



PALAVRAS CHAVES/KEY WORDS

AUTORES
AUTHORS

QUALIDADE DE ÁGUA
SENSORIAMENTO REMOTO

AUTORIZADA POR/AUTHORIZED BY

Roberto Pereira da Cunha
Diretor Sens. Remoto

AUTOR RESPONSÁVEL
RESPONSIBLE AUTHOR

Myrian de M. Abdon
Myrian de M. Abdon

DISTRIBUIÇÃO/DISTRIBUTION

INTERNA / INTERNAL
 EXTERNA / EXTERNAL
 RESTRITA / RESTRICTED

REVISADA POR / REVISED BY

Evelyn M.L. de Moraes Novo

CDU/UDC

528.711.7:556.531(814.1)

DATA / DATE

Setembro 1989

TÍTULO/TITLE	<p>PUBLICAÇÃO Nº PUBLICACION NO</p> <p>INPE-4918-PRE/1517</p> <p>ANÁLISE DE PARÂMETROS DE QUALIDADE DE ÁGUA DO RIO PIAUÍ (SE), BRASIL, ATRAVÉS DE DADOS DE CAMPO E DO SENSOR TM/LANDSAT</p>
	<p>AUTORES/AUTHORSHIP</p> <p>Myrian de M. Abdon Valdineide B. Santana - UFSE</p>

ORIGEM
ORIGIN

DPA

PROJETO
PROJECT

MANGUE

Nº DE PAG.
NO OF PAGES

06

ULTIMA PAG.
LAST PAGE

05

VERSÃO
VERSION

Nº DE MAPAS
NO OF MAPS

RESUMO - NOTAS / ABSTRACT - NOTES

Dados de transparência da água, profundidade local, temperatura e salinidade da superfície da água do Rio Piauí, no Estado de Sergipe, Brasil, foram coletados simultaneamente com dados digitais de imagens do sensor TM/LANDSAT nas bandas espectrais do visível e infravermelho próximo, médio e termal. Foram feitas análises da correlação de dados de campo e dados de satélite em suas formas original e processada. Os resultados são apresentados e discuti dos baseados nos coeficientes de correlação com o objetivo de aprimorar mêto dos de estudo de qualidade de água através de sensoriamento remoto.

OBSERVAÇÕES / REMARKS

Trabalho aceito para apresentação no XIV Congresso Brasileiro de Cartografia, em Gramado-RS, no período de 21 a 26 de maio de 1989.

ANÁLISE DE PARÂMETROS DE QUALIDADE DE ÁGUA DO RIO PIAUÍ (SE), BRASIL,
ATRAVÉS DE DADOS DE CAMPO E DO SENSOR TM/LANDSAT

Myrian de Moura Abdon
Instituto de Pesquisas Espaciais
Caixa Postal 515 - 12201 - São José dos Campos, SP, Brasil

Valdineide Barbosa de Santana
Universidade Federal de Sergipe
Departamento de Biologia
Campus Universitario
49000 - Aracaju (SE)

RESUMO

Dados de transparência da água, profundidade local, temperatura e salinidade da superfície da água do Rio Piauí, no Estado de Sergipe, Brasil, foram coletados simultaneamente com dados digitais de imagens do sensor TM/LANDSAT nas bandas espectrais do visível e infravermelho próximo, médio e termal. Foram feitas análises da correlação de dados de campo e dados de satélite em suas formas original e processada. Os resultados são apresentados e discutidos baseados nos coeficientes de correlação com o objetivo de aprimorar métodos de estudo de qualidade de água através de sensoriamento remoto.

ABSTRACT

Water transparency, depth, tides, temperature and salt content data for the surface waters of River Piauí, Sergipe State, Brazil, were collected simultaneously with the recording of digital TM/LANDSAT satellite images in the visible, near, mid and thermal infrared spectral bands. Correlation analysis of field and satellite data in their original or processed from were performed. The results are presented and discussed based on the correlation coefficients with the objective of advancing the methods for studies of water quality through remote sensing.

1. INTRODUÇÃO

Estuários circundados por vegetação de mangue são as áreas potencialmente mais produtivas de regiões costeiras (Tundisi, 1980). Uma grande quantidade de material em suspensão e matéria orgânica dissolvida é encontrada nestes ambientes e contribuem na penetração qualitativa da luz na água (Fischer e Koepke, 1984; Tundisi, 1980).

São necessários diversos tipos de informação, cada vez mais abrangentes, no monitoramento destes ambientes, e o desenvolvimento de técnicas de sensoriamento remoto pode agilizar a obtenção de dados e minimizar os custos destes estudos (Braga e Abdon, 1986).

Este trabalho é uma avaliação dos dados espectrais do sensor TM do satélite LANDSAT e tem como objetivo aprimorar métodos de tratamento de imagens para auxiliar nos estudos de qualidade de água em regiões de estuários.

2. ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo se localiza no sul do Estado de Sergipe, entre as latitudes $11^{\circ}16'S$ e $11^{\circ}28'S$ e as longitudes de $37^{\circ}18'W$ e $37^{\circ}28'W$, como pode ser observado na Figura 1. Esta área corresponde à parte do leito do rio Piauí que se estende da Barragem de Estância até a foz do rio, no Oceano Atlântico.

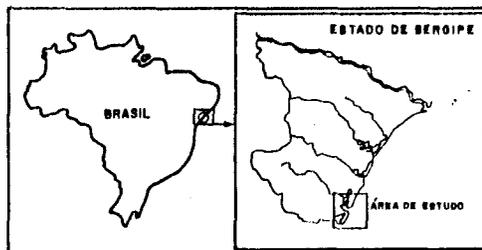


Fig. 1 - Área de estudo.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Os materiais e métodos utilizados neste trabalho são descritos a seguir.

3.1 - DADOS DE CAMPO

Foram selecionados 24 pontos ao longo do Rio Piauí para a coleta de amostras de água e medidas diversas obtidas em horário próximo ao da gravação de imagens orbitais do TM/LANDSAT, tendo por finalidade o interrelacionamento des

ses dados. Esses pontos estão indicados na Figura 2.

Nos dias 14 e 30 do mês de setembro de 1987, foram realizados trabalhos de campo coincidentes com as passagens do satélite TM/LANDSAT neste período, na área de estudo. Foram coletadas informações sobre temperatura e salinidade da superfície, profundidade do disco de Secchi e profundidade local.

3.2 - IMAGENS DE SATÉLITE TM/LANDSAT

3.2.1 - CARACTERÍSTICAS DAS IMAGENS

As imagens do TM/LANDSAT foram obtidas em duas datas diferentes (14/09/87, 30/09/87) e possuem as seguintes características:

- Imagens obtidas do sensor TM do satélite LANDSAT-5 (órbita 215, ponto 68, quadrante B). Foram gravados todos os canais de 1 a 6, que correspondem às informações nos intervalos espectrais de $0,45\mu\text{m}$ a $0,52\mu\text{m}$, $0,52\mu\text{m}$ a $0,60\mu\text{m}$, $0,63\mu\text{m}$ a $0,69\mu\text{m}$, $0,76\mu\text{m}$ a $0,90\mu\text{m}$, $1,55\mu\text{m}$ a $1,75\mu\text{m}$ e $10,40\mu\text{m}$ a $12,50\mu\text{m}$ respectivamente. Este satélite possui uma repetitividade de imageamento de 16 dias, cobrindo uma faixa de 185km . Nos canais de 1 a 5 o elemento de resolução na terra é aproximadamente 30m e no canal 6, infravermelho termal, 120m .

3.2.2 - ETAPAS DO PROCESSAMENTO SEMI-AUTOMÁTICO

As etapas do processamento semi-automático das imagens LANDSAT foram realizadas no Sistema Interativo de Análise de Imagens Multiespectrais IMAGE-100 do INPE.

● Processamento Preliminar

Inicialmente a área de estudo foi dividida em dois módulos que foram tratados separadamente usando-se a mesma metodologia. Utilizando-se o programa "ESCALA" (Ribeiro et al., 1981) os módulos foram ampliados à $1:50.000$. O módulo localizado mais ao norte da área contém os pontos amostrados no campo, numerados de 1 a 11, e o módulo mais ao sul, contém os pontos de 12 a 24.

● Obtenção de Níveis de Cinza

Foram obtidos valores originais de níveis de cinza dos 24 pontos amostrados, nas imagens de 14/09 e 30/09 nas bandas espectrais 1, 2, 3, 4, 5 e 6. Cada ponto localizado na área através do menor cursor equivale, na escala trabalhada de $1:50.000$, a quatro pixels (2×2) da imagem. Somente no canal 6 o cursor corresponde a 64 pixels (8×8).

Foram também extraídos níveis de cinza dos 24 pontos após as imagens originais terem sido tratadas pelo programa "RATIO" de razão dos canais, obtendo-se a razão do canal 2 pelo canal 3. Segundo Muralikrishna (1983) a razão do canal 2 pelo 3 resulta em índices que são correlacionáveis com a quantidade de material em suspensão na água.



Fig. 2 - Pontos de coleta de amostras de água ao longo do Rio Piauí (SE).

3.3 - CORRELAÇÃO DOS DADOS DE CAMPO COM DADOS DE SATÉLITES

As séries de dados de campo obtidos em 14/09/87 e 30/09/87, de temperatura e salinidade da superfície, profundidade do disco de Secchi, e profundidade local, foram correlacionadas com dados digitais originais, obtidos nos 6 canais do LANDSAT, anteriormente especificados. As informações de campo foram também correlacionadas aos dados digitais obtidos após o uso do programa "RATIO". Devido à interferência das margens do rio na resposta espectral de alguns pontos na área de estudo e à presença de nuvens, considerou-se para os estudos de correção 18 pontos na data de 14/09/87 e 21 pontos na data de 30/09/87.

Foram considerados como dados digitais das imagens para correlação com dados de campo, tanto a média dos valores de níveis de cinza dos quatro pixels que correspondem à área delimitada pelo menor tamanho do cursor na escala de $1:50.000$, quanto o valor do pixel que dentre os 4 delimitados pelo cursor, encontra-se mais

distante das margens do rio. Desta forma, tentou-se eliminar o máximo da interferência de outros alvos presentes na área de estudo, diferentes do interesse.

A seguir podem ser observadas as tabelas com os valores dos coeficientes de correlação (r) e os limites de probabilidade obtidos através do valor (t) de "Student". Quando os valores de (t) calculados não excederam o limite de 10% de probabilidade, nas tabelas encontram-se apenas os valores de (r).

TABELA 1

DADOS DE CAMPO X NÍVEIS DE CINZA ORIGINAIS DO PIXEL MAIS AFASTADO DAS MARGENS (14/09/87)

	B A N D A S				
	1	2	3	4	5
PROFUNDIDADE SECCHI	r 0,455 (.1)	r 0,259	r 0,384	r 0,061	r -0,061
PROFUNDIDADE LOCAL	r 0,240	r 0,335	r 0,323	r -0,272	r -0,002
SALINIDADE	r 0,774 (.001)	r 0,746 (.001)	r 0,454 (.1)	r -0,057	r 0,518 (.05)

TABELA 2

DADOS DE CAMPO X NÍVEIS DE CINZA ORIGINAIS DO PIXEL MAIS AFASTADO DAS MARGENS (30/09/87)

	B A N D A S				
	1	2	3	4	5
PROFUNDIDADE SECCHI	r 0,710 (.001)	r 0,604 (.01)	r 0,478 (.05)	r 0,369	r 0,606 (.01)
PROFUNDIDADE LOCAL	r 0,189	r 0,085	r -0,056	r -0,057	r 0,153
SALINIDADE	r 0,844 (.001)	r 0,712 (.001)	r 0,498 (.05)	r -0,497 (.05)	r 0,681 (.001)

TABELA 3

DADOS DE CAMPO X NÍVEIS DE CINZA ORIGINAIS DA MÉDIA DOS 4 PIXELS DO CURSOR (14/09/87)

	B A N D A S				
	1	2	3	4	5
PROFUNDIDADE SECCHI	r 0,534 (.05)	r 0,437 (.1)	r 0,409 (.1)	r 0,122	r 0,166
PROFUNDIDADE LOCAL	r 0,298	r 0,291	r 0,254	r -0,180	r 0,172
SALINIDADE	r 0,814 (.001)	r 0,785 (.001)	r 0,466 (.1)	r -0,072	r 0,437 (.1)

TABELA 4

DADOS DE CAMPO X NÍVEIS DE CINZA ORIGINAIS DA MÉDIA DOS 4 PIXELS DO CURSOR (30/09/87)

	B A N D A S				
	1	2	3	4	5
PROFUNDIDADE SECCHI	r 0,707 (.001)	r 0,622 (.01)	r 0,438 (.05)	r 0,341	r 0,613 (.01)
PROFUNDIDADE LOCAL	r 0,155	r 0,047	r -0,134	r -0,179	r 0,239
SALINIDADE	r 0,865 (.001)	r 0,758 (.001)	r 0,547 (.05)	r 0,432 (.1)	r 0,666 (.01)

TABELA 5

DADOS DE CAMPO X NÍVEIS DE CINZA OBTIDOS PELO PROGRAMA "RATIO" DA BANDA 2/BANDA 3

	RATIO (14/09/87)		RATIO (30/09/87)	
	P	M	P	M
PROFUNDIDADE SECCHI	r -0,348	r -0,097	r 0,055	r 0,156
PROFUNDIDADE LOCAL	r -0,119	r -0,073	r 0,193	r 0,333
SALINIDADE	r 0,152	r 0,289	r 0,156	r 0,081

Obs.: P - Nível de cinza original do pixel mais afastado das margens.
M - Nível de cinza original da média dos pixels do cursor.

TABELA 6				
TEMPERATURA DE CAMPO X NÍVEIS DE CINZA DA BANDA				
INFRAVERMELHO TERMAL				
	BANDA 6: 14/09/87		BANDA 6: 30/09/87	
	P	M	P	M
TEMPERATURA	r -0,339	r -0,305	r -0,465 (.05)	r 0,437 (.1)

Obs.: P - Nível de cinza original do pixel mais afastado das margens.
M - Nível de cinza original da média dos pixels do cursor.

Em função dos coeficientes de correlação obtidos entre informações de campo e níveis de cinza originais nas bandas de 1 a 5 da imagem do dia 14/09/87, pode-se dizer que apenas a salinidade apresentou boa correlação nas bandas 1 e 2 do LANDSAT-TM.

Esperava-se também uma boa correlação com profundidade de Secchi e informações das bandas 1 e 2 do LANDSAT, que são bandas que definem intervalos de comprimento de onda onde há maior penetração na água. No entanto, acredita-se que bons resultados na correlação não tenham sido alcançados devido a uma não satisfatória obtenção de medidas de campo, em relação à profundidade do disco de Secchi. Na coleta do dia 14/09/87, houve a predominância do valor 1,40m de profundidade de Secchi. Foram consultados os mapas de batimetria elaborados pela "Diretoria de Hidrografia e Navegação", da Marinha do Brasil, para a região de interesse e, também foram comparados os dados de profundidade de Secchi de 14/09/87 aos de 30/09/87. Constatou-se a impossibilidade da ocorrência de 1,40m de profundidade de Secchi em todos os locais onde este valor foi registrado, tanto pela profundidade local das regiões ser menor, quanto pela diferença da transparência da água observada nos diferentes pontos da região. Desta forma resolveu-se considerar os coeficientes de correlação relativos à profundidade de Secchi na data de 14/09/87 como resultados não confiáveis.

Em relação ao uso do programa "Ratio" da banda 2 pela 3, pode-se observar que não houve nenhuma correlação com a profundidade de Secchi, como citada por Muralikrishna (1983).

Os dados de temperatura da superfície da água obtidos em campo também não apresentaram correlação alguma com os dados obtidos na banda do infravermelho termal do LANDSAT-TM. Verificou-se que a resolução desta banda não foi suficiente para registrar diferenças significativas em regiões do estuário. Nas coletas de campo foi utilizado um termômetro com precisão de 0,5°C e as medidas resultantes limitaram-se a variar dentro de um intervalo de 1,0°C.

Os coeficientes obtidos com informação de campo correlacionadas a níveis de cinza originais nas bandas 1 a 5 da imagem do dia 30/09/87 foram, em parte, semelhantes aos encontrados para a imagem do dia 14/09/87, como podem ser observados nas tabelas 1 a 4.

No entanto, a profundidade do disco de Secchi correlacionada a dados das bandas 1, 2 e 5 apresentou altos coeficientes de correlação. A salinidade correlacionada às mesmas bandas também apresentou altos coeficientes de correlação.

4. CONCLUSÕES

- Os dados espectrais, em forma de níveis de cinza, das bandas 1, 2 e 5 do LANDSAT-TM, tiveram boa correlação com os dados coletados em campo de profundidade de Secchi e salinidade. Pode-se, inclusive, supor que a salinidade de esteja diretamente relacionada a concentração de sedimentos em suspensão nesta região do estuário.
- Não foi observada nenhuma relação significativa entre os dados espectrais originais tratados pelo programa "RATIO" do canal 2 pelo 3 e as informações de transparência da água, no caso, profundidade do disco de Secchi.
- A temperatura medida no campo não apresentou relação alguma com a variação da temperatura registrada pelo satélite LANDSAT-TM. Isso pode ser explicado em função da não adequada resolução da banda infravermelho termal deste satélite para estudos em estuários, onde a variação de temperatura na água tem uma amplitude muito pequena.
- As correlações feitas com informações da média dos 4 pixels do cursor apresentaram-se melhores que as feitas com o pixel que, dentre os quatro, encontrava-se mais afastado da margem. Isso indica que a boa localização dos pontos de coleta em campo, na imagem, leva a resultados bastante confiáveis.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRAGA, C.Z.F.; ABDON, M.M. Sensoriamento Remoto Aplicado à Estudos de Qualidade de Água do Mar em Regiões Costeiras - Uma Revisão Bibliográfica. Anais do II Simpósio Latino Americano de Sensoriamento Remoto, vol. 2 (no prelo), Gramado-RS, 10 a 15 de agosto de 1986.
- FISCHER, J.; KOEPKE, P. The influence of Pertubing Water Properties in Chlorophyll Mapping. Proceedings of IGARSS'84 Symposium, Strasbourg 27-30 August 1984.
- MURALIKRISHNA, I.V. LANDSAT Application to Suspended Sediments Evaluation. In Remote Sensing Applications in Marine Science and Technology. editado por A.P. Cracknell, D. Reidel Publ. Co. 1983, pp.317-327.

RIBEIRO, E.A.; MITSUO Ii; F.A.; MOREIRA, J.C.;
DUTRA, L.V. Manual dos Usuários dos Siste
mas de Tratamento de Imagens Digitais. São
José dos Campos, INPE, 1981.

LUNDISI, J.G. Ecologia Aquática no Brasil,
Problemas e Perspectivas. INTERCIENCIA,
vol. 5, nº 6, NOV-DIC, 1980, pp. 373-379.