

Uso do sensor thematic mapper (Landsat-7) na análise da qualidade da água nas Lagoas Formosa (Goiás) E Bonita (DF)

Hermés Oliveira dos Anjos¹
Manoel Cláudio da Silva Júnior²

1. Universidade de Brasília (UnB), Departamento de Ciências Florestais/UnB. Doutorando: hermesoa@unb.br; hermesbrasil@uol.com.br
2. Universidade de Brasília (UnB), Departamento de Ciências Florestais/UnB. Professor pesquisador (PhD): mcsj@unb.br

Evaluation and bands selection of thematic map (landsat-7) sensor, for analysis of water quality in lagoa formosa (goiás) and bonita (df)

Abstract: The aim of this study was to use remote sensing as a tool to evaluate trophic levels in the ponds, and to suggest sites for water field sampling. The spectral analysis, using a 1999 image, including 1, 2 and 3 TM sensor bands, considered reflectance and color as a non-specific indicator of water quality. Both ponds showed high digital numbers which suggested more high degrees of eutrophication in these sites. The present analysis indicated suitable points for water sampling.

Palavras-chave: remote sensing, water quality, spectral analysis, sensoriamento remoto, qualidade da água, análise espectral, processamento de imagens.

Resumo: O objetivo desta pesquisa foi avaliar o potencial do Sensoriamento Remoto, com imagem TM de 1999, na avaliação dos níveis de trofia em pequenas lagoas em áreas urbanas, no entorno do Distrito Federal e Goiás e indicar pontos prioritários para a coleta de amostras de água para a avaliação direta. A análise espectral considerou a reflectância e sua relação com a qualidade da água e sua cor. A cor das lagoas foi utilizada como um indicador não específico da qualidade da água, através do uso das bandas 1, 2 e 3 do sensor TM do satélite Landsat-7 Etm. Ambas as lagoas mostraram, nas três bandas TM utilizadas, Números Digitais (NDs) bem maiores que o normalmente esperado, o que sugere graus mais elevados de eutrofização. A partir destas informações foram pré-definidas as áreas mais adequadas para as coletas em campo.

1. Introdução

Problemas complexos e interdisciplinares requerem muitas vezes a combinação de diferentes níveis de informações advindas de distintas fontes e estrutura de dados, para que possam ser solucionados. O presente trabalho apresenta os resultados da avaliação integrada de dados do meio físico, através da análise ambiental de áreas características de sistemas lênticos, denominadas lagoa bonita e lagoa formosa, ambas medindo respectivamente cerca de 1939640.918 m² (193.964 hectares) e 3613513.735 m² (361.351 hectares), abrangendo parte da Bacia Hidrográfica do Rio São Bartolomeu (lagoa bonita), especificamente a Unidade Hidrográfica (Sub-bacia) do rio Mestre Dármas e parte da Bacia Hidrográfica do Rio Maranhão.

Estas unidades hidrográficas (sub-bacia e bacia) apresentam graves problemas de contaminação por poluentes em decorrência do crescimento populacional do Distrito Federal e cidades do entorno (Planaltina, Planaltina de Goiás, etc.). Isto ocasiona uma ocupação desordenada do solo e leva ao surgimento de assentamentos, loteamentos e condomínios que ameaçam área de proteção integral como é o exemplo da Estação Ecológica das Águas Emendadas (EEAE), levando ainda à conseqüências antrópicas agravantes, tais como a descarga contínua de agrotóxicos e outros compostos químicos, pelo fato destas encontrarem-se situadas sob região de elevada atividade agrícola (figura 1), ameaçando os cursos dos rios Maranhão e Mestre Dármas.

A finalidade desse estudo foi obter dados para análise da qualidade da água destas referidas lagoas gerando uma estimativa de análise sob sua condição hídrica e ambiental, por meio da avaliação de áreas hídricas sob acúmulo de sedimentos e/ou elementos traços suspensos nos rios das referidas unidade e bacia hidrográfica, com dados orbitais de sensores óticos (LANDSAT Etm +, 1999), o qual fornece importantes informações do meio físico como subsídio para a definição e prioridades em algumas aplicações para a gestão de recursos hídricos.

As imagens orbitais (sensores óticos) têm tido um papel importante na utilização e produção destas informações, face a premente priorização pelo uso racional dos recursos naturais e um contínuo e necessário monitoramento da qualidade dos recursos ambientais. Neste contexto, a tecnologia espacial tem sido capaz de fornecer informações básicas acerca da extensão dos recursos hídricos e /ou renováveis e do acompanhamento da dinâmica de sua superfície, além de ser essencial para gestão do uso da terra e seus conseqüentes efeitos ribeirinhos sob corpos d'água.

Busca-se apresentar resultados sob o status apresentado pelos corpos d'água e indicar a presença de compostos presentes na superfície de rios e lagos através de análise espectral, buscando, posteriormente, definição de alguns sedimentos em suspensão e elementos traços através de dados de coleta de campo. Desse modo, contribuir para o monitoramento das áreas destinadas à gestão sustentável dos recursos naturais. Procedimentos metodológicos no tratamento das imagens de satélite, com a exploração de informações espectral, textural e temporal, são resumidamente descritos, bem como a integração destas informações de satélite com aquelas provenientes de amostragem de campo.

2. Revisão bibliográfica

O procedimento tradicional para monitoramento do estado da qualidade da água em sistemas lênticos e também lóticos baseia-se, normalmente, na tomada de amostras pontuais realizadas pelos órgãos de saneamento e recursos hídricos governamentais. Portanto, atualmente só existem dados da qualidade da água em pontos discretos dentro dos corpos de água.

Por outro lado, espera-se que, à proporção que estes dados pontuais das amostras de campo forem relacionados aos dados obtidos por SR, seja possível determinar problemas de poluição específicos em qualquer parte da superfície total de um corpo de água e não somente em pontos amostrais discretos, como acontece nos trabalhos de campo. Além disso, Os dados de SR podem ainda ser utilizados para registrar mudanças no tempo, e desta forma, possibilitam o monitoramento da qualidade da água em áreas degradadas ou de alto risco ambiental, durante determinado período de tempo considerado.

Novo (1995) esclarece que uma das questões fundamentais para a interpretação das imagens de satélite é a de atribuir significado às diferentes “cores” com que os objetos da superfície são registrados. Assim, ao determinar-se o que causa uma cor específica na composição das bandas pode-se inferir algumas propriedades do objeto a partir da análise de sua cor. Muito embora, deve-se ainda considerar as limitações apresentadas pelo comportamento espectral dos alvos, em função da geometria de imageamento e fatores inerentes ao alvo.

Lillesand & Kiefer (1987) exemplificam que as imagens de SR cumprem um importante papel na avaliação da qualidade da água e no gerenciamento de estratégias relacionadas com o recursos hídricos, especificamente para o caso dos sistemas lênticos, em áreas relacionadas a identificação das fontes de poluição, áreas hídricas sob processos de eutrofização e avaliação de clorofila, entre outros. Parâmetros da qualidade da água tais como: Cor, Turbidez, e Concentração de Sedimento Suspensos (CSS) têm sido utilizados com sucesso em muitas aplicações. No caso da boa detecção de clorofila, admite-se que deve-se ao aumento da concentração de algas na água, que implica principalmente, na redução da reflectância da água na região do azul (NOVO, 1999).

Para Rosa (1995) o comportamento dos corpos d’água sob presença de sedimentos, tendem a ter seu pico de reflectância deslocado na direção dos maiores comprimentos de onda, gerando uma reflectância maior do que a da água limpa. Deve-se este fato ao comportamento do fluxo de energia detectado por um sensor remoto (sob corpos d’água), o qual depende do coeficiente de retro-espalhamento e da capacidade de absorção da energia incidente pelo objeto. Nestes casos as substâncias inorgânicas acabam sendo as maiores responsáveis pelo aumento da reflectância na água.

Segundo Novo (1995), tais coeficientes de retro-espalhamento são afetados pela composição das substâncias presentes nas massas de água. Logo, estas diferenças apresentadas em virtude das diferentes composições de substâncias na água apresentarão diferenças sensíveis em sua cor, levando à composições de “falsa cor” definidas através dos seus espectros refletivos.

Chen & Curran (1990) citados por Novo (1995) avaliaram a reflectância da água a partir do grau de presença de sedimentos em suspensão e concluíram que este aumenta na proporção que aumenta a quantidade destes mesmos sedimentos. Destacaram ainda a maior importância das partículas inorgânicas para a elevação reflectiva dos alvos, devido ao seu maior índice de refração, a qual tende a ocorrer em comprimentos maiores que a região do azul (0,38-0,4 Mm) ou seja, entre 0,5 e 0,7 Micrometros assim como na região do infravermelho (1,2-3,0 Mm).

Cracknell & Hayes (1993) afirmam que os pigmentos de clorofila dos fitoplânctons podem ser melhor detectados nos comprimentos de onda entre o azul e o verde, ou seja, 0,38-0,6 Mm, faixa espectral na qual os pigmentos clorofilados dos fitoplânctons são mais abundantes. Demonstram que as cores das massa d’água dos oceanos podem ser convertidas para concentração de pigmentos com surpreendente grau de acurácia, proporcionando, deste modo, uma boa estimativa da produtividade biológica por meio de sensores ópticos.

Sabins & Floyd (1996) em seus estudos no Golfo do México com o sensor CZCS (Costal Zone Color Scanner), constataram que as bandas 1, 2 e 3 (0,43-0,45; 0,51-0,53; 0,54-0,56 Mm) deste sensor são mais apropriadas para interpretar a concentração clorofila. Percebe-se que estes comprimentos de ondas estão bastante próximos dos comprimentos de ondas utilizados pelo espectro de bandas do sensor Landsat ETM (0,45-0,52; 0,52-0,60; 0,63-

0.69), que sinaliza razoáveis (embora limitadas) condições para seu emprego neste campo. Estudaram as propriedades do comportamento espectral da clorofila nos oceanos representado pela luz do sol irradiada logo abaixo da superfície do mar.

Barret & Curtis (1997) destacam a disciplina denominada limnologia óptica a qual tem sido vastamente aplicada para análise da água via S.R através da teoria dos componentes ópticos da água ou substâncias ópticamente ativas. Afirmam que a distribuição espectral da superfície de corpos d'água contém boas informações quantitativas do conteúdo dos materiais suspensos e dissolvidos na água.

De acordo com Liedtke et al. (1995), as técnicas de SR multiespectral tem sido utilizadas para identificar ou medir numerosos parâmetros da qualidade da água. O sensor TM do satélite Landsat, pode prover uma opção viável em alguns estudos da qualidade da água, porque apresenta três canais discretos sem superposição dentro do espectro visível.

Segundo Engman & Gurney (1991), *as séries de dados Landsat podem prover mapas com informações espaciais e temporais precisas sobre a cor dos corpos de água*, as quais podem ser relacionadas a indicadores específicos da qualidade da água.

Sabins & Floyd (1996) descreveram a importância da “cor” dos corpos d'água apresentada pelos sensores como elemento útil de análise, tanto em sistemas lênticos como lóticos. No caso dos rios e áreas costeiras, a radiância é largamente determinada pela quantidade de argila e silt em suspensão (sedimentos) ao passo que, no caso da maioria da superfície oceânica, são as variações dos constituintes orgânicos suspensos que causam a variação da cor em suas águas.

Desse modo, os plânctons que contém clorofila, absorvem a luz nos espectros azul e vermelho sendo que a radiância na região do verde é menos influenciada pela absorção da clorofila. Assim, estas diferenças de radiância são vistas na cor da água do mar, a qual é profundamente azul em alto mar, onde a concentração de nutrientes e fitoplâncton é baixa ao passo que as águas das zonas costeiras por serem ricas em nutrientes que suportam os fitoplânctons permitem que o resultado de absorção da cor azul pela clorofila, produza os tons esverdeados na água.

Garcia (1982), de modo geral, indica algumas potencialidades para análise da qualidade da água através da ferramenta e/ou técnicas de S.R, as quais podem ser de grande valia na para detecção de poluentes em corpos de água. Esclarece que as superfícies livres de água contém impurezas minerais e biológicas, provenientes de atividade climática e biológica. Estes poluentes podem ser detectados pelos sensores, sendo classificados como: resíduos orgânicos, agentes infecciosos, nutrientes provenientes das lavouras, detergentes e pesticidas, substâncias inorgânicas provenientes de indústrias, sedimentos em suspensão, elementos radioativos, poluição termal.

De acordo com o autor, deve-se ter em mente e levar em consideração que estas informações de monitoramento por sensores ópticos são relativas à porção superficial das massas d'água como já mencionado, uma vez que o comportamento espectral da água é influenciado diretamente pelos componentes ópticamente ativos, o qual acaba sendo afetado pela superposição da reflectância apresentada por outros alvos na terra, tornando difícil identificar em que proporção onde cada elemento interfere na reflectância da totalidade do volume d'água. Além do que, ocorre ainda a limitação de penetração da luz com o aumento da profundidade. Logo, o monitoramento da qualidade da água por este método, refere-se a parte superficial das massas d'água e não de seu volume como um todo ou mesmo seus diferentes graus de estratificação, no caso dos sistemas lênticos.

Para Campbell (1979), *os planejadores necessitam informação atual, precisa, facilmente reproduzível e relativamente econômica para utiliza-la na implementação de práticas de gerenciamento da qualidade da água*. Tais informações com essas características podem ser providas pelas imagens de SR.

3. Área de estudo

A área de estudo esta localizada sob uma parte da Bacia Hidrográfica do Rio São Bartolomeu (lagoa bonita), especificamente na Unidade Hidrográfica (sub-bacia) do rio Mestre Dármas e parte da Bacia Hidrográfica do Rio Maranhão (sub-unidade), as quais por sua vez localizam-se a norte do Distrito Federal, Brasil (figura 1). Encontram-se limitadas pelas seguintes coordenadas Universal Transversa de Mercator (UTM): 220000 (E), 8300000 (N); 230000 (E), 8300000 (N); 230000 (E), 8290000 (N); 220000 (E), 8290000 (N) para a Lagoa Formosa. A outra área, correspondente a Lagoa bonita, situa-se sob as seguintes coordenadas: 209241.19 (E), 8277598.14 (N); 213050.55 (E), 8277598.14 (N); 213342.92 (E), 8273883.36 (N); 208948.82 (E), 8273874.76 (N). Verifica-se que a sub-unidade hidrográfica da Lagoa Formosa encontra-se situada fora do limite do Distrito Federal, fazendo parte dos limites políticos do Estado de Goiás. Constata-se que ambas as lagoas estão inseridas em um ambiente profundamente antropizado, caracterizado principalmente por áreas urbanas e atividades agrícolas (figuras 4 e 5).

4 Materiais e Método

4.1 Materiais

4.1.1 Imagem do Sensor TM (Thematic Mapper) do satélite Landsat-7, banda 1 (450 a 520 nm), banda 2 (520 a 600 nm) e banda 3 (630 a 690 nm). Data: 1999.;

4.1.2. Base cartográfica em Escala = 11/100.000 pertencente ao IBGE, data: 1994.

4.2 Método

4.2.1. No Software ENVI (The Environment for Visualizing Images) foram obtidos, para cada uma dessas lagoas, os ND (números digitais) médios que elas apresentavam nas bandas 1, 2 e 3 de ambos os sensor (ETM). Para isto, cada lagoa foi observada individualmente para escolher os pixels puros, isto é, aqueles pixels que continham somente água, evitando, desta forma, os pixels que ficavam nas bordas das lagoas.

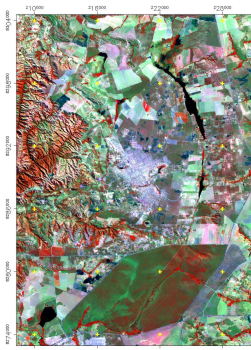


Figura 1: área de estudo

Devido ao tamanho médio das lagoas (175 L. bonita; 308 L. Formosa) e considerando o tamanho do pixel do sensor (30x30 m) obtiveram-se em média 81 pixels por cada banda nas lagoas consideradas

4.2. Posteriormente, determinou-se o ND médio destes pixels em cada uma das três bandas utilizadas para cada lagoa. As bandas 1, 2 e 3 do sensores foram escolhidas, porque, a partir da bibliografia consultada constatou-se que essas são as bandas empregadas para fazer estudos da qualidade da água. A partir deste ponto foram geradas classificações não supervisionadas, com base nos valores dos pixels apresentados a fim de diagnosticar o estado das lagoas naqueles anos (figura 6)

5. Resultados

A princípio, as imagens foram georreferenciadas na escala de 1: 100.000 para depois serem confrontadas visualmente nas suas respectivas composições de cor. Fez-se vários estudos de análise e construção da composição mais apropriada até ser adotada a forma 2-1-3 (RGB). Após esta etapa, realizou-se a análise através dos componentes do espectro das bandas em separado e posteriormente sob “falsa cor”. Verificou-se que as duas lagoas apresentaram coloração verde, que implica dizer que ambas estão absorvendo fortemente o espectro de luz do azul e desta forma refletindo a cor verde não absorvida.

Posteriormente foi realizada a classificação não supervisionada a fim de obter o enquadramento de cada pixel sob a área e sua tendência de cor aproximada (figura 6). Nesta etapa verificou-se que ambas as lagoas foram representadas pela tonalidade vermelha (escolhida aleatoriamente pelo software) a qual também se encontra expressa em áreas verdes de formação florestal, ou seja, regiões com presença de clorofila.

As análises do *spectrum radiométrico* dos números digitais confirmam este fato, através da presença de valores razoavelmente elevados para o que se espera destes para corpos hídricos. Nota-se ainda que tais valores, em alguns locais das lagoas, encontram-se próximos de valores digitais verificados em áreas de formação florestal. Uma vez que florestas já bem definidas em seu estágio de desenvolvimento apresentam atividade fotossintética menor do que em sua fase de crescimento (quando jovem), a reflectância destes NDs em particular neta formação florestal, tende a ficar em torno de 50. No caso das duas lagoas, valores um tanto próximo foram verificados, que indicam possível presença de fitoplâncton (figura 2 e figura 3).

Os pontos de coleta foram delineados de acordo com a radiância dos alvos mais expressivos ou da região ao redor dos pixels de maior grau de reflectância, que permite uma posterior avaliação dos elementos que estão inclusos na massa d'água naquela área específica (figura 7). Estes por sua vez, foram mapeados e registrados em suas respectivas coordenadas de mapa (Tabela 1), Universal Transversa de Mercator (UTM) para auxílio em análises futuras.

Assim, com base nestes estudos fundamentados na análise multiespectral das bandas deste sensor (Landsat 7 Etm), definidos pelo padrão de tonalidade (cor), conclui-se que ambas as lagoas são eutróficas. Destacando-se ainda o fato de que ambas as lagoas apresentam

considerável presença de fitoplâncton em seu interior, provavelmente incentivados por depósitos (lixiviação) de nutrientes advindos de área agrícolas (figuras 4 e 5).

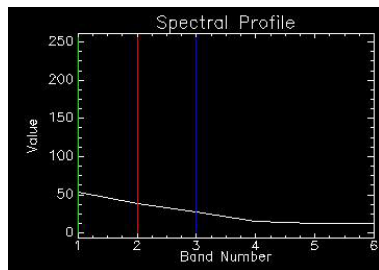


Figura 2: NDS L. Bonita

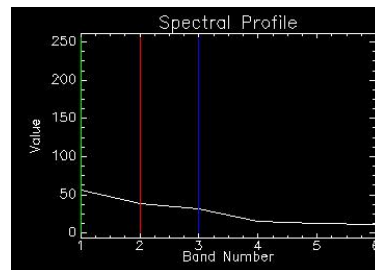


Figura 3: NDS L. Formosa

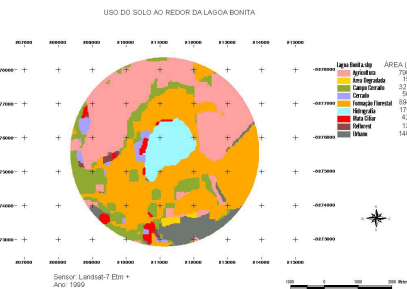


Figura 4: uso do solo L. bonita

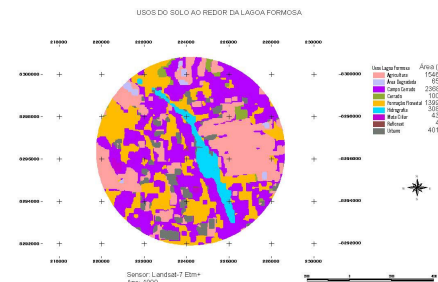


Figura 5: uso do solo L. formosa

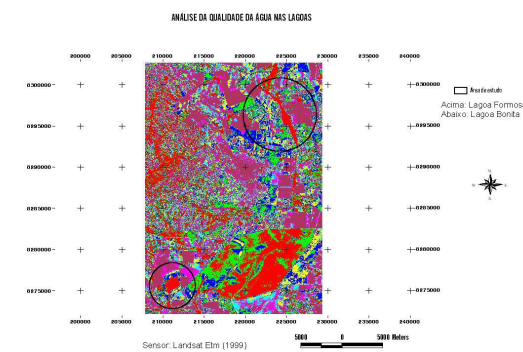


Figura 6: classificação não supervisionada

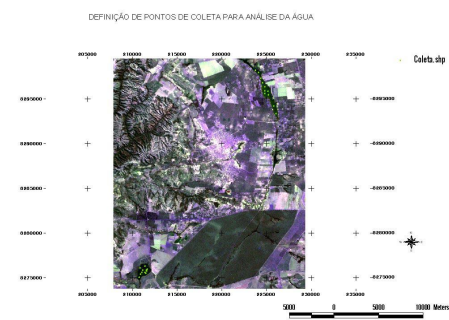


Figura 7: pontos de coleta

PONTOS DE COLETA	COORDENADAS "X"	COORDENADAS "Y"
1	225236.73758416	8295418.71346885
2	224854.62893197	8295889.00104078
3	224869.32541859	8296315.19915284
4	225883.38299556	8294169.51210592
5	226133.22326815	8293346.50885504
6	225192.64812429	8295844.91158091
7	224839.93244535	8295595.07130832
8	224590.09217276	8296785.48672477
9	224399.03784666	8297285.16726994
10	224163.89406070	8297917.11619472
11	223825.87486838	8298196.34944055
12	210774.71986852	8275024.42202337
13	210891.28049671	8276044.32752009
14	211085.54821037	8275548.94485026
15	211464.37025201	8275578.08500730
16	211580.93088020	8275811.20626370
17	211551.79072316	8275451.81099343
18	211668.35135135	8275684.93224982
19	210959.27419649	8275335.25036523
20	211211.82222425	8275811.20626370
21	211716.91827977	8275927.76689189
22	211435.23009496	8276277.44877648

Tabela 1: coordenadas UTM dos pontos de coleta da água selecionados

6. Referências

Artigo em Revistas:

- Barret, E.C.; Curtis, L.F. **Introduction to Environmental Remote Sensing**. Chapman & Hall. University of Bristol. Department of Geography. New York. 1997.
- Campbell, J.B. **Introduction to remote sensing**. The Guilford Press. Cap. 18: Hydrospheric Science. New York- London, 1996.
- Cracknell, A . P. & Hayes, L.W. B. **Introduction to Remote Sensing**. University of Dundee. Taylor & Francis Ltda. London, 1991.
- Engman, E.T. & Gurney, R.J. **Remote sensing in hydrology**. Chapman and Hall. CAP. 9: Water quality e Cap. 10: Water resouces management and monitoring . London (UK). 1991.
- Garcia, G. J. **Sensoriamento Remoto. Princípios e Interpretação de Imagens**. CIP-Brasil. Câmara Brasileira do Livro. São Paulo: Nobel, 1982.
- Liedtke, J.;Roberts, A.; Luternauer , J. **Practical remote sensing of suspended sediment concentration**. In: Photogrammetric Engineering & Remote Sensing. Vol. 61. n. 2. February, 1995.
- Lillesand, T. M.; Kiefer, R. W. **Remote Sensing and Image Interpretation**. John Wiley & Sons, Inc. Second Edition. New York. 1987.
- Novo, M. L. de M. **Sensoriamento Remoto. Princípios e Aplicações**. Editora Edgard Blucher Ltda. APDR. 2ª edição. São José dos Campos, 1995.
- Rosa, R. **Introdução ao Sensoriamento Remoto**. Universidade Federal de Uberlândia. EDUFU, 3ª edição. Uberlândia, 1995.
- Sabins, F. F.JR. **Remote Sensing. Principles and Interpretation**. W.H. Freeman and Company. New York, 1996.