

Estudo preliminar para a estimativa de níveis de eutrofização utilizando dados espectrais obtidos pelo sistema TM-LANDSAT: Reservatório de Paraibuna

Marisa Dintas Bitencourt Pereira
Departamento de Ecologia Geral - Instituto de Biociências
Universidade de São Paulo

RESUMO

O objetivo deste trabalho é calibrar o índice de eutrofização de Carlson (IEC) obtidos com dados de campo em relação ao mesmo índice obtido com medidas espectrais do satélite LANDSAT-5. Para isso, medidas de profundidade de disco de Secchi foram obtidas no campo em 12 pontos, em datas coincidentes com passagem do satélite. Ao relacionar estas medidas com as radiancias calculadas através dos níveis de cinza extraídos das imagens TM-2 e TM-3, observou-se uma relação não linear do tipo $y=ax^b$. Após análise regressiva observou-se que TM-2 é melhor estimador de profundidade de Secchi do que TM-3. Calculou-se assim IEC com dados de TM-2 e obteve-se os seguintes resultados: o braço Paraitinga é eutrófico e o corpo central em direção ao rio Negro mesotrófico.

ABSTRACT

The objective of this paper is to calibrate Carlson eutrophication index, obtained with field data, with respect to the same index obtained from LANDSAT-5 spectral data. Thus, 12 sites were sampled in the same day that satellite had passed. The regressive analyse of the radiance obtained from TM-2 and TM-3 digital counts has shown a non linear relation of the type $y=ax^b$. After such analyse it was found that TM-2 is better Secchi depth estimator than TM-3. For that reason, Carlson eutrophication index were calculated using TM-2 data. The results are the following: the Paraitinga branch is suppose to be Eutrophic and the central portion towards the Negro branch is suppose to be Mesotrophic.

1. INTRODUÇÃO

Vários são os fatores antrópicos que podem afetar a utilização e a vida útil de um reservatório, principalmente quando este se encontra próximo de grandes centros urbanos e se destina a fins hidroelétricos. A eutrofização é apenas um desses fatores e consiste de um processo de enriquecimento da água que ocorre naturalmente, em tempo geológico. Ela pode ser desejada ou não.

No Brasil, como os reservatórios são quase sempre construídos para fins hidroelétricos, a eutrofização é sempre indesejada pois, entre outras coisas, facilitam o desenvolvimento de vegetação flutuante que é extremamente prejudicial aos equipamentos geradores de energia elétrica.

A proximidade destes reservatórios de grandes centros urbanos, aceleram fortemente este processo causando danos irreparáveis.

Felizmente, alguns dos parâmetros indicadores no estado trófico da água se caracterizam por alterarem as propriedades ópticas da massa de água, tornando possível o uso de técnicas de sensoriamento remoto para detectar e quantificar estes parâmetros.

As últimas gerações de satélite possuem sistemas sensores cujas resoluções espectrais e espaciais são compatíveis com a dimensão dos reservatórios brasileiros, bem como com a dimensão dos seus problemas.

Embora nenhum dos parâmetros indicadores

sirva sozinho para determinar o estado trófico de uma massa de água ainda assim a estreita relação entre profundidade Secchi e concentração de clorofila "a" tem permitido que se façam algumas inferências baseando-se no fato de a transparência do Disco de Secchi cair pela metade toda vez que a biomassa algal dobrar. Baseado nesta observação empírica Carlson (1977) desenvolveu um índice que dá um número, de zero a 100, para os 3 clássicos estados tróficos: Eutrófico, Mesotrófico e Oligotrófico.

Este índice tem apresentado excelentes resultados quando se tentou estimar profundidade de Secchi com dados de satélite (Lillesand et al., 1983 e Lathrop e Lillesand, 1986)

Para se utilizar esta metodologia em reservatórios brasileiros, é preciso verificar de que maneira as variações observadas no campo aparecem nos dados de satélite.

Para isso, escolheu-se o Reservatório de Paraibuna que apresenta características peculiares capazes de proporcionar uma confiável calibração entre dados de campo e de satélite.

De posse das duas imagens de satélite, extraiu-se os dados espectrais na forma de níveis de cinza médios (NC), com o auxílio de um sistema interativo de tratamento de imagens multiespectrais. Estes NC foram transformados em radiancia (R) para que se pudesse calcular o Índice de Eutrofização de Carlson (IEC).

2 . DADOS DE CAMPO

O reservatório de Paraibuna, concluído em 1975, ocupa uma área de 188 Km² e é formado por três braços: o do rio Paraitinga, o do rio Paraibuna e o do rio Negro. O braço Paraitinga é rodeado por pecuária extensiva e os demais braços são rodeados com o que resta da Mata Atlântica. As profundidades máxima e mínima no centro de cada braço varia em torno de 90 a 25m respectivamente.

Para comparar dados de campo com dados de satélite, fez-se duas jornadas no campo, nos dias 01 e 17/07/1987, datas estas coincidentes com a passagem do satélite LANDSAT-5 pela órbita e ponto 218/76. Nestas jornadas mediu-se a profundidade com que o Disco de Secchi (DS) desaparecia na coluna de água, em 7 pontos do braço Paraitinga e 7 pontos no corpo central e Negro. O horário de medida foi entre 10 e 13:00 horas e foram feitas sempre pelo mesmo observador.

As medidas se iniciaram à jusante do rio Paraibuna e seguiram-se em direção da cachoeira do rio Negro, passando pelas duas barragens do reservatório.

Cada medida de DS foi obtida usando-se um disco branco de 20cm de diâmetro, com peso suficiente para afundar verticalmente. A escolha dos pontos foi feita com base em pelo menos três referências de campo e sempre a meio caminho, entre uma margem e outra.

3 . DADOS ESPECTRAIS

Utilizando-se imagens datadas de 01 e 17/07/87, nas faixas TM-2 e TM-4, e algoritmos disponíveis no sistema de tratamento de imagens do INPE (ou I-100), obteve-se saídas gráficas dos NC da massa de água nas faixas do verde (TM-2) e do vermelho (TM-3), na escala 1:50000.

Em seguida, procedeu-se ao cálculo de NC médios entre os pixels ao redor do ponto de coleta, evitando-se sempre os pixels próximos das bordas.

Os NC guardam uma relação muito íntima com a grandeza radiométrica que está associada a radiação emergente da massa de água, causada pelo espalhamento provocado pelas partículas em suspensão na água (Kirk, 1983). Esta grandeza é a radiância (R) que se relaciona com os NC da seguinte maneira:

$$R = NCp[(R_{max} - R_{min})/NC_{max}] + R_{min}$$

NCp = NC de um dado ponto

NC max = NC máximo do sistema (8 bits no caso Landsat-5).

Segundo a EROS DATA CENTER os dados para conversão são os seguintes:

	Rmin	Rmax	NCmax
TM-2	0,28	29,68	256
TM-3	0,12	20,43	256

Após a conversão dos NC médios em R procedeu-se a análise de como a R representa a profundidade DS.

Finalmente, comparou-se os IEC calculados com dados de campo e os IEC calculados com dados estimados a partir dos dados espectrais por

satélite.

4 . RESULTADOS PRELIMINARES

Em duas jornadas de campo amostrou-se 14 pontos. Contudo, a presença de algumas nuvens na passagem de 17/07/87 comprometeram o resultado espectral de 2 pontos amostrados.

A Tabela 1 apresenta os níveis de cinza médios do TM-2 e TM-3, as respectivas radiâncias e as profundidades de Secchi de cada ponto.

TABELA 1 Demonstrativo de dados espectrais e de campo.

Pontos	TM-2 (NC)	TM-3 (NC)	R _{TM-2} (mWcm ⁻² sr ⁻¹)	R _{TM-3} (mWcm ⁻² sr ⁻¹)	Prof. Secchi (m)
1	21	17	0,269	0,147	1,76
2	21	16	0,269	0,139	1,49
3	21	16	0,269	0,139	1,39
4	20	15	0,258	0,131	1,51
5	21	16	0,269	0,139	1,39
6	20	15	0,258	0,131	1,65
7	20	14	0,258	0,123	2,06
8	16	12	0,212	0,107	2,76
9	14	11	0,189	0,099	3,01
10	14	11	0,189	0,099	3,11
11	14	10	0,189	0,091	2,54
12	13	10	0,177	0,091	3,30

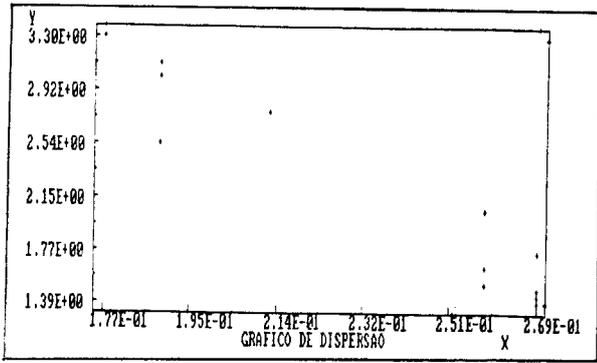
Os valores de R das duas faixas foram plotados contra os valores de DS. Os gráficos da Figura 1 mostram a dispersão de R_{tm-2} e R_{tm-3} contra DS (fig. 1 a,b). Em ambos os casos observou-se uma relação não linear do tipo y=ax^b. A curva de melhor ajuste é hiperbólica com expoente negativo, que lineariza quando transformada logaritmicamente (fig. 1 c,d). As duas últimas figuras mostram as curvas ajustadas e suas respectivas equações.

Como o coeficiente de correlação linear (r) de R_{tm-2} versus DS foi -0,94 e o de R_{tm-3} versus DS foi de -0,92, razão calculou-se os IEC com R_{tm-2}, conforme fórmula seguinte:

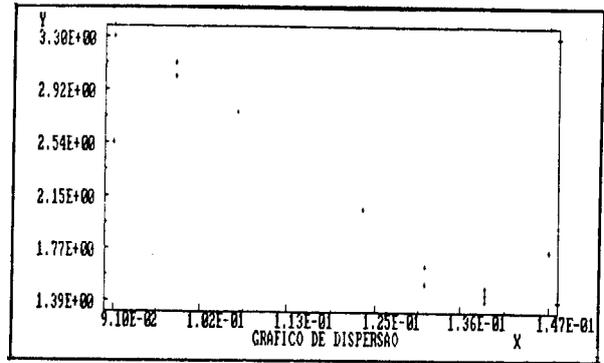
$$IEC = 10(6 - \ln DS)$$

Este índice varia de zero a 100 sendo que IEC = 0 corresponde a DS = 64m e IEC = 100 corresponde a DS = 0,06m.

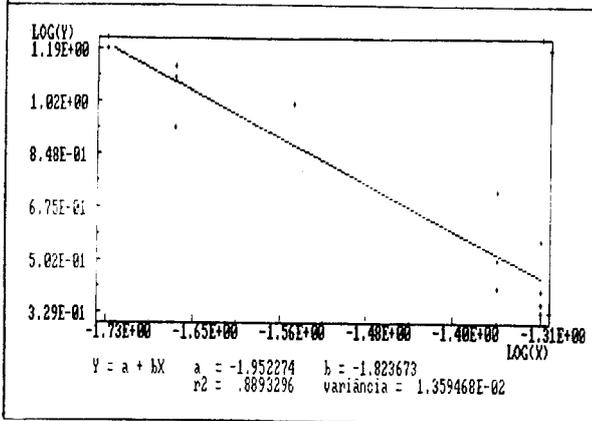
A Tabela 2 apresenta os IEC calculados por diferentes métodos e por diferentes autores. Esta comparação foi feita porque Carlson (1977) não arriscou em estabelecer de que índice a que



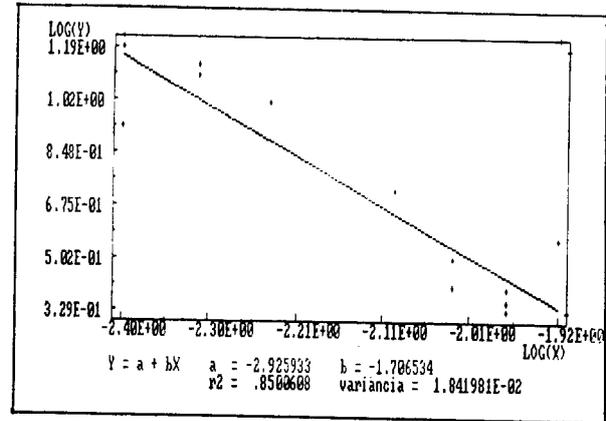
(a)



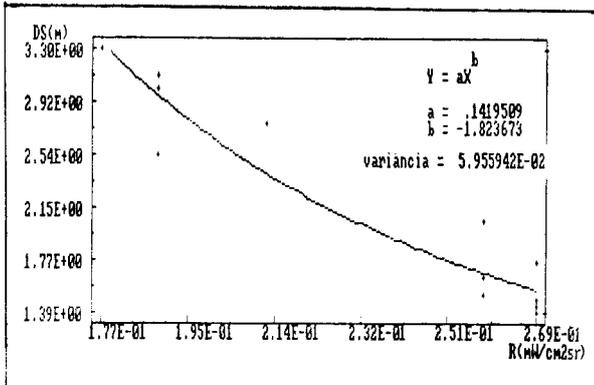
(b)



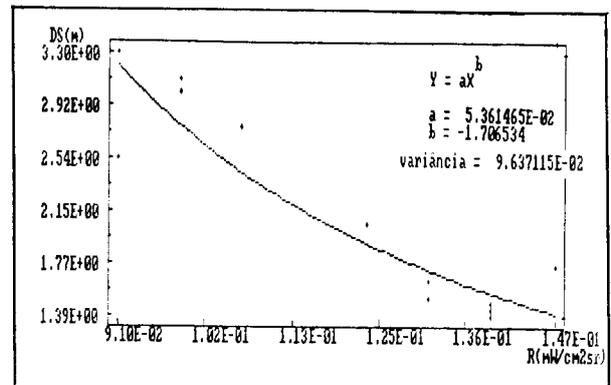
(c)



(d)



(e)



(f)

Fig. 1 a-b Dispersão das radiâncias (R), calculadas a partir das respostas espectrais provenientes da massa de água, em relação as medidas da profundidade de Secchi (DS)

c-d Retas da relação $\ln R \times \ln DS$ cujos coeficientes de correlação linear são: $r = -0,94$ e $r = -0,92$ respectivamente.

e-f Curvas ajustadas com as respectivas equações e variâncias.

a,c,e-referem-se aos níveis de cinza no TM-2
b,d,f-referem-se aos níveis de cinza no TM-3

Índice encontra-se as zonas eutróficas, mesotróficas e oligotróficas.

TABELA 2 Quadro comparativo do Estado Trófico (ET) obtido por diferentes autores com base na profundidade de Disco de Secchi em diferentes tipos de água.

Ponto	DS (m)	IEC TM-2	ET a	ET b	ET c	ET d
1	1,76	54	E	E	E	E
2	1,49	54	E	E	E	E
3	1,43	54	E	E	E	E
4	1,51	53	E	E	E	E
5	1,39	54	E	E	E	E
6	1,65	53	E	E	E	E
7	2,06	53	M	E	M-E	E
8	2,76	47	M	M	M	M
9	3,01	44	M	M	M	M
10	3,11	44	M	M	M	M
11	2,54	44	M	M	M	M
12	3,30	43	M	M	M	M

a = ET definido com base na prof. de Secchi média conforme a National Eutrophication Society, (Toledo Jr. et al., 1984).

b = ET definido com base na prof. de Secchi de lagos da Florida USA (Kratzer e Brezonik, 1981).

c = ET definido a partir da prof. de Secchi de lagos temperados (Lee et al., 1981).

d = ET definido com base nestes resultados preliminares.

5 . DISCUSSÃO PRELIMINAR

Os resultados aqui apresentados não são conclusivos. Novas tomadas de dados já foram realizadas e oportunamente serão publicadas. Por ora, observou-se: a) uma excelente correlação entre as radiâncias de ambas as bandas e a profundidade na qual o disco de Secchi desaparece na coluna de água; b) um ajuste entre dados de campo e de satélite com baixíssimas variâncias; c) que TM-2 é melhor estimado que TM-3 com base nos coeficientes de correlação linear obtidos; e d) que estes resultados corroboram as observações de Lathrop et al. (1986).

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao CNPq pelo financiamento deste projeto integrado de número 408012/86-ZO-XC, e à CESP pelo apoio logístico que tornou possível a obtenção de dados de campo.

6 . BIBLIOGRAFIA

- CARLSON, R.E. A trophic state index for lakes. *Limn. Oceanog.* 22(2):361-369, March, 1977.
- KIRK, J.T.). Light and photosynthesis in aquatic ecosystems. Cambridge Univ. Press, 1983.
- KRATZER, R.C.; Brezonick, P.L. A Carlson type trophic state index for nitrogen in Florida Lakes. *Water Res. Bull.* 17 (14):713-715, 1981
- LATHROP, R.G.; LILLESAND, T.M. Use of thematic

Mapper data to assess water quality in Green Bay and Central Lake Michigan, *PE&RS* 52 (5): 671-680, May 1986.

LEE, G.F. Rast, J.; Rast, W. Recent advances in assessing impact of phosphorus loads on eutrophication related water quality. *Water Res. Bull.* 16: 503-505, 1981.

LILLESAND, T.M.; JOHNSON, W.L.; DEWELL, K.L.; LINDSTON, O.M.; MEISNER, D.E. Use of LANDSAT data to predict trophic state of Minnesota Lakes. *PE&RS* 49(2):219-229, Feb. 1983.

TOLEDO Jr., A.P.; AGUDO, E.G.; TALARICO, M.; Chinez S.J. Aplicação de modelos Simplificados para a avaliação do processo da eutrofização em lagos e reservatórios tropicais. In: Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental, XIX - AIDIS, Santiago, Chile, 11-16 nov. 1984. *Anais.*