

DOI: <http://dx.doi.org/10.18378/rvads.v8i1.2043>

Análise quantitativa do processo de erosão/deposição nas falésias da APA Tambaba e sua ocupação nos limites da APP

Quantitative analysis of the process of erosion / deposition on the cliffs of APA Tambaba and their occupation within the limits of APP

Thaís Regina Benevides Trigueiro Aranha¹, Thyago de Almeida Silveira, Júlio Manuel Tavares Diniz, Edicarlos Pereira de Sousa, José Alberto Calado Wanderley*

Resumo: O litoral brasileiro é banhado pelo Oceano Atlântico e composto por diversas paisagens ao longo da costa. Entre elas encontram-se as falésias, que, por sua beleza, atraem a exploração turística o que, muitas vezes, compromete seu equilíbrio. Com a finalidade de proteger o meio ambiente das ações antrópicas, o poder público vem criando áreas para preservar e/ou conservar o meio ambiente, entre elas existem as APA e as APP. O objetivo do presente trabalho foi analisar a variabilidade espaço-temporal da linha de ruptura do relevo, na borda das falésias da APA Tambaba, entre os anos de 1985 e 2012; e identificar a existência de edificações dentro da APP no ano de 2012. Para tanto, foram utilizadas imagens do satélite Quickbird de 2012, do satélite IKONOS II de 2005 e fotos aéreas de 1985 para delimitação das linhas das falésias; o DSAS, que é uma extensão gratuita do ArcGIS, para obtenção de taxas de variação da linha de ruptura do relevo; e o software ArcGIS para delimitação e análise das APP. Como resultados, foram identificadas variações no movimento das linhas estudadas, tanto para erosão como para deposição nas falésias da APA Tambaba. No maior trecho da APA obteve-se uma média de -0,17m/ano para erosão e de 0,49m/ano para deposição, já no menor trecho a média de erosão foi -0,38m/ano e de deposição 0,14m/ano. Foi comprovada a existência de edificações irregulares correspondente a 22.818,91 m², o que equivale a aproximadamente 3% da área total da APP.

Palavras-chave: erosão, falésia, sensoriamento remoto.

Abstract: The Brazilian coast is bathed by the Atlantic Ocean and consists of diverse landscapes along the coast. Among them are the cliffs, which, by its beauty, attract tourist exploitation that often pawn their balance. In order to protect the environment from anthropic actions, the government is creating areas to preserve and/or conserve the environment, between them are the APA and the APP. The objective of this study was to analyze the spatio-temporal line break relief, on the edge of the APA Tambaba's cliffs, between the years 1985 and 2012; and to identify the existence of edifications within the APP in 2012. Thense, we used Quickbird satellite images dated from 2012, of the satellite IKONOS II dated from 2005 and aerial photos dated from 1985 for the delimitation of the cliffs' lines; the DSAS, which is a free extension of ArcGIS for the obtainment of the rupture relief rates' of changing line; and the ArcGI software for delineation and analysis of APP. As a result, we identified variations in the movement of the studied lines for both erosion and deposition on the cliffs of APA Tambaba. The longest stretch of the APA obtained an average of -0.17 m/year for erosion and 0.49 m/year for deposition, since in smaller stretch average erosion was -0.38 m/year and deposition of 0.14 m/year. It was proven the existence of irregular edifications corresponding to 22.818,91 m², which is equivalent approximately to 3% of the total area of the APP.

Key-words: erosion, cliff, remote sensing.

INTRODUÇÃO

As regiões litorâneas constituem faixas de limite entre os continentes e os oceanos, representando uma das áreas mais dinâmicas do planeta (SUGUIO, 2003). Sua posição e forma são sensíveis a uma série de fatores naturais como as variações do nível do mar, a ação do vento e as precipitações pluviométricas. Além disso, as regiões litorâneas comportam um dos mais ricos e mais importantes conjuntos de ecossistemas naturais, de cuja preservação depende os ciclos vitais de inúmeros animais e vegetais.

O equilíbrio natural na zona costeira decorre da existência de compensação entre os sedimentos que são

depositados e retirados, pelo efeito dos movimentos das correntes marinhas. No momento em que alguma situação desestabiliza este equilíbrio, havendo mais retirada do que a própria deposição, ocorre o processo de erosão na região costeira, fazendo com que haja um recuo da linha de costa para o continente. Quando este recuo encontra-se com edificações e estruturas humanas, acaba gerando um fato danoso tanto para o homem como para a natureza (SCUDELARI *et al.*, 2007).

A interferência humana, através da ocupação desordenada, vem provocando desequilíbrios acentuados no balanço sedimentar, potencializando assim, os efeitos

Recebido em 11 08 2012 Aceito em 28 04 2012]

¹Graduada em Tecnologia em Geoprocessamento (IFPB) Email: thais_benevides@hotmail.com

²Doutorando em Recursos Naturais (CTRN - UFCG) Professor Efetivo do IFPB – Campus Picuí

³Graduado em Física pela Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), Mestrando em Meteorologia, (UFCG)

⁴Doutorando em Meteorologia, (UFCG)

⁵Doutorando em Engenharia Agrícola, CTRN/UFCG, Av. Aprígio Veloso, 882 – Bodocongó, Campina Grande-PB, Brasil. e-mail: alberto_agronomo@hotmail.com

da erosão. O intenso processo de pressão populacional nas regiões litorâneas é resultado do parcelamento urbano para fins de moradia, lazer, atividades turísticas, portuárias e industriais, refletindo diretamente em uma contínua destruição do meio ambiente e da paisagem, através de desmatamento, da destruição de manguezais, estuários, impermeabilização do solo, entre outros.

O litoral brasileiro, com seus 7.367 km de extensão (AGENDA 21 BRASILEIRA, 2004) banhado pelo Oceano Atlântico, predomina-se de costas baixas. Entretanto, existem as falésias, que são formações caracterizadas por escarpas altas e quase verticais, esculpadas pela ação erosiva tanto no topo pelas águas da chuva, como na base da falésia pelas ondas e correntes marinhas.

Por sua beleza e pela possibilidade de vista panorâmica, essas formações naturais atraem a instalação de grandes complexos hoteleiros, condomínios e turismo praticado de forma não sustentável, que acabam comprometendo sua existência e aumentam o risco de desmoronamento.

Em áreas próximas às bordas das falésias é necessário disciplinar o uso do solo, evitando edificações, tráfego de veículos, alterações no fluxo natural de água pluvial, deposição de lixo e entulhos. Para tanto, é preciso estabelecer faixas de recuo baseadas nas taxas históricas de erosão, e impedir que se construam obras de estabilização, que afetam a dinâmica natural de transporte e deposição de sedimentos (ASSAD, 2010).

Estima-se que, aproximadamente, 70% das praias arenosas do planeta estão em processo de erosão (FLORENZANO, 2008), e que cerca de 60% da população do mundo vive a menos de 60 km da linha de costa, sendo a erosão costeira uma importante preocupação para o futuro próximo. No Brasil, mais da metade de população reside a menos de 200 km do mar, ou seja, mais de 80 milhões de habitantes (hab) vivem nesta faixa. A densidade demográfica média é de 87 hab/km², cinco vezes superior à média nacional de 17 hab/km² (BAHIA, 2003).

Com a finalidade de proteger o meio ambiente das consequências causadas pelas ações antrópicas, o poder público vem criando áreas para preservar e/ou conservar o meio ambiente, de forma a compatibilizar o desenvolvimento econômico-social e cultural com o uso racional dos recursos naturais.

A Lei Nº 9.985, de 18 de julho de 2000, que institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza – SNUC, refere-se às Unidades de Conservação (UC) como sendo um espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituído pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, aplicam garantias adequadas de proteção (BRASIL, 2000). Nesta lei encontram-se estabelecidas as normas e os critérios de criação, implantação e gestão das UC.

Nas UC existe a categoria de Unidade de Uso Sustentado, criada pelo SNUC, que tem por objetivo compatibilizar a conservação da natureza com o uso

sustentado dos recursos naturais. Fazem parte deste grupo as Áreas de Proteção Ambiental (APA), Áreas de Relevante Interesse Ecológico (ARIE), Floresta Nacional (FLONA), Reserva Extrativista (RESEX), Reserva de Fauna, Reserva de Desenvolvimento Sustentável e Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN).

De acordo com o art. 15 da Lei Nº 9.985 (BRASIL, 2000), APA é:

uma área em geral extensa, com um certo grau de ocupação humana, dotada de atributos abióticos, bióticos, estéticos ou culturais especialmente importantes para a qualidade de vida e o bem-estar das populações humanas, e tem como objetivos básicos proteger a diversidade biológica, disciplinar o processo de ocupação e assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais.

Dentro das APA podem ser encontradas as Áreas de Preservação Permanente (APP), que são definidas pela Lei 12.651, de 25 de maio de 2012, pelo seu Art. 3º inciso II, como sendo uma área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas (BRASIL, 2012).

Em relação às falésias, o Art. 4º inciso VIII, da mesma Lei, considerada APP as bordas dos tabuleiros ou chapadas, até a linha de ruptura do relevo, em faixa nunca inferior a 100 (cem) metros em projeções horizontais.

A Lei também descreve os direitos e deveres dos proprietários de imóveis que estão inseridos nas APP. O Art. 61 autoriza exclusivamente a continuidade das atividades agrossilvipastoris, de ecoturismo e de turismo rural em áreas rurais consolidadas até 22 de julho de 2008 (BRASIL, 2012).

Na Área de Proteção Ambiental Tambaba (APA Tambaba), localizada no litoral sul do Estado da Paraíba, apesar de ser uma área protegida, configurada por paisagens diversificadas e elevada biodiversidade, a região encontra-se em conflito, sendo ameaçada pelo crescimento urbano desordenado e pela agricultura em larga escala.

Neste sentido, como ferramenta de gestão ambiental para identificação de interferências diversas, levantamento de informações espaciais e elaboração de ações e propostas para gerenciamento nas APA, surge o Geoprocessamento como um instrumento integrador.

O sensoriamento remoto torna-se também, uma ferramenta cada vez mais imprescindível para o monitoramento da evolução da dinâmica costeira, por meio da comparação entre séries de imagens temporais. Especificamente em áreas de falésia, é possível estimar taxas de erosão e deposição, e frequência de desmoronamento.

O objetivo do presente trabalho foi analisar a variabilidade espaço-temporal da linha de ruptura do relevo, na borda das falésias da APA Tambaba, entre os anos de 1985 e 2012; e identificar a existência de

Análise quantitativa do processo de erosão/deposição nas falésias da APA Tambaba e sua ocupação nos limites da APP

edificações dentro da APP no ano de 2012, tendo como base a Lei Nº 12.651 (BRASIL, 2012).

Área de estudo

O presente trabalho foi realizado na zona costeira da APA Tambaba, localizada no Litoral Sul do Estado da Paraíba. Com aproximadamente 12 Km de extensão dividida entre as praias de Tabatinga, Coqueirinho, Tambaba, Graú e praia Bela.

A APA Tambaba é uma Unidade de Conservação Estadual gerenciada pela Superintendência de Administração do Meio Ambiente do Estado da Paraíba (SUDEMA) e foi criada através do Decreto Estadual Nº 22.882, de 26 de março de 2002. Inicialmente possuía uma área próxima dos 3.270 ha e localizava-se entre os municípios do Conde e Pitimbú.

Posteriormente, a partir do Decreto Estadual Nº 26.296, de 23 de setembro de 2005, a área de abrangência da APA foi ampliada para cerca de 11.500 ha e passou a se inserir também no município de Alhandra (Figura 01). Desta forma, sua área ficou distribuída da seguinte maneira: 45,72% em territórios do município do Conde, 39,55% no município de Pitimbú e os demais 14,73% no município de Alhandra, ficando inscrita entre os paralelos 7°25'00" e 7°16'30" Latitude Sul, e, os meridianos 34°55'00" e 34°47'30" Longitude Oeste (LIMA, 2009).

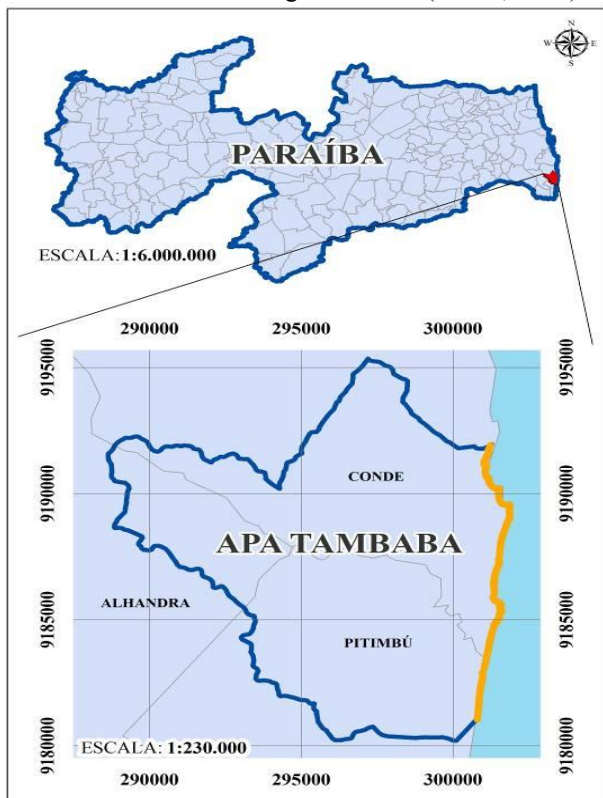


Figura 01. Mapa de localização da área de estudo

A APA Tambaba está inserida em dois domínios geomorfológicos distintos. A Baixada Litorânea, que pode ser dividida em planície marinha, planície fluvial, planície flúvio-marinha e os terraços, correspondendo às áreas de cotas mais baixas; e os Tabuleiros Litorâneos tendo por característica relevo de topo plano ou suavemente

ondulado (MENESES, 2006), como pode ser observado na Figura 02.



Figura 02. Superfícies aplainadas dos Tabuleiros Litorâneos
Fonte: Menezes, 2006

As falésias em estudo situam-se nos limites entre os Tabuleiros e a planície marinha. Caracterizando-se em falésias vivas, quando ainda são modeladas pela ação marinha, e falésias mortas quando estão mais recuadas da linha de costa e não mais expostas à ação do mar (MENESES, 2006). Ao longo da costa da APA Tambaba, são encontrados os dois tipos de falésias, com predominância das falésias mortas (Figura 03).



Figura 03. Falésia morta na Praia de Coqueirinho

O clima é classificado como tropical-chuvoso, do tipo As' (quente e úmido) de acordo com a classificação de W. KÖPPEN, com concentração de chuvas no outono e inverno, e pluviosidade média anual variando entre 2.000 mm e 2.200 mm (MENESES, 2006). As temperaturas oscilam, ao longo do ano, entre 23°C e 28°C, sendo a temperatura média anual de 25°C (PARAÍBA, 1985).

A elevada pluviosidade concentrada associada ao clima quente e úmido favorece o surgimento de processos erosivos acentuados, originando ravinas e voçorocas, comuns na área de estudo. O desencadeamento dos processos erosivos na área ocorre geralmente devido a irregularidade da distribuição pluviométrica na região, pois as chuvas acontecem de formas torrenciais com pancadas de chuvas intensas nos meses chuvosos (PEDROSA, 2006).

A vegetação da APA Tambaba é caracterizada de acordo com sua localização topomorfológica, apresentando-se da seguinte forma: Mata de Restinga, Manguezais, Matas Ciliares, Manto Herbáceo de Gramíneas, e um Estrato Arbustivo de indivíduos esparsos de porte baixo e com galhos retorcidos (SANTOS, 2010).

A pressão imobiliária existente na região tem se agravado a cada ano, fato que tem provocado uma elevada degradação e supressão da cobertura vegetal, principalmente na região litorânea, mais valorizada no mercado imobiliário, que pouco a pouco tem se mostrado o foco de investidores de diversas partes do mundo.

As principais atividades econômicas da APA Tambaba são a agricultura, através do cultivo da cana-de-açúcar, do bambu, do abacaxi e de tubérculos, e o turismo (PEDROSA, 2006), especialmente nos Municípios do Conde e Pitimbu que possuem extensas faixas de praia, oferecendo atrativos aos turistas. Boa parte destes são estrangeiros, e buscam refúgio do clima frio dos invernos encontrando opções boas e baratas de lazer. Além destes turistas, a região recebe grande número de veranistas, que em geral moram em cidades próximas e possuem casas na área para uso em temporadas de férias ou finais de semana (MENESES, 2006).

O turismo tem impulsionado o processo de urbanização do trecho litorâneo inserido na APA Tambaba, gerando uma verdadeira corrida imobiliária para aquisição de lotes e construção de infraestruturas particulares de apoio ao turismo, como hotéis, pousadas e restaurantes. Começam a surgir, também, condomínios horizontais fechados, geralmente direcionados ao público estrangeiro.

Apesar da expressiva velocidade com que a área vem sendo ocupada, apenas no extremo norte da APA a urbanização realmente se efetiva com uma maior aglomeração de edificações e implementação de infraestrutura mínima (PEDROSA, 2006). Existem ainda, grandes áreas loteadas no restante da UC, porém sem edificações, principalmente pelo difícil acesso e pela inexistência de infraestrutura urbana básica.

MATERIAL E MÉTODOS

Inicialmente foi realizado o resgate documental referente à área de estudo. Foi obtido junto a SUDEMA, a base cartográfica digital georreferenciada em escala de 1:10.000, Sistema de Projeção UTM (Universe Transverse Mercator) e elipsoide SAD 69, contendo os limites da APA Tambaba, a altimetria e drenagem da mesma. Também junto à SUDEMA foram adquiridos uma imagem do satélite IKONOS II, do ano de 2005, com resolução espacial de 4m, tendo sido a mesma georreferenciada e ortoretificada, e quatro fotos aéreas de 1985, em escala de 1:40.000. Através do Google Earth® foi adquirida uma imagem do satélite Quickbird, do ano de 2012, com resolução espacial de 70cm. As fotos e imagens foram escolhidas por abrangerem um intervalo temporal representativo e por apresentarem alta resolução espacial permitindo um melhor detalhamento das feições.

Nas observações de campo para verificação de feições morfológicas in loco, foram realizados registros

fotográficos com uma câmera fotográfica digital Sony Cyber-shot 7.2 mega pixels. Para marcação de pontos de apoio nas visitas, foi utilizado um receptor GPS de navegação da marca Garmin, modelo E-trex disponibilizado pela Coordenação do Curso Superior de Tecnologia em Geoprocessamento do IFPB.

Para realização deste trabalho foi utilizado o software ArcGIS, versão 9.3, desenvolvido pela empresa Environmental Systems Research Institute (ESRI), adquirido pelo IFPB para o Curso de Geoprocessamento. Também foi utilizado o Digital Shoreline Analysis System (DSAS), versão 4.2, que é extensão gratuita que amplia as funcionalidades do ArcGIS. A versão 4.2 foi lançada em agosto de 2010 e é compatível com o ArcGIS versão 9.2 e 9.3. Para o desenvolvimento da pesquisa foi utilizado um Notebook da marca Acer, com processador Intel Core i5, 4GB de memória Ram, 500GB de HD e sistema operacional Windows 7. Para a construção dos gráficos e tabelas foi utilizado o Microsoft Office Excel 2007.

Criação do banco de dados

Foi necessária a criação de um banco de dados externo, gerenciado pelo ArcGIS, com a finalidade de agrupar as feições vetoriais em um ambiente seguro e que pudesse ser compatível com o DSAS. O DSAS sugere que todos os dados de entrada a serem manipulados na extensão necessitam estar inserida dentro de um personal geodatabase, que também serve como local de armazenamento para a classe transectos gerados no programa e tabelas relacionadas com os resultados estatísticos (THIELER et al., 2009).

Mosaico das imagens de 1985

Para analisar a linha da falésia no ano de 1985, foram adquiridas junto a SUDEMA quatro fotos aéreas da região em estudo. As fotos foram repassadas em formato digital, e são provenientes de um levantamento aerofotogramétrico na escala de 1:40.000.

As quatro fotos não estavam georreferenciadas, e para tanto foi utilizada a imagem do satélite IKONOS II de 2005, para identificação e localização de feições semelhantes, cujo Sistema de Coordenadas adotado foi o UTM, Datum SAD 69. As fotos aéreas apresentavam dimensões variando em aproximadamente 9km no eixo leste-oeste, e 8km no eixo norte-sul (Figura 04).

Análise quantitativa do processo de erosão/deposição nas falésias da APA Tambaba e sua ocupação nos limites da APP

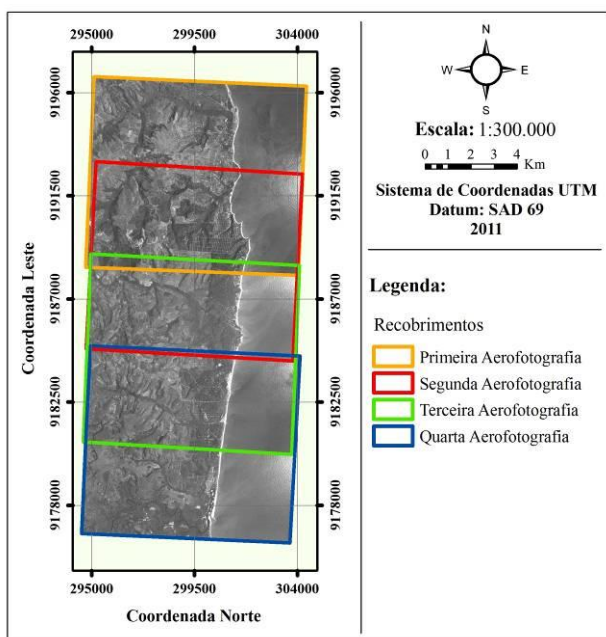


Figura 04. Recobrimento das fotografias aéreas

Na Figura 04, observase que nas quatro fotos aéreas existia um recobrimento longitudinal muito alto. Essa característica proporciona grandes distorções no momento da mosaicagem das fotografias. Com objetivo de reduzir distorções na região próxima a área de estudo foi realizado um recorte nas quatro fotos, com intuito de reduzi-las para o mesmo tamanho da imagem de 2005.

O georreferenciamento das imagens foi revisado e ajustado individualmente, e posteriormente foi realizado o mosaico das aerofotos.

Georreferenciamento da imagem de 2012

A imagem da APA Tambaba adquirida pelo Google Earth foi georreferenciada a partir da imagem do satélite IKONOS II, do ano de 2005, que já se encontrava georreferenciada e ortorretificada. O Sistema de Coordenadas adotado foi o UTM, Datum SAD 69.

Como a imagem possui uma extensão de aproximadamente 12 km, com o objetivo de reduzir distorções, foi necessária separá-la em cinco partes para realizar o georreferenciamento individual, e posteriormente uni-las novamente em um mosaico.

Definição das linhas das falésias de 1985, 2005 e 2012

A delimitação das linhas das falésias foi realizada após visitas em campo. Foram identificadas as áreas, dentro dos limites da APA Tambaba, que não tem falésias. Estas áreas foram definidas como linha de drenagem, entrada do *canyon*, ravinas ou voçorocas. Para a delimitação foi utilizado um GPS de Navegação para coletar pontos que indicam o início e o fim dessas áreas. E consequentemente estes pontos também indicam o início e o fim das falésias. Após a coleta de pontos realizada em campo, as áreas foram identificadas nas imagens do *Quickbird* e do IKONOS II, e nas fotos aéreas. Foi realizada a interpretação visual das imagens e das fotos, e através da

vetorização se delimitou a linha de ruptura do relevo de cada falésia.

Análises Espaciais

- Análise das linhas das falésias

Para a análise das linhas das falésias foi necessário o uso da ferramenta DSAS no ArcGIS. O DSAS permite a automação da análise quantitativa da evolução das tendências de erosão e deposição para uma série temporal de dados vetoriais, através de estatística. A extensão foi desenvolvida para calcular taxas de mudança na linha de costa. Porém, o DSAS também é útil para as séries de dados que usam poli-linhas como uma representação das posições de pontos específicos no tempo, como o limite para avanço de geleira, margem de rio, limites de uso do solo, entre outras (THIELER *et al.*, 2009). O presente trabalho adaptou tal ferramenta para o cálculo das taxas de variação em falésias.

As análises são realizadas através dos transectos gerados pelo DSAS, que são segmentos de reta com tamanho e espaçamento definido pelo usuário, e que cruzam as linhas das falésias para medir a diferença entre elas ao longo do tempo. Os pontos de intersecção fornecem a localização e informações de tempo usadas para calcular as taxas de variação. Os transectos partem perpendicularmente de uma linha de base definida pelo o usuário e que deve ser estabelecida seguindo a orientação das posições das linhas estudadas, podendo ser feita sobre a faixa de terra do continente (*onshore*) ou sobre as águas oceânicas (*offshore*).

Os transectos calculam as taxas de variação através de métodos estatísticos distintos que são mostrados em uma tabela de atributos e denominados como: *End Point Rate* (EPR) ou Taxa do ponto de extremidade, *Linear Regression Rate* (LRR) ou taxa de regressão linear e *Least Median of Squares* (LMS) ou Mínima Mediana dos Quadrados. Essas taxas são expressas em metros ao ano.

O método EPR é medido com base na distância do movimento pelo intervalo de tempo decorrido entre a linha mais antiga e a mais recente (THIELER *et al.*, 2009). Ou seja, é uma relação espaço e tempo.

Segundo Thieler *et al.* (2009), as principais vantagens do EPR são a facilidade de cálculo e exigência mínima de apenas duas linhas para que seja efetuado o cálculo das taxas de variação. A desvantagem principal está onde mais de duas linhas são usadas, pois as informações existentes nas outras linhas não são consideradas. Mas isso não descaracteriza os resultados.

O método LRR calcula o movimento das linhas das falésias através de regressão linear simples, considerando para tal as inflexões existentes ao longo de cada linha estudada. É um método que utiliza conceitos estatísticos aceitos aonde todos os transectos são considerados para efeito de cálculo. No entanto, este método é suscetível a desvios extremos e também tende a subestimar a taxa de variação em relação a outras estatísticas (THIELER *et al.*, 2009).

No método LMS, só o valor médio dos quadrados dos resíduos é usado, em vez da média, para determinar a equação de melhor ajuste para as linhas. O LMS é determinado por um processo iterativo que calcula todos os possíveis valores de inclinação (taxa de variação) dentro de uma gama restrita de ângulos (THIELER *et al.*, 2009).

A intenção de usar os três métodos estatísticos citados, é de mostrar que os valores encontrados para as taxas de erosão e deposição são aproximados do que seria o real, uma vez que cada método apresenta um valor diferente após o cálculo.

O resultado do cálculo estatístico foi disponibilizado em uma tabela no ambiente *geodatabase*. Para uma melhor visualização e posterior criação do gráfico com os resultados, esta tabela foi transformada em um arquivo do Microsoft Excel.

Posteriormente, realizou-se a união entre a tabela gerada pelo DSAS e os transectos, através do comando *join* do Arcgis, para poder visualizar os resultados espacialmente.

- Análise das Áreas de Preservação Permanente

Para identificar as construções inseridas nas APP foi realizada uma análise espacial a partir das linhas das falésias, definidas anteriormente. Foram utilizadas as linhas vetorizadas pela imagem de satélite de 2012 e a partir delas gerado um *buffer* (é uma região, definida em torno de entidades geométricas (pontos, linhas ou polígonos) com base em critérios de distância) (PESTANA, 2006).

Através da interpretação visual, foram vetorizadas as áreas identificadas como edificações na imagem de 2012. Após a vetorização, foi feito um recorte nos polígonos referente às edificações, através do comando *clip* do Arcgis, para que fossem analisados apenas os polígonos inseridos nos limites da APP.

Foi visualizado através da tabela de atributos o tamanho total da área dos polígonos referente às edificações inseridas na APP, e o tamanho da área do *buffer*. Após essa identificação, foi feito o cálculo de quanto de área construída existe em relação ao tamanho da APP.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como os produtos primários do trabalho estavam em diferentes níveis de escala, por conveniência, os mapas apresentados foram construídos de acordo com a disponibilidade do espaço destinado a locação da figura neste trabalho, tendo todos, portanto, escalas variadas.

Criação do banco de dados

As feições inseridas e criadas no *geodatabase* foram o limite da APA, a linha de ruptura do relevo das falésias nos anos de 1985, 2005 e 2012, a linha de base, a linha de base trecho menor, transectos, transectos trecho menor, linha de drenagem, entrada do *canyon*, ravinas ou voçorocas, nuvens, construções na APP e *buffer* de 100m.

Mosaico das imagens de 1985

O recorte aplicado consistiu na redução das fotografias aéreas, e permitiu que as mesmas tivessem um pequeno recobrimento longitudinal, passando a apresentar aproximadamente 4km de extensão no eixo leste – oeste por aproximadamente 4km de extensão no sentido norte-sul (Figura 05).

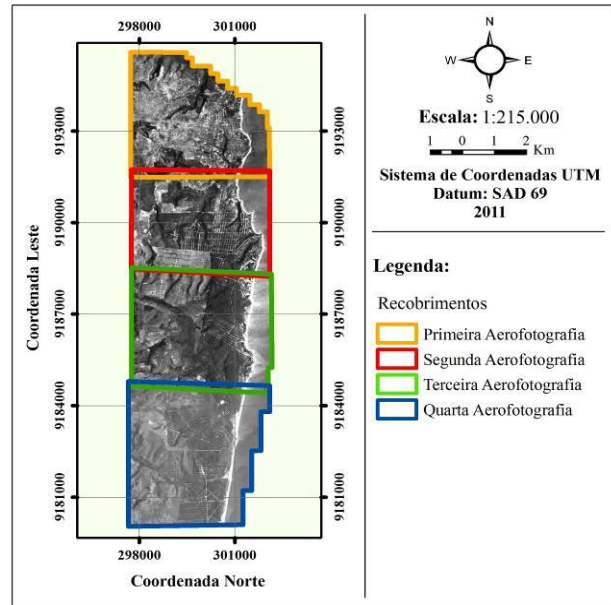


Figura 05. Fotos aéreas recortadas.

As fotos aéreas foram mosaicadas, e o produto final dessa operação foi a Carta Imagem do Litoral da APA Tambaba do ano de 1985 (Figura 06).

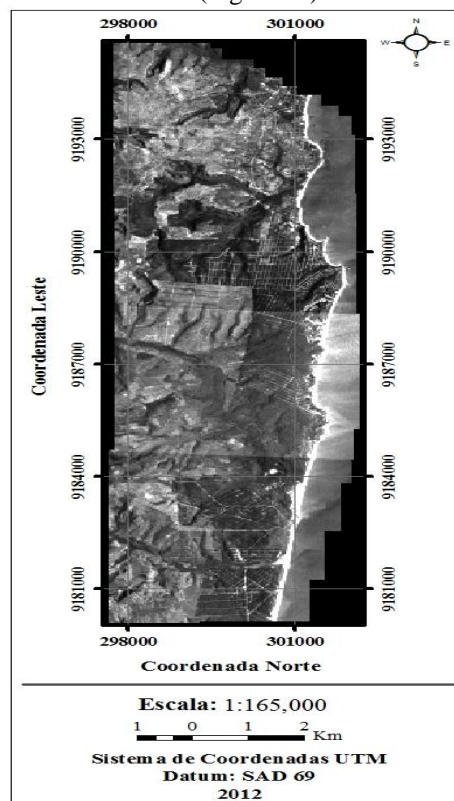


Figura 06. Carta Imagem do Litoral da APA Tambaba de 1985.

Análise quantitativa do processo de erosão/deposição nas falésias da APA Tambaba e sua ocupação nos limites da APP

Georreferenciamento da imagem de 2012

O georreferenciamento da imagem de 2012 resultou na Carta Imagem do Litoral da APA Tambaba de 2012 (Figura 07).

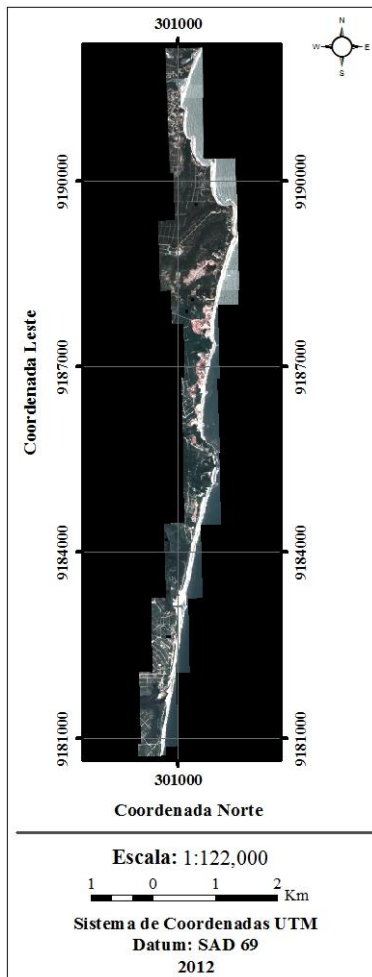


Figura 07. Carta Imagem do Litoral da APA Tambaba de 2012.

Definição das linhas da falésia de 1985, 2005 e 2012

Com a realização do levantamento de campo e as imagens obtidas por Sensoriamento Remoto foi possível identificar as características do relevo da área de estudo. A Figura 08 mostra as feições identificadas e as linhas das falésias dos anos de 1985, 2005 e 2012.

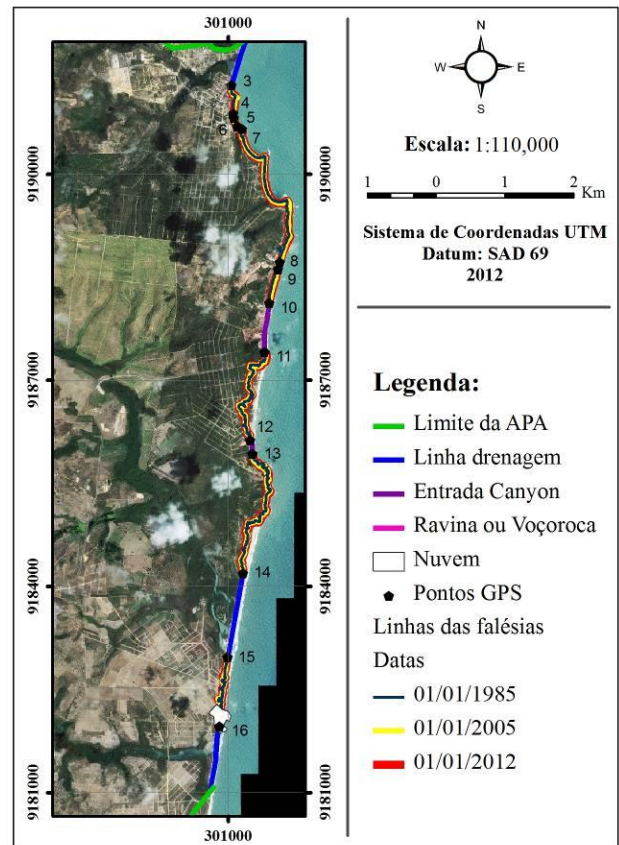


Figura 08. Mapa contendo as delimitações das feições encontradas na costa da APA Tambaba e os pontos de GPS colhidos nas visitas de campo.

Análises Espaciais

Análise das Linhas das Falésias

A princípio foi criado apenas um arquivo, do tipo *onshore*, para linha de base contemplando toda a extensão das falésias da APA Tambaba. Porém, existem dois trechos com curvatura acentuada no extremo norte da APA, e ao gerar os transectos ocorreu um cruzamento entre eles nestas áreas. Com a geração dos resultados estatísticos, incidiu um erro no cálculo devido a estes cruzamentos, o que gerou uma taxa de variação errada para a região.

Para solução deste problema, foi necessária a criação de dois arquivos distintos para a linha de base. Um arquivo contemplando a maior parte das falésias e o outro contendo a linha de base, apenas para dois trechos com curvatura acentuada, sendo este arquivo denominado linha de base trecho menor.

Conseqüentemente os transectos também sofreram alterações, sendo necessário definir parâmetros distintos para sua geração. Nas áreas de curvas acentuadas os transectos tiveram seus comprimentos reduzidos para evitar o cruzamento entre eles, e a definição de linhas de base específicas para estas áreas.

Foram gerados dois arquivos distintos. Sendo um denominado de transectos para a maior parte das falésias e o outro denominado de transectos trecho menor

correspondente aos dois trechos com curvatura acentuada (Figura 09).

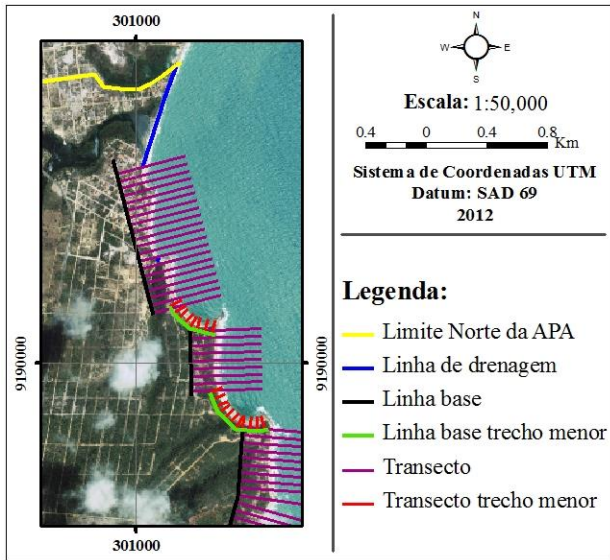


Figura 09. Mapa contendo os transectos e linhas de base para a maior parte das falésias e para os dois trechos com curvatura acentuada.

Os transectos tiveram os seguintes parâmetros: para a maior parte das falésias foi definido um espaçamento de 50 metros e um comprimento de 475 metros, este valor corresponde a maior distância entre a linha de base e linha de borda da falésia sendo necessária uma margem de segurança para que o transecto possa passar pelas linhas de bordas analisadas; para as áreas com curvas acentuadas foi adotado um espaçamento de 50 metros e comprimento de 95 metros. Após estas definições foram gerados os transectos.

Foi definido nos parâmetros do DSAS o número mínimo de três linhas, referentes às falésias de 1985, 2005 e 2012, que um transecto deve cruzar para que possa ser incluído na análise estatística. Devido a esta definição, o DSAS gerou no trecho maior 133 transectos com valores, e no trecho menor 19 transectos. Sendo esses enumerados no sentido norte-sul.

Os valores gerados pelo DSAS representam a realidade, referente à tendência de haver erosão ou deposição na área analisada. Sendo assim, foi feita a classificação em erosão, para os valores negativos apresentados, e deposição, referente aos valores positivos. Como as três estatísticas geraram valores aproximados, resolveu-se apresentar o mapa desta classificação apenas do método estatístico LRR (Figura 10).

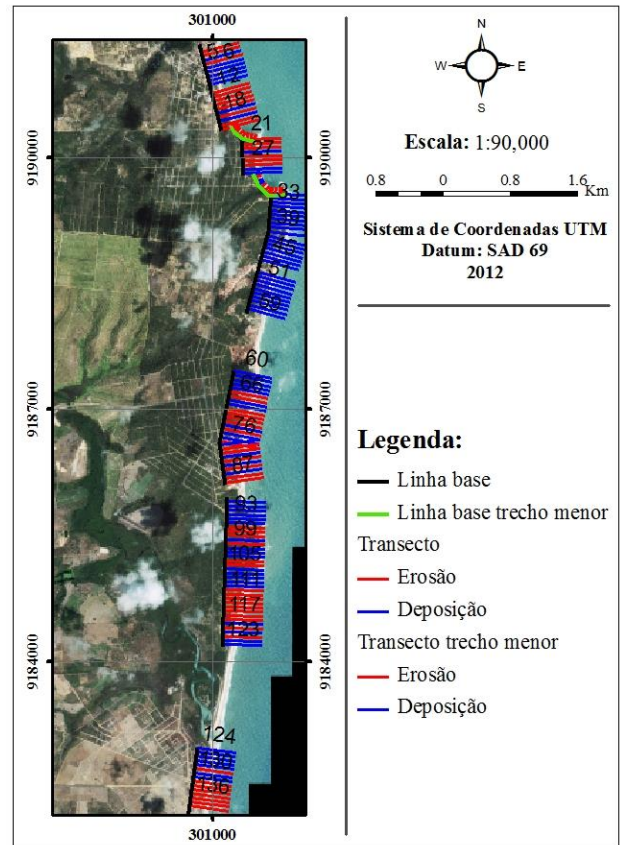


Figura 10. Mapa com a classificação da variação espaço-temporal das falésias nos anos de 1985, 2005 e 2012, usando o método estatístico LRR.

Após a geração dos valores estatísticos a partir dos métodos LRR, LMS e EPR, e inclusão dos mesmos no Excel, foram criados os gráficos que representam a variabilidade de movimento (erosão e deposição) das falésias da APA Tambaba para o trecho menor (Figura 11), e para o trecho maior (Figura 12).

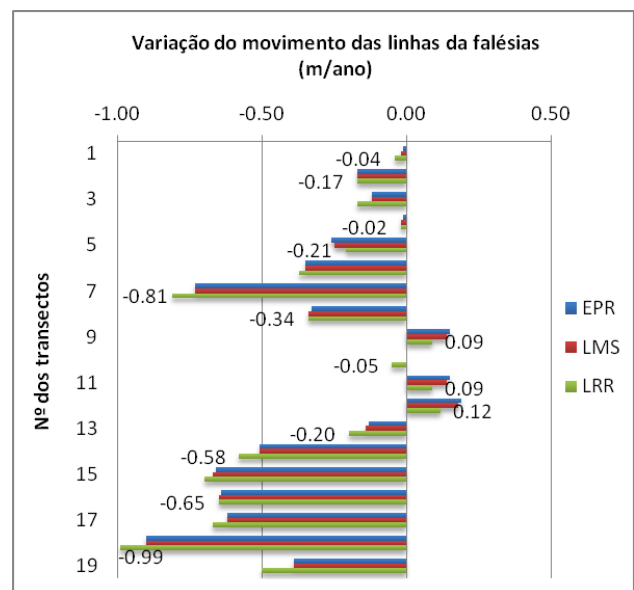


Figura 11. Gráfico dos valores estatísticos para o trecho menor.

Análise quantitativa do processo de erosão/deposição nas falésias da APA Tambaba e sua ocupação nos limites da APP

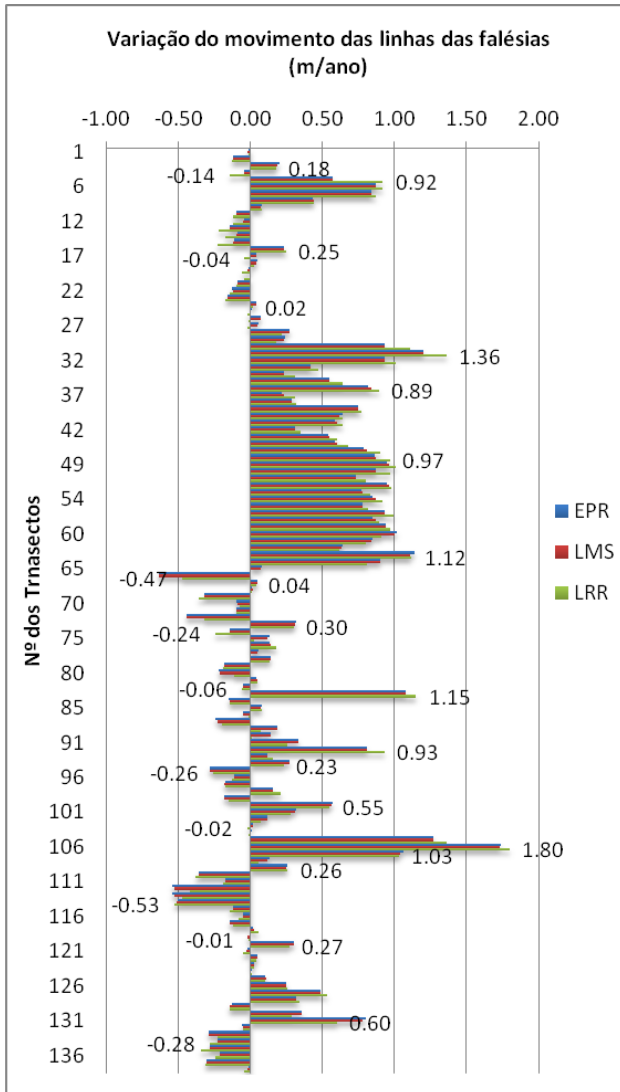


Figura 12. Gráfico dos valores estatísticos para o trecho maior.

A movimentação das linhas das falésias se apresentou de forma variada, tanto para os valores de deposição como para os de erosão.

No maior trecho, a taxa média de erosão para o intervalo de 27 anos (1985 a 2012) é de -0,17m/ano, sendo -0,16 m/ano para o método LRR, para o LMS -0,17 m/ano e para EPR -0,18 m/ano. Já a taxa média de deposição é de 0,49m/ano, sendo 0,53 m/ano segundo o método LRR, para o LMS de 0,48 m/ano e para o EPR de 0,47 m/ano.

No trecho com curvatura acentuada, a taxa média de erosão é de -0,38m/ano, sendo -0,40 m/ano para o método LRR, de -0,37 m/ano para o LMS e para o EPR -0,36 m/ano. Já a taxa média de deposição é de 0,14m/ano, sendo 0,10 m/ano para o método LRR, para o LMS 0,15 m/ano e para o EPR 0,16 m/ano.

Pode-se observar que, no maior trecho a taxa média de deposição foi maior do que à taxa média de erosão. Já no trecho menor ocorreu o contrário, sendo a taxa média de erosão superior à taxa média de deposição. Este segundo caso ocorreu por ser uma área de curvatura, em que o mar

retira sedimentos do lado interno da curva e deposita no lado externo.

O valor máximo de erosão encontrado foi de -0,63 m/ano para o trecho maior e de -0,99 m/ano para o menor trecho. Já o valor máximo encontrado de deposição foi de 1,80 m/ano para o maior trecho e de 0,19 m/ano para o trecho menor.

Análise das Áreas de Preservação Permanente

Em uma visualização preliminar da imagem de satélite do ano de 2012, é possível verificar algumas construções que não caracterizam as atividades descritas no Art. 61 da Lei 12.651 (BRASIL, 2012). Estas construções possuem características imobiliárias.

O tamanho da área que compreende a APP relatada neste trabalho é de 866.442,81 m². Já a área construída dentro da APP corresponde a 22.818,91 m² (Figura 13). Assim, a área ocupada irregularmente equivale a aproximadamente 3% da área total da APP.

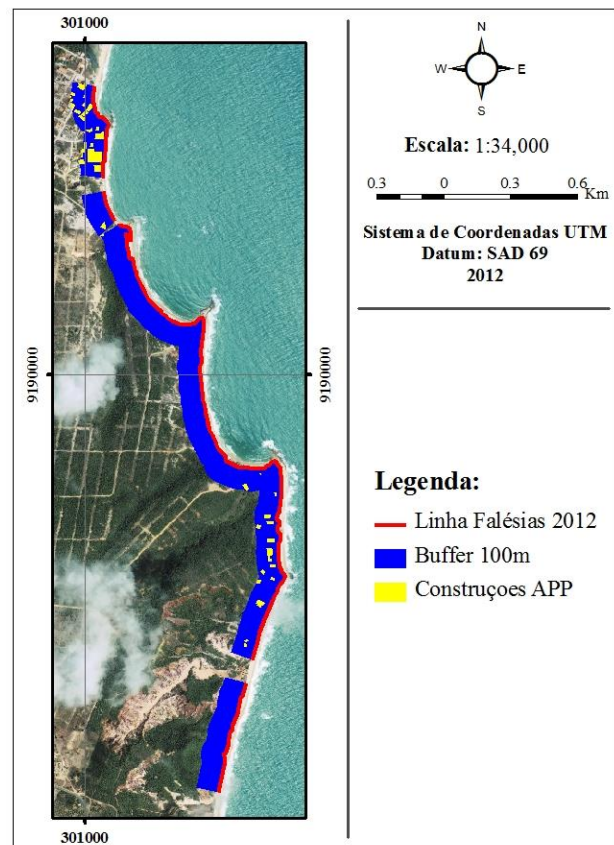


Figura 13. Mapa contendo a linha das falésias de 2005, o buffer de 100m correspondente a APP e as construções dentro da APP.

Ao comparar a área ocupada com empreendimentos regulares temos que, área total construída dentro do limite de preservação corresponde a aproximadamente 38 lotes medindo o tamanho uniforme de 20x30m. Se todos os lotes estivessem construídos enfileirados na borda da APP se teria aproximadamente 760m a menos de extensão.

Nas Figuras 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20 e 21 são expostas fotografias retiradas nas áreas que apresentam construções edificadas dentro da APP.



Figura 14. Edificações próximas à borda das falésias da Praia de Tabatinga.



Figura 15. Edificações construídas na APP das falésias da Praia de Tabatinga.



Figura 16. Casa no topo da falésia na Praia de Coqueirinho.



Figura 17. Topo da falésia na Praia de Coqueirinho.



Figura 18. Tambaba.



Figura 19. Acesso a praia de Tambaba.

Análise quantitativa do processo de erosão/deposição nas falésias da APA Tambaba e sua ocupação nos limites da APP



Figura 20. Edificações próximas à borda das falésias de Praia Bela.



Figura 21. Casa construída na APP das falésias de Praia Bela.

CONCLUSÕES

A utilização das fotografias aéreas e das imagens de satélite como ferramenta para análise multitemporal da APA Tambaba mostrou-se bastante eficaz, fornecendo uma visão da evolução temporal ocorrida no período de 27 anos, e possibilitando a identificação de edificações construídas na área.

A adaptação da extensão DSAS 4.2 para o presente trabalho, forneceu resultados necessários para a identificação das áreas com tendências a erosão e deposição ao longo dos anos.

Assim, a aplicação de técnicas e ferramentas de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto, em análises de escalas temporais podem servir de auxílio para o planejamento e gerenciamento das regiões litorâneas, uma vez que estas geotecnologias trazem resultados eficazes em um curto período de processamento das informações.

Os resultados obtidos nas bordas das falésias demonstraram uma variação nas ocorrências de recuo e progradação, que através dos gráficos foi possível identificar concentrações de erosão (resultados negativos) e deposição (resultados positivos).

Foi possível, também, mostrar construções irregulares na borda das falésias da APA Tambaba que vão de contra ao que especifica a Lei 12.651/2012. Além destas APP estudadas, a referida Lei define outras APP, tais como os manguezais, o leito e as nascentes dos rios. Estas áreas podem ser analisadas em estudos mais aprofundados, e a metodologia utilizada pode ser aplicada para dar continuidade nesse processo de verificação de interferências diversas nas APP dentro da APA Tambaba.

As construções que ocorreram antes da criação do novo Código Florestal definido pela Lei 4.771, de 15 de setembro de 1965 (BRASIL, 1965), não estão passíveis de serem atingidas com alguma punição, pois não existia nenhuma lei vigente que pudesse fiscalizar e impor que estas casas fossem destruídas ou relocadas. Porém, se fosse realizada uma análise ambiental mais profunda, essas casas poderiam ser indenizadas ou relocadas, tendo em vista a proteção do espaço natural impróprio invadido.

A adoção de medidas sustentáveis que visam o ordenamento da ocupação das regiões da APA Tambaba exige providências eficazes no gerenciamento e mitigação de problemas quanto ao uso indevido ou inadequado dessas áreas.

É importante salientar que qualquer ocupação que venha a interromper o fluxo natural de sedimentos ou, que afete o balanço sedimentar costeiro, deve ser inibida ou realizada de acordo com as implicações legais. Dentro do atual contexto de desenvolvimento sustentável a implantação de empreendimentos dentro da zona litorânea deve considerar os impactos que estes trarão para o ecossistema evitando maiores prejuízos ecológicos e econômicos.

Por fim, espera-se que a metodologia desenvolvida possa trazer benefícios para os pesquisadores e gestores dos órgãos públicos envolvidos na gestão da APA Tambaba e das APP pertencentes, com intuito de auxiliar no processo de elaboração de políticas públicas tendo em vista a compatibilização das vocações turísticas com a sustentabilidade dos diversos ecossistemas e áreas de preservação existente na região.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGENDA 21 BRASILEIRA: resultado da consulta nacional / **Comissão de Políticas de Desenvolvimento Sustentável e da Agenda 21 Nacional**. 2. ed. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2004.

ASSAD, L. **Falésias - As belas e perigosas construções da natureza**. Revista Ciência e Cultura, vol. 62 n. 2. São Paulo, 2010. Disponível em: <http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?pid=S0009-67252010000200003&script=sci_arttext>. Acesso: 20 de maio de 2010.

BAHIA. SEMARH / CRA. **Projeto de Gerenciamento Costeiro**: Revisão do diagnóstico socioambiental, consolidado numa proposta de zoneamento e plano de gestão. Salvador, 2003. Disponível em: <http://www.meioambiente.ba.gov.br/gercom/revisao_dia>

- gnostico_socioambiental.pdf>. Acesso: 13 de maio de 2010.
- BRASIL. **Lei Federal nº. 9.771, de 15 de setembro de 1965** (Institui o novo Código Florestal), 1965. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L4771.htm>. Acesso: 02 de julho de 2012.
- BRASIL. **Lei Federal nº. 9.985, de 18 de julho de 2000** (Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza – SNUC), 2000. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19985.htm>. Acesso: 17 de junho de 2011.
- BRASIL. **Lei Federal nº. 12.651, de 25 de maio de 2012**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm>. Acesso: 20 de junho de 2012.
- FLORENZANO, T. G. **Geomorfologia: conceitos e técnicas atuais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.
- LIMA, M. N. S. **Conflitos de Uso do Solo da Área de Proteção Ambiental Tambaba - PB: o caso dos loteamentos urbanos**. Monografia de Graduação em Tecnologia em Geoprocessamento. IFPB. João Pessoa, 2009.
- MENESES, L. F. de. **Caracterização Geomorfológica e do Meio Físico da Apa Tambaba, Litoral Sul do Estado da Paraíba**. Monografia de Graduação em Geografia. DGEOC/CCEN/UFPB. João Pessoa, 2006.
- PARAÍBA. Secretaria da Educação/UFPB. **Atlas Geográfico da Paraíba**. João Pessoa: Grafset, 1985.
- PEDROSA, E. C. T. **Caracterização do uso e ocupação da terra em relação à morfologia do relevo na área de Proteção Ambiental Tambaba-Paraíba**. Monografia de Graduação em Geografia. DGEOC/CCEN/UFPB. João Pessoa, 2006.
- PESTANA, A. **Curso prático de SIG com Manifold**. Lição n. 3. FIPP/IDT e ISEP, 2006. Disponível em: <http://topografiasig.isep.ipp.pt/apontamentos/Apontamentos%20SIG/Manual%20MANIFOLD/Licao%203%20v2_01.pdf>. Acesso: 29 de junho de 2012.
- SANTOS, M. L. F. dos. **Utilização de Sistema de Informações Geográficas na gestão da Área de Proteção Ambiental Tambaba – Litoral Sul da Paraíba**. Monografia de Graduação em Tecnologia em Geoprocessamento. IFPB. João Pessoa, 2010.
- SCUDELARI, A. C. BRAGA, K. G. JÚNIOR, O. F. dos S. **Desenvolvimento de um checklist para estudo da erosão costeira em falésias**. Revista de Geologia, Vol. 20, n. 2, 157-169, 2007. Disponível em: <http://www.revistadegeologia.ufc.br/documents/revista/2007/12_2007.pdf>. Acesso: 09 de agosto de 2011.
- SUGUIO, K. **Tópicos de geociências para o desenvolvimento sustentável: as regiões litorâneas**. Revista do Instituto de Geociências. USP. São Paulo. Geologia USP: Série Didática, v. 2, n. 1, 2003. Disponível em: <<http://geologiausp.igc.usp.br/downloads/geoindex598.pdf>>. Acesso: 09 de agosto de 2011.
- THIELER, E. R. HIMMELSTOSS, E. A. ZICHICHI, J. L. e ERGUL, A. 2009. **Digital Shoreline Analysis System (DSAS) version 4.2 - An ArcGIS extension for calculating shoreline change**. U.S. Geological Survey Open-File Report 2008-1278.