

MAPEAMENTO DE RECIFES COSTEIROS ATRAVÉS DE FOTOINTERPRETAÇÃO SOBRE IMAGEM DO SATÉLITE LANDSAT TM5 E SOBRE FOTOGRAFIAS AÉREAS VERTICAIS – TAMANDARÉ – PE – BRASIL

Damísia Lima¹; José Carlos Seoane²; Tereza Araújo³.

¹ M. Sc., Área de Geologia Sedimentar e Ambiental do Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Av. Acadêmico Hélio Ramos, s/n. Cid. Univ. – Recife - PE
Phone: +55 81 32718726. e-mail: damisialima@yahoo.com.br

² D. Sc., Prof. do Departamento de Geologia, CCMN/UFRJ, e-mail: cainho@geologia.ufrj.br

³ D. Sc., Prof.^a. do Departamento de Oceanografia, CTG/UFPE, e-mail: tcma@npd.ufpe.br

RESUMO

O processo de fotointerpretação utilizado como método para o mapeamento dos recifes costeiros de Tamandaré – Pernambuco – Brasil respondeu adequadamente ao que foi proposto, obtendo-se valor de precisão igual a 82,19%. Deve-se considerar, entretanto, que o valor de precisão obtido tem como referencial de verdade terrestre a média das áreas mapeadas por fotointerpretação nos diferentes materiais de sensoriamento remoto (imagem de satélite e fotografias aéreas verticais) e está, conseqüentemente, sujeito à influência dos fatores limitantes da pesquisa.

ABSTRACT

The photo-interpretation process adopted for reef mapping of Tamandare – Pernambuco – Brazil responds satisfactorily to the purpose, with a precision value equal to 82,19%. Such precision however, is determined from the average of the areas mapped by photo-interpretation, being thus relative.

Palavras-Chave: recifes, sensoriamento remoto, mapeamento, gerenciamento costeiro, Tamandaré.

1. INTRODUÇÃO

O presente estudo, embasado numa das principais recomendações propostas durante o Workshop “Avaliação e Ações Prioritárias para a Zona Costeira e Marinha” (PROBIO, 1999) de mapear áreas de ocorrência de recifes de corais, vem refinar o mapeamento já realizado por Braga (2001) que também utilizou imagens orbitais para tal tarefa.

É importante ressaltar que a tentativa de mapeamento dos recifes costeiros do Brasil não é algo recente. Branner (1904) realizou este trabalho em alguns pontos da costa brasileira, entre eles a desembocadura do Rio Formoso – trecho entre a Praia dos Carneiros e a Praia de Guadalupe (extremo Norte da área de estudo). Este utilizou o método de “passadas” para delimitar os recifes de arenito e o método de triangulação para os recifes orgânicos, tendo ainda mapeado a linha de costa desta área dos anos 1875 e 1899 (Fig. 01).



Figura 01 – Mapeamento realizado por Branner (1904)

O município de Tamandaré (Fig. 02), objeto de estudo, está localizado ao sul do estado de Pernambuco, delimitando-se ao sul e norte entre as latitudes 8°42,602' Sul e 8°46,671' Sul e por limite leste o Oceano Atlântico.

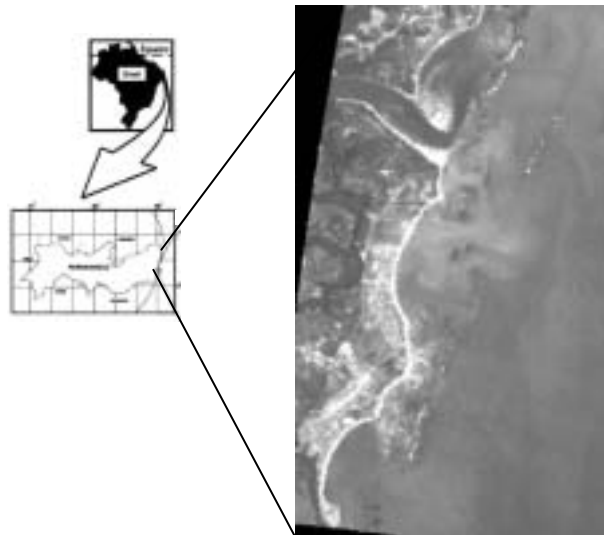


Figura 02 – Localização da área de estudo

2. METODOLOGIA

2.1 Fotointerpretação sobre Imagem de Satélite

A partir da imagem do satélite Landsat TM 5, Órbita-Ponto 214-66D, do dia 21/09/1998, obtida às 9:08, com altura de maré igual a 0,20 metros, foi possível realizar o mapeamento dos recifes costeiros de parte da APA Costa dos Corais, especificamente na área de Tamandaré, PE – Brasil.

Foram consideradas as seguintes classes temáticas:

- recifes e recifes expostos, distintamente, mapeados

por fotointerpretação sobre a imagem de satélite;

- recifes expostos mapeados por aparelho receptor de GPS, obtidos pelo trabalho de campo de caminhamento nas bordas dos recifes com níveis relativos de marés em torno de 0,10 metros, e

- canais percorridos: definido como sendo os trechos percorridos pela embarcação durante os trabalhos de campo.

No processo de fotointerpretação da imagem de satélite foi possível diferenciar os alvos de recifes e recifes expostos. A classe temática “recifes” engloba todo o corpo recifal que é possível visualizar, desde a parte submersa até a parte emersa do recife. É importante destacar que existe um limite de espessura da lâmina d’água onde é possível visualizar o contorno do recife submerso. Essa linha delimitante, onde a resposta espectral da água é superior à resposta espectral do recife submerso, foi considerada como a linha limite do corpo recifal. No entanto, deve-se considerar que algumas áreas recifais expandem-se lateralmente além do que pode ser visualizado na imagem, já que foge à resposta espectral de recifes submersos, sendo considerado oceano.

A classe temática “recifes expostos” foi possível de ser delimitada pois tais áreas apresentam-se em cor mais clara diferenciando-se das áreas circunvizinhas.

A composição de bandas utilizada em overlay – r3g2b1 – para melhor visualização dos recifes, fundamental para a metodologia empregada de interpretação visual no mapeamento, mostrou-se satisfatória por fornecer a máxima reflectância dos corpos submersos. Além disso, por não gerar falsa-cor, ou seja, as cores que se apresentam na imagem de satélite correspondem às cores no mundo “real” (o mar sendo azul, por exemplo) beneficia a interpretação para uma futura exposição do trabalho final.

2.2 Fotointerpretação sobre Fotografias Aéreas

De mãos do fotomosaico, oriundo das fotografias aéreas verticais em formato digital utilizadas neste trabalho, Projeto P08/FAB-SUDENE-GERAN-70 dos anos de 1969 e 1970, realizou-se o mapeamento dos recifes costeiros de Tamandaré.

Seguindo o padrão de legenda adotado, o mapeamento sobre o fotomosaico apresenta-se com as classes temáticas de:

- recifes mapeados por fotointerpretação sobre o fotomosaico;

- recifes expostos mapeados por aparelho receptor de GPS;

- canais percorridos, e
- área não-mapeada., definida como sendo duas áreas distintas que não foram analisadas para fotointerpretação por fazerem parte da área de junção na composição do fotomosaico e, por esse motivo, onde a informação tornou-se confusa. Essas áreas totalizam $525,7 \times 10^3 \text{ m}^2$, aproximadamente $0,5 \text{ km}^2$.

As classes recifes expostos mapeados por aparelho receptor de GPS e canais percorridos são as mesmas apresentadas sobre a imagem de satélite.

A mesma discussão feita sobre a questão do limite de lâmina d’água para visualização dos corpos recifais submersos deve ser observada para a fotointerpretação sobre

o fotomosaico. Não foi definida a classe de recifes expostos, pois estes não estão bem discriminados, diferentemente da imagem de satélite.

Apesar de apresentar-se no modo pancromático, ou seja, em níveis de cinza, o mapeamento sobre o fotomosaico respondeu satisfatoriamente em termos de interpretação visual pela escala de maior detalhe, em relação à escala da imagem de satélite, devido a sua maior resolução espacial.

Para realizar o mapeamento dos recifes costeiros de Tamandaré foi adotado o processo de fotointerpretação sobre os produtos de sensoriamento remoto disponibilizados. Os elementos adotados na identificação de objetos foram: tonalidade, cor, tamanho, forma, textura, padrão, altura, sombreamento, localização e contexto (Novo, 1998). A partir desses elementos, que são respostas do comportamento espectral dos alvos, foi possível realizar a interpretação visual e, assim, delimitar as áreas recifais em estudo.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Primeiramente, deve-se considerar a inclusão natural de erros em resultados finais de todo e qualquer processo. Ter dados compatíveis ao que se pretende como resultado final é o que se pode considerar como um produto satisfatório.

Por esse motivo, serão discutidos adiante os fatores limitantes da pesquisa.

FATORES LIMITANTES DA PESQUISA

3.1 Nível de Maré

Como condição determinante na variação dos resultados de mapeamento dos recifes costeiros, pode-se citar os diferentes níveis de maré no momento de aquisição tanto da imagem de satélite, como das fotografias aéreas verticais.

O fato do nível de maré no momento de aquisição da imagem de satélite, que foi igual a 0,20 metros, ser bem inferior em relação ao das fotografias aéreas, igual a 1,05 metros e 0,70 metros, propiciou maior exposição dos recifes. A linha mais externa, ou como queira chamar de 3ª linha de recifes, pôde exemplificar bem essa situação. No caso da imagem de satélite, esta está bem visível e foi delimitada no mapeamento por fotointerpretação. Já no mosaico de fotografias aéreas, essa mesma linha está submersa, sendo visualizado, apenas, o quebrar das ondas sobre ela.

3.2 Data de Obtenção

A data de obtenção dos diferentes materiais também irá acarretar em diferenciação no resultado final de mapeamento dos recifes costeiros. Os quase 30 anos de diferença entre a data de aquisição da imagem de satélite (1998) e das fotografias aéreas (1969/70) apresentam-se refletidos em forma de alterações ambientais.

Observa-se, comparando-se os dois mapas, que algumas áreas apresentam um processo de assoreamento dos recifes. No entanto, tal afirmação só poderia ser totalmente confirmada caso estivesse disponível um conjunto de fotografias aéreas mais recentes e de mesma escala.

3.3 Escala de Trabalho

A escala de trabalho para o mapeamento dos recifes

costeiros também influenciou os resultados finais. Tendo a imagem de satélite um pixel no valor de 30 m x 30 m e o mosaico de fotografias aéreas um pixel de 3 m x 3 m, não poderia ser diferente tal resposta. Assim, em função dessa resolução espacial, gerou-se mapas em escalas diferenciadas: 1:50.000 (imagem de satélite) e 1:10.000 (mosaico de fotografias aéreas).

Logicamente, a variação na resolução espacial e, conseqüentemente, na variação das escalas entre os diferentes materiais correspondeu em maior ou menor visualização dos alvos, aumentando o detalhamento dos recifes.

Além dos fatores limitantes da pesquisa, anteriormente abordados, as causas mais comuns que podem levar a erros durante o mapeamento por fotointerpretação são atribuídas:

- à falha na identificação das classes temáticas.

Para minimizar os efeitos desse fator, adotou-se o método de visitas a campo, buscando-se coletar pontos através de aparelho receptor de GPS que fornecessem características específicas dos recifes. No caso, buscou-se determinar a linha limite entre os recifes emersos e recifes submersos em horários de marés pré-determinadas. Além disso, foram realizadas vistorias nas áreas recifais, buscando identificar maiores detalhes sobre as áreas, principalmente no que se refere a sua geomorfologia.

- ao fotointérprete.

Nesse caso, o método empregado foi o da cautela e da análise minuciosa dos diversos alvos e diversas áreas que poderiam ser visualizados na imagem de satélite e no fotomosaico. Evitar fazer as fotointerpretações em estado de stress e rever constantemente os polígonos vetorizados foram práticas corriqueiras na execução do trabalho. Também por cautela, a vetorização dos alvos sempre era feita em escala pré-definida, menor que a escala final de impressão, buscando retirar o máximo de informações sobre os alvos. No caso da imagem de satélite (escala final de impressão: 1:50.000), o valor de escala adotado para vetorização dos alvos foi de 1:35.000; já para o fotomosaico (escala final de impressão: 1:10.000), o valor adotado para vetorização foi de 1:7.000, respeitando um fator de redução de 30% do valor original.

- à delimitação precisa dos diferentes alvos da cena

Todos os cuidados anteriormente citados justificam o fato de minimizar também mais esse fator de aquisição de erros durante a fotointerpretação.

- à escala de trabalho

Fazendo-se uma abordagem de caráter basicamente cartográfico, não se deve deixar de discutir a questão da escala com relação ao erro e o resultado final.

Segundo Anders e Byrnes (1991), o menor erro obtido através de trabalhos manuais é $\pm 0,3\text{mm}$. Considerando-se uma escala de 1:10.000 (escala do fotomosaico), esse valor representaria 3 metros. Segundo os mesmos autores, num processo de digitalização, esse erro seria de $\pm 0,225\text{mm}$, considerando o erro do operador, que, na escala 1:10.000 representaria 2,25 metros. Os mesmos valores de erro na escala da imagem de satélite (1:50.000)

representariam 15 metros e 11,25 metros, respectivamente.

- à resolução espacial do sensor

Tal fator já foi anteriormente citado como um dos fatores limitantes do trabalho aqui apresentado.

- ao desenho final do mapa

Esse item refere-se, no caso desse estudo, à espessura da linha apresentada pelos polígonos no resultado final de impressão. Tal espessura deverá ser compatível à escala de impressão de forma que não fique muito fina, ao ponto de não ser visualizada, nem tão pouco fique grossa ao ponto de “esconder” determinadas feições dos alvos. Por exemplo, uma linha de 1,0 mm equivale, na escala de 1:50.000, a 50 metros no terreno; enquanto que, na escala de 1:10.000, irá equivaler a 10 metros. Na apresentação dos mapas, adotou-se o valor de 0,5 mm para ambas as escalas (1:50.000, equivalente a 25 metros no terreno, e 1:10.000, equivalente a 5 metros no terreno). Para escala de menor detalhe, caso fosse adotado um valor mais fino de linha, esta ficaria de difícil visualização. Na escala de maior detalhe, o valor de 0,5 mm ficou bastante visível e adequado para o mapeamento.

VARIAÇÃO DAS ÁREAS MAPEADAS

No processo de delimitação dos corpos recifais, algumas áreas mapeadas sobre o fotomosaico mostram-se superiores, em área, quando comparadas ao mapeamento realizado sobre a imagem de satélite. Tal fato pode estar relacionado ao nível de resolução espacial dos diferentes materiais de sensoriamento remoto (imagem de satélite – 30 m e fotografia aérea – 3m), já anteriormente discutido. No entanto, essa afirmação só seria considerada completa caso as fotografias aéreas fossem mais recentes. Já que existe uma variação de 30 anos entre os dois materiais, a afirmativa fica mais relacionada a uma suposição, pois a variação poderia ser uma resposta à perda de áreas recifais durante esse período. Um levantamento aerofotográfico mais recente ou a adoção de imagens de satélite com maior resolução espacial, por exemplo as do satélite IKONOS com 1,0 metro, responderia a este questionamento.

Alguns corpos recifais, entretanto, apresentaram-se maiores, em área, quando mapeados sobre a imagem de satélite, em relação ao fotomosaico. Nesse caso, poderia ter havido um aumento de áreas recifais no período que separa as datas de aquisição dos dois materiais de sensoriamento remoto. Ou mesmo, pode-se considerar que a vetorização sobre a imagem de satélite produziu um resultado mais “grosseiro”, em função de sua resolução espacial, gerando um aumento de área mapeada. Como dito anteriormente, tal afirmação continua no âmbito da suposição, sendo necessários novos estudos para solucionar tais dúvidas.

DETERMINAÇÃO DO ERRO

Para o cálculo dos erros de inclusão e omissão sugeridos por Mota (1997), é necessário obter a informação que sirva como verdade terrestre. No caso desse estudo, não existem dados que possam ser considerados como verdade terrestre. Assim sendo, foi feita uma adaptação da expressão proposta considerando a média dos valores de

áreas mapeadas por fotointerpretação como sendo a verdade de campo.

Assim sendo, o cálculo de percentual de variação sobre a média das áreas mapeadas sobre a imagem de satélite e sobre o fotomosaico vem a ser o erro de cada área.

Para calcular um erro único para todas as áreas, utilizou-se o valor da média das áreas mapeadas como fator ponderante, na seguinte equação:

$$\text{Erro}_{\text{TOTAL}} = \frac{\sum (\bar{x}_x \cdot V)}{\sum x}$$

Fez-se a opção de adotar a média dos valores como fator de ponderação porque acredita-se que, para uma área maior, sua representatividade percentual de erro também será mais expressiva.

Realizados os cálculos com as fórmulas sugeridas, obteve-se um valor de precisão igual a 82,19%, considerando que a precisão seria 100% - Erro_{TOTAL}. Para efeito de comparação, Braga (2001) obteve um valor de precisão igual a 72% ao utilizar o processo de segmentação de imagens Landsat TM e HRV-SPOT, através do software SPRING, no mapeamento de recifes costeiros.

4. CONCLUSÕES

A partir de técnicas de sensoriamento remoto em níveis de resolução espacial diferenciadas, observou-se que, apesar de fornecer uma interpretação visual mais rica em cores e texturas, dada a sua maior resolução espectral, a imagem do satélite Landsat TM5 correspondeu em resolução espacial de forma mais limitada, gerando uma carta-imagem na escala de 1:50.000. Já a fotografia aérea, apesar de ser um produto pancromático, pôde responder satisfatoriamente para um mapeamento mais detalhado, dada a sua maior resolução espacial, obtendo-se uma carta-imagem na escala de 1:10.000.

O processo de fotointerpretação utilizado como método para o mapeamento dos recifes costeiros de Tamandaré – PE respondeu adequadamente ao que foi proposto. Tal afirmação pode ser feita verificando-se o valor de precisão obtido 82,19%, em comparação à técnica de segmentação da imagem de satélite proposta por Braga (2001) que obteve precisão de 72%. Deve-se considerar, entretanto, que o valor de precisão obtido tem como referencial de verdade terrestre a média das áreas mapeadas por fotointerpretação nos diferentes materiais de sensoriamento remoto e está, consequentemente, sujeito à influência dos fatores limitantes da pesquisa. Seria interessante dispor de dados comparativos que não tivessem as discrepâncias identificadas.

O trabalho aqui apresentado traz como maior contribuição o surgimento de inúmeras perguntas ao se ter uma visão generalizada da área de estudo mediante o mapeamento dos recifes costeiros. Muitas outras pesquisas poderão ser realizadas tendo como ponto de partida os resultados ora obtidos.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq – pela concessão da bolsa de mestrado a Damísia Lima, ao Projeto Recifes Costeiros pela doação

das fotografias aéreas e ao INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais por ter cedido a imagem de satélite, os quais permitiram a realização do trabalho ora apresentado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDERS, F. J. & BYRNES, M. R., 1991. Accuracy of shoreline change rates as determined from maps and aerial photographs. *Shore and Beach*, 59(1), 17-26.
- BRAGA, C. Z. F., 2001. Mapeamento de Recifes Costeiros Utilizando Imagens Orbitais. In: X Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Foz do Iguaçu - PR.
- BRANNER, J. C., 1904. The stone reefs of Brazil, their geological and geographical relations, with a chapter on the coral reefs. In: *Bulletin of the Museum of Comparative Zoology at Harvard College*, Cambridge, 385p.
- MOTA, S., 1997. Introdução à Engenharia Ambiental. Rio de Janeiro, ABES, 292 p.
- NOVO, E. M. L. M., 1998. Sensoriamento Remoto – Princípios e Aplicações. São Paulo, Edit. Edgard Blucher Ltda, 308p.
- PROBIO, 1999. Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira. Disponível em: <http://www.bdt.org.br/workshop/costa>. Acesso em: 11.11.2002.