8.6 - C	Dutras Aplicações	251
IV.8.7 - R	Referências	253

### CAPITULO V - GEOGRAFIA

V.1 -	Atividades do Grupo de Geografia Relacionadas ao Uso das	
	Imagens ERTS	255
V.2 -	Mapeamento Geomorfológico do Alto São Francisco	256
٧.2.1	- Introdução	256
٧.2.2	- Materiais e Métodos	258

V.2.3 - Critérios de Interpretação	260
V.2.4 - Resultados	261
V.2.5 - Conclusões	275
V.3 - Mapa Hidrográfico com a Utilização de Imagens ERTS	275
V.3.1 - Introdução	275
V.3.2 - Organização Geral da Drenagem	276
V.3.3 - Conclusões	279
V.4 - Inferência Demográfica com Utilização de Imagens ERTS	279
V.4.1 - Introdução	279
V.4.2 - Metodologia	281
V.4.3 - Discussão dos Resultados	284
V.5 - Bibliografia	295

### LISTA DAS FIGURAS

# CAPÍTULO I - CONSIDERAÇÕES GERAIS

Fig.	I.1	- Quadro da Organização Matricial do Projeto de Sensoria-	
		mento Remoto	7
Fig.	1.2	- Mapa do Brasil com a localização das imagens recebidas	
		até junho de 1974	8

### CAPÍTULO II - RECURSOS DO MAR

Fig. II.1 - Gráfico da atenuação da radiação da luz pela água do mar	
em função do material em suspensão	11
Fig. II.2 - Gráfico da absorção da radiação pela água do mar e os	
canais MSS do ERTS-1	13
Fig. II.a - Āreas de Teste do Grupo de Recursos do Mar	14
Fig.II.3 - Imagem E-1103-12415, 3 de novembro de 1972, canal 4,	
Eseala 1:1.000.000	25
Fig. II.4 - Reprodução parcial da carta náutica da DHN (Diretoria de	
Hidrografia e Navegação) nº 90, escala 1:990.526 (1965),	
lat. 031 <sup>0</sup> 25'S	28
Fig. II.5 - Imagem E-1103-12415/5, escala 1:1.000.000, transparências	
C4, C5 e detalhes da carta náutica da DHN, nº 90	30
Fig. II.6 - Imagem E-1103-12415/7, escala 1:1.000.000, overlay C7.No	
tar que neste canal as lagoas são muito bem definidas	32

Fig. II.7 - Detalhe parcial da carta de navegação aerea USAF-ONEQ 28, escala 1:1.000.000 e direção predominante do deslo camento das dunas litoraneas no Sul do Brasil..... 36 Fig. II.8 - Areas de cobertura do satélite ERTS, NIMBUS IV, APOLLO correspondentes à região costeira do Rio Grande do Sul.. 37 Fig. II.9 - THIR do NIMBUS III mostrando as mudanças terrestres..... 38 Fig. II.10 - Análise sistemática combinada do NIMBUS IV, THIR (11.5µ) mostrando os limites aproximados da Corrente do Brasil, segundo Tseng Yun Chi (1974)..... 39 Fig. II.11 - Interpretação da imagem da APOLLO 8 - Lagoa dos Patos... 41 Fig. II.12 - Fotomosaico reduzido, canal 7 - Lagoa dos Patos - 26 de junho de 1973 ..... 45 Fig. II.13 - Isobatas - Lagoa dos Patos ..... 47 Fig. II.14 - Detalhe das folhas 45 e 46 (Porto Alegre e Lagoa Mirim) extraído da carta internacional do mundo ao milionésimo editada pela Fundação IBGE (1972) - escala 1: 1.000.000 49 Fig. II.15 - Esquema da evolução morfológica de lagoas costeiras asso ciadas a formação de restingas segundo Zenkovitch (1967) 50 Fig. II.16 - Distribuição de correntes de superfície na Lagoa dos Patos segundo Delaney, (1965) ..... 52 Fig. II.17 - Mapa bati-hipsométrico da Lagoa dos Patos indicando а orientação do perfil vertical (DHN nº 2140)..... 53 Fig. II.18 - Diagrama dos perfis verticais elaborados sobre a carta da DHN nº 2140 ..... 55 Fig. II.19 - Desenho esquemático das celulas de circulação interna da Bacia da Lagoa dos Patos ..... 56

Fig.	II.20 -	Imagem E-1338-12475 - canal 5, 26 de junho de 1973, re	•
		cebida pela Estação Brasileira de Gravação e Recepção de	
		Dados do ERTS em Cuiabã (MT), escala de 1:1.000.000	58
Fig.	II.21 -	Distribuição e circulação das Águas de superfície na L <u>a</u>	-
		goa dos Patos, proposta por interpretação da imagem	
		E-1338-12475, canal MSS-5, de 26 de junho de 1973	59
Fig.	11.22 -	Imagem E-1338-12475, canal 6, 26 de junho de 1973, rec <u>e</u>	
		bida pela Estação localizada em Cuiabã (Mato Grosso) e <u>s</u>	
		cala 1:1.000.000	60
Fig.	II.23 -	Distribuição e circulação das águas de superfície na L <u>a</u>	
		goa dos Patos, proposta por intermédio da imagem	
		E-1338-12475 - canal MSS-6, 26 de junho de 1973	61
Fig.	II.24 -	Baía de Guanabara (Carta Nautica nº 1501), da Diretoria	
		de Hidrografia e Navegação)	65
Fig.	II.25 -	Fontes de poluição na Baía de Guanabara	66
Fig.	II.26 -	Reflectância espectral na Estação B	70
Fig.	II.27 -	ERTS-1, MSS-5, prováveis padrões de circulação de supe <u>r</u>	
		ficie	72
Fig.	II.28 -	Detalhe da Carta Náutica nº 1600 , elaborada pela DHN	
		(Diretoria de Hidrografia e Navegação)	74
Fig.	II.29 -	Imagem E-1047-12274, canal 5, obtida em 8 de set.1973	75
Fig.	II.30 -	Redução fotográfica do mosaico da Foz do Amazonas feito	
		com imagens do canal 4	85
Fig.	II.31 -	Esquema para identificação das imagens componentes do	
		mosaico	86

.

.

Fig.	II.32 -	Interpretação do mosaico incluso na Fig. II.30	87
Fig.	II.33 -	Distribuição percentual das águas fluviais na superfície	
		e isohalinas de superfície em abril segundo Magliocca	88
Fig.	II.34 -	Detalhe cartográfico da folha SE-24, Rio Doce (36) da	
		Carta Internacional do Mundo ao Milionésimo (IBGE-1972)	
		sobre o litoral do Estado da Bahia	96
Fig.	II.35 -	Detalhe parcial das imagens E-1224-12095 nos canais 4,5,	
		6 e 7	97
Fig.	11.36 -	Esquema de indicação da ordem em que foram montadas as	
		imagens da figura II.35	98
Fig.	II.37 -	Fotointerpretação preliminar elaborada sobre as imagens	
		componentes da montagem da Fig. II.35	.101
Fig.	II.38 -	Imagem ERTS 1048-12273 - canal 4 - Área da região litor <u>â</u>	
		nea a Nordeste - Barra do Rio Parnaíba	103
Fig.	II.39 -	Imagem E-1048-12273 - Interpretação preliminar sobre o	
		canal 5	105

÷

÷

# CAPITULO III - RECURSOS MINERAIS

Fig.	III.1 -	Primeira	ārea prioritāria	a para	aplicações	geológicas	
		dos dados	do ERTS-1		••••	•••••	114

## Apêndice III.1

Fig.	1	-	0	espectro	eletromagnético		6
------	---	---	---	----------	-----------------	--	---

Fig. 2 - Cont	figuração do ERTS-1	7
Fig. 3 - Cont	figuração do ERTS-1 e esquema de funcionamento do	
Scar	nner	. 9
Fig. 4 - Méto	odo de imageamento do Scanner	9
Fig. 5 - Rep	resentação esquemática das órbitas do ERTS-1	10
Fig. 6 - Trat	oalhos geológicos na região do Alto São Francisco	26
Fig. 7 - Trat	oalho geológico na região da Represa de Furnas	39
Fig. 8 - Imag	gem ERTS - 1048-12305 - canal 5 - com um overlay de in-	
ter	pretação geológica	41
Fig. 9 - Imag	gem ERTS - 1048-12312 - canal 5 - com um overlay de in-	
terp	pretação geológica	42
Fig.10 - Imag	gem ERTS - 1048-12314 - canal 5 - com um overlay de in-	
terp	pretação geológica	43
Fig.ll - Imag	gem ERTS - 1048-12321 - canal 5 - com um overlay de in-	
terp	pretação geológica	44
Fig.12 - Imag	gem ERTS - 1048-12323 - canal 5 - com um overlay de in-	
terp	pretação geológica	45
Fig. 13 - Ima	agem ERTS - 1048-12330 - canal 5 - com um overlay de i <u>n</u>	
terp	pretação geológica	46

Apendice III.3

•

Fig.	۱	-	Imagem ERTS, canal 5, da região da Serra dos Carajãs, Est <u>a</u>	
			do do Parã, Brasil	11

~-×xix -

Fig. 2 - Imagem ERTS, canal 7, da região da Serra dos Carajãs, Estado       12         fig. 3 - Mosaico de imagem do Radar de Visada Lateral para a Região       12         fig. 3 - Mosaico de imagem do Radar de Visada Lateral para a Região       13         Fig. 4 - Mapa geológico da região da Serra dos Carajãs obtido pela       13         interpretação das imagens ERTS-1 e dados de campo       14         Fig. 5 - Imagem ERTS, canal 5, para a parte norte do Território de Ro       15         raima, Brasil       15         Fig. 6 - Imagem ERTS, canal 7, para a parte norte do Território de Ro       16         Fig. 7 - Mosaico de imagem do Radar de Visada Lateral para a parte       16         Fig. 8 - Mapa geológico da parte norte do Território de Ro       17         Fig. 8 - Mapa geológico da parte norte do Território de Roraima, obti       17         do com a interpretação de imagens ERTS-1 e dados de campo       18         Fig. 9 - Imagem ERTS, canal 5, para a região do Rio Fresco, Estado do       19         Fig. 10 - Imagem ERTS-1, canal 7, para a região do Rio Fresco, Estado       10         do Parã, Brasi1       20         Fig.11 - Mosaico de imagem do Radar de Visada Lateral para a região       20         Fig.12 - Mapa geológico para a região do Rio Fresco, Obtido pela       21         fig.12 - Mapa geológico para a região do Rio Fresco, obtido pela       21			
do Parã, Brasil12Fig. 3 - Mosaico de imagem do Radar de Visada Lateral para a Região da Serra dos Carajãs, Estado do Parã, Brasil13Fig. 4 - Mapa geológico da região da Serra dos Carajãs obtido pela interpretação das imagens ERTS-1 e dados de campo14Fig. 5 - Imagem ERTS, canal 5, para a parte norte do Território de Ro raima, Brasil15Fig. 6 - Imagem ERTS, canal 7, para a parte norte do Território de Ro raima, Brasil16Fig. 7 - Mosaico de imagem do Radar de Visada Lateral para a parte norte do Território de Roraima, Brasil17Fig. 8 - Mapa geológico da parte norte do Território de Ro a interpretação de imagens ERTS-1 e dados de campo18Fig. 9 - Imagem ERTS, canal 5, para a região do Rio Fresco, Estado do Parã, Brasil19Fig.10 - Imagem ERTS-1, canal 7, para a região do Rio Fresco, Estado do Parã, Brasil20Fig.11 - Mosaico de imagem do Radar de Visada Lateral para a região do Rio Fresco, Estado do Parã, Brasil21Fig.12 - Mapa geológico para a região do Rio Fresco, Estado do Rio Fresco, Estado do Parã, Brasil21Fig.12 - Mapa geológico para a região do Rio Fresco, obtido pela interpretação de imagens ERTS-1 e dados de campo21	Fig. 2 -	Imagem ERTS, canal 7, da região da Serra dos Carajãs, Estado	
<ul> <li>Fig. 3 - Mosaico de imagem do Radar de Visada Lateral para a Região da Serra dos Carajãs, Estado do Parã, Brasi]</li></ul>		do Parā, Brasil	12
<ul> <li>da Serra dos Carajãs, Estado do Parã, Brasil</li></ul>	Fig. 3 -	Mosaico de imagem do Radar de Visada Lateral para a Região	
<ul> <li>Fig. 4 - Mapa geológico da região da Serra dos Carajás obtido pela interpretação das imagens ERTS-1 e dados de campo</li></ul>		da Serra dos Carajãs, Estado do Parã, Brasi}	13
<ul> <li>interpretação das imagens ERTS-1 e dados de campo</li></ul>	Fig. 4 -	Mapa geológico da região da Serra dos Carajãs obtido pela	
<ul> <li>Fig. 5 - Imagem ERTS, canal 5, para a parte norte do Território de Ro raima, Brasil</li></ul>	·	interpretação das imagens ERTS-1 e dados de campo	34
raima, Brasil	Fig. 5 -	Imagem ERTS, canal 5, para a parte norte do Território de R <u>o</u>	
<ul> <li>Fig. 6 - Imagem ERTS, canal 7, para a parte norte do Território de Roraima, Brasil</li></ul>		raima, Brasil	15
raima, Brasil	Fig. 6 -	Imagem ERTS, canal 7, para a parte norte do Território de Ro	
<ul> <li>Fig. 7 - Mosaico de imagem do Radar de Visada Lateral para a parte norte do Território de Roraima, Brasil</li></ul>		raima, Brasil	16
<ul> <li>norte do Território de Roraima, Brasil</li></ul>	Fig. 7 -	Mosaico de imagem do Radar de Visada Lateral para a parte	
<ul> <li>Fig. 8 - Mapa geológico da parte norte do Território de Roraima, obti do com a interpretação de imagens ERTS-1 e dados de campo</li> <li>18</li> <li>Fig. 9 - Imagem ERTS, canal 5, para a região do Rio Fresco, Estado do Parã, Brasil</li></ul>		norte do Território de Roraima, Brasil	17
do com a interpretação de imagens ERTS-1 e dados de campo 18 Fig. 9 - Imagem ERTS, canal 5, para a região do Rio Fresco, Estado do Parã, Brasil	Fig. 8 -	Mapa geológico da parte norte do Território de Roraima, obti	
<ul> <li>Fig. 9 - Imagem ERTS, canal 5, para a região do Rio Fresco, Estado do Parã, Brasil</li></ul>		do com a interpretação de imagens ERTS-1 e dados de campo	18
<ul> <li>Parã, Brasil</li></ul>	Fig. 9 -	Imagem ERTS, canal 5, para a região do Rio Fresco, Estado do	
<ul> <li>Fig.10 - Imagem ERTS-1, canal 7, para a região do Rio Fresco, Estado do Pará, Brasil</li></ul>		Parã, Brasil	19
do Pará, Brasil	Fig.10 -	Imagem ERTS-1, canal 7, para a região do Rio Fresco, Estado	
<ul> <li>Fig.11 - Mosaico de imagem do Radar de Visada Lateral para a região do Rio Fresco, Estado do Parã, Brasil</li></ul>		do Parã, Brasil	20
do Rio Fresco, Estado do Parã, Brasil 21 Fig.12 - Mapa geológico para a região do Rio Fresco, obtido pela interpretação de imagens ERTS-1 e dados de campo 22	Fig.11 -	Mosaico de imagem do Radar de Visada Lateral para a região	
Fig.12 - Mapa geológico para a região do Rio Fresco, obtido pela interpretação de imagens ERTS-1 e dados de campo		do Rio Fresco, Estado do Parã, Brasil	21
interpretação de imagens ERTS-1 e dados de campo	Fig.12 -	Mapa geológico para a região do Rio Fresco, obtido pela	
		interpretação de imagens ERTS-1 e dados de campo "	22

, . V

. .

.

. .

- xx -

# CAPITULO IV - RECURSOS DO SOLO

Fig. IV.1 -	Mapa do Brasil mostrando as áreas analisadas	133
Fig. IV.2 -	Mapa temático do Vale do Rio Paraíba	135
Fig. IV.3 -	Imagem E-1047-12274 - canal 5 - Região do Vale do Rio	
	Paraība	136
Fig. IV.4 -	Imagem E-1054-13070 - canal 5 - Região de Campo Gran-	
	de	139
Fig. 1V.5 -	Mapa feito sobre a imagem do canal 7	142
Fig. IV.6 -	Mapa temático do uso da terra - Região de Santa Maria	143
Fig. IV.7 -	Interpretação das imagens ERTS com o suporte de Mosa <u>i</u>	
	co de Radar e imagens infravermelhas falsa cor	148
Fig. IV.8 -	Imagem E-1048-12282 - canal 5 - Região de Teresina	149
Fig. IV.9 -	Imagem E-1123-12510 - canal 7 - Região de Presidente	
:	Prudente	153
Fig.IV.10 -	Mapa feito sobre uma ampliação do canal 7 - Área 1 -	
	Rio Tiete	154
Fig.IV.11 -	Mapa feito sobre uma ampliação de imagem no canal 7 -	
	Área 3 - Arredores de Martinópolis, Estado de S.Paulo	156
Fig.IV.12 -	Mapa feito sobre uma ampliação de imagem no canal 5 -	
	Area 2 - Area do Rio Feio	157
Fig.IV.13 -	Mapa feito sobre uma ampliação de imagem no canal 5 -	
	<b>Ārea 3 - Martinopolis - SP</b>	158
Fig. IV. 14 -	Mapa temático da Região de Piracicaba	162

.

Fig.IV.15 - Mapa temático feito sobre uma ampliação do canal 5	163
Fig.IV.16 - Imagem E-1054-13073 - canal 5 - Região de Dourados	165
Fig.IV.17 - Imagem E-1054-13073 - canal 7 - Região de Dourados	167
Fig.IV.18 - Imagem E-1048-12321 - canal 5 - Região da Represa de	
Três Marias	170
Fig.IV.19 - Mapa temático da região da Represa de Três Marias	172
Fig.IV.20 - Localização da ãrea mapeada	196
Fig.IV.21 - Curvas de reflectância espectral de vegetação verde e	
solos secos ao ar	197
Fig.IV.22 - Mapa de vegetação	198
Fig.IV.23 - Localização da ãrea em estudo	201
Fig.IV.24 - Rede de drenagem da região sob influência dos Rios	
Xingu e Araguaia	204
Fig.IV.25 - Mapa de vegetação da região sob influência dos Rios	
Xingu e Araguaia	208
Fig.IV.26 - Imagem E-1377-12584 - canal 5, utilizada para acompa-	
nhamento do desmatamento	210
Fig.IV.27 - Imagem E-1388-12205 mostra a localização da área teste	217
Fig.IV.28 - Mapa temático da Área Teste de Ipatinga	219
Fig.IV.29 - Localização da área teste	223
Fig.IV.30 - Localização da ãrea	230
Fig.IV.31 - Localização da região	231
Fig.IV.32 - Divisão Administrativa	231
Fig.IV.33 - Região de Furnas - Usos da Terra em 1964	235

Fig.IV.34 - Região de Furnas - Usos da Terra em 1972	236
Fig.IV.35 - Mapa da suscetibilidade à erosão da Região de Furnas	237
Fig.IV.36 - Curvas de reflectância das folhas	242
Fig.IV.37 - Combinações entre a reflectância da planta e transmi <u>s</u>	
sões de filtro ao longo do comprimento de onda	243
Fig.IV.38 - Fotografias multiespectrais da mesma área nas quatro	
combinações de filme/filtro	248
Fig.IV.39 - Mapa da capacidade de suporte	249

### CAPÍTULO V - GEOGRAFIA

Fig.V.l - Localização da Carta de Belo Horizonte no mapa do Brasil	257
Fig.V.2 - Imagem ERTS E-1048-12314 - canal 5	263
Fig.V.3 - Imagem ERTS E-1048-12314 - canal 7	264
Fig.V.4 - Imagem ERTS E-1389-12255 - canal 5	265
Fig.V.5 - Imagem ERTS E-1389-12255 - canal 7	266
Fig.V.6 - Localização da ãrea estudada na Carta de Belo Horizonte.	268
Fig.V.7 - Area correspondente à imagem E-1048-12314 e 1389-12255	269
Fig.V.8 - Esboço geomorfológico da região da Bacia do R.S.Francisco	270
Fig.V.9 - Mapa hidrogrāfico dos Cursos Superiores dos Rios São Fran	-
cisco e Jequitinhonha	272
Fig.V.10 - Imagem E-1372-12333 - canal 5	282
Fig.V.11 - Imagem E-1048-12330 - canal 5	283
Fig.V.12 - Mapa do Brasil com a localização das cidades estudadas	285

- xxiii -

Fig.V.13 -	Diagrama de Dispersão	293
Fig.V.14 -	As barras verticais representam a probabilidade de 90%	
	dos intervalos de população para uma classe dada (área)	294

· ·

.

.

.

### LISTA DE TABELAS

# CAPÍTULO III - RECURSOS MINERAIS - Apêndice III.1

1	-	Quadro comparativo entre as quatro bandas	19
2	-	Quadro comparativo da interpretação com trabalhos geológicos na	
		região do alto São Francisco	32
3	-	Quadro comparativo da interpretação com trabalhos geológicos re <u>a</u>	
		lizados na região da Represa de Furnas	37

### CAPÍTULO IV - RECURSOS DO SOLO

IV.1 -	Legenda	194
IV.2 -	Areas de treinamento para o estabelecimento da chave de inte <u>r</u>	
	pretação	195
IV.3 -	Area ocupada pelas diferentes unidades mapeadas	206
IV.4 -	Desmatamento ocorrido na ārea atē 1974	211
IV.5 -	Evolução do desmatamento utilizando imagem de três datas dif <u>e</u>	
	rentes	212
IV.6 -	Distribuição das unidades fisionômicas em km <sup>2</sup> por partes dos	
	municipios em 1964 e 1972	232
IV.7 -	Distribuição percentual de floresta e cerrado desmatados en-	
	tre 1962 e 1972	233
IV.8 -	Parâmetros de Võo	244
IV.9 -	Resumo da classificação da capacidade de suporte	252

#### CAPITULO I

#### CONSIDERAÇÕES GERAIS

#### I.1 - AS ATIVIDADES ESPACIAIS NO BRASIL

Em 1961, definiu-se, pela primeira vez, um programa espacial brasileiro. Nessa ocasião o Governo Brasileiro nomeou uma comissão es pecial para que, estudando e elaborando esse programa, sugerisse as médidas necessárias à sua implementação. Tal foi o começo do Grupo de Organiza ção da Comissão Nacional de Atividades Espaciais, conhecida como a CNAE. A nova entidade, estreitamente ligada ao Conselho Nacional de Pesquisas (ho je Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq)te ve como principal preocupação estudar as atividades espaciais não somente do ponto de vista científico como também daquele que assegurasse importantes contribuições para a tecnologia nacional.

O Decreto Presidencial de número 68.532, de abril de 1971, transformou o Grupo em uma instituição permanente: O Instituto de Pesquisas Espaciais - INPE. De acordo com este documento o INPE é a principal agência civil para o espaço, responsável pelas pesquisas fundamental e apl<u>i</u> cada neste campo.

Atualmente o INPE tem cerca de 1000 pessoas trabalhando em regime de tempo integral nas suas instalações, as quais compreendem a sede em São José dos Campos com ramificações em Cachoeira Paulista, Natal, Fortaleza, e em Cuiabá onde estão as Estações de Rastreio e Recepção dos Sinais do Satélite ERTS.

Dessas 1000 pessoas mais de um terço são de nível universi tário, compreendendo uma parcela apreciável de portadores de título de Mestrado (MS) ou Doutorado (PhD). Um dos principais esforços do Instituto está dirigido para o campo das pesquisas e estudos de sensoriamento remoto (Projeto SERE) aplicado ãs áreas de hidrologia, geologia, mineralogia,agri cultura, florestamento, oceanografia, geografia, geodésia, urbanismo, saúde pública, etc.

#### I.1.1 - 0 Projeto SERE

Na realidade o Brasil terá que recorrer às técnicas de sen soriamento remoto se desejar obter as informações relativas aos seus recursos em prazos úteis. Os métodos convencionais são reconhecidamente vaga rosos, dispendiosos e insuficientes. Quanto menos desenvolvido é um país tanto mais necessita usar tecnologias eficientes e o Brasil não é exceção.

Ha seis anos atras foi iniciada a formação de um grupo interdisciplinar para trabalhar na aplicação de sensores remotos às diferentes disciplinas relacionadas com recursos terrestres integrando um pro jeto denominado SERE, organizado de acordo com as normas estruturais gerais do INPE. Hoje, conta com a participação de uma centena de qualifica-

- 2 -

dos especialistas em recursos terrestres, naturais e culturais, trabalhando em estreita colaboração com outros grupos do INPE (instrumentação, operações de võo, processamento de dados, estações do sistema ERTS) e agências externas (setores privado e governamental).

O objetivo principal do Projeto SERE é desenvolver pesquisas e estudos do território nacional com vistas ao levantamento e controle dos nossos recursos usando as mais modernas técnicas de sensoriamento remo to. Para complementar os dados orbitais é usada uma aeronave adaptada para coleta de dados com sensores passivos. Desde 1971 esta aeronave vem sen do usada para missões de võo sobre áreas testes brasileiras previamente es colhidas. Para as pesquisas oceanográficas o INPE vem contando com o apoio de dois navios oceanográficos, o NOc "Prof. Besnard" do Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo e o NOc "Almirante Saldanha" da Marinha Brasileira. Os dados obtidos pelo Projeto RADAM, do Ministério das Minas e Energia, também, vém sendo utilizados.

No Organograma Matricial do Projeto SERE, do final deste capítulo (Fig. I.l), estão mostradas, além das diferentes disciplinas em que se especializa o Projeto, as suas tarefas identificadas como sub-projetos.

Desde a sua criação em 1961 a direção desta Instituição tem mantido com a NASA um relacionamento altamente benéfico. Dentre os muitos programas cooperativos resultantes desse relacionamento, destaca-se o dos sensores remotos, oficialmente iniciado em 1968, data do primeiro Memora<u>n</u>

i,

1.

- 3 -

do de Entendimentos, o qual foi prorrogado em 1971 para cobrir o ano de 1972. Esse esquema de cooperação, atualizado no ano seguinte para permitir a inclusão de experimentos com Satélites da série ERTS e o SKYLAB, consi<u>s</u> te, principalmente no intercâmbio científico e na permissão para utilização direta, em tempo real, das informações geradas pelos satélites, além do treinamento de pessoal que serviu de ponto de partida.

- **4** -

#### I.1.2 - O Sistema ERTS

Como ficou dito acima, o último Memorando de Entendimentos permitiu ao INPE construir a sua própria Estação de Rastreio e Recepção de Dados em Cuiabã (MT), complementada pelas instalações para o processamento desses dados em Cachoeira Paulista (SP).

Realmente uma das razões importantes na decisão da instal<u>a</u> ção de tal sistema foi a de que ele permitiria ao Brasil continuar recebe<u>n</u> do dados ininterruptamente mesmo depois que o prazo limite de 500 horas de operação, previsto para o gravador de bordo, fosse atingido.

A Estação de Cuiabã estã operacional desde abril de 1973, no entanto a Estação de Processamento de Dados de Cachoeira Paulista sõ se tornou operacional em setembro de 1974.

Inicialmente a Estação de Rastreio e Recepção de Dados somente registrava imagens referentes a uma orbita por ocasião das passagens diárias do ERTS sobre o territorio brasileiro, porém, desde 15 de julho de 1973, procura-se registrar todas as orbitas nessas condições, o que significa uma possibilidade de gravação de cerca de 450 cenas durante os 18 dias do ciclo em que todo o Brasil (ou melhor, todo o globo) é coberto. Como pa ra cada cena existem 4 imagens, aproximadamente 1800 imagens podem ser gra vadas cada 18 dias, ou seja uma média de 100 por dia. O grau de aproveitamento dessa capacidade de produção de dados está na razão direta da capaci dade de interpreta-los, por isso esforços são feitos para aumentar o nume ro de usuários de acordo com uma política de se colocarem os dados do ERTS-1 a disposição de todos aqueles que os desejarem, mediante a indeniza ção dos pequenos custos de reprodução. Paralelamente, procura-se estimular o desenvolvimento da capacidade interpretativa, desses usuários, seja manualmente ou seja automaticamente. Neste sentido, no INPE, estão sendo con duzidas pesquisas, desde janeiro de 1973, visando o desenvolvimento de "software" para programar computadores na interpretação automática das ima gens ERTS, porem ainda existe muito trabalho a ser feito nesta area antes que se chegue a um status operacional.

A interpretação visual é importante, porém, sua dificuldade cresce na medida em que se buscam as vantagens das técnicas multiespectrais, porisso se sente que, na verdade, no futuro so restara a alternat<u>i</u> va da interpretação automática, e o Brasil deve estar preparado para este avançado estágio. Nesse proposito, o INPE esforçando-se para manter-se atualizado numa tecnologia pioneira,cujos primeiros passos teve a oportun<u>i</u> dade acompanhar, tratou de adquirir, logo que foi comercializado, um dos primeiros sistemas de interpretação automática: o IMAGE-100 da G.E.. Anteriormente, preocupado em tirar o máximo proveito dos processos de interpr<u>e</u> tação visual correntes, providenciou para que fosse instalado em Cuiabã um

- 5 -

"Quick-Look Monitor". A experiência demonstrou que esse processo do "Quick Look Monitor" da uma boa resolução espectral adequada a esse tipo de interpretação e que a precisão geométrica, que é sacrificada em troca da eco nomia e presteza, é muito mais do que compensada pelo fato de que os usuários podem receber os dados logo após a sua coleta pelo satélite.

Muitos dos problemas e necessidades particulares do Brasil no campo dos recúrsos terrestres talvez tenham soluções pelo uso de senso res remotos. Várias e remotas áreas esparsamente populadas são agora mape<u>á</u> veis; inventários de café e cana de açúcar podem ser conduzidos em melhores prazos e em bases menos dispendiosas; áreas promissoras de depositos mi nerais podem ser localizadas, etc.. O Brasil não somente está se conscientizando daquilo que representam as suas reservas para um mundo carente de recursos naturais, como também está se tornando um líder no campo da ava liação e aproveitamento desses recursos, em condições de levar sua experiência para outros países em desenvolvimento.

Concluindo, o Brasil tem uma das mais rapidamente crescentes economias do mundo atual e os sensores remotos são hoje vistos como uma tecnologia que podera contribuir para uma maior aceleração desse desenvolvimento.

Depois desta pequena introdução, a qual foi feita com o proposito de mostrar o progresso obtido com o programa ERTS, entraremos no relatório propriamente dito.

- 6 -



and the second states of the second

معملاته والمحتوي ويوارقان



Fig. I.2 - Mapa do Brasil com a localização das imagens ERTS recebidas até Julho de 1975.

### CAPÍTULO II

### RECURSOS DO MAR

Investigador Principal:

Gama, Emmanuel de Almeida - INPE/Diretoria de Hidrografia e

Navegação - DHN

GSFC ID-F0453 MMC 326-03

ï

#### CAPITULO II

#### RECURSOS DO MAR

#### II.1 - 0 SATELITE ERTS EM OCEANOGRAFIA

Quando se faz anālises de imagens multiespectrais ē necessā rio levar em conta a propagação da luz no espaço e as propriedades físicas que a regem em presença de cada meio específico.

A propagação da luz no meio líquido assume características diferentes da considerada na atmosfera.

Mesmo para diferentes tipos de āgua: āguas costeiras, oceânicas, fluviais e lagunares, observamos que elas se comportam diferenteme<u>n</u> te do ponto de vista da transparência, em função da suspensão de detritos minerais e orgânicos, vivos ou não.

Cada bacia hidrográfica retém ou escoa determinado tipo de água, indiretamente lhe dá condições diferentes em sua capacidade de tran<u>s</u> porte, levando-se em conta sua morfologia e volume de água que depende da competência da mesma.

A qualidade dos sedimentos, sua quantidade por unidade cubica e a velocidade do fluxo são fatores fundamentais que provocam diferentes condições de penetração da luz solar na água (Fig. II.1).



Fig. II.1 - Grafico da atenuação da radiação da luz pela agua do mar em função do material em suspensão.

- 11 -

O sistema MSS do ERTS-1, cobrindo quatro faixas espectrais, é capaz de registrar em suas imagens as populações sedimentares através do seu comportamento em relação à penetração de luz na água que as contém.

Na figura II.2 podemos observar o comportamento da radiação eletromagnética quando absorvida pela água do mar, no caso, água oceânica limpa e água costeira. A radiação que alcança maior profundidade de penetração é a do azul podendo alcançar até 100 m de profundidade. Nas águas costeiras a radiação que alcança profundidades maiores é deslocada em dir<u>e</u> ção a comprimentos de onda maiores (laranja-vermelho). Assim sendo, as po<u>s</u> sibilidades de melhores informações, relativas à batimetria de fundo em águas rasas, serão obtidas nos canais 4 e 5 (MSS).

Uma vez que todas as informações do ponto de vista ocean<u>o</u> gráfico seriam obtidas a partir de diferentes tonalidades de cinza na imagem, deve-se ter cautela ao executar as interpretações, pois os efeitos a<u>t</u> mosféricos podem causar efeitos semelhantes acarretando falsas informações. Estes efeitos podem ser observados nas imagens oriundas do canal 5 e canal 4, já que o espalhamento de Mie é também bastante perceptível na região verde do espectro.

O canal 7 nos fornece imagens na faixa do infravermelho proximo, resultantes da reflexão da radiação solar pela superfície terrestre. Ao incidir na superfície do mar a componente infravermelho da radiação solar é quase totalmente absorvida numa camada de,no máximo

- 12 -






Fig. II.a - Áreas de Teste do Grupo de Recursos do Mar.

1.0 cm de espessura, pelo que a superficie do mar parece bem escura, representando zonas negras sobre as imagens do MSS-7, pela ausência de reflexão. Este canal se presta bastante para a delineação das linhas da costa, regi<u>s</u> trando inclusive detalhes com resolução melhor que a de 60-100m prevista p<u>a</u> ra o imageador MSS do ERTS-1.

O canal 6 fornece informações intermediárias entre as superfícies e as camadas de maior penetração da luz, já que nesta faixa as radi<u>a</u> ções penetram um pouco mais do que nas faixas espectrais onde atua o canal 7 e menos que no 5 e 4.

As diferenças de contraste criadas em cada imagem, relativas ao seu comportamento espectral, dão ao sedimento a qualidade de um traçador natural onde possíveis movimentos ou tendências de distribuição da massa 1<u>í</u> quida e sua capacidade de transporte de sedimentos no interior das bacias podem ser inferidas.

Se conhecemos o comportamento da penetração da luz em função da profundidade nas águas em estudo, há possibilidades de se obter, na interpretação das imagens,valores relativos da batimetria e da concentração dos diferentes conteúdos sedimentares, através dos graus densitométricos de cada população, produzidos nos diferentes canais ou imagens multiespectrais.

Têm sido muito empregadas para esta pesquisa, as técnicas de classificação de densidades ("density slicing") e técnicas de relacionamen-

- 15 -

to (ratio techniques) que correlacionam os niveis dos quatro canais MSS. P<u>a</u> ra aplicação desta última é necessário o uso das fitas CCT (Computer Compatible tapes) que ainda se encontra em caráter experimental entre nos.

Pontos de amostragem usados como verdade terrestre podem ser vir de elementos para qualificar os diversos contrastes apresentados na imagem, desde que levantados simultaneamente com a passagem do satélite e extrapolados para o restante da imagem, através de um processamento automáti co e interpretação posterior na tentativa de correlação.

A seguir descreveremos as analises das imagens do ERTS-1,rea lizadas sobre as áreas de interesse do Grupo de Oceanografia do Programa SERE.

Na primeira parte estão incluídas as áreas teste seleciona das por ocasião da Proposta que foi enviada à NASA em 1971.(Research and Development Proposal for Investigation using Data from Earth Resources Satellite, April 1971 (Report LAFE-150) and Addenda to Report LAFE-150, August, 1971 - INPE).

As areas teste selecionadas foram as seguintes:

<u>Area Teste 827</u>: Estuário do Rio da Prata e Costa Sul do Brasil, que fazem parte do Projeto Rio Grande do Sul.

Area Teste 826: Litoral dos Estados do Rio de Janeiro e do Espírito Santo

- 16 -

que fazem parte do Projeto Costa Sudeste do Brasil.

<u>Area Teste 828</u>: Delta do Rio Amazonas e area costeira, que fazem parte do Projeto da Barra do Rio Amazonas.

Na primeira, duas regiões foram analisadas: a região coste<u>i</u> ra do Rio Grande do Sul e a região da Lagoa dos Patos, com informações adicionais obtidas de interpretação das imagens dos satélites NIMBUS,APOLLO 7 e SKYLAB.

Na segunda, incluiu-se duas regiões importantes do litoral Sudeste do Brasil: a Região da Baía de Guanabara e águas adjacentes, um dos locais mais poluidos da costa brasileira, e a Região Nordeste do Estado de São Paulo.

Na terceira e analisado um mosaico da Barra Norte do Rio Amazonas, constituído de 10 imagens no canal 4.

Posteriormente, esse relatório descreve também a análise de imagens obtidas sobre duas áreas não incluídas na Proposta de 1971 e que são consideradas como áreas adicionais. Elas são:

<u>Ponta da Baleia</u> localizada numa latitude aproximada de 16<sup>0</sup>S no litoral Sul do Estado da Bahia.

Barra do Rio Parnaíba na região meio Norte do Brasil (Estados do Maranhão, Piauí e Ceará). A primeira delas está incluída no Projeto Abrolhos, ora em desenvolvimento no Grupo de Recursos do Mar que será descrito brevemente no ítem II.5 deste relatório (ver Fig. II.2a).

## II.2 - PROJETO RIO GRANDE DO SUL

Area Teste 827 - Estuário do Rio da Prata e Costa Sul do Brasil

# II.2.1 - Descrição da Área Teste

A ārea considerada encontra-se na costa sudeste da América do Sul. Os limites teóricos dos fenômenos que se pretende estudar (descritos logo abaixo) estão circunscritos à região compreendida entre  $30^{\circ}$  e  $50^{\circ}$  Sul e  $040^{\circ}$  e  $060^{\circ}$  Oeste. Dentro dos limites gerais estabelecidos, algumas sub-<u>ã</u> reas são consideradas como chave para detalhe de ocorrências bem caracterizadas. Assim, a zona costeira junto ao Estuário do Rio de La Plata e a Província Costeira do Rio Grande do Sul constituem dois compartimentos principais deste plano de trabalho. Em especial a Província Costeira do Rio Grande do Sul é considerada em duas partes distintas: lagunar e costeira.O pro<u>s</u> seguimento da pesquisa constituirã elemento de ligação para a compreensão do sistema hidrológico/oceanográfico que envolve a area delimitada.

A hidrografia componente do sistema lagunar da provincia co<u>s</u> teira cobre aproximadamente 168.000 km<sup>2</sup> estruturada sobre terrenos de origem litológica diferentes fora dos dominios da provincia costeira que tem sua origem ligada a processos ocorridos no período quaternário. Esse espaço juntamente com a província costeira completa a sub-área que será estudada em seis aspectos hidrológicos.

A plataforma continental junto ao litoral do Rio Grande do Sul possue características relativas a distribuição das correntes marinhas, e do material fornecido pelo estuário do Rio de La Plata e do complexo lagu nar da Planície Costeira. Os processos costeiros e oceânicos sobre essa pla taforma, baseiam-se no comportamento das correntes e ventos locais que influem na distribuição das correntes costeiras e oceânicas regionais.

# II.2.2 - Justificativa da Escolha da Área

A costa do Rio Grande do Sul apresenta características impor tantes para o desenvolvimento do estudo e aplicação de técnicas de sensori<u>a</u> mento remoto no campo da hidrologia e oceanografia.

A Lagoa dos Patos oferece elementos decisivos para um estudo de circulação de superfície e transporte de material em suspensão. O canal de ligação da bacia da lagoa ao mar, determina condições diferenciais da distribuição de água salgada no interior da lagoa, fato este que interessa não só à compreensão do fenômeno de interação das águas mas também da produtividade primária, importante para a economia pesqueira regional e dos processos e depósitos sedimentares. A zona costeira e oceânica contém elementos necessários a experimentos de sensores para o levantamento de recursos do mar, onde correntes costeiras e o transporte de material em suspensão podem ser acompa nhados pelo MSS do ERTS-1.

Outros elementos relacionados com a caracterização física das águas sobre a plataforma serão levantados com o uso de imagens de satélites da série NIMBUS e da aeronave "Bandeirante".

A área encontra-se na zona de confluência das correntes do Brasil e Falklands onde águas frias e quentes se encontram, provocando con dições ambientais favoráveis à prática da pesca comercial. É possível registrar sinoticamente a configuração sazonal da zona de convergência subtropical entre as correntes do Brasil e de Falklands.

A corrente do Brasil move-se em direção Sul até às proximida des do Estuário do Rio de La Plata a 35<sup>0</sup>S, onde a corrente de Falklands move-se para o Norte em forma de cunha sobre a Plataforma continental até atingir a corrente vinda do Norte. Esta interação se da em distribuição esp<u>a</u> cial diferencial segundo as relações sazonais que possibilitam esse comportamento.

Atravēs de relatórios de cruzeiros oceanográficos realizados na área, tem-se conhecimento de zonas pesqueiras localizadas ao longo dos limites de convergência dessas massas de água:

- 20 -

Estas ocorrências devem ser estudadas conjuntamente com a deriva da convergência onde se tem uma zona de mistura de propriedades fisi cas limitadas a gradientes apropriados ao condicionamento ambiental para a manutenção de inúmeras espécies animais.

A flutuação da zona limite de convergência entre a corrente do Brasil e Falklands tem fundamental interesse para a área, visto que a plataforma continental do Rio Grande do Sul está sujeita a esse fato. O estuário do Rio de La Plata, as citadas correntes oceânicas e as águas costei ras podem ser acompanhadas imagens do ERTS-1 e satélites da série NIMBUS, as sociadas aos dados oceanográficos existentes e que serão levantados por ima geador termal a bordo de aeronave e levantamento oceanográfico simultâneoem linhas perpendiculares à costa.

A interpretação sinótica da distribuição das aguas na super ficie do oceano, tem seu comportamento sazonal particular e o uso de imagens ao nível orbital cria condições de redução de tempo e custos de oper<u>a</u> ção em torno dessa pesquisa e obtenção de cartas temáticas de distribuição de precisão jamais alcançada.

#### II.2.3 - Objetivos do Projeto

Em termos de utilização das imagens do ERTS os objetivos do Projeto Rio Grande do Sul poderão ser enumerados como se segue:

- 21 -

- Definir um comportamento sazonal da circulação de super fície para a Lagoa dos Patos.
- Relacionar os processos atuais de erosão, transporte e deposição na Lagoa dos Patos em função da circulação, com o propósito de auxiliar os trabalhos de dragagem para manutenção das condições de navegação.
- 3. Correlacionar dados obtidos por métodos convencionais de oceanografia com tecnologia avançada de sensoriamento remoto para localização de áreas de maior piscosidade, visando a exploração racional de espécies de valor comercial.

As interpretações preliminares executadas sobre imagens do ERTS-1 (1973) permitiram distinguir a região como área de interesse para a aplicação das técnicas de sensoriamento remoto no sentido de levantar recu<u>r</u> sos hidrológicos e oceanográficos.

Imagens do SKYLAB e do ERTS-1 permitem avaliar sinopticamente o comportamento dinâmico das águas costeiras lagunares em superfície. No entanto, para justificar os modelos e padrões é necessário correlacionar as imagens obtidas com uma série de dados levantados simultaneamente na superfície.

A definição do comportamento sazonal da circulação de superfície possibilitarã uma melhor compreensão dos padrões de transporte e distribuição de sedimentos e tendências dos depositos. A interação das águas lagunares com as águas do mar possue características vinculadas aos ventos, regime hidrológico e marés locais, que,do ponto de vista econômico, é importante conhecer como distribuição es pacial, por sua capacidade de influir na caracterização da produtividade primária da bacia.

A região costeira e oceânica será estudada mediante imagens de satélite por seu caráter sinótico e levantamentos por aeronave e navio oceanográfico, com o objetivo de se conhecer melhor o regime de interação sazonal da distribuição das águas costeiras e oceânicas.

O conhecimento sinótico da distribuição da corrente do Br<u>a</u> sil e de Falklands é de importância fundamental para a área que se tem como maior produtora de pescado no país.

As informações coletadas pelos métodos convencionais de oceanografia servirão de suporte para a interpretação da sequência de imagens que se pretende analisar, correlacionando os diversos níveis de obtenção de dados por sensoriamento remoto.

Baseando-se em pesquisas que jā vēm sendo elaboradas em ou tras āreas, localizar as zonas de maior produtividade e realizar um estudo da distribuição vertical e horizontal do plancton existente.

Devera ser criada uma metodologia especial para a determina

- 23 -

ção da Produção Primária dessa região, com a aplicação de sensores remotos.

Com a colaboração de Instituições especializadas (IOUSP - Ins tituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo; IPqM - Instituto de Pesquisas da Marinha; SUDEPE - Superintendência do Desenvolvimento da Pesca ; DHN - Diretoria de Hidrografia e Navegação, e outros) deverão ser feitos levantamentos (sazonais) das áreas piscosas dando ênfase as espécies de maior importância comercial. Através do correlacionamento dos dados oceano gráficos e de pesca com a dos sensores, deverá ser estabelecida uma metodologia visando a utilização do sensoriamento remoto para a localização de zo nas propícias a pesca (sazonal e/ou em tempo real).

A seguir descreveremos, com detalhes, as interpretações realizadas sobre imagens da Região Costeira do Rio Grande do Sul e da Lagoa dos Patos, como parte do desenvolvimento do Projeto em questão.

# II.2.4 - Região Costeira do Rio Grande do Sul e Bacia do Rio da Prata

II.2.4.1 - Introdução

A análise das imagens ERTS-1 (E-TTO3-12415) sobre a região costeira do Rio Grande do Sul aponta detalhes parciais do complexo hidrol<u>o</u> gico que envolve essa área (Fig. II.3). No entanto, a intenção de uma análise dinâmica de interpretação será completada tendo-se em conta um número de imagens em órbitas consecutivas sobre todo o espaço considerado como

- 24 -

participante do ecosistema (9 orbitas, 9 posições em cada um dos quatro c<u>a</u> .(sisn

O estudo do mosaico de cobertura dessa ārea conteria, em reiacionado, 70 imagens aproximadamente na escala 1:1.000.000, onde estariam relacionados elementos hidrológicos de toda a Bacia do Rio da Prata e sua influência na caracterização das massas de ãguas costeiras, levando-se em consideração a distribuição das mesmas pelas correntes maritimas de Malvi nas, do Brasil e alguns processos locais costeiros, seguindo a manifestacão do regime climãtico sazonal.

Portanto, as condições oceanográficas da costa do Rio Gram de do Sul podem ser observadas de forma bastante precisa, do ponto de vi<u>s</u> ta de distribuição, em face de sua importância e condicionamento de fatores que influem sobre uma maior ou menor produtividade pesqueira regional. A contribuição das ãguas da extensa Bacia do Prata, as ãguas das lagoas da baixada ou planīcie sedimentar costeira, desde a contribuição freática ou débito normal atravês de canais, poderã ser observada em sua evolução no espaço e qualificadas periodicamente. A cartografia temática das condições apresentadas em cada período considerado contribuirã para o melhor entendimento do comportamento hidrológico/oceanográfico que envolve a região.

E necessário esclarecer que, o que se considera no propósito do estabelecimento do espaço geográfico ou espaço ecológico maior ou menor depende da dimensão dos fatores envolvidos no ecosistema em estudo.



03NOV72 C \$30-16/W050-09 N \$30-17/W050-04 MSS 4 R SUN EL54 AZ073 189-1433-N-1-N-D-2L NASH ERTS E-1103-12415-4 1

Fig. II.3 - Imagem E-1103-12415, 3 de novembro de 1972, canal 4, Escala 1:1.000.000. Isto fica bem definido nos elementos considerados como participantes da natureza das águas costeiras da costa riograndense e sua distribuição no espaço e no tempo.

II.2.4.2 - Intrepretação

As imagens E-1103-12415/4/5/6/7 (NASA-ERTS) foram tomadas sobre a região apresentada na figura II.4, que é um detalhe parcial e reprodução da carta náutica DHN nº 90, de escala 1:990.526, na latitude de 31<sup>0</sup>25'S.

A cobertura de nuvens naquela data era aproximadamente de 30% sobre a area coberta pela imagem (Fig.II.3), o que reduziu sensivelmen te a interpretação da costa a NE da Lagoa dos Patos.

A cobertura da imagem possue aproximadamente 1/3 de terras e 2/3 de águas sobre o total de 100 x 100 milhas náuticas.

# - Oceanografia/Hidrografia

O par de imagens dos canais 4 e 5 apresenta junto à costa, da altura da Lagoa do Sumidouro até a Lagoa dos Barros, descolorações de águas costeiras conforme as diferentes densidades de contrastes identifica das. Isto representa a existência de grande quantidade de sedimentos remanejados por correntes costeiras cuja dinâmica é bastante complexa principal COSTA SUL-BRASIL



# DETALHE DA CARTA DHN Nº90

#### RH 28474

Fig. II.4 - Reprodução parcial da carta nautica da DHN (Diretoria de Hidrografia e Navegação) nº 90, escala 1:990.526 (1965), lat. 031<sup>0</sup>25'S. mente em razão da atuação dos ventos. Como o fenômeno não ocorre no canal 6
e 7, conclue-se que se trata de movimento sub-superficial de grande intensidade principalmente na altura do Banco da Berta onde a turbulência nas aguas é maior em face da barreira arenosa por ele constituída (figura II.5). Ao constituir os "overlays" C4 e C5 verificou-se que as formas gerais da distribuição geográfica do sedimento coincide na periferia com o alinhamento da isóbata de 50 m sobre os dois canais MSS 4 e MSS 5. A largura máxima da pluma desse sedimento em suspensão é de aproximadamente 20 milhas (indicações B, C e D).

As descontinuidades de contraste na imagem são devidas as concentrações diferentes do material mantido em suspensão, bem como sua pro fundidade ou distribuição vertical.

A brusca inversão de contraste em torno da linha batimétri ca dos 50 m provavelmente indica que o processo de transporte a partir de<u>s</u> se limite para zonas mais profundas é reduzido.

A morfologia horizontal dessa distribuição estabelece elementos para que se possa dizer que as águas sub-superficiais, e muito pro vavelmente superficiais, se desloquem ao longo da costa rumo N, desviando para NE, continuando o giro (ciclônico) até atingir o sentido SE, na zona da isóbata de 50 m quando há uma mudança de comportamento dos ventos de SW para NE, no momento da tomada da imagem.









8031-001 W050-001 W050-001 W050-301 W050-301 W050-001 W049-301 03N0V72 C S30-16/W050-09 N S30-17/W050-04 MSS 5 R SUN EL54 RZ073 189-1433-N-1-N-D-2L NRSA ERTS E-1103-12415-5 1

Fig. II.5 - Imagem E-1103-12415/5 - escala 1:1.000.000 - Transparências C4, C5 e detalhes da carta náutica da DHN, nº 90. As indicações B, C e D nas interpretações são elementos da mesma natureza que resultam num mesmo tipo de resposta espectral, sobre a imagem dada, pelos sedimentos marinhos em suspensão nas águas oceânicas. A indicação A representa suspensão sedimentar no interior da Lagoa dos Patos, próximo a Ilha do Barba Negra e Ponto de Itapuã. A natureza dessa água i<u>n</u> terior é diferente daquela costeira, considerando-se o sedimento transportado, pois aparece também no canal 6 além dos canais 4 e 5.

O primeiro (A) é um sedimento flúvio-lacustre com alto teor de argilas, já o segundo, (B,C,D), é exclusivamente marinho com baixo ou nenhum conteúdo de argila e portanto livre de suspensão coloidal. A imagem do canal 6 é a que melhor registra a indicação A, que é um sedimento proveniente da Bacia do Rio Guaíba. O canal 7 não da nenhuma definição a esse respeito, pois as radiações dessa faixa espectral são totalmente absorvidas à superfície, não havendo reflexão de energia (Fig. II.6). No canal 4 não ha contraste visível nas águas lagunares, uma vez que a energia refletida pelo sedimento é a mesma refletida pelas águas da laguna e partículas em suspensão que espalham as radiações eletromagnéticas.

Pode-se observar que a zona B no MSS 6 é assinalada nos es quemas de interpretação nos C4 e C5 permanece em C6. Ao comparar com a carta náutica o fato se torna claro pois a batimetria indica um banco de areia (Banco Berta), na profundidade de 10m, onde há uma turbulência subsuperficial intensa (C6-B).

- 31 -



que neste canal as lagoas são muito bem definidas.

Tudo leva a crer que o transporte de sedimento nas imediações tem maior extensão porque o banco de areia constitue uma barreira natural que desvia parte da água que se dirige para o Norte, quando os ventos regionais sopram do quadrante sul.

# - Geomorfologia Litorânea

A costa quaternária do extremo sul do Brasil estende-se desde o Cabo de Santa Marta Grande, compreendendo vastas formações arenosas de topografia baixa do tipo retilíneo, constituindo-se uma planície cos teira de acumulação por restingas e lagunas.

Na análise efetuada no trecho compreendido entre o Banco Berta e a Lagoa do Sumidouro constatou-se que as imagens dos canais 4,5 e 6 separam nitidamente as formações arenosas mais antigas das mais recentes (C5). A linha costeira é constituída de areias holocênicas acumuladas por processos marinhos locais (correntes, vagas, maré, etc....) e remanejadas posteriormente por processos eólicos que transportam esse sedimento para o interior (canal).

A planície localizada mais para o interior é de origem pleistocênica, constituída de depósitos arenosos fossilizados e cobertos por uma vegetação de gramíneas e espécies arbustivas. Atualmente esta última recebe sedimentos por transporte eólico desde a zona costeira segui<u>n</u> do orientação NE sem constituir dunas.

- 33 -

Conclue-se que, a medida que essa agua de origem continental vai sendo drenada através da bacia do Rio da Prata, haverá nos meses subsequentes um aumento da contribuição fluvial maior junto à costa. Como o contraste termal das águas fluviais oceânicas não é nitidamente perceptível nas imagens a partir do ERTS-1, concluimos que a diferença de coloração entre os dois tipos de água, em confronto, será perfeitamente detetada também na na região visível do espectro ERTS-1 (canal 7 e 5).

Naturalmente a potencialidade do ERTS nos canais 6 e 7 nos fornecera elementos suficientes para a identificação de ciclos hidrológicos continentais em evolução, visto suas capacidades em detetar nitidamente as reservas de aguas continentais de superfície.

As imagens do NIMBUS IV (29 de abril, 9 de julho, 25 de setembro, 14 de outubro, 4 de novembro, 19 de dezembro de 1970, 5 de janeiro, de 1971, 9 de janeiro de 1971) fornecem elementos de interpretação sobre as flutuações do contraste térmico das águas na Foz do Prata e zona costeira. Os canais 4 e 5 do ERTS eventualmente poderão contribuir no conhecimento do fenômeno por se tratar de águas de diferentes origens, pois, onde o gradien te térmico é bastante notável naturalmente a coloração também poderã ser d<u>i</u> ferente, tratando-se de águas de origem polar e equatorial em convergência com material em suspensão bem caracterizado em cada uma.

A flutuação sazonal desse fenômeno é fundamental no que se refere ao estudo da sua distribuição (Fig. II.10) sobre a plataforma.

Os sedimentos costeiros provavelmente são provenientes do Sul a partir de contribuição da Bacia do Rio da Prata, cujos detritos sedi mentares são levados em direção N pelas correntes. Todo o sedimento costei ro é remanejado intermitentemente completando um longo caminho em seu curso.

A distribuição estatística dos ventos na área (conforme estu dos realizados pela DHN) indica que o vento predominante é o de NE, (Fig. II.7) o qual é responsável pela distribuição dos sedimentos conforme podemos observar nas imagens através de interpretação morfológica.

Antes de encerrarmos essa parte de interpretação, julgamos de importância uma abordagem mais detalhada sobre os problemas hidrográficos/<u>o</u> ceanográficos regionais.

As imagens do NIMBUS e APOLLO 7 (Fig. II.8) ofereceram elementos indicativos de distribuição hidrológica das diversas massas de āgua nas lagoas, rios e zona costeira. O material examinado, proveniente do NIMBUS III, apresentou uma serie de fatos relacionados a diferenças de tem peratura das águas fluviais e oceânicas. Como exemplo de contraste termal podemos ainda acrescentar, a partir da observação de imagens repetitivas do mesmo satélite, a evolução do comportamento do balanço hídrico da planície de inundação dos Rios Paranã e Paraguai (10 de julho, 29 de julho, 11 de ou tubro, 26 de outubro e 14 de novembro de 1969). A simples observação deste fato permitiu uma avaliação sazonal do aumento do volume de aguas fluviais na Bacia do Rio da Prata de junho a novembro (Fig. II.9).



Fig. II.7 - Detalhe parcial da carta de navegação aérea USAF-ONEQ 28, escala 1:1.000.000 e direção predominante do deslocamento das dunas litorâneas no Sul do Brasil.



Fig. II.8 - Áreas de cobértura do satélite ERTS, NIMBUS IV, APOLLO correspondentes à região costeira do Rio Grande do Sul.







THIR DO NIMBUS IV

2:	29 ABRIL 1970	10: 4 NOVEMBRO 1970
3:	9 JULHO 1970	11: 5 JANEIRO 1971
6:	25 SETEMBRO 1970	14: 19 DE7EMBR/ 1970
7:	14 OUTUBRO 1970	15: 9 JANETRO 1971
8:	24 OUTUBRO 1970	ion y chaline 1971

Fig. II.10 - Análise sistemática combinada do NIMBUS IV, THIR (11.5<sup>µ</sup>) mostrando os limites aproximados da Corrente do Brasil, segundo Tseng Yun Chi (1974).

. 4.

•

As fotografias coletadas pela cápsula APOLLO 7 são bastante ricas em informações gerais principalmente no sentido de mostrar elementos de ampla cobertura. O que se pode notar e de grande importância na conclusão que tomamos sobre a cobertura mais ampla de um mosaico a partir das ima gens do ERTS, bem como os elementos diversos representados nas diversas colorações das águas costeiras e da Lagoa dos Patos na região do espectro visível (Fig. II.11).

Os diferentes contrastes e as diferentes cores do sedimento e material em suspensão das águas costeiras, lagunares e fluviais são suficientes para que se possa afirmar que as imagens do ERTS detetarão totalmen te o referido fenômeno com definição seletiva extraordinária.

A deteção desses contrastes de cor e tonalidade pelas imagens MSS do ERTS-1 em caráter repetitivo darão ao pesquisador a oportunidade de observar a dinâmica das águas e dos sedimentos em suspensão, usando as diferentes concentrações como traçadores naturais.

II.2.4.3 - Conclusões

 a) A geografia dos sedimentos costeiros imersos e emersos po derá ser acompanhada através da repetitividade das imagens do satélite ERTS-1. As modificações sazonais das estruturas que foram identificadas, deverão mostrar a evolu ção e importância dos fenômenos na ecologia da área.



- b) A repetitividade e a cobertura em orbitas consecutivas principalmeente no canal 4 e 5 são indispensaveis no que se refere a uma observação dinâmica hidrologica/oceanográ fica.
- c) Os canais MSS 4,5 e 6 são os que mais se aplicam à obser vação de imagens sobre áreas lagunares e costeiras, para uma abordagem oceanográfica.
- d) As potencialidades da análise dinâmica foram observadas desde imagens de satélites meteorológicos (por sua repetitividade), colocando as imagens do ERTS-1 em situação bem definida a esse respeito.
- e) Os canais 6 e 7 são importantes na definição do balanço hidrológico continental e, juntamente com o canal 5 fornecem dados básicos para a quantificação e a evolução de um sistema hidrológico de uma bacia hidrográfica.
- f) A cobertura de nuvens acima de 30% é prejudicial a esse tipo de interpretação.
- g) As imagens que foram analisadas mostram claramente que é possível acompanhar a evolução geodinâmica costeira e la gunar e fluvial.
- h) Elementos identificados na Lagoa dos Patos admitem a po tencialidade das imagens para estudo de poluição em ãreas críticas (Guaíba).

### II.2.5 - Lagoa dos Patos

II.2.5.1 - Introdução

As imagens do ERTS-1,recebidas da area em questão, são as primeiras processadas pela Estação Brasileira de Recepção e Gravação, instalada em Cuiaba (Mato Grosso), Brasil. Destas, selecionou-se três imagens consecutivas nos quatro canais multiespectrais.

Como se pode observar, são imagens de excelente qualidade, permitindo,dessa forma,um estudo bem detalhado sobre a região da Planície Costeira do Rio Grande do Sul.

Da análise que se fará a seguir, surgirá uma primeira noção visual dos processos de interação entre as águas lagunares e as águas costeiras pela estreita barra do Rio Grande. O prosseguimento desse tipo de análise, permitida pela repetitividade do satélite, criará nova conce<u>p</u> ção do comportamento das águas da superfície da laguna em razão do conhec<u>i</u> mento atual.

A distribuição das águas costeiras e interiores, o transporte e distribuição de sedimentos e as tendências na evolução dos depositos atuais, estarão associados a essa observação.

8

A drenagem das vertentes que cobrem 168.000 km<sup>2</sup> (Corthell -

- 43 -

1958) contribuém para que um comportamento diferencial seja identificado no regime dos rios e da própria lagoa junto ao mar cujo débito fica em contato com diferentes condições de vento e maré e precipitação das chuvas, cujos reflexos são identificados nas imagens multiespectrais do ERTS-1.

## II.2.5.2 - Interpretação

Inicialmente foi composto um fotomosaico não controlado das três imagens consecutivas no MSS-7 (Fig. II.12). Essa montagem permite a um sõ tempo a observação de grande porção do litoral sul riograndense onde percebe-se nitidamente os contrastes entre as terras e as águas. Em razão da definição dos contornos e da resolução nos detalhes e de grande utilida de para trabalhos hidrográficos em função de sua ampla cobertura em cada unidade obtida sinóticamente (35.000 km<sup>2</sup>).

. . . .

A morfologia das margens e os detalhes das estruturas sedi mentares de origem fluvial, marinha e fluvio-lacustre, são bem definidos nesta faixa do espectro, prestando-se grandemente ao estudo de processos  $\infty$ teiros e estuarinos.

A correlação das estruturas quaternārias no MSS-7 com as informações obtidas no MSS-5 e MSS-6 poderā estabelecer criterios de comportamento dos ambientes de erosão e deposição em função dos processos atuais.



Fig. II.12 - Fotomosaico reduzido - canal 7 - Lagoa dos Patos - 26 de junho de 1973
De maneira geral os cordões arenosos litorâneos que separam a laguna do oceano são considerados como uma larga barreira arenosa, emersa, sujeita a ação dos processos marinhos de um lado e lagunares do outro. Além disso, os ventos contribuem no remanejamento do material sedimentar d<u>e</u> positado posteriormente dando origem as dunas através de processos eolicos, identificados no MSS-7.

Para <mark>se entender</mark> as verdadeiras condições ambientais do sis

tema é necessário concluir que a paisagem que domina o litoral do Estado do Rio Grande do Sul, resultou da interação de agentes marinhos, lagunares e eólicos no decorrer de períodos geológicos recentes pré e post pliocênicos.

A Lagoa dos Patos encontra-se ligada ao oceano pelo canal do Rio Grande, sendo que sua conformação geográfica atual define-se por um sistema estuarino que recebe mais da metade do débito de toda a rede hidrográfica do Estado (Bird, 1968).

A batimetria dessa lagoa apresenta profundidade que varia até um máximo de 8,01metros, estando as porções mais rasas entre 0,5 a 1,0 m e as mais profundas de 7,0 a 8,0 m. Junto ao canal do Rio Grande encontram-se profundidades de até 15.00 m (Fig. II.13).

A bacia circunscrita pela Lagoa dos Patos cobre cerca de 11000 km<sup>2</sup>, estando seu eixo maior distribuído por uma extensão de 250 km



Fig. II.13 - Isobatas - Lagoa dos Patos

de NNE a SSE apresentando uma largura máxima de 60 km (Fig. II.14).

As marés oceânicas que influenciam o regime lagunar são do tipo diurno, atingindo valores de até 0.47 m junto a barra do Rio Grande (Motta, 1969). Além do regime das marés, deve-se considerar a variação sazonal no regime das bacias fluviais que aí descarregam suas águas sujeitas a regimes pluviométricos diferentes. O débito dos rios provoca o desenvol vimento de correntes no interior da lagoa, modificando a circulação provocada pela ação dos ventos na superfície das águas.

Os ventos regionais contribuem bastante na manifestação d<u>i</u> nâmica das águas do interior da lagoa em função da forma de suas margens, bem como de sua batimetria.

A frequência e intensidade dos ventos que agem sobre as aguas, não sõ influem na propagação das correntes, mas também provocam um desequilibrio nos níveis normais da superfície daquelas águas no interior da bacia.

A propria origem das lagoas de restinga está ligada ao re gime dos ventos regionais, estando sua morfologia presa ao fato de que os ventos sopram em direções preferenciais originando fortes correntes axiais que determinam o eixo maior das lagoas em formação. As correntes mais fracas fluem junto ãs margens no sentido reverso das primeiras (Fig. II.15).

- 48 -





Fig. II.15 - Esquema da evolução morfológica de lagoas costeiras associadas ã formação de restingas segundo Zenkovitch (1967). .

Tais ocorrências são importantes para o fluxo e refluxo das águas no canal do Rio Grande. No que tange à distribuição dos sedimentos e erosão das margens da bacia, o processo se extende na manutenção da su<u>s</u> pensão de sedimentos fornecidos pelos rios e a própria lagoa, até a zona de contato mais ao sul,quando o aumento da salinidade provoca floculação e a deposição do material em suspensão (Fig. II.16).

A maior participação do vento no processo provoca ondas de consideráveis períodos, capazes de erodir as margens lagunares e depositar o material nas extremidades de esporões, que tendem a seccionar a lagoa, segundo a evolução proposta na figura II.15. Esta evolução define tendências dos processos, sendo que sua ação é condicionada aos agentes, originando-se depósitos perpendiculares à direção predominante do vento sobre a lagoa (Zenkovitch, 1959).

A definição da morfologia atual da zona costeira em contato com o mar, deve-se ao fato de que as ondas, que exercem papel bastante importante entre o processo de erosão e deposição, são regidas pelos ventos locais que originam correntes costeiras que se deslocam para NNE, de uma maneira geral.

A carta nautica da D.H.N. (Ministério da Marinha), nº 2140 (Fig. II.17) cobre toda a laguna com detalhes batimétricos a uma escala de 1:271.600. A partir dessa base constituiu-se uma carta hipsométrica que dividiu em nove classes hipsométricas as zonas de 0 a lm, de 1 a 2m, de 3

- 51 -



Fig. II.16 - Distribuição de correntes de superfície na Lagoa dos Patos segundo Delaney,(1965).



Fig. II.17 - Mapa bati-hipsométrico da Lagoa dos Patos indicando a orien tação do perfil vertical (DHN nº 2140).

a 4m, de 4 a 5m, de 5 a 6m, de 6 a 7m, de 7 a 8m e mais de 8m, obtendo-se uma carta da distribuição espacial desses intervalos (Fig. II.13).Além dis so, organizou-se uma série de perfis verticais sobre a mesma carta, obtendo-se assim um novo documento,que resultou de grande utilidade para a interpretação das tendências de circulação,propostas à partir da observação das imagens<sub>m</sub>

Os diferentes niveis de cinza do contraste, registrado pelas imagens do ERTS-1 na superficie das águas da laguna, permitem interpretar esquematicamente a distribuição da circulação de superficie nos diversos pontos da mesma (Fig. II.18).

Cabe aqui complementar que,além do vento e maré locais, a forma da bacia assume papel importante no condicionamento da distribuição espacial daquela circulação de superfície.

Assim é que os perfis longitudinais (AA,BB) (Fig.II.17) ela borados, permitem afirmar que cinco esporões sedimentares submersos (na margem ocidental e um sõ na margem oriental, seccionam a laguna em Células abertas onde as águas tendem a se manter dinamicamente, segundo a tendência morfológica do fundo da bacia (Fig. II.19).

Quatro perfis verticais (CC, DD, EE, FF) (Fig. II.17) mostram alguns desses núcleos que permanecem interligados, como observamos no perfil GG. Outro fato que deve ser observado é que a distribuição espacial



Fig. II.18 - Diagrama dos perfis verticais elaborados sobre a carta da DHN nº 2140.

- 55 **-**



Fig. II.19 - Desenho esquemático das células de circulação interna da Bacia da Lagoa dos Patos. das zonas mais profundas se faz mais frequente na margem oriental,onde as āguas fluem de uma cēlula a outra,e as mais rasas na ocidental,onde a circulação resultante se mantem em vortices de sentido horário.

O fornecimento de detritos continentais,pelos rios da margem ocidental,possivelmente é responsável também pelo aumento de detritos que são ali depositados,dando-lhe um aspecto mais suave.

A entrada do canal da barra do Rio Grande atinge profundid<u>a</u> des de 15m. Logo acima, jã no interior da Lagoa (Pta. Rasa),observa-se uma zona de fundo bastante raso onde deve dar-se uma deposição de sedimentos argilosos,em virtude do processo de floculação ocasionado na zona de co<u>n</u> tato entre a água salgada e a doce, perfeitamente visível na imagem obtida em 26 de junho de 1973.

Dependendo da capacidade de penetração das águas marinhas, em razão dos ventos e altura das mares e do conteúdo de água doce da lagoa, p<u>e</u> la variação do equilibrio hidrológico de efeito sazonal, esse fénômeno p<u>o</u> de se extender mais para o interior da bacia.

Como se pode observar pelos esquemas apresentados na inter pretação da circulação (Figs. II.21 e II.23), ha uma tendência de transpor te desses sedimentos, em giro horário, da margem oriental para a ocidental, onde a batimetria é constituída de zonas rasas, propícias a deposição dos mesmos, e onde os fluxos devem sofrer redução em sua velocidade.



26JUN73 C 531-37/W052-02 N 531-36/W051-59 M55 5 SOL EL22 A2040 191 04710 P L2 3 01 INPE LANDSAT-173177-124754-5

Fig. II.20 - Imagem 173177-124754-5 - canal 5, 26 de junho de 1973, recebida pela Estação Brasileira de Gravação e Recep ção de Dados do ERTS em Cuiabã (Mato Grosso), escala 1:1.000.000.



Fig. II.21 - Distribuição e circulação das Águas de superfície na Lagoa dos Patos, proposta por interpretação da imagem E-1338-12475 canal MSS-5, de 26 de junho de 1973.

÷,



26 JUN 73 C 531-37/W052-02 N 531-36/W051-59 HSS 6 SOL EL22 AZ040 191 04710 P L2 2 01 INPE LANDSAT-173177-124754-6

Fig. II.22 - Imagem 173177-124754-6, canal 6, 26 de junho de 1973, recebida pela Estação localizada em Cuiabã (Mato Grosso) - escala 1:1.000.000.



Fig. II.23 - Distribuição e circulação das águas de superfície na Lagoa dos Patos, proposta por interpretação da imagem E-1338-12475 - canal MSS-6, 26 de junho de 1973.

### II.2.5.3 - Conclusões

As conclusões representadas esquematicamente nas figuras II.21 e II.23, em princípio, possuem certa discordância quanto à distribuição das correntes no interior da laguna, a 26 de junho de 1973. É preciso considerar que se trata de duas interpretações distintas e a do MSS-6 é a de superfície. O MSS-5 fornece outros detalhes segundo a transparência das âguas em cada ponto. Para que se pudesse determinar com precisão os níveis de distribuição, segundo as formas ou tendências apresentadas nas imagens, seria necessário a realização simultânea de verdade terrestre, coletando dados de transparência, conteúdo sólido, etc., sendo de extrema necessid<u>a</u> de quando se processam os dados de cada imagem e se queira obter a quantificação espacial de cada um dos contrastes referidos a pontos de informação simultânea à coleta da imagem pelo satélite.

Comparando as figuras II.21 e II.23 com a figura II.13, per cebe-se que o mapeamento da distribuição dessas correntes não pode ser generalizado e sim referido a cada momento com um maximo de informações amb<u>i</u> entais, que permitira, a partir de um grande número de interpretações, el<u>a</u> borar mapas sazonais de tendências gerais ou específicas de condições anômalas.

Pelos contrastes dos níveis de cinza da margem é perfeitamente justo dizer que as zonas de mistura podem se dar à superfície, bem como em profundidade. Permite isto, em virtude da subsidência da água mat

- 62 -

rinha mais densa na entrada da lagoa, ressurgir mais adiante, dado ao movimento de circulação horário das células consideradas. Grande parte dessa bacia é assoreada por depósitos finos de origem argilosa e arenosa, em função desse processo de circulação e precipitação de material sólido em suspensão, que é mantido pelos rios tributários principalmente o Guaíba e o Camaquã. II.3 - PROJETO COSTA SUDESTE DO BRASIL

## Area Teste 826 - Estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo e Adjacências

# II.3.1 - Uso das Imagens do ERTS-1 em Estudos Costeiros nas Águas da Baía de Guanabara e Adjacências

II.3.1.1 - Introdução

A Baía de Guanabara, com uma area aproximada de 400  ${\rm km}^2$  é atualmente um dos lugares mais poluídos da costa do Brasil (Fig.II.24). As fontes de poluição podem ser divididas em quatro categorias principais: industrial, orgânica, descargas de esgotos, e a resultante de atividades portuarias. Os poluentes industriais são lançados principalmente na área W e NW da Baía por indústrias da área urbana. Óleos e produtos de rivados das refinarias de Manguinhos e Duque de Caxias são exemplos notã veis de poluição industrial. Os poluentes orgânicos são derivados do material em suspensão, descargas de rios como as do Guapi e Guaxindiba na ārea NE, Sarapui e Estrela no NW e Miriti na parte W da Baia. Com referência à poluição devido ao lançamento de esgotos, procedem das ilhas de Paquetã e Governador assim como da ãrea do Porto, Pão de Açúcar, Juruju ba e Vidigal sendo o último fora da Baía. Estudos de soluções do problema da disposição de esgotos foram realizados. A figura II.25 mostra ā



Fig. II.24 - Baía de Guanabara (Carta Náutica nº 1501, da Diretoria de Hidr<u>o</u> yrafia e Navegação). Local das amostras.



Fig. II.25 - Fontes de poluição na Baía de Guanabara:

- Orgânica
  Industrial
  Esgoto
  Atividades portuárias

Baía de Guanabara e as fontes de poluição descritas anteriormente.

As classificações das águas costeiras do ponto de vista do satélite ERTS são baseadas na variação da irradiância espectral refletida. O maior parâmetro que afeta esta variação do processo de ener gia refletida está relacionado com as concentrações de partículas em suspensão. Foram realizadas técnicas para classificação de águas coste<u>i</u> ras por Clark et al. (1964). Maiores detalhes na distribuição da matéria em suspensão são revelados pelos canais 4 e 5 do MSS, embora algumas imagens do canal 4 sejam afetadas pelo espalhamento.

### II.3.1.2 - Técnicas usadas na Análise

Imagens de seis passagens do ERTS-1 sobre a Baía de Guanabara foram estudadas para determinar a viabilidade de classificação de massas de água para avaliação de poluição. Foram escolhidas as passa gens de 16 de fevereiro, 27 de julho, 14 de agosto, 19 de setembro de 1973 e 5 e 6 de janeiro de 1974, com cobertura de nuvens entre zero e vinte por cento. Interpretação visual e técnica de "density slicing" das imagens foram realizadas. Parâmetros meteorológicos foram obtidos dos registros das estações meteorológicas do Ministério da Marinha, localizadas na Ilha Fiscal dentro da Baía e Ilha Rasa fora da Baía assim como registros de quatro marégrafos instalados dentro da Baía. Com o objetivo de verificar as características espectrais das irradiâncias refletidas da superfície da água na Baía, foram feitas algumas medidas da distribuição espectral da irradiância entre 380 e 750 nm: a radiação espectral incidente ( $E_0$ ) e a radiação espectral refletida ( $E_r$ ). Essas medidas foram realizadas com um barco hidr<u>o</u> gráfico da Diretoria de Hidrografia e Navegação, usando-se um Espectroradiômetro ISCO modelo SR que foi calibrado contra uma lâmpada padrão. A localização dos pontos de amostragem podem ser vistos na figura II.24.

As imagens foram ampliadas para a escala das cartas nauticas (1:300.000) e os limites foram assinalados sobre transparências. A passagem sobre a Baïa de Guanabara em 16 de fevereiro de 1973 foi usada para realce de contraste com o sistema DATACOLOR Modelo 704, que analisa a escala de cinza de transparências fotográficas e mostra os valores de densidade através de televisão colorida em 8 niveis coloridos.

#### II.3.1.3 - Resultados e Discussão

As descargas dos rios podem ser vistas com nitidez e seus contornos nas imagens dos canais 4 e 5 do MSS. As plumas podem ser melhor mapeadas no canal 5. A poluição orgânica pode ser também mapeada da mesma maneira.

- 68 -



Fig. II.25a - Imagem E-1208-12225, de 16 de fevereiro de 1973, canal 5 - As descargas dos rios na Baía de Guanabara.

Outro aspecto interessante que pode ser visto no canal 4 é a pluma devida à disposição de esgotos no Vidigal bem como as águas de mesmas características dentro da Baía. Um bom contraste foi encontrado em ambas as áreas.

A figura II.26 mostra a curva de reflectância espectral (Er/ Eo) da agua do mar medida na estação B (Veja também a Fig. II.24), obtida de medidas de campo usando Espectroradiometro ISCO modelo SR. A radiação so lar era perpendicular à superfície do mar no momento das medidas (1200 horas). Um máximo de reflectância foi obtido próximo a 500 nm, correspondendo à banda verde-amarelo do espectro eletromagnético e que também corresponde ao canal 4 do MSS do ERTS-1. A mesma curva da figura II.26 também mostra um mínimo próximo a 480 nm, que corresponde a banda azul. O máximo é devido à presença de poluição por esgoto e industrial que tem cor predominante ver de-amarelada produzindo uma reflectancia de 85% em 560 nm. O minimo foi devido à mistura de águas poluídas que produziram uma reflectância de apenas 50% no comprimento de onda de 480 nm. Existem também um máximo secundário proximo do violeta com uma reflectância de 60% indicando diferentes proporções dos poluentes.

Medidas de correntes fora da Baía mostram que as correntes seguem o vento, não sendo notado efeito da mare no Sul e na entrada da Baía. Veja Moreira da Silva (1964). Dentro da Baía o regime de correntes são na maioria devido à ação das mares .



- 70 -

Algumas análises estão sendo feitas atualmente, levando-se em conta os ciclos de marés, a topografia do fundo e ação do vento fora e dentro da baía numa tentativa de interpretar a circulação de superfície. Uma análise preliminar dos deslocamentos das plumas de sedimentos dentro da Baía, fornecidos pelas seis imagens correspondentes as seis passagens do ERTS sobre a Guanabara, da uma ideia do provável modelo de circulação da su perfície conforme mostra a figura II.27. Veja Anderson e outros (1973) e Klemas e outros (1973).

A imagem do canal 5 do MSS de 16 de fevereiro de 1973 ( não reproduzida ), usando a técnica de "density slicing", mostrou que fora da Baía de Guanabara os contrastes das manchas de esgotos são mais nítidas que aquelas do interior da Baía, que foi muito útil para interpretação de imagem.

### II.3.1.4 - Conclusões

A boa qualidade das imagens do satélite ERTS no processo de informação de circulação costeira é claramente evidente. A distribuição dos sedimentos e circulação de superfície são visíveis nos canais 4 e 5 do MSS. As imagens possibilitaram monitorar processos de poluição dentro e fora da Baía. Duas passagens sequenciais (5 e 6 de janeiro de 1974) deram possibil<u>i</u> dade de estudar processos oceânicos em escala média (em menos de 24 horas). Atualmente estão sendo desenvolvidos estudos para verificar a possibilidade de estimar-se o coeficiente de difusão turbulenta.

- 71 -





II.3.2 - Região Nordeste do Estado de São Paulo

II.3.2.1 - Considerações Gerais

.

Esta parte refere-se à análise de quatro imagens multiespec trais da região Nordeste do Estado de São Paulo, do dia 8 de setembro de 1972 às 12:27 horas GMT e recebidas pelo INPE através da NASA.

Da analise preliminar das quatro imagens pudemos identifia car detalhes que discutiremos a seguir:

Comparando a imagem do canal 5 (Fig. II.29) com a carta nau tica nº 1600, elaborada pela DHN (Diretoria de Hidrografia e Navegação)(Fig. II.28), observamos que as praias e seus depósitos sedimentares são visiveis em primeiro plano, assim como alguns caracteres associados à batimetria, sempre que a transparência da água o permita.

A linha da isobata de lOm a nordeste do canal de São Sebas tião, (Fig.II.29) é bem caracterizada em frente ao porto. Nas proximidades da ponta de Arpoar, mais ao norte, esta informação confunde-se com sedimen tos em suspensão provenientes da enseada de Caraguatatuba.

As imagens dos canais 4 e 5, na enseada de Caraguatatuba, <u>a</u> presentam descolorações junto da praia, o que poderia levar a interpretações dúbias com respeito a batimetria do fundo. Acontece, porém, que tais descontinuidades aparecêm também nos canais 6 e 7.





.



Fig. II.29 - Imagem E-1047-12274, canal 5, obtida em 8 de setembro de 1973.

Podemos concluir que as variações de tonalidade da imagem, nesse caso, estão associadas à distribuição dos sedimentos em suspensão porque o canal 7 nos fornece informações até 1,0 cm de profundidade somente.

Convém ressaltar neste exemplo uma das vantagens das imagens multiespectrais, com a informação de um canal complementando o outro.

Pela carta nautica nº 1600 comprova-se a existência de varios rios desaguando na enseada, entre outros, o Juquiariquerê, o maior d<u>e</u> les, fornecendo sedimentos (areias, silt e argilas) que permanecem em su<u>s</u> pensão nas águas costeiras. O débito desses pequenos rios não é suficiente para ocasionar uma anomalia de tal extensão em condições normais. Em 1967, um desequilibrio hidrológico regional provocou o deslizamento de formações superficiais das vertentes da Serra do Mar ocasionando o fornecimento maciço de detritos que foram despejados nesse enseada. Este acontecimento é provavelmente o responsavel pela permanência das elevadas quantidades de argila que aparecem nas imagens analisadas.

Fatos análogos são observados, em proporções menores, em outras enseadas e baías como a de Parati, na Baía da Ilha Grande. Outros detalhes podem ser observados, e, entre eles, a presença de uma "mancha" (assinalada por uma flecha na figura II.29) que aparece a leste da Ilha de São Sebastião nas proximidades da Ilha de Búzios.

O local tem profundidade média de 40 metros o que elimi-

- 76 -

na a possibilidade de deteção de alto fundo ou sedimento. A imagem foi registrada em intensidades diferentes nos quatro canais e poderia ser confundida com nuvem ou õleo na superfície do mar. A possibilidade de ser õleo na superfície deve ser abandonada, pois, este sendo menos denso, estaria sempre à superfície e por isto não seria detetado nos canais 4 e 5.

A hipótese de que fosse uma nuvem deve também ser afastada em face de sua forma geométrica definida, bem como da constatação exp<u>e</u> rimental por ocasião da recomposição cromática através de um equipamento especial para esse fim, o combinador de imagens (VIEWER-I<sup>2</sup>S).

Nesta oportunidade observou-se a imagem na composição em falsa cor, que mostrou uma tonalidade vermelho bastante acentuada, corres pondendo ao verde em sua cor natural. Por outro lado, pesquisas recentes levadas a efeito pelo Instituto Oceanográfica da Universidade de São Paulo, em convênio com o INPE, demonstraram que a região focalizada é uma das principais áreas de desova da sardinha na costa sul do Brasil. A desova desta espécie ocorre no período de setembro a abril e onde a temperatura da água esteja entre  $18^{0}24^{0}$ C e a salinidade entre 35,1% - 35,9%.

A procriação se realiza na zona entre a superfície e a ter moclina e a dimensão de um cardume de sardinhas no período da pre-desova e compativel com a de um cardume adulto (aproximadamente 3.5 km).

Contudo, não se pode afirmar decisivamente que se trata de um cardume, apesar de tudo indicar que isso seja possível. Para tanto, have ria a necessidade de análises em imagens repetitivas, para se observar o deslocamento ou não dessa mancha, correlacionando-a com dados de verdade terrestre coletados simultaneamente a passagem do satélite sobre essa área, assim como as características espectrais de um cardume.

A hipótese de que pudesse ser "red tide" também merece ser levada em consideração (a época era propícia para a ocorrência desse fenôme no) desde que, repetimos, se façam coletas de verdade terrestre.

As descolorações que aparecem sobre o oceano, a nordeste da Ilha de São Sebastião, estão associadas a fenômenos de origem atmosférica (nevoeiro se dissipando).

Tal ocorrencia pode falsear possíveis correlações com a produtividade das águas e sua cor, especialmente numa primeira interpretação visual. Entretanto, a continuação dos estudos das imagens e comparação com a "verdade de solo", que for sendo obtida nas áreas de teste, as interpret<u>a</u> ções tornar-se-ão cada vez mais confiáveis.

- 78 -

### 11.3.2.2 - Conclusões

Através das análises das imagens correspondentes à região nordeste do Estado de São Paulo, conclui-se que em águas costeiras claras, é possível um levantamento batimétrico com o auxílio das imagens do satéli te ERTS. Isto possibilita condições técnicas para planejamento e controle de levantamentos minuciosos em áreas costeiras.

A distribuição de sedimentos a partir da interpretação das imagens do ERTS, possibilita o estudo da evolução costeira, mostrando as zonas de sedimentação, zonas de erosão, correntes costeiras, transporte e deposição, e ainda permite a inferência de circulação sub-superficial com aplicações em poluição e saneamento.

A Cartografia voltada para os problemas hidrográficos, ressal ta na imagem do canal 7, geodésico. Com isto, pode ser elaborada uma cartografia detalhada para regiões costeiras, muitas vezes inacessíveis, o que nos parece ideal para a produção de cartas ao nível de escala média ..... (1:250.000). Esta nova técnica supera grandemente os métodos convencionais quando consideramos o tempo de execução e tratamento das informações sobre os resultados obtidos. A simples comparação preliminar entre as cartas exis tentes e as imagens em uma mesma escala, nos fornece os elementos suficien tes para essa conclusão. A cobertura repetitiva que o satélite efetua, atua liza as informações e auxilia no controle de regiões onde há necessidade de levantamentos hidrográficos constantes e de alto custo, em face de uma evolução morfológica do litoral a curto prazo.

A costa do Estado do Rio de Janeiro até a costa do Estado de Santa Catarina, é a principal zona de pesca da sardinha da costa brasileira, concorrendo com 61 mil toneladas anuais, representando quase a totalidade da produção dessa espécie no país. As imagens do satélite ERTS nos mostraram que talvez seja possível a localização de cardumes, desde que associada à cobertura repetitiva, para assim, nos informar de sua migração s<u>e</u> gundo os fatores biológicos condicionantes e as variações ambientais.
II.4 - PROJETO BARRA DO RIO AMAZONAS

Area Teste 828 - Delta do Rio Amazonas e área costeira.

II.4.1 - Introdução

O interesse pelo conhecimento da distribuição de massas de água atlântico-equatoriais tem levado diversos países a subvencionar expedições científicas com a finalidade específica de enriquecer o conhecimento oceanográfico para fins econômicos. Dessa maneira, diversos navios oceanográficos nacionais e estrangeiros executaram prospecção junto à costa norte a partir de 1925. Em 1963 as atividades oceanográficas foram intensificadas através do ICITA onde diversos países trabalharam em colaboração para completar o projeto EQUALANT.

Alguns dados e interpretações resultantes dos trabalhos jã publicados, abordam uma série de problemas e sugerem a existência de correntes costeiras que contrastam com a corrente das Guianas, onde cara<u>c</u> terísticas físicas e biológicas condicionam diferentemente essas águas.

Os Rios Amazonas e Parã, fornecedores de grandes quantid<u>a</u> des de material em suspensão, contribuem para o aumento da produtividade das águas costeiras, apresentando um declínio à medida que nos afastamos da costa em direção NE, onde predominam águas oceânicas equatoriais. Observa-se sobretudo nas aguas de salinidade mais baixa e compreendidas numa profundidade de O a 10 m desde a superficie, que a presença de aguas continentais ocasiona uma distribuição mais densa do fitoplancton (Teixeira e Tundisi, 1967).

Os trabalhos oceanográficos realizados pelo navio oceanográfico "Tôko Maru" na costa brasileira em 1958, classificam três áreas pesqueiras de grande amplitude: a costa sul, a costa nordeste e a costa nor te, que constituem as grandes regiões de importância econômica para a pes ca nacional.

As águas do Rio Amazonas afetam uma grande parte da costa norte, particularmente as águas de superfície sobre a plataforma contine<u>n</u> tal. Partindo-se do princípio de que a isoalina de 35% na **superfície** é o limite correspondente ao alinhamento aproximado da borda da plataforma, supõe-se que o limite Sul esteja a 1<sup>0</sup>S.

A distribuição planctônica acompanha a distribuição das águas costeiras em uma faixa paralela à costa até 100 milhas de largura, não sendo conhecido o seu limite norte. As águas costeiras de baixa transparência são abundantes em plancton na superfície; à medida que se dirige para NE a transparência aumenta e a produtividade baixa, em presença de águas oceânicas equatoriais.

As correntes cuja predominância é em direção Noroeste con tribuem na formação de um fundo argiloso de cor laranja de quase 200 mi-

- 82 -

Ihas de extensão e aproximadamente 100 milhas de largura, onde a morfologia da plataforma inclina-se de SE para NW. Esse material de acumulação é altamente carregado de matéria orgânica, passando de amarelo a preto por processo de redução e liberando H<sub>2</sub>S quando coletado. Todo este material em suspensão é proveniente da bacia do Parã e Amazonas.

Em trabalho recente publicado pelo Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo estabeleceu-se que a mudança de direção da costa Norte para NW muda o eixo do deslocamento da corrente das Guianas, comprimindo as aguas fluviais provenientes dos rios que ai desaguam. O relacionamento dessas fotos cria condições favoráveis à pesca sobre a pla taforma defronte à foz do Amazonas.

Em contraste à baixa fertilidade da corrente das Guianas, as águas costeiras diretamente caracterizados pelos rios apresentam uma super saturação de oxigênio dissolvido na superfície até 10m. Os nutrientes absorvidos pelo material em suspensão naquelas águas são parcialmente liberados quando a água fluvial se mistura à oceânica. Também a baixa penetração da luz nas águas costeiras limita a produção de oxigênio a alguns metros da superfície.(Magliocca, 1972).

# II.4.2 - Interpretação

Após uma seleção do material repetitivo existente sobre a Região da Foz Amazônica foi elaborado um mosaico não controlado com ima-

- 83 -

gens do ERTS-1 no canal MSS-4, na escala de 1:1.000.000 e posteriormente reduzido para publicação (Figuras II.30 e II.31).

Este material é bastante representativo em face do que foi exposto no início pela presença das identidades ali comentadas.

As descolorações observadas desde a bacia do Rio Amazonas e posteriormente distribuídas sobre a plataforma são fatos contundentes na comparação que se faz com as imagens (Fig. II.32). Evidentemente a constituição diferente das águas em convergência está bem definida pelos recursos produzidos num sõ canal MSS, ou seja, o verde-laranja. ţ,

As pesquisas oceanográficas anteriores mostram que as ima gens do ERTS-l sobre a região considerada, posteriormente comparadas, repetitivamente fornecerão um importante material de controle para futuros trabalhos.

A observação feita dessa forma congregara os elementos necessários ao perfeito conhecimento da dinâmica das águas regionais.

Os processos envolvidos nesse ecosistema envolvem problemas sazonais que caracterizam o comportamento da extensa bacia face ao regime pluviométrico (Fig. II.33).

O debito anual varia de acordo com o comportamento desse

- 84 -



Fig. II.30 - Redução fotográfica do mosaico da Foz do Amazonas feito com imagens do canal 4.







Fig. II.32 - Interpretação do mosaico incluso na Fig.II.30.

,

•





Fig. II.33 - Distribuição percentual das águas fluviais na superfície e isobalinas de superfície em abril segundo Magliocca.

fato na ordem espacial, onde os extensos nos tributários do rio Amazonas atravessam áreas de distribuição pluviométrica anual diferente.

As correntes, ventos e marés são os responsáveis pelo pr<u>o</u> cesso de mistura e transporte das águas e material em suspensão. Os núcleos isolados de águas fluviais no domínio oceânico possivelmente esão l<u>i</u> gados ao fluxo e refluxo das marés cuja participação é bastante intensa (B).

A tendência de compressão das águas costeiras sobre a pl<u>a</u> taforma,e sua distribuição para NW pela corrente das Guianas (C), tem características sazonais e deve estar vinculado também as marés, bem como a contribuição do débito do Rio Para podera ser determinada (D).

Todos os elementos que integram esse complexo poderão ser acompanhados e talvez quantificados nas devidas proporções de sua partici pação, contribuindo para o conhecimento de um fenômeno responsável pela produtividade pesqueira de uma das mais importantes áreas do país.

II.4.3 - Conclusões

Apesar da anālise ter sido realizada sobre um unico canal multiespectral, chegou-se a algumas conclusões bastante importantes para a justificação de futuros estudos hidrográfico-oceanográficos do complexo formado pelo Rio Amazonas e Rio Pará, em contato com águas oceânicas tropicais sobre a plataforma continental:

- b. A geodinâmica dos processos que caracterizam a Barra
  Norte do Rio Amazonas pode ser acompanhada em sua evolução pela formação de depósitos e remanejamento dos mesmos;
- c. A sazonalidade que implica no débito dos rios e a distribuição espacial de suas águas sobre a plataforma l<u>e</u>
   vando-se em conta as correntes e marés, pode ser acompanhada em trabalho periódico de caráter repetitivo;
- d. O interesse da delimitação da distribuição das aguas costeiras oferecerá elementos importantes no aspecto <u>e</u> conômico de atividades pesqueiras do litoral norte;
- e. Os trabalhos de campo e futuros cruzeiros oceanográficos poderão em simultaneidade com as imagens do ERTS oferecer critérios de qualificação espectrofotométrica para o desenvolvimento de trabalho de interpretação au tomática desde o conhecimento básico dos componentes físicos e químicos do material em suspensão bem como a penetração das radiações eletromagnéticas na água e sua interação com o material em suspensão.

### 11.5 - PROJETO ABROLHOS

Area Teste 808 - Parcel de Abrolhos

# 11.5.1 - Descrição da Área Teste

A ārea de Abrolhos está localizada na costa sul do Estado da Bahia. A latitude média local é de 18<sup>0</sup>S. É uma região perigosa à naveg<u>a</u> ção, com grande quantidade de bancos e uma topografia de fundo bastante irregular. Tais características tornaram não só a navegação como os leva<u>n</u> tamentos hidrográficos uma tarefa de difícil execução.

As aguas na area são muito claras e alguns võos fotogram<u>e</u> tricos e de sensoriamento remoto jã mostraram que é possivel visualizar-se nela, o fundo do mar.

Duas estações distintas caracterizam o clima local: uma chuvosa e uma seca. A pluviosidade máxima ocorre no meio do ano, com uma cobertura de nuvens de 80%.

### II.5.2 - Justificativa de Escolha da Área

As principais justificativas da escolha da area de teste são: a topografia de fundo e a transparência das aguas. Sabe-se que a região e rica em peixes finos, portanto, acredita-se ser possível o estudo de pesca na mesma.

## II.5.3 - Sumārio do Projeto

O projeto consiste principalmente na analise de imagens da area de teste obtidas pelo satelite ERTS quanto as suas características hidrográficas e posterior comparação com a realidade, através de vôos da aeronave, e apoio de navios hidrográficos.

Esses dados serão correlacionados entre si para que se pos sa estabelecer uma metodologia utilizável na confecção das cartas náuticas e na definição de zonas perigosas à navegação.

# II.5.4 - Objetivos do Projeto

Em termos da utilização das imagens do satélite ERTS tem se como objetivo a realização de estudos sistemáticos das características hidrográficas da área.

Infelizmente todas as imagens dessa area, recebidas ate agora, possuem cobertura de nuvem acima da ideal para uma boa interpretação. Dessa forma, não poderemos registrar aqui nenhum resultado concernente aos objetivos do Projeto Abrolhos. Contudo, no îtem que se segue analisaremos uma região pe<u>r</u> to de Abrolhos, correspondente a Ponta da Baleia (apesar de incompleta por falta de imagens a leste), numa latitude aproximada de 16<sup>0</sup>S, no litoral Sul do Estado da Bahia.

II.5.5 - Litoral Sul do Estado da Bahia

II.5.5.1 - Introdução

A plataforma continental junto ao litoral sul do Estado da Bahia tem características morfológicas extremamente diferentes quando se considera o restante do litoral brasileiro. E nesta região que se encontram inúmeros recifes estabelecidos sobre um alargamento da plataforma continental, atingindo a longitude de 37<sup>0</sup>00'W numa extensão de aproximadamente 150m a partir da costa. Profundidades médias de 100m marcam a borda da plataforma dando origem a um talude que cai bruscamente para o centro da bacia do Oceano Atlântico.

Estas características representadas no relevo submarino repercutem na distribuição das correntes costeiras, chegando a influenciar correntes oceânicas como a corrente do Brasil em seu deslocamento para o Sul. O Parcel de Abrolhos, Parcel das Paredes e outros recifes formados por corais, ão verdadeiras barreiras naturais, influindo diretamente na distri buição dinâmica das águas que cruzam esta porção avançada da plataforma continental brasileira. As expedições oceanográficas realizadas no Atlântico Sul não deram atenção ao fato. Somente em 1925 o navio oceanográfico "Meteor" fez algumas observações sobre o fato, pois o seu grande objetivo era o de estudar as correntes mais profundas no sentido de obter uma ideia da circulação geral das massas de água do Oceano Atlântico.

Em trabalho publicado pelo Instituto Oceanográfico da Un<u>i</u> versidade de São Paulo, por Emilson,1961, alguns dados novos são apresent<u>a</u> dos por levantamentos realizados em fevereiro, março, junho e novembro de 1965. O autor discute a possibilidade do desvio da corrente do Brasil em sua passagem através dos bancos de Abrolhos nas proximidades da latitude de 18<sup>o</sup>S. Este obstáculo desvia um braço da corrente para o leste, provoca<u>n</u> do um distúrbio na estratificação vertical e possibilitando o aparecimento de águas profundas em superfície. A presença dessas águas, ricas em eleme<u>n</u> tos nutritivos, sem dúvida é responsável pelo desenvolvimento da vida mar<u>i</u> nha encontrada na região.

Para o Sul desta área, os dados coletados durante o Ano Geofísico Internacional pela Marinha Brasileira, indicam que há ocorrência de "eddies" em consequência das irregularidades topográficas do fundo sobre a plataforma.

Mais ao sul (latitude 22<sup>0</sup>S), a corrente do Brasil perman<u>e</u> ce mais regular, sendo que a distribuição das temperaturas e salinidade i<u>n</u> dicam que o braço principal segue o eixo da plataforma continental.

- 94 -

O bordo interior da corrente é visível pela diferença de cor das águas, esta de cor verde (pouco transparente) e aquela de cor azul (transparente) proveniente do norte.

### II.5.5.2 - Interpretação

As imagens que serão interpretadas a seguir representam estreita faixa de mar sobre o litoral sul do Estado da Bahia, sendo que desta forma o Parcel de Abrolhos não se faz presente na cobertura das imagens F-1224-12095 (Fig. II.34). Apesar de incompleta por falta de imagens a leste, foram elaborados quatro "overlays" e uma fotomontagem dos canais 4,5,6 e 7 (MSS) que permite uma comparação mais completa das ocorrências oceanográficas e hidrográficas junto ã Ponta da Baleia (Fig. II.35 e II.36).

A imagem MSS-7 define bem os contornos da costa e parte das bacias hidrográficas, evidencia algumas estruturas holocênicas de baixadas sedimentares costeiras, e delimita algumas zonas de subsolo úmido ou de lençol freático subsuperficial.

O fato de não se obter a definição necessária nos contor nos dos recifes de coral junto à costa está vinculado à saturação do material pela água do mar permanentemente. O canal MSS-6 define melhor esse tipo de material prestando-se mais para fins hidrográficos onde haja esse tipo de problema (Fig. II.37).

- 95 -



Fig. II.34 - Detalhe cartográfico da folha SE-24, Rio Doce (36) da Carta Internacional do Mundo ao Milionésimo (IBGE-1972) sobre o litoral do Estado da Bahia.

.

i



. .,

Fig. II.35 - Detalhe parcial das imagens E-1224-12095 nos canais 4, 5, 6 e 7.



O MSS-5 fornece claramente os contrastes necessários ao mapeamento fitogeográfico costeiro, acrescentando elementos importantes na interpretação de tendências estruturais de depositos de baixadas litorâneas. Neste canal a distribuição costeira do material em suspensão, trazido pelos rios junto à sua foz, e bastante perceptível e os diferentes contrastes indicam algumas tendências dinâmicas. Isto ocorre com menor intensidade no MSS-6 onde a seletividade ao vermelho possivelmente indique a distribuição de suspensão argilosa.

O MSS-4 é o canal que oferece a seleção da imagem do verde ao laranja. Encontramos portanto a saturação do verde e o detalhe do l<u>a</u> ranja. Portanto o material em suspensão nas águas costeiras tendo suas or<u>i</u> gens, a orgânica (verde) e a mineral (laranja) aparece bem representado nessa imagem. O maior número de detalhes de distribuição de elementos em suspensão e cor de água aparece no canal MSS-4 onde poder-se-á tentar detetar um possível contraste entre as águas vindas do norte, trazidas pela Corrente do Brasil e as águas costeiras de cores bem diferenciadas. Para essa alternativa será necessário receber imagens que cubram uma faixa mais oceânica e que a cobertura de nuvens seja quase nula.

Algumas tendências das correntes vindas do norte estão indicadas nos "overlays" dos canais MSS-4 e MSS-5 onde as águas costeiras são arrastadas para o sul. As barreiras constituídas pelos recifes sobre a plataforma continental são bem visíveis quando se observa a distribuição do material em suspensão próximo ao Parcel das Paredes (Note-se que o Par-

- 99 -

### cel das Paredes).

# II.5.5.3 - Conclusões

- a. Do ponto de vista hidrográfico a imagem MSS-6 é a mais apropriada para o mapeamento de recifes de coral.
- b. O detalhamento de estruturas sedimentares e outras tor na-se bem definido se estudado através dos canais MSS-7 e MSS-5.
- c. A distribuição de material nas águas costeiras é detetado nos canais MSS-5 e MSS-4 dependendo do material em suspensão que resulta na maior ou menor transparência das águas. A qualidade e quantidade desse material em suspensão em função de sua cor, é a penetração da luz na água do mar, resulta diferentes contrastes, cobrindo o espectro visível nás faixas do verde ao laranja e do laranja ao vermelho respectivamente.
- d. Para definir melhor os problemas hidrográficos e oceanográficos da região de Abrolhos, torna-se necessário compor um pequeno mosaico contando com imagem de coberturas oceânicas até 37<sup>0</sup>W aproximadamente.



Fig. II.37 - Fotointerpretação preliminar elaborada sobre as imagens componentes da montagem da Fig. II.35.

# II.6 - REGIÃO MEIO NORTE DO BRASIL - AREA DO LITORAL NORDESTE (BARRA DO RIO PARNAIBA)

11.6.1 - Introdução

As imagens do ERTS-l que serão analisadas cobrem uma extensa faixa litorânea de aproximadamente 100 milhas náuticas sobre os Est<u>a</u> dos do Maranhão, Piauí e Cearã, envolvidos na região Meio Norte do Brasil (Fig. II.38).

O interior da região tem uma vegetação do domínio dos cer rados, estabelecida sobre terrenos sedimentares terciários. No litoral, as formações quaternárias de origem sedimentar servem de suporte para uma vegetação variada, específica de cada um dos sub-ambientes costeiros. Assim é que se pode classificar de uma maneira geral diversos tipos de vegetação costeira como: o mangue, vegetação de dunas, vegetação de restinga e vegetação de praia, cada qual associada a um substrato caracterizado pelo processo costeiro dominante.

O Rio Parnaíba é o de maior contribuição de regime perene, atravessando uma planície sedimentar terciária até o mar onde entra em co<u>n</u> tato com sedimentos mais recentes de origem quaternária.

Outros rios que drenam a região, tem uma característica mais intermitente quanto ao seu debito, estando sujeitos ao regime sazonal e a porosidade das formações sedimentares.

.



Fig. II.38 - Imagem ERTS-1048-12273-canal 4 - Area da região litorânea a Nordeste - Barra do Rio Parnaíba.

A interpretação das imagens E-1048-12273 MSS 4,5,6,7 será limitada à zona costeira principalmente junto à foz do Rio Parnaíba onde os processos costeiros e a distribuição das correntes costeiras e oceânicas serão estudadas.

### - Oceanografia/Hidrografia

O canal MSS-6 indica que o complexo estuarino do Parnaíba tem um comportamento dinâmico relativo ao fluxo e refluxo das marés. As descolorações que notamos no interior do estuário são relativas a distribuição do material em suspensão das águas interiores, mantendo a orientação da morfologia do estuário que tem em média suas aberturas voltadas para NW.

Os canais MSS-5 e MSS-4 mostram diferentes niveis de distribuição de sedimentos em profundidade. A identificação das fontes de di<u>s</u> tribuição (refs. 4 e 5 da transparência da figura II.39) indicam o sentido ou tendências de propagação preferencial das águas costeiras cujo deslocamento é fortemente influenciado por águas oceânicas da corrente das Guianas. De uma maneira geral o deslocamento das águas tende para NW. O MSS-4 delimita a propagação das águas costeiras carregadas de sedimento a  $\pm$ 30 km desde a costa, e o MSS-5 a  $\pm$ 18 km segundo a penetração ou capacidade de detecção de cada sensor.

10042-30 1095EP72 C 502-55/4041-48 N 502-57/4041-42 MSS 5 R SUN EL54 RZ076 188-0666-R-1-N-D-2L NRSA ERTS E-1048-12273-5 02

Fig. II.39 - Imagem E-1048-12273 - Interpretação preliminar sobre o canal 5.

C

W041-301

W841-001

- 105 -

14842 88

Ę

ΓŢ

f™ } | \

> ר"ץ י

> > ſ

S882-68

No se comparar a imagem MSS-7 com algumas cartas existen tes na mesma escala (1:1.000.000), nota-se que o estuário não coincide na relação imagem-representação cartográfica. É evidente que a imagem não dá margem a dúvidas nem tampouco a cartográfia tem total descrédito, visto que as datas dos dois levantamentos não são coincidentes. O que houve realmente foi uma evolução das formas costeiras relativas ao processo geodinâmico ou processo costeiro. Surge aqui a possibilidade do estudo da morfologia d<u>e</u> se estuário, a partir de outros levantamentos aerofotogramétricos ou futuras imagens ERTS, no sentido de interpretar as razões e as tendências da evolução desse tipo de área costeira.

O canal MSS-7 permite destacar nitidamente as lagoas,rios perenes e linha costeira, definindo seus contornos precisamente. Alguns rios são identificados com menor precisão devido seu caráter de intermitên cia, oriundo de terrenos sedimentares bastante porosos e períodos climáticos mais secos, permanecendo em seu leito uma cadeia de pequenas lagoas.

# - Processos Costeiros

Junto ao mar dominam terrenos quaternários de sedimento marinho e Flúvio-marinho onde a constante influência das correntes oceânicas, débito dos rios e regime dos ventos, modifica a morfologia dessas for mações costeiras.

As areias depositadas nas praias são remanejadas pelo ven

- 106 - .

to cuja predominância e de NE, dando origem a campos de dunas que se desl<u>o</u> cam para o interior mesmo sobre os manguesais. Na margem leste do Rio Parnaíba, a penetração das dunas pode ser quantificada em 14 km da praia para o interior no sentido NE-SW. Este remanejamento eólico prossegue e cobre não so outras formações sedimentares como também os próprios manguesais em alguns trechos.

Os campos de dunas (indicados na transparência da figura II.39 por interpretação da imagem MSS-5), estabelecem plenamente a interpretação de um sentido preferencial de propagação desde NE segundo a predo minância dos ventos sobre a costa.

A imagem MSS=5 demonstra bem o problema estuarino vizinho à foz do Rio Parnaíba. O solo de material fino arenoso em presença de altas marés da lugar a implantação de uma vegetação específica de manguesais (zonas de densidades mais intensa na imagem) com três espécies princ<u>i</u> pais cobrindo uma área de 150 km<sup>2</sup> de floresta.

II.6.3 - Conclusões

í

- a. Através das imagens do MSS-4 e MSS-5 é possível se observar a distribuição de sedimentos costeiros e as ten dências de propagação de correntes costeiras.
- b. As imagens do ERTS permitem acompanhar os processos cos teiros e sua evolução geodinâmica.

- c. Os complexos estuarinos da costa NE dos quais o Parnaj ba é o mais importante, constituem áreas de produtividade primária bastante desenvolvida, sendo áreas de condições ambientais propícias a espécies de interesse econômico.
- d. Estudo ecológico executado dentro de um programa de pesquisa regional poderá estabelecer diretrizes para o possível aproveitamento e conservação de recursos natu rais principalmente no que se refere a pesca de camarões e crustáceos em geral.

II.7 - BIBLIOGRAFIA

- ANDERSON, D.M., GATTO, L.W., MCKIM, H.L. e PETRONE, A Paper M9, Symposium on Significant Results obtained from ERTS-1, Vol. 1, section B (1973).
- BIGARELLA, J.J. Eolian Environment, Their Characteristics Recognition, and Importance. A Reprint from Recognition of Ancient Sedimentary Environments, J. Keith Rigby and W. M. Kenneth Hamblin, editors. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Special Publication, nº 16, 1972, pgs. 12-62.
- CLARK, D. K., et al. Present at Ninth International Symposium on Remote Sensing of Environment, Environmental Research Institute of Michigan (1974).

CUNHA, A. and AZEVEDO NETTO, J.N., Project Published (1956).

- DELANEY, P.J.V. Fisiografia e Geologia de Superfície de Planície Costeira do Rio Grande do Sul - Publicação Especial (da) Escola de Geologia (da) UFRGS, Porto Alegre, 61-1-105 (1965).
- DIRETORIA DE HIDROGRAFIA E NAVEGAÇÃO DO MINISTERIO DA MARINHA Medições de Correntes de 15 a 16 de fevereiro de 1974.
- EMILSON, INGVAR The Shelf and Coastal Waters off Southern Brazil, Separata do Boletim do Instituto Oceanográfico - Tomo XI, Fase 2, pgs. 101-112, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1961.

- EMILSON, I. Contribuições Avulsas do Instituto Oceanográfico da Univer sidade de São Paulo, Oceanóg. Fis. nº 6, (1964).
- MAGLIOCCA, ARGEO Relatório sobre a variação temporal e espacial do oxigênio dissolvido na Costa do Estado do Rio Grande do Sul, Contribuições do Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, nº 15, São Paulo, Brasil (1971).
- MIRANDA, LUIZ BRUNER Relatório sobre as condições oceanográficas na Plataforma Continental do Rio Grande do Sul, Contribuições do Instituto <u>O</u> ceanográfico da Universidade de São Paulo, nº 14, São Paulo, Brasil, (1971).
- MIRANDA, LUIZ BRUNER Propriedades e variáveis físicas das águas da Plataforma continental do Rio Grande do Sul, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil (1972).
- MOREIRA DA SILVA, P.C. IX Interamerican Congress on Sanitary Engineering, July, Bogota, Colombia (1964).
- POLCYN, F.C. and ROLLIN, R.A., Remote Sensing Techniques for the Location and Measurement of Shallow Water Features, Report nº 8973-10-P, Willow Run Laboratories. The University of Michigan, Ann Arbor.
- TEIXEIRA C. and TUNDISI, J. Primary Production and Phytoplankton in Equatorial Waters, Reprinted from Bulletin of Marine Science, Vol. 17, nº, 4, pp. 884-891, December 1967.

TSENG, Y.C. - Study of the Surface Boundary of the Brazil and Falkland Currents, São José dos Campos, INPE; 1974.

ZENKIVICH, V.P. - Processes of Coastal Development, J.A. Stress Editor, Oliver & Boyd, Edinburgh and London, 738 pgs. 1967.

# CAPÍTULO III

# RECURSOS MINERAIS

Investigador Principal:

Amaral, Gilberto - INPE/Universidade de São Paulo GSFC ID-F0388 MMC 326-02

ŧ.

### CAPITULO III

#### **RECURSOS MINERAIS**

III.1 - INTRODUÇÃO

As principais atividades do Grupo de Geologia e Recursos Minerais de outubro de 1972 até novembro de 1974 são descritas neste capitulo.

A proposta para participação no programa ERTS foi submet<u>i</u> da ā NASA, em abril de 1971, apresentando uma ārea de aproximadamente 1,5 milhões de km<sup>2</sup>, localizada no centroeste brasileiro (Fig. III.1). Outras āreas no Brasil também foram estudadas como é mostrado nas Adenda ā prime<u>i</u> ra Proposta. No entanto, a prioridade para estudos geológicos permaneceu com a ārea acima mencionada.

O trabalho inicial, numa pequena ārea da Bacia do Rio São Francisco, foi executado pelos Senhores C.C. Liu, C.Ć. Carraro e S.K. Yama gata e o relatório mais atualizado, na época da preparação deste documento, é mostrado aqui como Apêndice III.1. Este trabalho foi expandido para cobrir uma ārea de 800.000 km² e foi intitulado "Interpretação Geológica da Ārea do Alto e Médio Rio São Francisco baseando-se em Imagens ERTS". No momento, está sendo completado (Julho de 1975) e ainda não foi publicado. - 114 -



Fig. III.l - Primeira area prioritária para apuicações geológicas dos dados do ERTS-1.

As imagens ERTS-1 forneceram dados básicos para o Investigador Principal desenvolver um esquema do desenvolvimento do Précambriano da Região Amazônica no Brasil. Como dados adicionais foram utilizados neste estudo imagens RVL (Radar de Visada Lateral), análises geocronológicas e trabalho de campo.

Atualmente, o grupo de geólogos do INPE é coordenado pelo Dr. Aderbal Caetano Corrêa, o qual desenvolve atividades para a realização do mapeamento estrutural do Brasil na escala de 1:1.000.000, usando dados de sensoriamento remoto. Professores da Universidade de São Paulo, incluin do o autor deste relatório, estão cooperando neste trabalho, tanto no lab<u>o</u> ratório como no campo.

### III.2 - Materiais e Metodos

A maior parte da interpretação foi feita usando-se imagens preto e branco "bulk", em papel, na escala de 1:1.000.000. As compos<u>i</u> ções coloridas, obtidas num visor de adição de cores ou em cópias diazo,f<u>o</u> ram usadas em alguns casos. Mosaicos na escala de 1:1.000.000 foram usados para permitir ao fotointérprete ter uma visão sinótica de grandes ãreas. Um foto-índice na escala de 1:3.690.000 foi usado como referência p<u>a</u> ra as imagens disponíveis no Brasil. Foram usadas ampliações nas escalas de 1:500.000, 1:250.000 e 1:100.000 para efeito de comparação com dados jã existentes. Com exceção de problemas especiais, tais como o da identific<u>a</u> ção de sedimentos em suspensão em corpos d'água o da produção de composições coloridas, somente os canais MSS 5 e 7 foram usados. Estes canais pr<u>o</u> varam ser os mais adequados para interpretação geológica, ambos oferecendo tanto dados litológicos como estruturais. Uma lista das imagens do ERTS-1, que foram analisadas no INPE para os relatórios incluídos neste volume dada no Anexo III.1.

A interpretação de uma dada área, baseada nas imagens do ERTS-1, foi seguida de uma verificação cuidadosa em vista de trabalhos publicados a ela relativos. Geralmente foram observadas diferenças importan tes entre os mapas jã existentes e a interpretação geológica obtida na imagem ERTS-1. As diferenças principais são relativas ao arcabouço estrut<u>u</u> ral destas áreas. Em algumas ocasiões, especialmente dentro das bacias sedimentares onde ocorre uma monótona associação de rochas, foram delineados limites litológicos nas imagens ERTS-1 de maneira mais precisa do que usan do fotointerpretação convencional.

Devido a uma série de obstáculos os trabalhos de campo f<u>o</u> ram severamente restringidos. O Investigador Principal desenvolveu dois meses de trabalhos de campo na Serra dos Carajás e Vale do Rio Tocantins e ao norte do Território de Roraima. O Sr. Sergio K. Yamagata conduziu duas semanas de trabalhos de campo na região do Rio Verde, dentro da área do Rio São Francisco. O problema do controle de campo para outras áreas teste foi facilmente resolvido por contatos pessoais com geólogos que jã trabalharam nestas áreas.
Fotografias aēreas Ektachrome, Aerochrome, infravermelhas e pancromāticas estão disponíveis somente para pequenas āreas nas regiões do São Francisco e Amazonas, mas não foram usadas devido ās dificuldades em correlacioná-las com imagens ERTS.

As anālises em computador das fitas compatíveis com comput<u>a</u> dor do ERTS estão num estágio embrionário. As principais razões para isto são as dificuldades iniciais em ler as fitas, o longo tempo exigido para o desenvolvimento e implementação de programas e a capacidade do nosso sist<u>e</u> ma de computação. Muitos dos nossos esforços atuais são dirigidos para o d<u>e</u> senvolvimento de um sistema automático de interpretação de dados do ERTS. O INPE adquiriu um sistema Image-100 da G.E. o qual estará operacional em meados de 1975.

Resumindo, até agora somente a interpretação visual auxiliada pelas análises de literatura e dados de campo, foi usada para os exa mes das imagens do ERTS. Durante o desenvolvimento do programa foi verificado que a análise de drenagem, realizada da mesma maneira que a fotogeologia convencional, é talvez o método mais importante para a extração visual de informações geológicas tiradas das imagens ERTS. Por causa disto, um completo padrão de drenagem foi delineado na maioria das imagens para a obtenção de informações litológicas e estruturais. O segundo aspecto importante foi a análise geomorfológica das imagens, objetivando também a ex tração de dados estruturais e litológicos. Finalmente, a análise tonal foi usada principalmente para a delimitação de diferentes unidades geológicas. Em muitos casos não foi possível decidir sobre a natureza das feições lineares observadas nas imagens (falhas, fraturas, xistosidades, acamamento, eixos de dobras, etc.). Em tais casos os mapas resultantes indicam somente a posição do lineamento. A identificação dos corpos i<u>n</u> trusivos e contatos entre bacias sedimentares e seus embasamentos é gera<u>l</u> mente uma tarefa difícil.

Sob condições favoráveis, as unidades portadoras de minério podem ser visíveis nas imagens ERTS. Os principais exemplos são:

- a Urânio-fosfato-nióbio-alumínio nas intrusões alcalinas
  nos Estados de Minas Gerais e Goiás;
- b Niquel-cromo-cobalto-amianto nas intrusões ultrabasicas no Estado de Goias;
- c Zinco-chumbo-prata-cobre nos calcários nos Estados de
  Minas Gerais e Goiás;
- d Ferro e manganês em rochas metamórficas nos Estados do Para e Minas Gerais;
- e Estanho-tungstênio nos granitos no Estado do Parã;
- f Molibdênio-cobre nos granitos sub-vulcânicos no Território de Roraima.

Como não foram usadas imagens "precision" corrigidas, foi realmente difícil ajustar os resultados da interpretação com as quadríc<u>u</u> las da Carta Internacional do Mundo ao Milionésimo a qual usa a projeção cônica conforme Lambert. Este proplema foi parcialmente resolvido transf<u>e</u> rido-se os dados para cada quadrícula de 30' x 30' num mapa-base. Para algumas regiões isto foi quase que impossível devido à baixa confiabilidade das cartas básicas na escala de 1:1.000.000 e as diferenças entre o sistema de anotação de coordenadas das imagens ERTS relacionadas a elas. Devido ao tamanho da região (por volta de 5 milhões de km<sup>2</sup>) os dados para a região Amazônica foram transferidos para um mapa base na escala de ...... 1:5.000.000, o qual não apresentou nenhum problema.

#### III.3 - DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Muitos dos comentários e conclusões do grupo de recursos minerais, estrutura geológica e geomorfologia do II Simpósio sobre o ERTS-1 (março de 1973) podem ser aplicados aos resultados agora apresentados. No entanto, no caso do Brasil, um número significante de novas informações geo logicas foi adicionado como resultado do programa desenvolvido pelo INPE. Este e um ponto importante a ser considerado quando um país e geologicamen te pouco conhecido. Em tais casos a interpretação das imagens ERTS pode ser considerada um programa operacional ao inves de experimental. Uma - 1**i**nha de pensamento similar levou o governo brasileiro a desenvolver o Proje to RADAM, o qual ja levantou aproximadamente 4.8 milhões de km<sup>2</sup> do territo rio nacional (quase que 55% da area total). Aproximadamente 25 milhões de dolares foram gastos somente na aquisição de imagens de radar.

Estudos comparativos entre as imagens RVL e ERTS-1 foram feitos pelos pesquisadores do INPE indicando que as segundas podem produzir quase que o mesmo número de informações a um custo muitas vezes menor que as primeiras. Considerando que as aplicações do ERTS para os recursos naturais em países em desenvolvimento, estas conclusões salientam a impo<u>r</u> tância do sensoriamento remoto orbital para tais países.

Depois destas observações introdutórias passaremos a discussão dos resultados obtidos em cada um dos programas conduzidos pelo gru po de geologia do INPE.

### III.3.1 - Bacia do Rio São Francisco

O Apendice III.l e o mais recente relatório disponível sobre os resultados da interpretação das imagens ERTS para a região. As justificações para a seleção desta area foram apresentadas numa proposta à NASA e podem ser resumidas como a seguir:

- a Inclue grande parte das reservas minerais conhecidas
  do país;
- b Não apresenta problemas relativos à cobertura de nuvers;
- c Um grande número de publicações relacionadas à geologia
  estão facilmente disponíveis.

O programa esta ainda em desenvolvimento, extendendo-se a interpretação as areas vizinhas dos Estados de Goias, Bahia, Piaul, Minas Gerais e São Paulo. As principais conclusões são:

- a As imagens MSS do ERTS-1 constituem uma excelente ferramenta para mapeamentos geológicos regionais em areas com vegetação do tipo savana (cerrado);
- b As bandas 5 e 7 são as melhores para este proposito;
- c Uma comparação com mapas jã existentes indica uma exce lente correlação com as interpretações do ERTS;
- d Existem incertezas naquelas areas com falta de traba lho de campo, devido as dificuldades de interpretação
  litológica;
- e As imagens provam ser excelentes para o delineamento de diferentes unidades geotectônicas;
- f Quase que sem exceção, os mapas existentes foram corrigidos com relação à morfologia, localização de pontos de referência, dimensão de feições geográficas, etc.
- g Devido à baixa resolução geométrica do sistema MSS do ERTS-1 não foi possível localizar precisamente os dep<u>ó</u> sitos minerais conhecidos.

III.3.2 - Região Amazônica

O Apêndice III.2 relata as principais descobertas das apl<u>i</u> cações do ERTS-l a geologia e recursos minerais na Região Amazônica Bras<u>i</u> leira e sua comparação com o desempenho das imagens do SLAR.

O mapa geologico do Apêndice III.3 resume os principais re

sultados obtidos pela combinação de sensoriamento remoto (ERTS e RVL), ge<u>o</u> cronologia, literatura e dados de campo dirigidos para o estabelecimento de um modelo para o desenvolvimento geológico da região durante o Precambri<u>a</u> no. Tal mapa, na escala de 1:5.000.000, foi obtido principalmente pela interpretação dos dados de sensoriamento remoto e foi feito em três meses. Como um sub-produto deste trabalho foi possível elaborar uma tentativa de regionalização metalogênica e estudar a relação das estruturas Precambrianas com o desenvolvimento Fanerozóico da região.

As conclusões principais relativas ao desempenho das imagens MSS do ERTS-1 para tais propositos estão incluídos no Apêndice III.2. Todavia alguns comentários adicionais devem ser feitos:

- a As imagens do canal 7 provaram ser as melhores para ma peamento geológico em áreas densamente florestadas, ao contrário do que ocorre em áreas com vegetação do tipo savana, onde as imagens do canal 5 apresentam melhores resultados.
- b Diferenças na densidade de floresta são bem marcadas nas imagens do canal 7 e podem ser usadas para deline<u>a</u> mento de unidades geológicas ou análise de padrão de drenagem;
- c Tons mais escuros nas imagens do canal 7 podem ser interpretados como solos expostos ou baixa reflectância da vegetação sobre solos contendo quantidades anômalas

e elementos economicamente importantes. Exemplos para ambos os casos são as crostas lateríticas associadas com depositos de ferro da Serra dos Carajãs, e a vegetação sobre depositos de bauxita do Vale do Rio Trombetas.

 d - Se um programa multi-disciplinar estã sendo considera do, a imagem ERTS deverã mostrar um desempenho ainda melhor quando comparada com as imagens RVL.

### III.3.3 - Projeto Estruturas

O objetivo principal do Projeto Estruturas e o mapeamento geológico-estrutural de todo o país, na escala de 1:1.000.000, usando as <u>i</u> magens MSS do ERTS-1. Este projeto pretende ser uma colaboração do INPE p<u>a</u> ra o mapeamento geológico do Brasil naquela escala, o qual esta sendo conduzido pelo Departamento Nacional da Produção Mineral. Este programa esta usando as quadrículas de 4<sup>o</sup> por 6<sup>o</sup> da Carta Internacional do Mundo ao Mi-lionésimo.

Este programa começou em março de 1974 e não existem rel<u>a</u> tórios prontos por enquanto. Quatro quadrículas estão sendo interpretadas no momento:

> SD-22 - Goiãs  $(12^{\circ}-16^{\circ}; 48^{\circ}-54^{\circ} WG)$ SC-23 - São Francisco  $(8^{\circ}-12^{\circ}S-42^{\circ}-48^{\circ} WG)$ SD-23 - Brasília  $(12^{\circ}-16^{\circ}; 42^{\circ}48^{\circ} WG)$ SE-23 - Belo Horizonte  $(16^{\circ}-20^{\circ}S; 42^{\circ}-48^{\circ} WG)$

Destas, somente a quadrícula de Goiãs está pronta para discussão. As outras três apresentam alguma superposição com a Bacia do Rio São Francisco sendo que as conclusões principais foram discutidas anteriormente. Seguem alguns comentários adicionais da quadrícula de Goiãs:

- a As imagens MSS do ERTS-1 provam ser as mais adequadas aos objetivos propostos. No entanto, mais uma vez é salientada a necessidade do trabalho de campo para o aumento da qualidade dos resultados, particularmente com respeito à diagnose dos lineamentos.
- b Como no mapeamento geológico, a interpretação estrutu
  ral é melhor desempenhada nas imagens dos canais 5 e 7.
- c A visão sinótica, característica das imagens ERTS, tor na possível identificar grandes estruturas anteriormen te desconhecidas.
- d Intrusões, domos, falhas, dobramentos, lineamentos, con tatos, sedimentos-embasamento, foram as principais estruturas identificadas. Como consequência foi possível delinear os contornos das principais unidades geotect<u>ô</u> nicas na area.

### III.3.4 - Outras āreas

Durante o período abrangido por este relatório, imagens de outras regiões do país foram interpretadas para propósitos geológicos.

- 124 -

Um dos trabalhos mais importantes então realizados foi a primeira comparação entre ERTS-1 e RVL, na região de Teresina (Estado de Piauí) e a área costeira dos Estados de Piauí e Maranhão. A interpretação das imagens ERTS-1 e RVL foi conduzida separadamente por dois geologos usando todos os dados de literatura e de campo disponíveis. Como consequê<u>n</u> cia foi demonstrada pela primeira vez a superioridade dos dados do ERTS sobre os do RVL para mapeamento geológico nas regiões de vegetação tipo savana.

Na mesma época, um grupo da Divisão de Análise de Sistemas do INPE desenvolveu uma análise de custo dos dois sistemas, considerando os investimentos para a aquisição e manutenção das nossas estações de recepção e processamento de dados. Estes estudos demonstraram que um  $\text{km}^2$  de dados do ERTS (não incluindo o segmento espacial) custa aproximadamente US\$ 0.15, enquanto que a aquisição da imagem RVL tem custado mais ou menos US\$ 5,00 por  $\text{km}^2$ . Foi também demonstrado que o resultado e a qualidade da informação geológica foram superiores nas imagens do ERTS. Como result<u>a</u> do deste estudo concluímos que o uso da imagem ERTS para mapeamento geológico, em tais regiões, pode ser feito com uma razão custo/efetividade muitas vezes menor quando comparadas com o RVL.

Outra area importante foi a area central do Estado do Rio Grande do Sul e sua região fronteiriça com o Uruguai. Nesta area ocorre uma importante sequência de rochas sedimentares, vulcânicas e Plutônicas de idade Precambriana. Um sistema de falhas, com tendência para NE, inclue importantes depósitos de cobre. Mapas geológicos, numa escala de 1:250.000 estão disponíveis para a maior parte da area, permitindo uma boa comparação com as imagens ERTS.

As conclusões mais importantes deste trabalho são:

- a As imagens do canal 5 são as melhores para mapeamento litológico, permitindo a distinção entre basalto, granodiorito, granito, riolito, metasedimentos, arenito, etc.;
- b As imagens do canal 7 foram as melhores para a interpretação estrutural e seu uso resultou na definição de (diversos) novos lineamentos e falhas, especialmente <u>a</u> queles com tendência para NE, os quais são importantes para mineralização;
- c As composições coloridas são geralmente menos adequa das para interpretação geológica, comparadas aos resul
  tados obtidos nas imagens preto e branco;
- d Ampliações para a escala de 1:500.000 permitiram me 1hor definição para litologia, limites de unidades geo
  lógicas e feições estruturais.

Finalmente, diversas imagens da porção Sul da Bacia Sedimentar do Maranhão foram interpretados para testar sua aplicabilidade a mapeamentos geológicos de sequências sedimentares monótonos. As principais conclusões foram:

- a Delineamento das unidades de rochas foi melhor identi ficado na imagem do canal 5 devido a associação entre diferentes litologias e unidades de vegetação;
- b Em algumas areas a imagem do canal 6 permitiu uma me lhor identificação litológica;
- c O canal 7 foi o melhor para a interpretação estrutural;
- d O mapa geológico resultante foi mais detalhado que o mapa disponível.

As imagens adicionais da parte central do Estado do Amazonas foram as primeiras imagens do ERTS-1 interpretadas no INPE. Nesta oca sião foram demonstradas as potencialidades da imagem ERTS para propositos cartográficos e geológicos. As conclusões deste trabalho são muito semelhantes aquelas do item III.3.2 acima.

Os estudos levados a efeito na porção Norte do Estado de Goiãs são muito recentes (Novembro de 1974) e são dirigidos ã comparação das imagens ERTS-1 e RVL e mapas pré-existentes. Os principais esforços foram dirigidos para a interpretação estrutural de dados de sensores remotos. As conclusões deste trabalho são:

> a - Foi possível a construção de um mapa estrutural, na es cala de 1:1.000.000, com mais detalhes do que aqueles apresentados nos mapas pré-existentes;

> b - As imagens do ERTS-1 proporcionam maiores dados estru-

turais quando comparadas com a fotointerpretação convencional de fotografias aéreas na escala de 1:60.000 e imagens de radar;

- c As feições estruturais jã conhecidas da area podem ser
  mapeadas em suas posições geográficas corretas e as
  possíveis extensões podem ser determinadas;
- d Foi possível delinear diferentes unidades geotectônicas baseadas nas feições estruturais extraídas.

### III.4 - Conclusões

- 1 Os resultados previamente discutidos são auto-explicati vos com relação ao grande número de novas informações geológicas, as quais resultaram da interpretação da imagem ERTS-1;
- 2 Os programas, na maior parte, foram executados numa base semi-operacional resultando em diversos novos mapas geológicos os quais são usados pela comunidade geológi ca do país;
- 3 Estes programas demonstraram que a imagem ERTS-1 pode ser usada numa menor razão custo/efetividade quando com paradas com a imagem RVL e fotografias aereas convencio nais;
- 4 Foram usadas quase que exclusivamente as técnicas convencionais de fotointerpretação. Os canais 5 e 7 prova

١

ram ser os mais efetivos para os problemas geológicos. Os canais 4 e 6 produziram poucos dados adicionais qua<u>n</u> do comparados com os outros dois. Foram feitos trabalhos de campo somente em áreas bem restritas;

5 - Como sub-produto dos programas foi possível introduzir importantes correções nos mapas cartográficos já exis tentes, permitindo então uma melhor localização de fei ções geológicas. Foi também possível delinear áreas com probabilidades mais altas de incluir depósitos minerais.

### III.5 - Agradecimentos

O desenvolvimento do Grupo de Geologia e Recursos Minerais do INPE não teria sido possível sem o apoio de diversas organizações naci<u>o</u> nais, principalmente do Ministério das Minas e Energia, do Ministério do Interior e do Banco Nacional para o Desenvolvimento Econômico.

Durante todas as fases do programa recebemos o incentivo e o apoio do Dr. Fernando de Mendonça, Diretor Geral do Instituto de Pes quisas Espaciais.

# - 129a -

# ANEXO III.1

# IMAGENS ERTS PARA DIFERENTES PROJETOS

ï

### 1 - Região do Rio São Francisco

E-1424-12195	E-1424-12201	E-1371-12240	E-1371-12242
E-1371-12245	E-1371-12251	E-1065-12253	E-1371-12260
E-1389-12255	E-1047-12262	E-1371-12263	E-1371-12265
E-1047-12271	E-1048-12294	E-1426-12284	E-1048-12300
E-1048-12303	E-1048-12305	E-1048-12312	E-1066-12312
E-1426-12302	E-1048-12314	E-1066-12314	E-1426-12305
E-1048-12321	E-1048-12323	E-1048-12330	E-1049-12352
E-1391-12351	E-1049-12355	E-1391-12353	E-1373-12361
E-1391-12360	E-1373-12364	E-1391-12362	E-1391-12365
E-1391-12371	E-1391-12374	E-1373-12382	E-1391-12380
E-1391-12383	E-1050-12411	E-1338-12420	E-1392-12412
E-1338-12422	E-1392-12414	E-1374-12422	E-1392-12421
E-1338-12431	E-1392-12423	È-1392-12430	E-1338-12440
E-1392-12432	E-1392-12435=	E-1339-12472	E-1339-12474
E-1339-12481	E-1329-12483		

# 2 - <u>Região Amazônica</u>

E-1387-13551	E-1387-13544	E-1418-13271	E-1417-13203
E-1387-13558	E-1417-13214	E-1417-13220	E-1418-13232
E-1418-13235	E-1361-13084	E-1361-13091	E-1360-13033
E-1360-13035	E-1360-13042	E-1360-13044	E-1372-12561
E-1372-12564	E-1372-12570	E-1376-12505	E-1376-12512
E-1376-12514	E-1376-12521	E-1376-12523	E-1532-13554
E-1380-13135	E-1380 <b>-13141</b>	E-1380-13144	E-1380-13150
E-1380-13153	E-1381-13192	E-1381-13200	E-1417-13194
E-1224-13465	E-1224-13472	5-1224-13474	E-1224-13501
E-1134-13500	E-1008-13490	E-1008-13493	E-1008-13495

E-1224-13513	E-1058-13234	E-1058-13241	E-1058-13243
E-1146-13124	E-1218-13125	E-1218-13132	E-1218-13134
E-1221-13303	E-1239-13304	E-1221-13301	E-1239-13310
E-1077-13302	E-1149-13322	E-1221-13324	E-1239-13324
E-1239-13331	E-1239-13333	E-1239-13340	E-1237-13184
E-1237-13191	E-1237-13193	E-1399-13194	E-1093-13210
E-1399-13201	E-1399-13203	E-1381-13211	E-1381-13214
E-1240-13371	E-1240-13374	E-1096-13381	E-1240-13385
E-1168-13381	E-1168-13383	E-1240-13392	E-1096-13384
E-1168-13390	E-1096-13390	E-1240-13394	

3 - Projeto Estrutura (Quadrīcula de Goiās)

E-1339-12481	E-1339-12483	E-1339-12490	E-1088-12535
E-1376-12535	E-1376-12541	E-1377-13000	E-1377-12593
E-1377-12591	E-1360-13053	E-1360-13051	E-1360-13044

4 - Imagens Adicionais

E-1048-12282 - Teresina, Estado do Piauí E-1048-12273 - Area costeira dos Estados do Piauí e Maranhão E-1107-13011 - Domo de Araguainha - Estado de Goiãs E-1105-12532 - Parte Central do Estado do Rio Grande do Sul E-1105-12535 - Parte Central do Rio Grande do Sul - Uruguai E-1048-12294 - Sul do Piauí - Norte da Bahia E-1049-12343 - Represa de Boa Esperança - Maranhão - Litoral do Piauí E-1050-12411 - SW da Bacia do Parnaíba - Maranhão - Goiás E-1008-1348] - Rios Solimões, Purús - Estado do Amazonas E-1008-13484 - Rios Purús e Madeira - Estado do Amazonas E-1376-12521 - Parte Norte do Estado de Goiás ш 11 E-1376-12523 - " n 11 11 IJ л 0 п E-1123-12472 - " 11 a u a E-1123-12474 - " ...

### APENDICE 111.1

### AO CAPÍTULO III

INPE-395-LAFE

Projeto SERE

Interpretação Geológica de Imagene da Região do Alto São Francisco e da Represa de Furnas (Brasil) obtidas pelo Sensor MSS do ERTS-1

outubro de 1973

C.C. Liu <sup>•</sup> C.C. Carraro <sup>•\*</sup> S.K. Yamagata <sup>•</sup>

• Instituto de Pesquisas Espaciais, Projeto SERE

\* Instituto de Geociências, UFRGS

cc.:



FRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA CONSELHO NACIONAL DE PESQUISAS INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS São José das Campos - Estado de S. Paulo - Brasil

Este trabalho é resultado da pesquisa em and<u>a</u> mento dentro do Programa de Levantamento de Recursos Naturais usando imagens produzidas pelo "Multispectral Scanning Systems" (MSS), do pr<u>i</u> meiro Satélite Tecnológico para Recursos da Terra (ERTS-1), programa e<u>s</u> se em implementação pelo Projeto SERE deste Instituto. Sua publicação foi autorizada pelo abaixo assinado,

Ju hundonea Fernando de Mendonéa

Diretor Geral

#### ABSTRACT

This is the first attempt to use the imagery collected by the Multispectral Scanning System (MSS) of the first Earth Resources Technology Satellite (ERTS-1), as a geological reconnaissance tool in mapping a broad region, from the upper drainage area of the São Francis co basin to the Northeast rim of the Paraná basin.

The ERTS MSS imagery was studied and evaluated by visual means. Conventional techniques of photointerpretation have been used since the MSS imagery can be considered in a first approach a photo-like image. The interpreter recognizes terrains from it by analysing and interpreting the photo-like elements - drainage patterns, landforms, tonality, characteristic features, vegetations, and so on.

From the study and analysis of the photo-like elements, the continuity of the geomorphy or lithology, and the topographic lineaments, a series of aerial mapping units can be differentiated, and various tectonic features can be identified.

ERTS MSS imagery is proving to be an effective remote sensing tool for regional geologic reconnaissance studies in Brasil.

III.1

- ii -

#### RESUMO

Esta é a primeira tentativa de utilização de imagens pro duzidas pelo "Multispectral Scanning System" (MSS) do primeiro Satélite Tecnológico para Recursos da Terra (ERTS-1, como uma ferramenta de mapeamento geológico. O reconhecimento geológico estendeu-se da região do Alto São Francisco até à borda Noroeste da Bacia do Paraná, numa área de aproximadamente 300.000 km<sup>2</sup>.

As imagens MSS do ERTS foram analisadas visualmente pela técnica convencional de interpretação de fatos aéreas. O intérprete reconhece unidades geomórficas pela análise e interpretação de elementos tais como padrão de drenagem, formas de relevo, tons de cinza, vegetação e feições características. Pelo estudo dos elementos, continuidade de fei ções geomórficas ou litológicas e lineações topográficas, podem ser diferenciadas unidades de mapeamento e identificadas feições tectônicas. As imagens MSS do ERTS provaram ser uma ferramenta de sensoriamento remoto efetiva para reconhecimento geológico regional no Brasil.

# INDICE

•

Abstract	i
Resumo	11
<u>CAPÍTULO I</u> - INTRODUÇÃO	1
CAPITULO II - SENSORIAMENTO REMOTO-ERTS-IMAGEM MSS	4
II.l - Sensoriamento Remoto	4
II.2 - Radiação eletromagnética e espectroeletromagnético.	4
II.3 - ERTS	5
II.4 - Características do ERTS	5
II.5 - MSS	5
II.6 - "Scanner"	8
II.7 - Funcionamento do "Scanner"	8
II.8 - Manuseio da imagem MSS	8
CAPITULO III - METODOS DA INTERPRETAÇÃO DE IMAGENS	12
III.1 - Análise de elementos	12
III.2 - Análise de continuidade e delimitação das unidades	
fotogeologicas	13
III.3 - Anālise de estrutura geológica	14
III.4 - Procedimento de estudo	16

- iv -

.

CAPTTULO IV - COMPARAÇÃO ENTRE AS QUATRO BANDAS	17
IV.1 - Banda 4	17
IV.2 - Banda 5	17
IV.3 - Banda 6	18
IV.4 - Banda 7	18
CAPÍTULO V - INTERPRETAÇÃO GEOLÓGICA DA REGIÃO DO ALTO SÃO	
FRANCISCO (Mapa 1)	21
V.1 - Unidades fotogeológicas	21
V.2 - Região da represa de Três Marias: uma sub-bacia	22
V.3 - Falhas e fraturas geológicas	23
CAPÍTULO VI - ANÁLISE COMPARATIVA DA FOTO-INTERPRETAÇÃO COM TRA-	
CAPÍTULO VI - ANÁLISE COMPARATIVA DA FOTO-INTERPRETAÇÃO COM TRA- BALHOS GEOLÓGICOS REALIZADOS NA ÁREA DO ALTO SÃO	
CAPÍTULO VI - ANÁLISE COMPARATIVA DA FOTO-INTERPRETAÇÃO COM TRA- BALHOS GEOLÓGICOS REALIZADOS NA ÁREA DO ALTO SÃO FRANCISCO	24
CAPĪTULO VI - ANĀLISE COMPARATIVA DA FOTO-INTERPRETAÇÃO COM TRA- BALHOS GEOLÓGICOS REALIZADOS NA ĂREA DO ALTO SÃO FRANCISCOVI.1 - Oliveira, M.A.M. (1967)	24 24
CAPĪTULO VI - ANĀLISE COMPARATIVA DA FOTO-INTERPRETAÇÃO COM TRA- BALHOS GEOLÓGICOS REALIZADOS NA ĀREA DO ALTO SÃO FRANCISCO	24 24 27
CAPITULO VI - ANÁLISE COMPARATIVA DA FOTO-INTERPRETAÇÃO COM TRA- BALHOS GEOLÓGICOS REALIZADOS NA ÁREA DO ALTO SÃO FRANCISCO	24 24 27 27
<pre>CAPITULO VI - ANALISE COMPARATIVA DA FOTO-INTERPRETAÇÃO COM TRA- BALHOS GEOLÓGICOS REALIZADOS NA AREA DO ALTO SÃO FRANCISCO</pre>	24 24 27 27 27
CAPITULO VI - ANALISE COMPARATIVA DA FOTO-INTERPRETAÇÃO COM TRA- BALHOS GEOLÓGICOS REALIZADOS NA ÁREA DO ALTO SÃO FRANCISCO	24 24 27 27 27 29
CAPĪTULO VI - ANĀLISE COMPARATIVA DA FOTO-INTERPRETAÇÃO COM TRA- BALHOS GEOLÓGICOS REALIZADOS NA ĀREA DO ALTO SÃO FRANCISCO      VI.1 - Oliveira, M.A.M. (1967)      VI.2 - Hasui, Y. (1968)      VI.3 - Ladeira, E.A. & Brito, O.E.A. de (1968)      VI.4 - Pflug, R & Renger, F (1973)      VI.5 - DNPM (1967)      VI.6 - Braun, O.P.	24 24 27 27 27 29 29
CAPITULO VI - ANALISE COMPARATIVA DA FOTO-INTERPRETAÇÃO COM TRA- BALHOS GEOLÓGICOS REALIZADOS NA AREA DO ALTO SÃO FRANCISCO	24 24 27 27 27 29 29 30

<u>CAPITULO VII</u> - INTERPRETAÇÃO GEOLÓGICA DA REGIÃO DA REPRESA DE	
FURNAS (Mapa 2)	34
VII.1 - Unidades fotogeológicas	34
VII.2 - Provincias tectônicas	36
VII.3 - Falhas e feições circulares desconhecidas	36
<u>CAPĪTULO VIII</u> - ANĀLISE COMPARATIVA DA FOTO-INTERPRETAÇÃO COM	
TRABALHOS GEOLÓGICOS REALIZADOS NA ÁREA DA RE	
PRESA DE FURNAS	38
VIII.1 - Barbosa, O. et alii (1970)	<b>3</b> 8
VIII.2 - I.G.G. (1963)	38
VIII.3 - Oliveira, M.A.F. (1972)	40
CAPTTULO IX - CONCLUSÃO	41
REFERÊNCIAS	42

1

.

### FIGURAS

)

.

1	-	O espectro eletromagnético	6
2	-	Configuração do ERTS-1	7
3	-	Configuração do ERTS-1 e esquema de funcionamento do Scanner	9
4	-	Método de imageamento do Scanner	9
5	-	Representação esquemática das órbitas do ERTS-1	10
6		Trabalhos geológicos na região do alto São Francisco	26
7 ·	-	Trabalho geológico na região da Represa de Furnas	39
8	-	Imagem E-1048-12321 - canal 5	41
9.	-	Imagem E-1048-12314 - canal 5	42
10 ·	•	Imagem E-1048-12312 - canal 5	43
11 ·		Imagem E-1048-12305 - canal 5	44
12 •	-	Imagem E-1048-12330 - canal 5	45
13 ·	-	Imagem E-1048-12323 - canal 5	46

### TABELAS

1	-	Quadro	comparativo	entre as quatro bandas	19
2	-	Quadro	comparativo	da interpretação com trabalhos geológicos na	
		Regi <b>ão</b>	do Alto São	Francisco	32
3	-	Quadro	comparativo	da interpretação com trabalhos geológicos re <u>a</u>	
		lizados	s na Região d	la Represa <b>de Furnas</b>	37

- vii -

# MAPAS

1 -	Mapa Geológico da Região do Alto São Francisco baseado na	
	interpretação de imagem do ERTS-1	20
2 -	Mapa Geológico da Região da Represa de Furnas baseado na	
	interpretação de imagens do ERTS-1	33

#### CAPITULO I

#### INTRODUÇÃO

Na era espacial, uma nova tecnologia está em franco desenvolvimento. Trata-se do sensoriamento remoto usado para aumentar os conhecimentos sobre a Terra.

Varias formas de sensoriamento remoto, incluindo a fot<u>o</u> grafia convencional, tem um vasto campo de aplicações científicas e práticas, sendo a geologia uma das mais importantes.

Mapas geológicos são essenciais no conhecimento de recursos minerais e auxiliares importantes na agronomia, construção de estradas, etc. O mapeamento fotogeológico através dessas novas técnicas pode ser realizado rápido e economicamente independentemente das condições locais de clima, relevo e estradas.

Desde 1968 o Brasil tem desenvolvido um programa conju<u>n</u> to de sensoriamento remoto com os Estados Unidos da América. Está em fase final de instalação em território nacional,um Sistema de Recepção e Processamento das Imagens do Satélite ERTS-1; parte desse sistema, a estação de recepção, instalada em Cuiabã (MT), jã está totalmente operacional, recebendo imagens de todo o Brasil; a outra parte do sistema, a estação de processamento das imagens, em fase final de instal<u>a</u> ção na cidade de Cachoeira Paulista (SP), transformarã as imagens oriIII.]

ginalmente gravadas em fitas magnéticas, em imagens fotográficas e fi tas compativeis com computador, estas com vistas à interprestação aut<u>o</u> mática.

O MSS (Multispectral Scanning System) de quatro canais, è um dos sensores do ERTS, que coleta dados por imageamento contínuo da superfície da Terra diretamente abaixo do satélite.

As areas em estudo, região do Alto São Francisco e da Represa de Furnas, são parte de um programa de pesquisa elaborado pelo RECMI (Grupo de Recursos Minerais) do Projeto SERF do Instituto de Pe<u>s</u> quisas Espaciais. A primeira das áreas estudadas está coberta por sete conjuntos de imagens correspondentes a duas órbitas do satélite. Cada conjunto tem quatro imagens cada uma correspondendo a uma diferente banda espectral. A segunda área por duas imagens da mesma órbita.

A técnica convencional de interpretação de fotos aéreas é fundamental para analisar imagens MSS do ERTS. A interpretação geol<u>ó</u> gica das imagens foi conduzida de acordo com a seguinte metodologia:

- a) exame visual, com ou sem aumento, de copias em papel das imagens na escala 1:1:000.000;
- b) comparação entre as imagens nas quatro bandas espectrais;
- d) desenho da interpretação em transparências e compara ção com mapas geológicos existentes.

d) interpretação geológica regional com mosatco da área.

Mapas fotogeológicos foram preparados atribuindo-se um símbolo a cada unidade de interpretação fotogeológica, correspondendo a diferentes unidades geomorfológicas ou litológicas; foram identific<u>a</u> das também significativas feições estruturais. Hã indicação, resultante deste trabalho, que o reconhecimento geológico pode ser feito com suce<u>s</u> so, com imagens MSS do ERTS. - 4 -

### CAPITULO II

### SENSORIAMENTO REMOTO - ERTS - IMAGEM MSS

### II.1 - SENSORIAMENTO REMOTO

Sensoriamento Remoto pode ser definido como a detecção, reconhecimento e avaliação de alvos por meio de dispositivos de registro à distância. Uma primeira forma, e em uso comum, de sensoriamento remoto, é a fotografia, ou seja, o registro direto da cena em filme sensível à energia eletromagnética. Com o desenvolvimento da tecnologia, tem sido aperfeiçoados dispositivos que operam em uma ou mais por ções do espectro eletromagnético. Estes dispositivos podem produzir fo tografias, imagens semelhantes a fotografias ou fitas magnéticas e são transportados por aeronaves ou satélites.

### 11.2 - RADIAÇÃO ELETROMAGNETICA E ESPECTRO ELETROMAGNETICO

Radiação eletromagnética é ao mesmo tempo energia trans portada por ondas continuas com velocidade constante no espaço livre e transporte de particulas de natureza discreta; é caracterizada principalmente por comprimento de onda e frequência.

O espectro eletromagnético é um arranjo ordenado de radiação segundo o comprimento de onda ou frequência. Atualmente o senso mento remoto utiliza a porção do espectro como mostrado na Figura 1.

II.3 - ERTS

ERTS e uma abreviação de "Earth Resources Technology Satellite" programa estabelecido pela NASA (National Aeronautics and Space Administration).

O primeiro satélite da série ERTS foi lançado no dia 23 de julho de 1972, estando operacional desde aquela data (Figura 2).

### II.4 - PARAMETROS ORBITAIS DO SATELITE ERTS-1

- Drbita circular e sincrona com o Sol; a hora local e uma constante: 9h 30 min.,
- 2. Altitude: 920 km,
- 3. Período: 103,3 minutos,
- 4. Velocidade em relação ao solo: 6,47 km/seg.

#### II.5 - MSS

O ERTS transporta três tipos de sensores. Um deles é o MSS (Multispectral Scanning System), imageador de 4 bandas que opera na faixa espectral da energia solar refletida de .5 a l.l micrômetros.



Figura 1 - 0 espectro eletromagnético





.ھ

...

- 8 -

### II.6 - "SCANNER".

"Scanner" é um sensor que imageia uma cena, linha por l<u>i</u> nha. "Scanners", diferentemente de câmaras fotográficas, convertem a energia eletromagnética refletida ou emitida pelo solo, em energia el<u>é</u> trica; esta pode ativar uma fonte de luz, como um tubo de raios catód<u>i</u> cos (similar a um tubo de televisão) e produzir uma imagem ou pode ser gravada diretamente em fita magnética (Figura 3).

### II.7 - FUNCIONAMENTO DO "SCANNER" (MSS)

A medida que um espelho oscila de mais ou menos 2,89° da normal, é imageado um ângulo de  $11,56^{\circ}$  perpendicularmente ao movimento do satélite. Seis detectores correspondem a cada banda espectral, de mo do que são imageadas seis linhas simultaneamente (Figura 4). O imagea mento é contínuo e abrange uma faixa com 185 km de largura. Circunda a Terra a cada 103 minutos, completando 14 órbitas em 24h. O traço da órbita do satélite se desloca 25,8° em relação a anterior. Este espaço é imageado durante o período de 18 dias e no 199 dia o satélite volta a imagear a órbita inicial; deste modo o satélite recobre completamente a Terra a cada 18 dias (Figura 5).

### II.8 - MANUSEIO DA IMAGEM MSS

Os dados adquiridos no imageador são - transmitidos para

ł



Figura 3 - Configuração do ERTS-1 e esquema de funcionamento do Scanner



Figura 4 - Método de imageamento do Scanner



Figura 5 - Representação esquemática das órbitas do ERTS-1

a Terra quando a nave estiver dentro do campo de alcance da estação re ceptora. As imagens são posteriormente formatadas, representando uma ãrea de 185 x 185 km, com 10% de recobrimento longitudinal. A resolução linear da imagem MSS é de 70 - 100 metros.

O recobrimento lateral (Sidelap) entre duas orbitas adja centes é de 14% no Equador, aumentando progressivamente em direção ao Polo.

### CAPITULO III

### METODOS DE INTERPRETAÇÃO DA IMAGEM

#### III.1 - ANALISE DE ELEMENTO

A interpretação das imagens MSS foi conduzida atravês de exame visual, aplicando-se as técnicas básicas de interpretação dese<u>n</u> volvidas para interpretação fotogeológica.

O intérprete deve considerar a imagem como uma fotogr<u>a</u> fia e reconhecer unidades de interpretação pela observação e análise de elementos tais como:

- a) Padrão de drenagem.
- b) Relevo,
- c) Tom de cinza,
- d) Feições características: escarpas de erosão, dolinas, etc.,
- e) Vegetação frequentemente representando textura, <u>u</u> midade e natureza do relevo,
- f) Uso da terra frequentemente associado com tipos de solos, relacionados com a rocha-mãe sotoposta.
### III.2 - ANALISE DE CONTINUIDADE E DELIMITAÇÃO DAS UNIDADES FOTOGEOLÓGICAS

A construção de um mapa fotogeológico é baseada sobretudo na distribuição e atitude das unidades fotogeológicas identificadas e delimitadas na imagem. A análise e interpretação dos elementos acima mencionados, como em fotografia, são apoio para o traçado de contatos e delineação de seus limites.

A precisão dos limites depende principalmente da diferen ça da resistência à erosão entre duas unidades. A delineação é limitada a feições visiveis e ambilidade de segui-la depende da continuidade das expressões fotográficas.

E possível pelo padrão de drenagem delimitar contatos so bre a imagem. O contraste da tonalidade é frequentemente um bom guia no processo de delimitação. O papel de diferente densidade de cobertura ve getal na delimitação de unidades é frequentemente de auxílio, pois zo nas de vegetação podem indicar tipos diferentes de solos, que podem es tar associados a diferentes rochas.

O contato entre āreas de deposição e erosão, ou grossei ramente falando, entre terreno montanhoso e planicie de inundação ou depositos fluviais, e normalmente facil de seguir na imagem.

O primeiro passo no procedimento do mapeamento fotogeolo

gico é a observação da continuidade das unidades geomorfológicas ou  $l\underline{i}$ tológicas (senso amplo) e é fundamental na avaliação estrutural e geol<u>ó</u> gica de uma área.

A identificação de tipos de rochas a partir das imagens MSS é na maioria das vezes impossível, devido a limitações como:

- i baixa capacidade de resolução linear do sistema MSS
   (70 a l00m-teórico);
- ii ausência de estereoscopia;
- iii pequena escala da imagem (1:1.000.000).

Na escala 1:1.000.000 não são discerníveis feições topográficas pequenas ou de detalhe, características de textura da superfície.

Baseado nas análises de padrão de drenagem, contraste de tom de cinza, densidade de vegetação, pode-se somente dar uma avaliação petrológica grosseira das unidades fotogeológicas.

## III.3 - ANALISE DE ESTRUTURA GEOLÓGICA

A imagem MSS, devido à sua extensa área de cobertura,ca pacita o intérprete a descobrir diferenças topográficas bruscas em longas distâncias assim fornecendo uma distinta vantagem para delinear feições lineares que são usualmente indicativas de falhamento. A inter pretação de falhas a partir da imagem MSS e baseada nas seguintes cate gorias principais de reconhecimento:

- a) Escarpas que podem ser uma das mais conspicuas e comuns indicação de falha.
- b) Lineamentos topográficos.
- c) Unidades litológicas diferentes em contato por escar pas suavemente curvas ou curvas.
- d) Unidades litológicas diferentes em contato por feição linear reta ou suavemente curva.
- e) Truncamento de unidades através de uma feição linear.



- -

## CAPITULO IV

## COMPARAÇÃO ENTRE AS QUATRO BANDAS

#### IV.1 - BANDA 4

- 1. Contraste tonal pobre,
- Corpos de agua com tom uniforme cinza escuro e claro,
   Os contornos não são claros e em algumas areas confundem-se com a vegetação,
- 3. Os padrões de drenagem são mostrados obscuramente,
- Contato entre as unidades fotogeologicas não são niti dos,
- 5. Lineações topográficas não são nítidas,
- 6. Rodovias e cidades podem ser identificadas em parte.

IV.2 - BANDA 5

Esta banda é mais valiosa que as outras em termos de ma peamento geológico.

- 1. Contraste tonal bom,
- 2. Contorno de corpos de água é muito nítido e pode ser delineado facilmente,
- 3. Padrões de drenagem são muito evidentes,

- 4. Unidades fotogeológicas podem ser distinguidas e seus contatos traçados,
- 5. Lineações topográficas aparecem claramente,
- Cidades e rodovias podem ser identificadas sem restri cões.

IV.3 - BANDA 6

- 1. Contraste tonal pobre,
- 2. Corpos de água evidentes,
- 3. Padrão de drenagem obscuro,
- 4. Não pode ser usado para mapeamento de unidades fot<u>o</u> geológicas,
- 5. Lineações topográficas podem ser observadas,
- 6. Cidades e rodovias são evidentes.

## IV.4 - BANDA 7

- Contraste tonal pobre,
  - 2. Cursos principais de rios evidentes,
  - 3. Padrão de drenagem relativamente obscuro,
- 4. Unidades fotogeológicas podem ser distinguidas,
- 5. Lineações topográficas são observadas,
- 6. Cidades e rodovias são evidentes.

- 19 -

TABELA 1 - QUADRO COMPARATIVO ENTRE AS QUATRO BANDAS

,

BANDA	4	5 <b>*</b>	6	7
CONTRASTE TONAL	**	* * *	*	*
CORPOS DE AGUA	*	**	***	***
PADRÃO DE DRENAGEM	**	***	*	**
LINEAÇÕES TOPOGRÁFICAS	*	* * *	**	* * *
CONTATOS ENTRE UNIDADES FOTOGEOLÓGICAS	*	***	*	**
FEIÇÕES CULTURAIS (CIDADES, RODOVIAS)	* *	**	¥	**

\* Imagem no canal 5 fornece mais informação para o mapeamento geológico.

 ★
 ★
 EXCELENTE

 ★
 ★
 BOM

 ★
 FRACO





•

## CAPITULO V

## INTERPRETAÇÃO GEOLÓGICA DA REGIÃO DO ALTO SÃO FRANCISCO (MAPA 1)

## V.1 - UNIDADES FOTOGEOLÓGICAS

- a)-b) Unidade A e Unidade B pertencem ao embasamento. A separação das duas unidades estã baseada principalmen te na aparência tonal.
- c) Os contatos da unidade C não são evidentes.
- d) Unidade D apresenta tom cinza escuro, feições geomor ficas proeminentes e contatos muito nítidos com as outras unidades.
- e) Unidade E é separada da Unidade D por apresentar dife rentes feições geomórficas.
- f) Unidade F mostra tom cinza médio, textura superficial uniforme e padrão de drenagem dendrítica pouco densa.
- g) Unidades G<sub>1</sub> a G<sub>5</sub> são separadas por suas caracterīsticas como tonalidade, padrão de drenagem, textura su perficial, densidade de drenagem, etc. (Fig.8).
- h) Unidade H esta sobreposta discordantemente sobre as unidades mencionadas anteriormente e apresenta tom cinza médio e padrão de drenagem dendrítica com ravi nas curtas, (Fig.8).

III.1

- Unidade I também é discordante sobre as Unidades G<sub>1</sub> a
   G<sub>5</sub>. Apresenta tom cinza claro e padrão de drenagem den dritico.
- j) Unidade J apresenta textura superficial uniforme, pa drão tonal cinza médio a claro e drenagem dendrítica bem espaçada. (Figs. 8 e 10).
- k) Unidade K estã coberta por vegetação densa (campos des nudos apresentam tom claro), é contornada por escarpa erosional abrupta e discordante sobre as unidades ac<u>i</u>. ma referidas. (Fig.8).
- Unidade L denota planicie aluvionar mais antiga,desen volvida nas bordas do Rio São Francisco; está separada da Unidade M por escarpa erosional abrupta e reta.
- m) Unidade M estã distribuída ao longo das margens do Rio São Francisco. Esta unidade representa planície aluvionar mais jovem na qual canais abandonados, la gos em crescente, cicatrizes de meandros e barras de areia estão bem evidenciados, (Figs. 9,10 e 11).

### V.2 - REGIÃO DA REPRESA DE TRES MARIAS: UMA SUB-BACIA

A ārea da represa de Três Marias é circundada por elev<u>a</u> ções que separam a região formando uma bacia com drenagem centrípeda com uma saída para o norte; esta província tectônica pode ser identificada no mosaico das imagens MSS.

# V.3 - FALHAS E FRATURAS GEOLÓGICAS

Com base nos critérios de reconhecimento de feições de falhas mencionados previamente, numerosas falhas são mostradas no mapa geológico, representadas por linhas tracejadas. Quando duvidosas, falhas ou fraturas são representadas por tracejado mais curto.

#### - 24 -

## CAPITULO VI

# ANÁLISE COMPARATIVA DA FOTOINTERPRETAÇÃO COM TRABALHOS GEOLÓGICOS REALIZADOS NA ÁREA DO ALTO SÃO FRANCISCO

VI.1 - OLIVEIRA, Marco Antonio Monteiro - Contribuição à Geologia da Parte Sul da Bacia do Rio São Francisco e áreas adjacentes (1967). Pe<u>r</u> fis BB', CC', DD', EE', FF' (Figura 6).

Na sua obra, Oliveira apresenta 5 perfis na região do São Francisco. Sendo o maior interesse relativo ãs rochas do Bambuí, o autor deu pouca ênfase ãs rochas da Série Minas e mais antigas que limi tam a bacia. Pode-se entretanto, correlacionar a unidade A com a Série Minas, a unidade D com os arenitos da parte inferior da Série Lavras e a unidade E com a Série Jequitaí. A unidade G, a Norte de Três Marias, coincide com os calcários da "Série" Bambuí.

A cobertura de sedimentos de idade cretácica pertence a Formação Urucuia, constituída por depósitos clásticos continentais que iniciam com uma sequência argilosa, folhelhos e argilitos arenosos e arenitos argilosos, tendo na parte média e superior características ta<u>n</u> to de deposição subaquosa quanto eólia. São arenitos argilosos, calc<u>í</u> feros, com nódulos de calcário, passando a eólios com estratificação cruzada de dunas. O tipo apresenta-se muitas vezes notavelmente silicif<u>í</u> cado. A base de formação assenta sobre peneplano inclinado em direção ao São Francisco com uma altitude de 750m no Oeste e 500m próximo a J<u>a</u> nuária. Esta sequência é correlacionada à unidade J.

Na região a Leste do São Francisco, remanescentes espar sos da Formação Urucuia assentam sobre as rochas do Bambul; entretanto, a interpretação não levou a resultados semelhantes. A unidade fotogeol<u>o</u> gica L, por suas características de tons de cinza, drenagem e textura, é in terpretada como uma cobertura aluvionar sobre uma área de rochas do Bambul, arrasada pela erosão (altitudes menores que 500 m).

Na região de Pirapora ocorre a Formação de Três Marias, constituída, segundo Oliveira, de arenitos arcósicos a arcósios, às v<u>e</u> zes sub-grauvacas finas de cor cinza esverdeada, micáceas, muito resi<u>s</u> tentes, com característica esfoliação esferoidal, às quais associam si<u>l</u> titos e ardósias. Esta área está representada pelas unidades G e L, se<u>n</u> do esta a expressão da cobertura eluvionar. A unidade F, a Oeste de Ca<u>r</u> mo do Paranaíba, corresponde à Formação Santa Helena ("Série" Bambuí); é constituída de ardósias, cuja espessura diminue sensivelmente para o Norte. A Leste, a unidade G<sub>4</sub> corresponde à Formação Três Marias e a un<u>i</u> dade G<sub>2</sub> corresponde à Formação Lagoa do Jacaré, caracterizada por uma sequência de siltitos argilosos, pouco metamorfizados, ardósias silt<u>o</u> sas e leitos de calcário escuro, muitas vezes oolíticos. III.1





VI.2 - HASUI, Yociteru - A Formação Uberaba (1968). Área (Figura 6).

Na região de Carmo do Paranaíba, a unidade K,corresponde à Formação Uberaba. Segundo Hasui, é constituída principalmente por rochas epiclásticas: arenitos vulcânicos com cimento calcítico ou matriz argilosa verde, siltitos, argilitos, arenitos conglomeráticos e congl<u>o</u> merados arenosos. Oliveira estende esta formação a todas as chapadas e<u>n</u> tre Pirapora e Carmo do Paranaíba, com altitudes entre 700 e 1.000 m.E<u>s</u> tá sobreposta aos arenitos do Grupo Areado.

VI.3 - LADEIRA, Eduardo A. e BRITO, Otávio Eliseo Alves de - Contribui ção à Geologia do Planalto da Mata da Corda. Área 3 (Figura 6).

O Grupo Areado consiste das seguintes formações da base para o topo: Abaeté, Quiricó e Três Barras. A Formação Abaeté tem distribuição restrita e compõe-se de um conglomerado eolio; a Formação Qui rico, de folhelhos e argilitos; a Três Barras, de arenitos. Esta forma ção tem expressiva distribuição geográfica, ao contrário das duas anteriores, e por esta razão, além das características fotointerpretativas, foi correlacionada com a unidade H. Sobreposto ao Grupo Areado, ocorre espessa associação de lavas e tufitos, que foi denominada Grupo Mata da Corda; é correlacionada com a unidade K. III.1

VI.4 - PFLUG, R. & RENGER, F. - A evolução Geológica da margem SE do craton São Francisco (1973). Área 4 (Figura 6).

A comparação da interpretação com mapa geológico da região da Serra do Espinhaço, leva à conclusão que na sequência de rochas pré-Cambrianas não é possível obter resultados com o mesmo detalhamento. As unidades A, B e C correspondem às rochas do embasamento pré-Minas, que ocorrem a norte de Belo Horizonte (gnaisses e granitos). A unidade D corresponde ao quartzito e filito da Série Minas, que ocorre na borda oeste da Serra do Espinhaço e Serra Cabral. Verificou-se que na imagem da banda 5, é possível a discriminação de filito (tom cinza cla ro) e quartzito (tom cinza escuro) somente pelas tonalidades, havendo coincidência entre interpretação e mapa geológico.

As rochas do Grupo Macaúbas, que contornam a citada Ser ra não são distinguíveis, devido principalmente à escala. Entretanto mais ao norte, onde a faixa de afloramento é mais longa foram identifica das (unidade E) e separadasdos quartzitos. A interpretação não chegou a melhores resultados na região por se trabalhar em áreas restritas devi do ã cobertura de nuvens.

Ao longo do rio das Velhas, as unidades  $G_1 e G_2$ , coincidem com rochas do Grupo Bambuí. Maior trabalho de interpretação e comparação com mapas deve ser feito para se chegar a separar calcários dos sedimentos pelíticos. Pode-se adiantar entretanto que os calcários, na imagem da banda 5 apresentam tonalidade cinza escuro, em contraste com

- 28 -

o cinza claro das demais rochas do Grupo.

VI.5 - DNPM - Folha de Pirapora, MG - Area 5 (Figura 6).

Na região a leste de Pirapora, a unidade G corresponde no mapa geológico a ardósias e arcósios do Grupo Bambul. A unidade L coin cide com a área de aluvião sobre rochas do Bambul, o que vem confirmar hipóteses já mencionadas. A unidade K nessa área corresponde ao Grupo Ma caúbas indiviso; a unidade D, à Série Minas (quartzitos e filitos) já mencionados acima.

VI.6 - BRAUN, Oscar P. - Contribuição à Estratigrafia do Grupo Bambuí (1968). Área 6 (Figura 6).

Braun executou um extenso mapeamento geológico a oeste do meridiano de 46<sup>0</sup> e entre 12<sup>0</sup> e 20<sup>0</sup> de latitude; entretanto; somente pequena parte do mapa sobrepõe-se à interpretação aqui apresentada.

Na area do paralelo 17<sup>0</sup>, verifica-se que nas margens do rio Paracatu, a unidade G corresponde à Formação Três Marias, descrita como sequência de arcósio, siltito micáceo, grauvaca siltica e arenito arcosiano. Mais ao sul, as unidades L e G correspondem à Formação Para opeba, constituída de rochas carbonáticas e pelíticas; engloba as Forma ções Sete Lagoas, Lagoa do Jacaré, Serra Santa Helena e Samburá, de di versos autores. A oeste de Carmo do Paranaíba a unidade F corresponde à III.1

- 30 -

Formação Paraopeba; não foi, entretanto, observado o contato destas r<u>o</u> chas com os granitos e gnaisses, como mostra o mapa de Braun, por apr<u>e</u> sentarem na imagem as mesmas características de interpretação.

VI.7 - BRANCO, José Jaime R. - Roteiro para a Excursão Belo Horizonte -Brasília (1961). Perfil GG' (Figura 6).

O roteiro da excursão Belo Horizonte - Brasilia, ao lon BR-040, passa principalmente sobre rochas do Grupo Bambuī: go da calcário, ardósia e siltito. O contato com o gnaiss a norte de Belo Ho rizonte coincide com o perfil, desprezando-se pequenas ocorrencias de gnaisses nos vales. Não se observa, entretanto, relações entre as dife rentes litologias e as unidades mapeadas na area:  $G_1$ ,  $G_2$ ,  $G_3$ ,  $G_4$ , I e L. Melhor definido está o contato com os arenitos cretáceos a oeste do Rio Abaeté (unidade J) e também o contato inferior deste arenito com o calcário do Grupo Bambuí (unidade G). O arenito cretáceo nessa área é mo xo avermelhado com estratificação cruzada e grãos bem rolados, e estā a uma altitude média de 830 m.

VI.8 - BARBOSA, Octavio & OPPENHEIM, Victor - Sobre a Geologia da  $B_{\underline{a}}$ cia do São Francisco no Norte de Minas Gerais (1937). Área 2 (Figura 6).

Um trabalho de reconhecimento geológico foi feito pelos autores acima na região da bacia do São Francisco, estendendo-se desde Curvelo ao norte de Belo Horizonte, até o rio Carinhanha, limite com o Estado da Bahia. Maior atenção é dada à descrição das rochas da "Série" Bambuí e dos arenitos da Chapada de Boa Vista e das Gerais de Januária.

Estes arenitos caracterizariam a fácies continental da "Série" Bauru, segundo proposta dos autores; representadas na interpr<u>e</u> tação pelas unidades J e K.

•			Ŧ				
	OLIVETRA M.A.N.	HASUI, Y	LADEIRA, E.A. et.	PFLUG, R. et. al.	DNPM	BRAUN O.	BRANCO, J.J.R.
	(1961)	(1968)	al. (1968)	(1973)	(1967)	(1968)	(1961)
	F. Sete Lagoas (G. Rambur)	-			Aluviões/G.Bambuī	F. Paraopeba	
X	F. Urucuia F. Uberaba	F. Uberaba	G. Mata da Corda			Cretãceo	
	F. Urucuia						Cretãceo
-		-					
I			G. Areado (F. Três Barras)			Cretãceo	: ; 
U	F. Tres Marias e G. Bambui (calc.)				G. Bambuĩ	F. Trēs Marias F. Paraopeba	
G5							
ດ <sub>4</sub>	F. Três Marias (G. Bambuī)		, 			_	
G <sub>3</sub>				••••			G. Bambul
G2	F. Lagoa do Jacaré (G. Bambuí)			G. Bambuĩ		:	
G				G. Bambuí			
ш	F. Santa Helena (G. Bambuī)					F. Paraopeba	
w	S. Jequitaĩ			F. Macaúbas	S. Minas		
٥	S. Lavraş			S. Minas.	S. Minas	· · · · ·	
υ				Pré-Minas			(gnaisses)
B				Prē-Minas			
<	S. Minas			Prē-Minas		•	•

TABELA 2 - QUADRO COMPARATIVO DA INTERPRETAÇÃO COM TRABALHOS GEOLÓGICOS NA REGIÃO DO ALTO SÃO FRANCISCO

III.1

ļ,

III.1



- 33 -

#### - 34 -

## CAPITULO VII

## INTERPRETAÇÃO GEOLÓGICA DA REGIÃO DA REPRESA DE FURNAS (MAPA 2)

## VII.1 UNIDADES FOTOGEOLÓGICAS

- a) b) Unidade A e B são separadas principalmente pelo tom cinza, o primeiro mais escuro e o segundo mais claro.
   As unidades A e B são interpretadas como pertencentes ao complexo cristalino, (Fig.12).
- c) Unidade C apresenta tom cinza médio e padrão de drena gem dendrítico, (Fig. 13).
- d) Unidade D é discordante sobre a unidade C, sendo do brada e falhada independentemente. Mostra textura de superficie lisa e planalto com topo plano, (Fig.13).
- e) Unidade E<sub>1</sub> a E<sub>4</sub> são separadas pela suas diferenças nos tons de cinza, padrão de drenagem e distribuição de veg<u>e</u> tação. Estas unidades estão em contato discordante com a unidade C. (Fig.13).
- f) Unidade F<sub>1</sub> ē facilmente separada da unidade B devido aos seguintes elementos (Fig.12):

UNIDADE F <sub>1</sub>	UNIDADE B
Tom cinza claro. Padrão de drenagem pouco denso. Textura de superfície lisa. Zonas de cultura agrícola.	Tom cinza escuro Não apresenta drenagem. Textura de superfície rugosa. Poucas zonas de cultura agríco la.

- f) Unidade F<sub>2</sub> mostra tom cinza escuro, padrão de drena gem pouco denso e restrita zona de cultura (Fig.12).
- β Unidade β apresenta-se topograficamente mais alta que as unidades circunvizinhas e pode ser delimitada por escarpas de erosão. Mostra também tons de cinza e textura de superfície rugosa grosseira, (Figs. 12 e 13).
- $\alpha$  Unidade  $\alpha$   $\overline{e}$  a estrutura circular do Maciço Alcalino de Peços de Caldas, (Fig.12).
- g) Unidade G pode ser separada das circunvizinhas pelo pa drão de drenagem. Na unidade G, as ravinas são bastan te pequenas, (Fig.13)
- h) Unidade H mostra tom cinza claro e padrão de drenagem dendrítico,(Fig.13).
- i) Unidade I mostra tom cinza escuro, textura de superfície lisa e relevo de mesa, com escarpas de erosão (Fig.13).
- j) Unidade J mostra tom cinza médio e textura de superfí cie lisa. Está em discordância sobre as unidades aci ma mencionadas (Figs. 12 e 13).

· · · ·

VII.2 - PROVÍNCIAS TÉCTÔNICAS

A ārea, a Norte da Represa de Furnas, pertence à "Bacia" do São Francisco. Esta "bacia" sedimentar está em contato com o Compl<u>e</u> xo Cristalino através de uma grande zona de falhamento transverso como está mostrado no mapa geológico.

A borda da Bacia do Paranã se estende a Oeste de Poços de Caldas.

## VII.3 - FALHAS E FEIÇÕES CIRCULARES DESCONHECIDAS

Com base nas categorias de reconhecimento de feições ind<u>i</u> cativas de falhamento mencionadas previamente, inúmeras grandes falhas são mostradas no mapa geológico por linhas tracejadas;fraturas são mo<u>s</u> tradas em linhas com tracejado mais curto.

Tabela 3 - Quadro Comparativo da interpretação com trabalhos Geológicos realizados na região da Represa de Furnas.

	BARBOSA O. et alii(1970)	IGG (1963)	OLIVEIRA M.A.F de (1972)
J			
l	F. AREADO		
Н			
G			
X		ALCALINAS	
ß		DIARESIO	
F <sub>2</sub>		51nbh310	
F <sub>1</sub>		GRUPO TUBARÃO	·
E4	F. PARAOPEBA		
E3	-(41 5/1002)		
E <sub>2</sub>			
E <sub>1</sub>			
D	G. IBIĀ G. CANASTA		
С	G. ARAXÃ		
В		PRE CAMBRIANO	GNAISSES
Α			

#### - 38 -

### CAPITULO VIII

# ANÁLISE COMPARATIVA DA FOTOINTERPRETAÇÃO COM TRABALHOS GEOLÓGICOS REA-LIZADOS NA ÁREA DA REPRESA DE FURNAS.

VIII.1 - BARBOSA, O. et alì - Geologia da Região do Triangulo Mineiro. (1970). Area 1 (Figura 7). Somente a parte sudeste da folha de Araxá,le vantada por Octavio Barbosa e outros para o "Projeto Chamines" está in cluída na fotointerpretação.

As unidades C e D correspondem tanto ao Grupo Canastra  $\underline{\infty}$ mo Araxã e Ibiã, não tendo sido possível estabelecer uma diferenciação nos elementos de interpretação nem relações de contato. Algumas falhas entretanto, coincidem com o mapa. As unidades  $E_3^{\odot}$  e  $E_4$  correspondem a ardósia, siltitos e margas da Formação Paraopeba (Grupo Bambuí), 0 con tato inferior da Formação Areado (unidade I) não apresenta na fotointe<u>r</u> pretação a mesma riqueza de detalhes que o mapa.

VIII.2 - Instituto Geográfico e Geológico - Mapa Geológico - Estado de São Paulo (1963) Área "(figura 7).

O contato das rochas da Bacia do Paranã (unidade F 1)com as do embasamento cristalino (unidades A e B) estã na fotointerpretação perfeitamente coincidente com o mapa geológico. A unidade F1 são rochas do Grupo Tubarão e as unidades F2 e β são em geral intrusivas básicas , não havendo coincidência apreciável dos contatos.



2. I.G.G. (1963)

**3**. OLIVEIRA, MAF de (1972)



VIII.3 - OLIVEIRA, M.A.F. de - Geologia - Petrologia da Região de São José do Rio Pardo, Estado de São Paulo (1972).

Consta de levantamento geológico de grande detalhe sobre rochas metamórficas; regionalmente ocorrem "... gaisses homogêneos de composição que varia de granítica a diorítica, intercalados em migmat<u>i</u> tos, e associados a granulitos ...".

Correspondem à unidade B da fotointerpretação.







Fig. 8 - Imagem E-1048-12321 - canal 5.

III.1



Fig. 9 - Imagem E-1048-12314 - canal 5.

c

III,1

- 43 -



Fig. 10 - Imagem E-1048-12312 - canal 5.

Ш.]



Fig. 11 - Imagem E-1048-12305 - canal 5.

III.1'



Fig. 12 - Imagem E-1048-12330 - canal 5.



Fig. 13 - Imagem E-1048-12323 - canal 5.

- 49 -

Journal of Science, XIX: (CXI), 236.

DERBY, O.A. - The Serra do Espinhaço, Brasil - The Journal of Geology, 14: 374-401, 1906.

DIETER, S. - Towards earth resources satellites. The American ERTS and SKYLAB programs. *Photogrammetria*, 27: 211-251, 1971.

FREYBERG, B. VON - Ergebnisse geologischer Lorschungen in Minas Gerais (Brasiliens). Neues Jahrbush für Mineralogic, Geologio und Paldontologic. Stuttgart, 403 pp., 1932.

- FREYBERG, B. VON Resultado das pesquisas geológicas em Minas Gerais, Brasil. XIX Congresso Brasileiro de Geologia, Simpósio das Formações eopaleozóicas do Brasil, Rio de Janeiro, 222 pp., 1965.
- HASUI, Y. A Formação Uberaba. Anais do XXII Congresso, Sociedade Br<u>a</u> sileira de Geologia. Belo Horizonte, 167-179, 1968.
- INSTITUTO GEOGRÁFICO E GEOLÓGICO Mapa Geológico do Estado de São Pa<u>u</u> Lo. Escala 1:1.000.000, 1963.
- LADEIRA, E.A. & BRITO, O.E.A. Contribuição à geologia do planalto da Mata da Corda, *Anais do XXII Congresso*. Sociedade Brasileira de Geologia. Belo Horizonte, 181-199, 1968.
III.1

- LADEIRA, E.A. O Cretáceo em Minas Gerais. XXV Congreseo Brasileiro de Geologia. Resumo das comunicações. São Paulo, Bol.Esp. (1), p.229, 1971.
- OLIVEIRA, M.A.M. de Contribuição à geologia da parte Sul da bacia do São Francisco e áreas adjacentes. *Coletânea de Relatórios de Exploração I*, Petrobrás CENPES. Rio de Janeiro, pp. 71. 105, 1967.
- OLIVEIRA, M.A.F. de Geologia e petrologia da região de São José do Rio Pardo, Estado de São Paulo. Tese de doutoramento. Institu to Geocien. USP, 1972.
- PFLUG, R. & RENGER, F A evolução geológica da margem SE do craton São Francisco - XXVII Congresso Brasileiro de Geologia. Simpósio pré-Cambriano do Craton. Comunicação. Aracaju,1973.

#### - 47 -

### CAPITULO IX

# CONCLUSÃO

Devido à baixa capacidade de resolução linear (70 - 100 metros), à falta de estereoscopia e à pequena escala (1:1.000.000), a imagem MSS pode somente fornecer aspectos geológicos generalizados.Ide<u>n</u> tificação de unidades estratigráficas necessárias em mapeamento geoló<u>gi</u> co comum, parece ser impossível. Agrupamento de diversas unidades estr<u>a</u> tigráficas de aparência similar em simples unidades é possível. Estas unidades fotogeológicas possuem utilidade prática na delimitação de pr<u>o</u> víncias tectônicas ou grandes relações de estruturas.

## REFERÊNCIAS

- BARBOSA, O. & OPPENHEIM, V. Sobre a Geologia da Bacia do São Francisco no Norte de Minas Gerais. *Mineração e Metalurgia*, II. (7)37-42, (8)121-124,1937.
- BARBOSA, O. & BRAUN, O.P. G.; DYER, R. C. & CUNHA, C.A.B.R. Geologia da Região do Triângulo Mineiro. D.N.P.M., bol.136:136, 1970.
- BRASIL. DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL. Folha de Pirapora. Escala 1:250.000, 1967.
- BRASIL. DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL . Mapa Geológico do Brasil. Escala 1:250.000, 1967.
- BRANCO, J.J.R. ed. Roteiro para a Excursão Belo Horizonte-Brasilia. XIV Congresso Brasileiro de Geologia. Belo Horizonte, Inst. Pesq. Radioat. Esc. Eng. UMG. Pub. 15:119,1961.
- BRAUN, O.P.G. Contribuição à Estratigrafia do Grupo Bambuí. Anais do XXII Congresso: Sociedade Brasileira de Geologia.Belo Horizonte,155-166, 1968.

DERBY, O.A. - Geology of the Rio São Francisco, Brasil. The American

EQUADOR  $\mathbb{C}$ O 









A GECLÓGICO DO CALIBRIANO	DA O ALIAZÔNICA	CONTENCÕES	Eur + Freedwood 	<sup>6</sup> منامد مد (درمان <u>دی ≜وطامعهداه،</u> Quotrace اکتر از ∆نیاند آنامدمری Congromerauce Catariot Defamites, Tufes etc.)	Er <u>cha</u> s Vi iar <u>cas</u> Anderitas, Rialitas, Daritas, gnimbilio, Queraskliras Brechas e Tuf <b>as</b> )	Rachas GranizzastGranitas, Granodioritos, Adamentos Dranites Granôficos, etc.)	<u>R</u> ochas Mriased <u>i</u> mentar <u>es</u> (Xistos, Quaitzitas, Itabiitai Fiirtas, Aztibalitas, etc.]	Çomplese kristolima Gneisses, Migmatiles, Anfibolises Granufises, Granites anatéticas, Metabasites Metavu cônicos, etc.)	<u>, san let si</u>	foine om en internet	<u> </u>
PRÉ.	REGIÃ	•	<b>u</b> [ <i>i</i>			0	X		<u>ک</u>	2.5	
	<b>\$</b> e.	A		<b>3</b>	۲ ۲		C. M. C. S. S. S. M. C. S. S. M. C. S.				<b>)</b> 





# APÉNDICE III.3 ao CAPÍTULO III

۰.

# AS APLICAÇÕES DE SENSORIAMENTO REMOTO EM GEOLOGIA E RECU<u>R</u> SOS MINERAIS NA REGIÃO AMAZÔNICA BRASILEIRA

Gilberto Amaral

COSPAR

VIIth Meeting Seminário - Relatório B.4.1 21 de junho de 1974 Auditório do INPE São José dos Campos

(\*) INPE e Universidade de São Paulo.

÷

. •

# AS APLICAÇÕES DE SENSORIAMENTO REMOTO EM GEOLOGIA E RECUR-SOS MINERAIS NA REGIÃO AMAZÔNICA BRASILEIRA

Gilberto Amaral

Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE) São José dos Campos - SP

Instituto de Geociências Universidade de São Paulo - SP São Paulo - Brasil

### SUMARIO

É discutida a utilização das imagens ERTS-1 e de radar de vi sada lateral para o mapeamento geológico e prospecção de recursos minerais na região Amazônico-Brasileira. A capacidade repetitiva do sistema ERTS provou ser bem sucedida na obtenção de uma cobertura quase completa, sem cobertura de nuvens, para os 5 milhões de quilômetros quadrados desta região. Uma ampla comparação entre os dois sistemas tem mostrado os dado multiespectrais do programa ERTS-1 tem maior capacidade para aqueles ob jetivos, pois que eles fornecem uma quantidade semelhante de informacõe estruturais, mas formece também una quantidade maior de informações litológica: Alguns grandes depositos minerais e unidades geologicas altamente prospe tivos tais como as 17 bilhões de toneladas de minerio de ferro da Ser

dos Carajãs e os granitos estaníferos do Vale do Rio Xingú, são claramen te observáveis nas imagens ERTS. Com a ajuda dos dados de sensoriamento remoto, e usando a análise de literaturas como verdade terrestre, foi po<u>s</u> sível fazer um mapa geológico da região, na escala de 1:5.000.000, em apro ximadamente três meses.

### INTRODUÇÃO

O objetivo deste relatório é demonstrar a aplicabilidade das técnicas de sensoriamento remoto para o Mapeamento geológico e a prospec ção de minerais na Amazônia Brasileira. A discussão sobre o desempenho do radar de visada lateral - SLAR (side looking airbone radar) - ( Projeto RADAM) e as imagens multiespectrais do satélite ERTS-1 será apresentada para tais propósitos.

Na seleção de exemplos, foi dada ênfase ao seu interesse geo lógico ao invês da qualidade técnica dos dados. Por este motivo a Serra dos Carajãs e as regiões do Rio Fresco e Roraima foram selecionadas.

Os aspectos técnicos do sistema SLAR, usados pelo Projeto RADAM, foram discutidos por CRAIB (1972), GOODYEAR AEROSPACE CORPORATION (1971), GRAHAM (1971) e PETERSON (1971). A respeito do sistema ERTS os leitores devem se referir ao "ERTS Data Users Handbook (GENERAL ELECTRIC, 1971).

- 2 -

Resumidamente, o sistema SLAR em uma versão modificada do ra dar, de abertura sintética, modelo APE-102 T, trabalhando em banda-X (9.6 GHz). A altura do voo da aeronave foi de aproximadamente 11.000 m. sendo que uma faixa de terra de 37 Km é imageada continuamente. Os angulos de iluminação variam entre  $45^{\circ}$  (near rouge) e  $13^{\circ}$  (far rouge). A escala dos produtos da primeira geração foi 1:400.000, com uma resolução esperada de 16 m. O satélite ERTS-l está numa orbita circular de 920 Km sobre а superficie e com uma inclinação de 99<sup>0</sup> com relação ao equador. O plano de orbita e sincrono com o sol, o qual permite a observação de toda a ter ra a aproximadamente a uma mesma hora local. O principal sistema do sensor e um imageador multiespectral de quatro canais operando nas seguintes faixas de comprimento de onda:

> Canal 4 - 0,5 a 0.6 micrometros Canal 5 - 0,6 a 0.7 " Canal 6 - 0,7 a 0.8 " Canal 7 - 0,8 a 1.1 "

Cada um dos dois sistemas de sensoriamento remoto tem suas características peculiares. As imagens ERTS, no Canal 5, acentuam feições culturais e realçam a cobertura vegetal. As imagens do Canal 7 apresentam normalmente tonalidade mais clara devido a alta refletividade da vegetação na região do infravermelho, realçando a morfologia e os padrões de drena gem. As imagens SLAR exibem muito bem a morfologia do terreno, resultado do baixo angulo iluminação.

----

As medidas densitrométricas indicam que as imagens de radar têm uma pequena variação de tons de cinza, quando comparados com aquelas do ERTS, as primeiras com 4-5 e as últimas com 10-18 (para cada canal ) tons de cinza. Esta é a razão principal para o melhor desempenho das im<u>a</u> gens ERTS na identificação litológica.

No caso da interpretação estrutural, três fatores devem ser colocados em questão: morfologia, padrões de drenagem e contatos pronuncia dos entre as diferentes litologias. Para o primeiro à superioridade das imagens SLAR estã fora de questão. No entanto em exame cuidadoso das ima gens ERTS, no Canal 7, pode levar a resultados similares. Além disso, co mo o sombreamento é uniforme, no caso das imagens ERTS, a morfologia aparente estã prôxima da realidade, reduzindo erros de interpretação origina dos pela típica variação do sombreamento nas imagens de radar.

Para analise de drenagem as imagens de SLAR apresentam alguns problemas devido ao excesso ou a falta de sombreamento, respectiva mente em alto relevo e áreas planas. Com a exceção dos rios permanentes é usualmente difícil integrar as linhas de drenagem nas imagens de radar. Os canais 5 e 7 são excelentes para a análise de drenagem, mesmo em áreas intensamente vegetadas. Rios e riachos aparecem bem no canal 7, mesmo

- 4 -

quando são pequenos e cobertos pela selva (igarapés). Neste caso, o exces so de água causa um decréscimo na densidade da floresta resultando em zonas em tons mais escuros. Quando secos, os rios são bem marcados, no canal 5, devida a falta de cobertura vegetal e exposição do fundo.

A distinção de feições estruturais por contatos buisãos en tre diferentes litologias é quase que exclusiva das imagens ERTS. Deve ser mencionado aqui que fotografias multiespectrais e falsa cor tirada pelo RADAM apresentam semelhanças com as imagens ERTS. No entanto, devido à in tensa cobertura de nuvens e à falta de repetividade, cerca de 60%, destas fotos, não podem ser usadas.

## DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A - Região da Serra dos Carajãs

Os canais do ERTS 5 e 7 e respectivo mosaico do SLAR são mo<u>s</u> trados respectivamente nas figuras 1, 2 e 3. A figura 4 apresenta o mapa geológico correspondente, obtido pela interpretação das imagens ERTS, com a ajuda dos dados de campo. Os principais comentários são:

1 - O canal 5 do ERTS e excelente para a delineação de feições resultantes da ocupação humana ( estradas, fazendas, etc.) cobertura vegetal e · principais linhas de drenagem;

- 5 -

- 2 As areas de baixa vegetação "clareiras" desenvolvidas sobre os deposi tos de ferro do Distrito da Serra dos Carajãs são perfeitamente mostra das em ambas as imagens ERTS, mas não no mosaico do radar;
- 3 O canal 7 do ERTS e excelente para a analise do padrão de drenagem mes mo quando os rios estão cobertos pela selva. Nesta imagem existe alguma penetração através das nebulosidades.
- 4 A grande discordância existente entre o Grupo Tocantins e o Grupo Ser ra dos Carajãs é claramente mostrada pelo canal 7 do ERTS e do mosaico do SLAR. Isto é devido a uma falha de empurrão em direção N-S e mergulho 40<sup>0</sup>E;
- 5 As diversas unidades geológicas mostradas na figura 4 foram identif<u>i</u> cadas pela sua expressão espectral, morfológica e estrutural.

B - Região de Roraima

As figuras 5,6,7 e 8 mostram, respectivamente os canais 5 e 7 do ERTS, o mosaico SLAR, e o mapa geológico correspondente (obtido pela interpretação das imagens ERTS com a ajuda de dados de campo), para a porção mais ao norte do Território de Roraima e regiões vizinhas da Venezuela e Guiana. Os principais comentários que podem ser feitos são:

 1 - A vegetação dominante e do tipo cerrado, o que resulta em uma melhor definição de diferentes feições nas imagens do canal 5, como oposto

- 6 -

as imagens correspondentes do exemplo anterior. Nestas condições esta imagem permite excelente interpretação litológica e estrutural;

- 2 A floresta do tipo Amazônico aparece somente na parte oeste da região, a aparece preto no canal 5 e próximo do branco no canal 7 das imagens ERTS;
- 3 Um tipo intermediário de vegetação é desenvolvido sobre solos originãrios de granitos e rochas básicas. A vegetação na planície aluvial é quase que inexistente;
- 4 Uma textura mosqueada e lineações curvas caracterizam áreas de ocor rência de rochas vulcânicas;
- 5 Um exame de diques de idade Mesozóica é mostrado claramente no canal 5 do ERTS;
- 6 Uma falha, provavelmente da idade Quaternaria, é claramente vista na porção sudeste da região, afetando os sedimentos aluvionares, em ambos os canais de ERTS, mas não nas imagens SLAR.

C - Região do Rio Fresco

As figuras 9,10,11 e 12 mostram, respectivamente, as imagens ERTS nos canais 5 e 7, o mosaico do SLAR e o mapa geológico correspondente para a região do Rio Fresco, na porção sul do Estado do Pará. Os coment<u>á</u> rios principais, derivados da análise dos dados de sensoriamento remoto, são:

- 1 A formação GOROTIRE (arenito) é perfeitamente identificada em ambas as imagens ERTS, devido às suas características espectrais. No mosaico do SLAR é delineada por sua expressão morfológica, mas não tão bem quanto no caso anterior;
- 2 Os depositos de ferro do Distrito de São Felix são distinguidos da mes ma maneira daqueles da região da Serra dos Carajãs, e não podem ser identificados no mosaico do SLAR;
- 3 Dois tipos diferentes de granito podem ser individualizados nas imagens ERTS por suas características espectrais e forma de intrusão.
  Uma exibe um tom claro no canal 7, um tom escuro no canal 5, e limites irregulares. O outro tem características tonais opostas e limites bem delineados, os quais apresentam uma forma arredondada. As anterio res estão associadas com rochas vulcânicas da Formação Rio Fresco. Os últimos são mais novos e, em dois casos, são mineralizados em estanho.
- 4 As rochas vulcânicas da Formação Rio Fresco são caracterizadas por uma textura mosqueada no canal 7 da imagem ERTS. As rochas sedimentares desta unidade exibem um tom claro e uma textura uniforme;
- 5 Um enxame de diques cortando a Formação GOROTIRE é claramente discerni vel em ambas as imagens ERTS, mas não no mosaico do SLAR.

- 8 -

### CONCLUSÕES

Os exemplos apresentados acima são auto-explicativos e não necessitam discussão detalhada. Eles demonstram a aplicabilidade das téc nicas de sensoriamento remoto para pequenas escalas de mapeamentos geol $\underline{0}$ gicos e prospecção mineral da região Amazônica.

Se os dados de sensoriamento remoto forem usados nos estágios iniciais de programas sistemáticos de mapeamento geológico, eles pe<u>r</u> mitirão a otimização de trabalho de campo, e portanto mesmo significante redução de custos.

Com o objetivo de elaborar uma sintese da geologia Precambriana da região Amazônica, o autor interpretou aproximadamente 120 mosaicos do SLAR e 80 pares de imagens ERTS em mais ou menos três meses (AMARAL 1974). Os dados de verdade terrestre foram fornecidos pela análise da literatura e dados coletados em trabalhos de campo anteriores. Durante 0 trabalho foi dado enfase somente para aquelas estruturas relevantes para o problema e representaveis em escala de 1:5.000.000. É opinião do autor que para tais casos as imagens ERTS são muito mais efetivas que os mosaicos do SLAR. No caso do Brasil, um Km<sup>2</sup> de imagem ERTS custa aproximadamente US\$ 0,15, o que inclue os custos de aquisição e manutenção do nosso siste ma de recepção e processamento de dados. Os custos da aquisição das imagens do SLAR são aproximadamente de US 5.00.

III.3

## BIBLIOGRAFIA

- AMARAL, G. 1974 Geologia Pré-Cambriana da Região Amazônica. Tese de Livre-Docência, Instituto de Geociências da U.S.P., 200 pp.
- CRAIB, K.B. 1972 Synthetic Aperture SLAR Systems and their application for regional resources analysis. In: "Remote Sensing of Earth Resources - F. Shahrokhi, Editor". Space Institute, University of Tennessee, <u>1</u>: 152-178.
- GENERAL ELECTRIC (Space Division) 1971 Earth Resources Technology Satellite - Data Users Handbook. Document nº 71 D 4249.
- GOODYEAR AEROSPACE CORPORATION 1971 Simplified description of the principles and applications of synthetic aperture terrain imaging radar. Publication GIB-9202, 48 pp.
- GRAHAM, L.C. 1971 Synthetic aperture radar. Part 1 System principles. Goodyear Aerospace Corp. Publ. GIB-9215: 1-88.
- PETERSON, R.K. 1971 Synthetic aperture radar, Part 2 Optical data processors. Goodyear Aerospace Corp. Publ. GIB-9215: 89-155.



Fig. 1 - Imagem ERTS, canal 5, da região da Serra dos Carajãs, Estado do Parã, Brasil.



Fig. 2 - Imagem ERTS, canal 7, da região da Serra dos Carajãs, Estado do Parã, Brasil.



Fig. 3 - Mosaico de imagem do Radar de Visada Lateral para a região da Serra dos Carajãs, Estado do Parã, Brasil.



 Fig. 4 - Mapa geológico da região da Serra dos Carajás obtido pela interpretação das imagens ERTS-1 e dados de campo. Convenções: 1-canga late rítica associada com depósitos de ferro; 2 - rochas Fanerozóicas; 3-diques de diabásio; 4-Formação Gorotire; 5-Grupo Tocantins;7-Grupo Serra dos Carajás; 8-Complexo cristalino; 9-Falhas (em geral); 10-Falhas de empurrão; 11-Contatos; 12-Lineamentos; 13-Estradas; 14-Rios.



24HAR7'S C N84-24/H060-22 N N84-23/H060-15 MSS 5 R SUN EL52 R2106 188-3121-N-1-N-D-2L NRSH ERTS E-124-13465-5 02









Fig. 7 - Mosaico de imagem do Radar de Visada Lateral da parte norte do Terri tório de Roraima, Brasil.



Fig. 8 - Mapa geológico da parte norte do Território de Roraima obtido pela in terpretação das imagens ERTS e dados de campo. Convenções: l-depósitos aluviais; 2-Diques de diabásio; 3-Diques básicos; 3-Intrusivas básicas; 4-Formação Roraima; 5-Granitos; 6-Rochas vulcânicas; 7-Contatos; 8-Lineamentos; 9-Falhas; 10-Vilas; 11-Estradas; 12-Rios; 13-Limites interna cionais; 14-Limites de cobertura de núvens.



Fig. 9 - Imagem ERTS, canal 5, para a região do Rio Fresco, Estado do Para, Brasil.

- 19 -



Fig. 10 - Imagem ERTS-1, canal 7, para a região do Rio Fresco, Estado do Parã, Brasil.

ŝ



Fig. 11 - Mosaico de imagem do Radar de Visada Lateral para a região do Rio Fresco, Estado do Parã, Brasil.

a formular concerna

1.4

11F.3



Fig. 12 - Mapa geológico para a região do Rio Fresco obtido pela interpre tação das imagens ERTS-1 e dados de campo. Convenções: 1-deposi tos aluviais; 2-canga laterítica associada com depositos de fer ro; 3-Granitos mais jovens; 4-Diques de diabásio; 5 -Formação Gorotire; 6-Granitos mais antigos; 7-Rochas vulcanicas da Forma ção Rio Fresco; 8-Rochas sedimentares da Formação Rio Fresco; 9-Intrusões dioríticas; 10-Grupo Serra dos Carajãs; 11-Complexo Cristalino; 12-Contatos; 13-Lineamentos; 14-Falhas; 15-Rios; 16-Limites de cobertura de núvens.