



O Uso de Geoindicadores para Avaliação da Vulnerabilidade à Erosão Costeira na Praia do Forte Orange (Ilha de Itamaracá-PE, Brasil)
Geoindicators Use for Coastal Erosion Vulnerability Assessment of Fort Orange Beach (Itamaracá, PE, Brazil)

Athos Farias Menezes¹; Pedro de Souza Pereira²; Rodrigo Mikosz Gonçalves³ & Heithor Alexandre de Araújo Queiroz³

¹Universidade Federal de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação Geociências - PPGEOC/UFPE, Rua Acadêmico Hélio Ramos s/n, Cidade Universitária, 50740-530, Recife, Brasil

²Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Oceanografia - PPGOCEANO/UFSC, Rua Eng. Agrônomo Andrey Cristian Ferreira, Saco dos Limões, 88040-900, Florianópolis, Brasil

³Universidade Federal de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Informação - PPGCGTG/UFPE, Rua Acadêmico Hélio Ramos s/n, Cidade Universitária, 50740-530, Recife, Brasil
E-mails: athos.farias1@gmail.com; psppraias@gmail.com; rodrigo.mikosz@gmail.com; heithorqueiroz@gmail.com

Recebido em: 25/09/2017 Aprovado em: 30/04/2018

DOI: http://doi.org/10.11137/2020_3_250_259

Resumo

O uso do sensoriamento remoto para identificação de feições costeiras ao longo do litoral brasileiro é algo que se intensificou com as novas propostas e perspectivas metodológicas no ramo das geociências. Neste trabalho foram utilizadas imagens de satélite de alta resolução espacial (*WorldView 2*) em conjunto com o método máxima verossimilhança para classificação supervisionada dos seguintes geoindicadores: vegetação densa (25,1%); vegetação rasteira (41,4%); residências (16,1%); solo exposto (7,7%); estradas (3,6%); face de praia (2,4%); e terraço de praia (3,7%) com o objetivo de avaliar a vulnerabilidade à erosão costeira na Praia do Forte Orange (município da Ilha de Itamaracá, Pernambuco, Brasil). Como resultados foi evidenciada a presença de ocupações urbanas onde naturalmente deveria se encontrar a *face de praia*, provocando assim um processo erosivo. Este trabalho destaca a importância da identificação de áreas com potenciais erosivos para tomada de decisões públicas acerca dos ambientes litorâneos.

Palavras-chave: *Sensoriamento Remoto; Cartografia Costeira; Geoindicadores Ambientais de Erosão*

Abstract

The use of remote sensing for coastal features identification along the Brazilian coast is something that has intensified with the new proposals and methodological perspectives in geosciences field. In this work, high spatial resolution satellite images (*WorldView 2*) and the maximum likelihood method were used for supervised classification of the following geoindicators: dense vegetation (25.1%); undergrowth (41.4%); buildings (16.1%); bare soil (7.7%); roads (3.6%); face of beach (2.4%); and beach terrace (3.7%) with the objective of evaluating the vulnerability to coastal erosion in Forte Orange Beach (Itamaraca Island, Pernambuco, Brazil). The results show urban settlements evidence instead *beach face*, thus inducing an erosive process. This work highlights the importance of identifying areas with erosive potential to support for public decision making on coastal environments.

Keywords: *Remote sensing; Coastal Cartography; Environmental Erosion Geoindicators*

1 Introdução

A erosão costeira é um problema identificado em inúmeras praias urbanizadas e não urbanizadas ao redor do mundo (Lopes & Marcomini, 2013; Calligaro *et al.*, 2013; Nascimento *et al.*, 2013; Rajawat *et al.*, 2015). De acordo com Komar (1998) este processo ocorre quando o balanço sedimentar de um determinado ambiente se torna negativo ao longo do tempo. Em diversos cenários, este processo natural é potencializado pela interferência antrópica, como mostram os estudos relacionados à análise da vulnerabilidade à erosão costeira (Chaves *et al.*, 2006, Silva *et al.*, 2013, Azevedo *et al.*, 2016; Martins *et al.*, 2016).

Para a resolução de problemas, resultantes dos processos erosivos em regiões de praia, como exemplo a perda de patrimônios públicos e privados, redução do ambiente praiado e o risco à população banhista, são necessárias medidas de intervenção e proteção costeira auxiliadas por análises realizadas por meio de metodologias eficazes (Dean, 2002; Souza, 2009). De acordo com Mazzer *et al.* (2008), a vulnerabilidade à erosão costeira é descrita como um arranjo de atribuições ou variáveis que caracterizam áreas com maior fragilidade, em relação à incidência de um evento de potencial destrutivo, seja este caracterizado como antrópico ou natural.

O uso dos geoindicadores para avaliação da vulnerabilidade à erosão costeira é uma das metodologias que permitem identificar fatores que potencializam as mudanças dos ambientes diante dos cenários atuais. Desta maneira, indicadores ambientais e antrópicos são observados e analisados como possíveis elementos causadores das alterações provocadas ao longo do litoral (Bush, *et al.*, 1999; Sousa *et al.*, 2011; Martins *et al.*, 2016).

Para analisar a vulnerabilidade à erosão costeira são observadas diversas variáveis socioeconômicas e naturais, qualificadas como possíveis agentes modificadores do relevo costeiro, são exemplos: a impermeabilidade dos solos, retirada de vegetação nativa, ocupação no ambiente de praia e uso indevido de estruturas de proteção costeira (Bush *et al.*, 1999; Sousa *et al.*, 2011). Para a realização da identificação da vulnerabilidade à erosão costeira é necessário reconhecer e medir elementos de natureza socioeconômica e ambientais, para a tomada de medidas mitigadoras futuras com o intuito de prevenção a danos que possam acarretar a perda em áreas costeiras ou reduzam a capacidade de recuperação destes ambientes (Bush *et al.*, 1999; Almeida & Manso, 2011; Lopez & Marcomini, 2013).

Diversos estudos têm sido realizados buscando analisar a vulnerabilidade à erosão costeira para dar suporte ao Gerenciamento Costeiro Integrado (GCI, *no inglês: ICZM*). Harvey *et al.* (1999) realizaram uma revisão das metodologias existentes ao redor do mundo para a avaliação da vulnerabilidade à erosão costeira; Boruff *et*

al. (2005) integraram um índice de vulnerabilidade social com aspectos físicos de cidades costeiras norte americanas; Mazzer *et al.* (2008) propuseram um método de análise de vulnerabilidade à erosão costeira para um trecho do sudeste da Ilha de Santa Catarina (SC), Brasil, utilizando como ferramenta de análise a compartimentação da linha de costa em células costeiras e modelagem espacial em sistema de informação geográfica; e Sousa *et al.* (2011) utilizaram indicadores ambientais e antropogênicos para o subsídio do gerenciamento dos recursos naturais.

Neste contexto, este presente trabalho traz como contribuição para a área de estudo a análise e quantificação dos objetos apontados na avaliação da vulnerabilidade à erosão costeira, por meio do método de classificação através da Máxima Verossimilhança, amplamente utilizado para análise estatística de uso do solo (Ebert & Lyons, 1983; Moreira *et al.*, 2013).

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a vulnerabilidade à erosão costeira na praia do Forte Orange e adjacências localizada no município da Ilha de Itamaracá, Pernambuco, através do uso da Máxima Verossimilhança, direcionado à identificação dos geoindicadores ao uso do método proposto e desta forma corroborar com as análises dos principais fatores causadores de erosão costeira nesta região.

2 Materiais e Métodos

2.1 Área de Estudo

A abordagem deste estudo compreende a área da praia do Forte Orange e adjacências, onde é desempenhada uma forte atividade socioeconômica para o setor turístico. O clima para esta região apresenta temperaturas elevadas e uma umidade relativa do ar constante, algo bem característico do clima As' com temperaturas acima dos 21°C estações secas de verão e chuvosas no inverno chegando a 1800 mm de chuvas anuais (Lacerda, 1994; Montes, 1996).

A vegetação da Ilha de Itamaracá corresponde a remanescentes de Mata Atlântica protegidos por unidades de conservação tais como: APAs de Santa Cruz e Estuarina do Rio Jaguaribe, Refúgios de Vida Silvestre da Mata de Santa Cruz e da Mata de Jaguaribe e Reserva Ecológica da Macaxeira (Rocha, 2010). De acordo com Medeiros *et al.* (1993), a vegetação de manguezal se encontra de maneira bem expressiva ocupando aproximadamente 36 km² às margens do canal de Santa Cruz.

Esta área de manguezal se encontra ao longo dos depósitos fluvio-marinhos da Ilha de Itamaracá, onde a mesma apresenta-se, geologicamente, na província da Borborema, formada por litotipos da Formação Gramame, depósitos Flúvio-Marinhos e o Grupo Barreiras (Barros *et al.*, 2000).

Outros depósitos encontrados no município da Ilha de Itamaracá são os aluviais ou aluviões, compostos de areias, cascalhos e argilas de origem continental. Estes sedimentos foram transportados e depositados ao longo dos canais (Almeida & Manso, 2011).

2.2 Materiais

Como materiais foram utilizados registros fotográficos aéreos da Ilha de Itamaracá cedidos pela CPRH e uma imagem *World View 2* do ano de 2014. Além destes materiais foram utilizados, para avaliação estatística e geração dos mapas, os seguintes *softwares*: *Quantum GIS 2.10 (QGIS 2.10)* e o *ArcGIS 9.3* com licença do laboratório de Oceanografia Geológica da UFPE.

2.3 Métodos

Nesta seção estão expostos os procedimentos realizados para a classificação supervisionada da imagem multiespectral de alta resolução do satélite *World View 2*. Para isto foi utilizado o estimador de máxima verossimilhança (no inglês: *maximum-likelihood estimation* – MLE), o qual baseia-se na ponderação de distâncias médias dos níveis digitais das classes, considerando a distribuição espectral dos dados, onde, através de parâmetros estatísticos é estabelecida a probabilidade de um *pixel* pertencer ou não a uma determinada classe. O processo deste algoritmo se caracteriza pelo exercício de abrangência da variância e covariância dos padrões associados às classes de interesse no procedimento de classificação (Richards & Jia, 2006).

Como plataforma de tratamento de dados utilizou-se o programa *ArcGIS 9.3* com a extensão *Image Classification* utilizada através do classificador *Interactive Supervised Classification*. O processo de coleta se baseou nos geoindicadores continentais descritos por Bush *et al.* (1999) e Sousa *et al.* (2011).

Na presente proposta de avaliação da vulnerabilidade à erosão costeira, foram observados 7 geoindicadores identificados a partir da interpretação da imagem *WorldView 2*. Para a aplicabilidade do método e classificação da imagem foram coletados 193.982 *pixels* de 0,50 m, bem distribuídos de acordo com a viabilidade para cada classe, a fim de obter uma melhor acurácia nos resultados desejados conforme a descrição de Walter (2004). Sendo eles nomeados e amostrados (quantidade de *pixel* coletados) da seguinte forma: vegetação densa (46192), vegetação rasteira (55564), residências (8363), solo exposto (19859), estradas (9548), face de praia (25055) e terraço de praia (29401).

Para o melhor entendimento do comportamento da imagem digital foi necessário definir algumas feições cartográficas aqui consideradas como Geoindicadores costeiros que são descritos a seguir:

- 1. Praia:** A face de praia se caracteriza por ser o acúmulo de sedimentos soltos, não consolidados, que variam de tamanho, sendo estes muito finos, arenosos, formados por seixos e ocasionalmente rochosos. Este é o principal indicador a ser avaliado, pois é a feição que descreve de maneira qualitativa e quantitativa o fator de vulnerabilidade à erosão costeira.
- 2. O Terraço de Maré Baixa** é caracterizada por uma face de praia relativamente íngreme, a qual é conectada, no nível de baixa mar, a um terraço plano ou banco. As condições ideais para o desenvolvimento desta feição morfológica incluem as partes mais extremas e protegidas de longas praias. Durante a preamar as ondas de altura inferior a 1 metro ultrapassam a área do terraço, enquanto na baixamar, especialmente na de sizígia, o terraço é totalmente exposto, podendo apresentar um relevo de bancos e calhas dispostos paralelamente à praia (Calliari *et al.*, 2003).
- 3. Estradas e Rodovias:** A impermeabilização dos solos está associada diretamente através de estradas e rodovias sendo uma feição bem característica nas praias urbanas. Apresentando em alguns casos a presença de áreas calçadas e asfaltadas na orla marítima. Este fator pode contribuir para a potencialização da erosão costeira no que tange ao fluxo de sedimentos que passa a ter sua dinâmica comprometida (Bush *et al.*, 1999).
- 4. Solo Exposto:** A identificação de áreas de solo exposto representa a presença de solos permeáveis, entretanto, devido ao conhecimento prévio, as áreas expostas são caracterizadas pela retirada de vegetação nativa, o que significa a interferência antrópica para fins de exploração urbana. Áreas desta natureza são evidências de propriedades particulares para construção posterior de edificações.
- 5. Residências:** A presença de residências de primeira ou no caso de segunda moradia (casas de veraneio) é um fator predominante em ambientes de potencial turístico. Este aspecto se caracteriza pelo forte valor especulativo econômico da praia.
- 6. Vegetação Densa:** A presença da vegetação densa na pós-praia está atribuída a fixação natural de sedimentos, reduzindo os efeitos da erosão costeira. A retirada desta vegetação pode reduzir de maneira irreversível a capacidade à resiliência, causando intensas alterações nos serviços ecossistêmicos (Arrow *et al.*, 1995).
- 7. Vegetação Arbustiva:** A vegetação arbustiva oriunda dos ambientes praias são importantes aliados contra os processos de erosão costeira, impedindo a susceptibilidade do ambiente. De acordo com a Lei Federal 9605/98 a retirada desta

vegetação é determinada como crime ambiental. Além da vegetação arbustiva nas zonas costeiras, a presença de cobertura vegetal, mesmo que de pequeno porte, como as gramíneas em ambientes residências são importantes nas recargas de aquíferos, estando associados à presença de unidades geológicas permeáveis, como os terraços arenosos marinhos, na zona costeira adjacente à costa.

2.3.1 Índice de Vulnerabilidade

Segundo Bush *et al.* (1999) e Sousa *et al.* (2011) os setores dos ambientes costeiros são resultados dos processos físicos e antrópicos integrados, através de agentes patogênicos que estão em constantes alterações. Devido a isso o índice avalia cada geoindicador de maneira individual e detalhada conforme descrito previamente, de acordo com sua presença atuando como agente protetor ou agente erosivo.

O indicador apresenta seu potencial para a vulnerabilidade à erosão costeira (baixa, moderada ou alta). Considerando os valores da área (m²) de cada geoindicador atribuindo um valor numérico baseado nas amostras para cada variável: 0 = baixa, 5 = moderada e 10 em alta vulnerabilidade. Os mesmos são organizados em planilhas que alimentam a base de dados para o modelo numérico observados através da seguinte equação:

$$I = \left(\frac{1}{n_v}\right) \cdot \sum_v \left(\frac{1}{n_i}\right) \cdot \sum_i x_i$$

Onde n_v é o número de variáveis, n_i o número de indicadores da determinada variável e x_i é a soma dos indicadores. Somando as variáveis e realizando a média aritmética dos indicadores, obtendo-se o valor do índice proposto.

Os resultados obtidos através do banco de dados acerca da vulnerabilidade costeira são aplicados na Equação 1 que resulta no índice (I), de acordo com os 7 parâmetros de entrada do modelo.

O índice é um resumo dos indicadores, dada pela avaliação a vulnerabilidade sendo os valores numéricos encontrados entre 0 a 2,9 considerado como baixa vulnerabilidade, de 3 a 6,9 vulnerabilidade moderada e de 7 a 10 alta vulnerabilidade.

3 Resultados e Discussão

O processamento de imagens orbitais de alta resolução espacial através do estimador de máxima

verossimilhança permitiu a classificação de 7 indicadores antrópicos e ambientais de acordo com a proposta de Bush *et al.* (1999), sendo estes responsáveis de maneira direta e indireta pela caracterização dos cenários de erosão atuais na orla da praia do Forte Orange e seus arredores no município da Ilha de Itamaracá. Como resultado obteve-se a imagem classificada de acordo com a Figura 1. Onde a partir desta classificação valores referentes à quantidade de *pixel* para cada classe foram multiplicados por 0,50 m², valor este que equivale à resolução espacial da imagem, para a obtenção dos valores totais de área. O somatório total destas áreas contabilizou 5,98 km², onde 25,1% foi classificada como vegetação densa, 41,4% vegetação rasteira, 16,1% áreas residenciais, 7,7% solo exposto, 3,6% áreas de estradas, 2,4% face de praia e 3,7% como áreas correspondentes aos terraços de praia.

A vulnerabilidade na Praia do Forte Orange, de acordo com Equação 1 (Sousa *et al.*, 2011), obteve como resultado o valor de 5,5 sendo classificada como moderada.

Foi possível detectar ambientes preservados, como a área sul da praia, onde existe baixa interferência antrópica (residências e impermeabilização do solo), com bom aporte sedimentar para a praia e uma presença massiva de vegetação de mangue. Além deste fator, Albuquerque (2015) destaca a presença de pequenas dunas na região da orla, com uma largura de 20m sendo composta por areias finas. Nesta região a faixa do pós-praia tem uma largura de 25 a 30m com presença de berma e dunas recentes cobertas pela vegetação.

Um grande quantitativo de concentrações residenciais é visualizado na proximidade da praia que pode ser identificado na Figura 1. Este fator se caracteriza de maneira natural para a região que passou por uma intensa ocupação ocorrida nestas áreas ao longo das décadas de 1980 e 1990, onde para esta área foi atribuída a identidade de turismo de segunda residência como descreve Assis (2003).

Com o decorrer dos anos e considerando a atribuição dos aspectos socioeconômicos e ambientais, como queda de receita, desvalorização dos imóveis, aumento da violência e significativa deterioração ambiental da orla (despejo de esgotos, invasões em faixa de praia, desordenamento dos bares e barracas etc.) foi observado uma desvalorização imobiliária ao redor desta praia. Em contrapartida, a diversidade paisagística da Ilha e a saturação de algumas praias no litoral sul potencializam a expectativa de crescimento das atividades turísticas da praia do forte, mesmo atualmente apresentando serviços estagnados (Rocha, 2010 e Manso *et al.*, 2012).

Diversos problemas ambientais na Ilha de Itamaracá são descritos por Lacerda (1994), Medeiros *et al.* (2001), Barreto *et al.* (2014) e Martins *et al.* (2016), alguns citados são: intensificação da erosão costeira, perda de atrativos

O Uso de Geoindicadores para Avaliação da Vulnerabilidade à Erosão Costeira na Praia do Forte Orange (Ilha de Itamaracá-PE, Brasil)
Athos Farias Menezes; Pedro de Souza Pereira; Rodrigo Mikosz Gonçalves & Heithor Alexandre de Araújo Queiroz

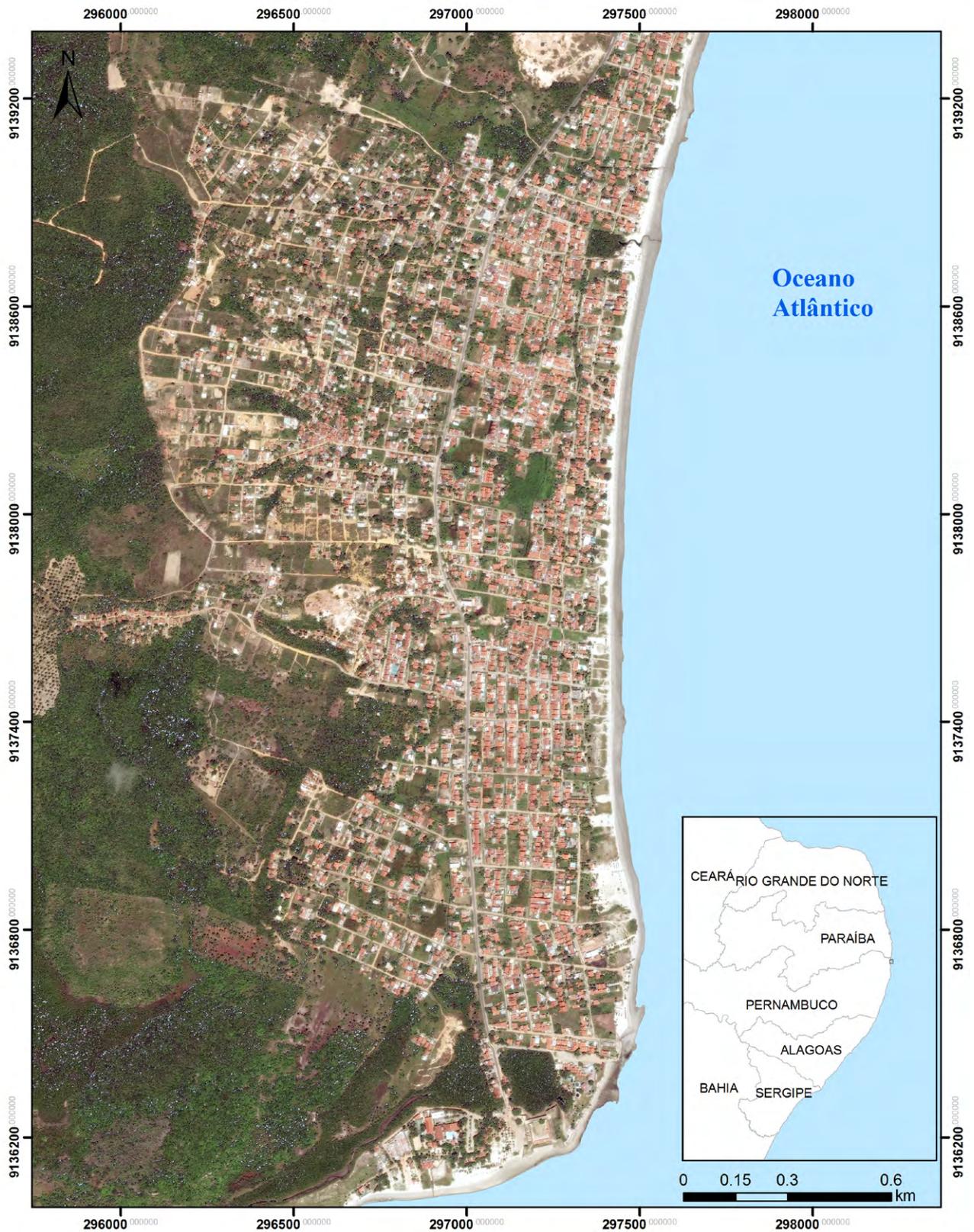


Figura 1 Mapa dos Geoindicadores da Praia do Forte Orange – Ilha de Itamaracá Sistemas de Coordenadas UTM. Datum: Sirgas 2000. Fuso 25 S.

naturais e constante redução de áreas vegetadas locais. Entre outros fatores a ocupação antrópica é o que tem gerado maiores conflitos entre o uso urbano e o turismo de lazer.

Outro aspecto interessante é a variável referente ao solo exposto, que caracteriza a permeabilidade, onde se verifica a retirada da vegetação natural, que de acordo Medeiros *et al.*, (1993) se distinguem entre Mata Atlântica e Mangue e pode ser detectado na classificação da imagem representando 7,7%. Em relação à análise da retirada de vegetação existem indícios de alterações da vegetação natural no litoral pernambucano devido à atividade de agricultura principalmente do cultivo da Cana-de-Açúcar e Coqueiros. Cabe ressaltar que através da homogeneização qualificada no método proposto, as áreas de vegetação rasteira podem corresponder a áreas com presença de grama para ornamentação dos ambientes próximos as áreas residenciais. Em áreas próximas a região da orla esta vegetação é identificada como restinga, como possível observar ao sul da imagem de satélite classificada e na fotografia aérea (Figura 2).

As áreas de vegetação rasteira aqui representadas por 41,4% contribuem para a fixação de sedimentos nas proximidades dos ambientes praias e amenizam os impactos da urbanização criados a partir de áreas tidas como impermeáveis, como residências e estradas. Este tipo de vegetação é tido como um agente natural de contribuição para o equilíbrio no balanço sedimentar dos ambientes costeiros.

Diferentemente da vegetação, os ambientes impermeáveis como estradas (3,6%) constituem como um fator de potencial erosão devido a impossibilidade de trocas de sedimentos. De acordo com o método proposto, o solo impermeável foi destacado como o segundo menor valor entre os indicadores.

De acordo com Silva & Koenig (1993), o ambiente deposicional praias apresenta constantes alterações devido aos processos erosivos e deposicionais. A interferência antrópica em áreas próximas ao ambiente costeiro é um fator predominante para alterações no balanço sedimentar e consequentemente mudanças paisagísticas. O trecho de costa onde se localiza a praia do Forte Orange (Figura 3) tem se mostrado como sendo uma área de instabilidade para o ambiente litorâneo da Ilha de Itamaracá.

De acordo com Manso *et al.* (2012), o Canal de Santa Cruz é uma região de aporte sedimentar intenso, entretanto, esta característica não resulta em um balanço equilibrado. De acordo com Albuquerque (2015) e Martins *et al.* (2016), alguns indicadores de erosão são encontrados nas áreas próximas ao Forte Orange, como coqueiros caídos, raízes expostas e algumas barracas danificadas pela ação de ondas. Áreas circunvizinhas ao Forte, como o projeto Peixe-Boi, também passam pelo problema da erosão costeira, onde uma área edificada foi observada em uma

fotografia do ano de 2011 registrada pela CPRH Figura 4. Esta edificação apresentada na Figura 4 A continha uma estrutura de proteção feita por troncos de coqueiros, entretanto, a edificação e o muro de contenção Figura 4 B, já não existiam no registro feito pelo mesmo órgão para o ano de 2014, devido aos processos erosivos.

Observa-se que o uso e ocupação do solo na Praia do Forte Orange na Ilha de Itamaracá, desencadeou um processo de ocupação desordenada na região do pós-praia devido a presença de construções fixas. Estas ocupações em lugares inadequados contribuem fortemente para a potencialização da degradação do ambiente praias dando indicativos da importância do monitoramento costeiro e acompanhamento da evolução e tendências nesta área de estudo mesmo sendo classificada como de moderada vulnerabilidade.

4. Conclusão

A avaliação da vulnerabilidade à erosão costeira na região da Praia do Forte Orange foi realizada através da utilização dos geoindicadores. Estes foram quantificados e avaliados conforme sua detecção através de imagens de satélite pelo processo de classificação de imagens.

De modo geral, as áreas circunvizinhas à praia do Forte Orange apresentam um moderado potencial à vulnerabilidade à erosão costeira, evidenciando a ausência do pós-praia, contendo apenas terraços de maré baixa em alguns pontos da área avaliada, sendo um aspecto de preocupação e necessidade de planejamento frente às variações do uso e ocupação do solo pela gestão pública local.

Ao longo de quase toda a costa foram verificadas residências em áreas próximas a praia caracterizando retirada de vegetação nativa local, como as áreas de mata atlântica, mangue e vegetação de restinga. Entretanto, a porção sul estuarina da praia do Forte Orange, no município da Ilha de Itamaracá se destacou pela ausência de intervenção antrópica, sendo uma região preservada. Esta região se destaca por ser uma área de proximidade com o manguezal do canal de Santa Cruz, fonte principal de sedimentos para a formação das praias nesta região.

Casos de interferência antrópica nos ambientes costeiros, como ao norte da praia do Forte Orange, são comuns ao longo do litoral brasileiro. Nestas ocorrências, é recomendável o uso de variadas fontes cartográficas como imagens de satélites, fotografias aéreas, levantamentos geodésicos GNSS, entre outros, capazes de auxiliar o monitoramento e extração das taxas de erosão costeira para o acompanhamento e aprimoramento de modelos de vulnerabilidade.

O mapa de caracterização dos geoindicadores pode ser utilizado como uma excelente fonte na averiguação

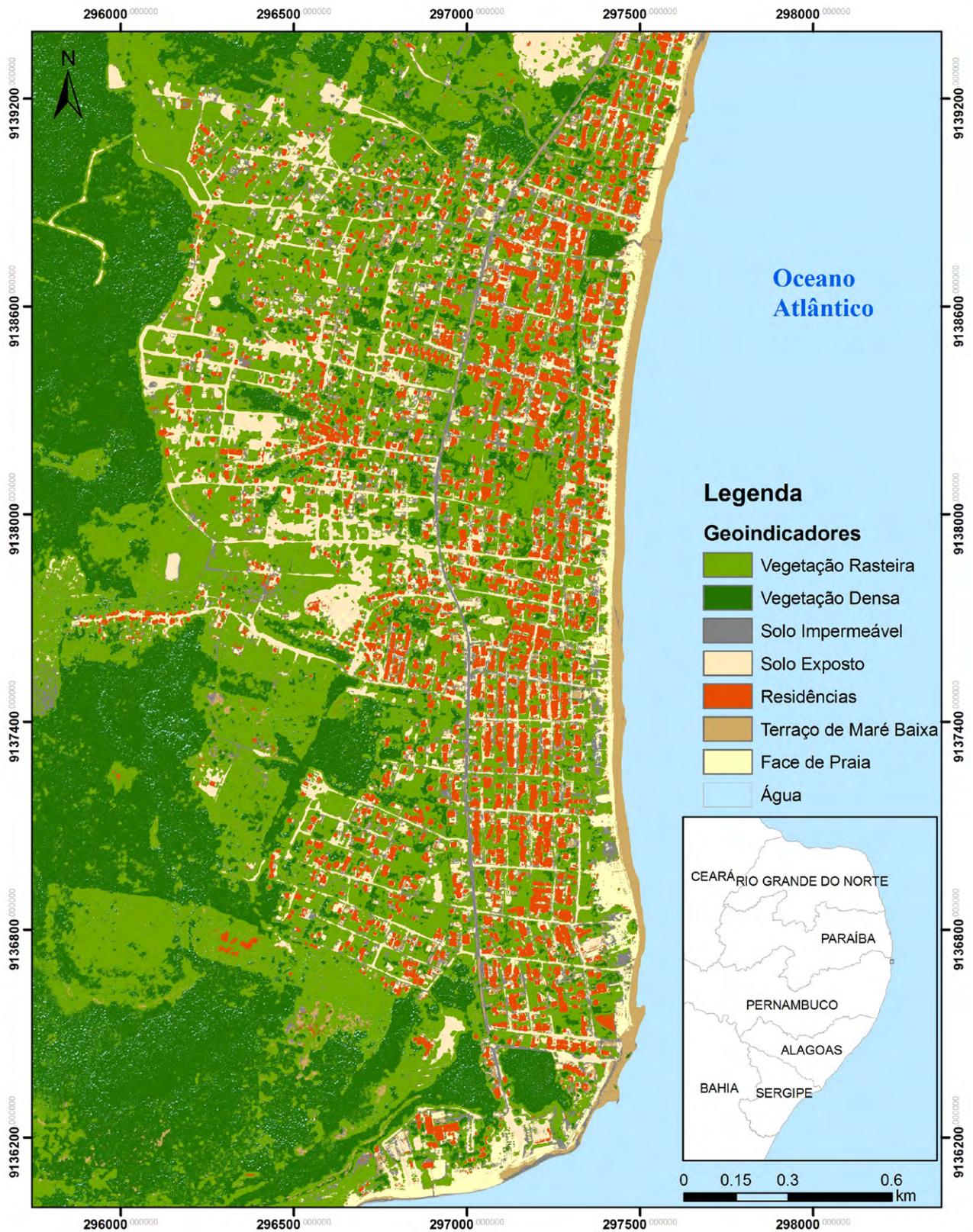


Figura 2 Vista aérea do Forte Orange na Ilha de Itamaracá.



Figura 3 Forte Orange e estruturas rígidas observadas em baixa mar.

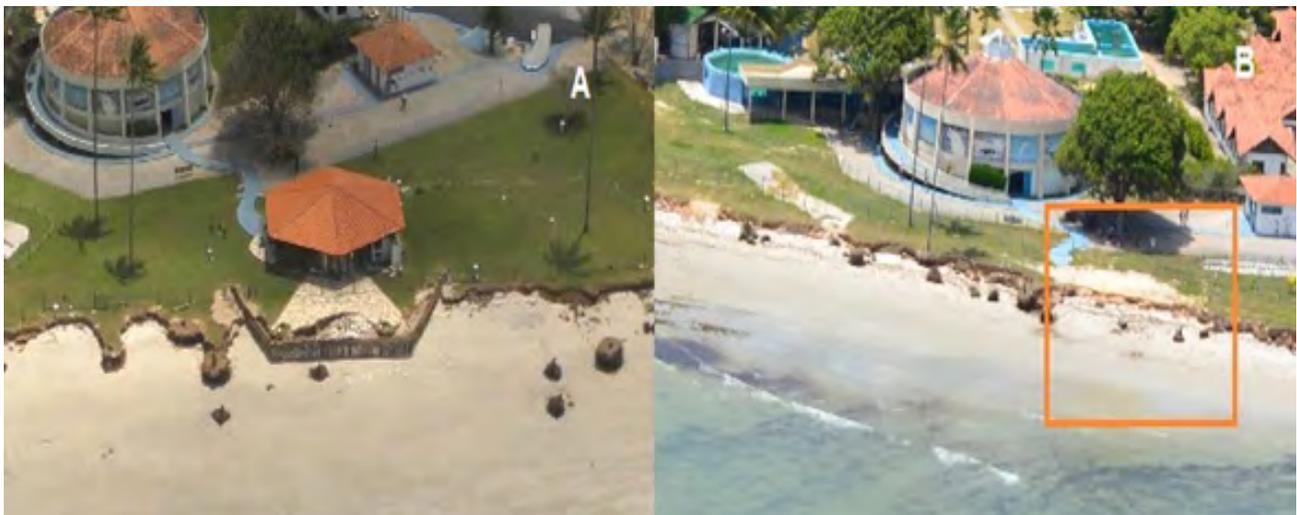


Figura 4 A. Projeto Peixe Boi (2011); B. Projeto Peixe Boi (2014).

de áreas em potencial erosão. Estas áreas necessitam de uma melhor atenção do governo devido à utilização das áreas como residências, potencial econômico no que tange o turismo local e a perspectiva ambiental da região no espaço local que passa pela problemática da erosão costeira, perdendo espaço no ambiente praias.

Para o ambiente em estudo é necessário que haja um comprometimento do órgão gestor na aplicabilidade de leis específicas, sendo primordial a avaliação das residências situadas em áreas sob domínio da ação das ondas e das

marés para fins de remoção devido ao risco eminente ao patrimônio físico.

Os dados gerados em ambientes de Sistemas de Informações Geográficas favorecem a criação de bancos de dados que auxiliam no desenvolvimento de novos cenários, afim de abordar uma maior diversidade de fatores que contribuam para avaliação de resultados, reduzindo a possibilidade de riscos de impactos ambientais negativos.

A proposta para o monitoramento ambiental, a ordenação da ocupação urbana através de um planejamento

local prévio e a priorização de propostas devem ser apresentadas pela gestão local na tentativa de minimizar os impactos ocasionados pela erosão costeira. Estas ações devem ser tomadas a partir da análise de dados científicos integrados a gestão costeira para uma melhor eficácia.

5 Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer ao suporte dos seguintes projetos: Universal/CNPq 14/2012, nº do Proc.: 482224/2012-6, PQ/nível 2/CNPq nº do Proc. 310412/2015-3/PQ, Facepe IBPG-1688-1.07/13 e ao Fundo Nacional de Mudanças Climáticas.

6 Referências

- Albuquerque, J.L. 2015. *Caracterização morfodinâmica e vulnerabilidade à erosão do Litoral Leste da Ilha de Itamaracá – PE*. Programa de Pós-Graduação em Geociências. Universidade Federal de Pernambuco, Dissertação de Mestrado, 107p.
- Almeida, T.L.M & Manso, V.A.V. 2011. Sedimentologia da Plataforma Interna Adjacente a Ilha de Itamaracá-PE. *Estudos Geológicos*, 21: 135-152.
- Arrow, K.; Bolin, B.; Costanza, R.; Dasgupta, P.; Folke, C.; Holling, C.S.; Jansson, B-O.; Levin, S.; Mdlar, K-G.; Perrings, C.E. & Pimentel, D. 1995. Economic Growth, Carrying Capacity, and the Environment. *Science*, 268: 520-521.
- Assis, L.F. 2003. Turismo De Segunda Residência: A Expressão Espacial do Fenômeno e as Possibilidades de Análise Geográfica. *Revista Território*, 11: 108-122.
- Azevedo, J.W.J.; Castro, A.L.A. & Santos. M.C.F. 2006. Siltation Rate and Main Anthropic Impacts on Sedimentation of The São Luís Tidal Inlet - State of Maranhão, Brazil. *Brazilian Journal Of Oceanography*, 64: 9-18.
- Barreto, E.P.; Araújo, T.C.M. & Manso, V.A.V. 2014. Análise crítica dos Estudos de Vulnerabilidade Geomorfológica a agentes diversos no litoral de PE - Brasil. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 7(6): 1028-1043.
- Barros, H.M.; Eskinazi-Leça, E.; Macedo S.J. & Lima T. 2000. O Fitoplâncton: Estrutura e Produtividade. In: BARROS, H.M. (Ed.). *Gerenciamento Participativo de Estuários e Manguezais*. Editora Universitária da UFPE, p. 7-38.
- Boruff, B.J.; Emrich, C. & Cutter, S.L. 2005. Erosion hazard vulnerability of US coastal counties. *Journal of Coastal Research*, 21(5): 932-942.
- Bush, D.M.; Neal, W.J.; Young, R.S. & Pilkey, O.H. 1999. Utilization of geoindicadores for rapid assessment of coastal-hazard risk and mitigation. *Ocean & Coastal Management*, 42(8): 647-670.
- Calligaro, S.; Sofia, G.; Prosdociami, M.; Dalla-Fontana, G. & Tarolli, P. 2013. Terrestrial Lases Scanner Data To Support Coastal Erosion Analysis: The Conero Case Study. In: The International Archives of The Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences Padua, 2013. *Resumos Expandidos*, Itália, Universidade de Padua, p. 125-129.
- Calliari, L.J.; Muehe, D.; Hoefel, F.G. & Toldo, Jr. 2003. Morfodinâmica praial: uma breve revisão. *Revista Brasileira de Oceanografia*, 51: 63-78.
- Chaves, M.S.; Vital, H. & Silveira, I.M. 2006. Beach Morphodynamic of the Serra Oil Field, Northeastern Brazil. *Journal of Coastal Research*, 39: 594-597.
- Dean, R.G. 2002. *Beach Nourishment: theory and practice*. Singapura, World Scientific Publishing, 399 p.
- Ebert, J.A. & Lyons, T.R. 1983. Archaeology, Anthropology, and cultural resources management. In: COLWELL, R.N. (Ed.). *Manual of remote sensing*. American Society of Photogrammetry and Remote Sensing, p. 1233-1304.
- Harvey, N.; Clouston, B. & Carvalho, P. 1999. Improving Coastal Vulnerability Assessment Methodologies for Integrated Coastal Zone Management: an Approach from South Australia. *Australian Geographical Studies*, 37: 50-69.
- Lacerda, S.R. 1994. *Variação diurna e sazonal do fitoplâncton no estuário do rio Paripe (Itamaracá, Pernambuco, Brasil)*. Programa de Pós-graduação em Oceanografia, Universidade Federal de Pernambuco, Dissertação de Mestrado, 146p.
- López, R.A. & Marcomini, S.C. 2013. Consequences of anthropic activity in Mar del Tuyú partido de La Costa, Buenos Aires, Argentine. *Ocean & Coastal Management*, 77: 73-79.
- Komar, P.D. 1998, *Beaches Processes and Sedimentation*. 2 ed., New Jersey, 544 p.
- Manso, V.A.; Coutinho, P.N.; Guerra, N.G. & Soares-Junior, C.F.A. 2012. Pernambuco. In: MUEHE, D. (Ed.). *Erosão e Progradação do Litoral Brasileiro*. Ministério do Meio Ambiente, p. 179-196.
- Martins, K.A.; Pereira, P.S.; Lino. A.P. & Gonçalves, R.M. 2016. Determinação da Erosão Costeira no Estado de Pernambuco Através de Geoindicadores. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 17(3): 534-546.
- Mazzer, A.M.; Dillenburg, S.R. & Souza, C.R.G. 2008. Proposta De Método Para Análise De Vulnerabilidade À Erosão Costeira No Sudeste Da Ilha De Santa Catarina, Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, 38(2): 278-294.
- Medeiros, C.; Kjerfve, B.; Araújo, M. & Neumann-Leitão, S. 2001. The Itamaracá Estuarine Ecosystem, Brazil. In: U. SEELINGER, B. & KJERFVE (Eds.). *Ecological Studies. Coastal Marine Ecosystems of Latin America*. p.71-81.
- Montes, M.J.F. 1996. *Variação nictemeral do fitoplâncton e parâmetros hidrológicos no Canal de Santa Cruz, Ilha de Itamaracá, PE*. Universidade Federal de Pernambuco. Dissertação de Mestrado, 174p.
- Moreira, G.F.; Fernandes. R.B.A.; Fernandes-Filho, E.I.; Vieira, C.A.O. & Santos, K.A.S. 2013. Classificação Automatizada do Uso e Cobertura do Solo Usando Imagens Landsat. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 6: 58-65.
- Nascimento, L.; Santos, A. & Dominguez, J. 2013. Potencial de Prejuízos Econômicos em Função da Densidade de

O Uso de Geoindicadores para Avaliação da Vulnerabilidade à Erosão Costeira na Praia do Forte Orange (Ilha de Itamaracá-PE, Brasil)

Athos Farias Menezes; Pedro de Souza Pereira; Rodrigo Mikosz Gonçalves & Heithor Alexandre de Araújo Queiroz

- Urbanização e da Sensibilidade. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 14(4): 261-270.
- Rajawat, A.S.; Chauhan, H.B.; Ratheesh, R.; Rode, S.; Bhanderi, R.J.; Mahapatra, M.; Mohit Kumar Yadav, R.; Abraham, S.P.; Singh, S.S.; Keshr, K.N. & Ajai. 2015. Assessment of coastal erosion along the Indian coast on 1:25,000 scale using satellite data of 1989–1991 and 2004–2006 time frames *In: The International Archives of The Photogrametry, Remote Sensing And Spation Information Sciences. Resumos Expandidos, Hyderabad, India*, p. 119-125.
- Richards, J.A. & Jia, X. 2006. *Remote Sensing Digital Image Analysis*. Spring, 4.Ed, 431 p.
- Silva, L.M.; Gonçalves, R.M.; Lira, M.M. & Pereira, P.S. 2013. *Modelagem Fuzzy aplicada na detecção da vulnerabilidade à erosão costeira*. *Boletim De Ciências Geodésicas*, 19(4): 746 -764.
- Rocha, Y.T. 2010. Distribuição Geográfica e Época de Florescimento do Pau-Brasil (*Caesalpinia echinata* LAM. - LEGUMINOSAE). *Revista do Departamento de Geografia*, 20: 23-36.
- Silva, I.G. & Koenig, M.L. 1993. Variação sazonal da densidade fitoplanctônica no estuário do rio Paripe, Itamaracá, Pernambuco, Brasil. *Arquivos de Biologia Tecnológica*, 4: 645-658.
- Sousa, P.H.G.O.; Siegle, E. & Tessler, M.G. 2011. Environmental and Anthropogenic Indicators for Coastal Risk Assessment at Massaguaçu Beach (SP) Brazil. *Journal of Coastal Research*, 64: 319-323.
- Souza, C.R G. 2009. Erosão Costeira e os Desafios da Gestão Costeira no Brasil. *Revista da Gestão Costeira Integrada*, 9(1): 17-37.