



USO DE GEOINDICADORES COMO ALTERNATIVA PARA ESTUDO DA EROÇÃO COSTEIRA NO LITORAL DA PARAÍBA

Christianne Maria Moura Reis
Universidade Federal da Paraíba

Ana Paula Coutinho Feitosa
Universidade Federal da Paraíba

André Luiz Queiroga Reis
Universidade Federal da Paraíba

Resumo

O presente estudo teve como objetivo principal classificar a intensidade da erosão costeira no litoral sul de João Pessoa, Paraíba, a partir da identificação em campo da presença ou ausência de onze geoindicadores descritos por Souza et al (2005); Souza (2009); Martins (2015); Martins et al (2016). O uso de geoindicadores é apontado como sendo uma alternativa para realizar avaliações do potencial de risco de desastres naturais em áreas costeiras. Sendo assim, podem ser utilizados para fornecer indícios de perigos, aos quais, a mesma está sujeita. Na área de estudo os geoindicadores foram divididos em quatro classes de intensidade, sendo nulo (sem geoindicadores), baixa (geoindicadores que alteram pouco a paisagem), moderado (que alteraram significativamente a paisagem) e alto (que alteraram significativamente a paisagem e com alterações antrópicas). A área de estudo compreende aproximadamente 12km de extensão da linha de costa do município de João Pessoa (PB), distribuídos ao longo de sete praias (parte Sul da praia do Cabo Branco, praia Ponta do Seixas, Penha, Arraial, Jacarapé, Sol e Barra de Gramame Norte). Todos os geoindicadores de alta erosão foram identificados na área de estudo, à exemplo das praias Ponta do Seixas, Ponta do Cabo Branco e praia do Jacarapé. A metodologia utilizada, adaptada para área em questão, mostrou-se satisfatória por alcançar os objetivos propostos, proporcionando dados de impactos visuais de erosão costeira. Os resultados deste estudo, podem servir como subsídio à gestão costeira do litoral da área estudada, bem como, outras áreas do litoral paraibano.

Palavras-chave: Erosão costeira. Geoindicadores. Litoral sul de João Pessoa.

USE OF GEOINDICATORS LIKE AN ALTERNATIVE FOR THE STUDY OF COASTAL EROSION ON THE COAST OF PARAÍBA

Abstract

The present study had as main objective to classify the intensity of the coastal erosion in the south coast of João Pessoa, Paraíba, from the field identification of the presence or not presence of eleven geoindicators described by Souza et al (2005); Souza (2009); Martins (2015); Martins et al. (2016). The use of geoindicators is an alternative to carry out assessments of the risk potential of natural disasters in coastal areas. Therefore, they can be used to provide indications of hazards to which it is subject. In the study area the geoindicators were divided in four intensity patterns, being null (without geoindicators), low (geoindicators that alter the landscape a little), moderate (that significantly altered the landscape) and high (that significantly altered the landscape and with anthropogenic alterations). The study area have approximately 12km of the coastline of the João Pessoa city (PB), distributed along seven beaches (South part of Cabo Branco beach, Ponta do Seixas beach, Penha, Arraial, Jacarapé, Sol and Barra de Gramame Norte). All high erosion geoindicators were identified in the study area, such as Ponta do Seixas, Ponta do Cabo Branco and Jacarapé beaches. The methodology used, adapted to the area in question, proved to be satisfactory in achieving the proposed objectives, providing data of visual impacts of coastal erosion. The results of this study can serve like a subsidy to the coastal management of the coast of the studied area, as well as other areas of the coast of Paraíba.

Keywords: coastal erosion; geoindicators; south coast of João Pessoa.

INTRODUÇÃO

As praias são ambientes extremamente dinâmicos, que reagem às alterações do meio físico, por meio da interferência na dinâmica dos processos sedimentares ao longo da costa. Tais alterações são resultantes da interação complexa entre o homem e o meio ambiente.

Muitos exemplos do litoral brasileiro, bem como a nível global, comprovam que além dos processos naturais de erosão costeira, a instalação de construções rígidas, provoca uma aceleração dessa erosão.

Para Farinaccio; Tessler (2010, p. 420) muitas das atividades antrópicas desenvolvidas nesse ambiente privam as costas de seu natural suprimento de areia, como as obras de regularização e estabilização de rios e a mineração em áreas fontes de sedimentos, obras portuárias entre outras. Além destas, é comum nas praias brasileiras, a construção de uma infraestrutura de lazer constituída de bares,

quiosques e todo o complexo de condomínio de pousadas e hotéis que avançam sobre áreas de domínio da ação marinha.

É importante ressaltar que naturalmente as praias mudam sua forma e migram de local. Sendo assim, as praias precisam de um espaço para seguir seu curso natural. As estruturas rígidas construídas numa tentativa de mantê-las num lugar acabam por destruí-las em médio e longo prazo.

Segundo Souza *et al* (2005, p.140), a erosão em uma praia se torna um problema quando passa a ser um processo severo e permanente ao longo de toda essa praia ou em um trecho dela, ameaçando áreas de interesse ecológico e socioeconômico.

Se observarmos as praias, em vários trechos do litoral brasileiro, podemos constatar que a erosão costeira pode trazer várias consequências não somente à praia, mas também a vários ambientes naturais e aos próprios usos e atividades antrópicas na zona costeira. De acordo com Souza (2009, p.20) podemos destacar pelo menos treze dessas consequências:

- 1) redução na largura da praia e retrogradação ou recuo da linha de costa;
- 2) desaparecimento da zona de pós-praia;
- 3) perda e desequilíbrio de habitats naturais;
- 4) aumento na frequência e magnitude de inundações costeiras, causadas por ressacas ou eventos de marés de sizígia;
- 5) aumento da intrusão salina no aquífero costeiro e nas drenagens superficiais da planície costeira;
- 6) perda de propriedades e bens públicos e privados ao longo da linha de costa;
- 7) destruição de estruturas artificiais paralelas e transversais à linha de costa;
- 8) perda do valor imobiliário de habitações costeiras;
- 9) perda do valor paisagístico da praia e/ou da região costeira;
- 10) comprometimento do potencial turístico da região costeira;
- 11) prejuízos nas atividades socioeconômicas da região costeira;
- 12) artificialização da linha de costa devido à construção de obras costeiras (para proteção e/ou recuperação ou mitigação);
- 13) gastos astronômicos com a recuperação de praias e reconstrução da orla marítima (incluindo propriedades públicas e privadas, equipamentos urbanos diversos e estruturas de apoio náutico, de lazer e de saneamento).

Diante disso, observa-se a necessidade de se estabelecer mecanismos que possam auxiliar os processos de análise dos impactos erosivos ao ambiente costeiro.

A presente pesquisa apresenta os resultados do trabalho desenvolvido que consistiu de um levantamento de dados, a partir de um *checklist* que permitisse a identificação de feições naturais/antrópicas do ambiente costeiro, através do uso de geoindicadores de erosão costeira.

De acordo com Neves *et al* (2006, p.176) dos 140 km de costa do Estado Paraíba, 42% das praias experimentam recuo da linha de costa, 33% experimentam

progradação, 21% encontram-se em equilíbrio e 4% estão estabilizadas por obras de engenharia.

Segundo Dominguez *et al* (2016, p.231), o litoral da Paraíba, está situado em uma região do Brasil caracterizada por uma tendência de longo prazo para erosão da linha de costa. A quase ausência de terraços marinhos do Holoceno e do Pleistoceno ao longo da zona costeira é apontada como principal evidência para esta tendência de longo prazo para a erosão.

Embora a costa paraibana tenha características oriundas de sua evolução ao longo do tempo geológico, é importante destacar outros fatores que podem intensificar o processo erosivo em quase 50% de suas praias. Entre eles chamamos atenção para a concentração de energia de ondas devido ao fenômeno de refração em feições morfológicas submersas; a ocupação desordenada da zona costeira, e a retenção de sedimentos fluviais devido à construção de barragens, que devem ser igualmente considerados ao se analisar a erosão costeira do litoral da Paraíba.

Nas últimas décadas, o litoral paraibano apresentou um crescimento populacional significativo, com conseqüente crescimento imobiliário, decorrente do desenvolvimento do turismo e abertura de novas estradas, possibilitando o acesso a áreas antes pouco habitadas.

Esses fatos de certo modo potencializam ainda mais o processo erosivo nas praias, pois a ocupação e/ou instalação de estruturas fixas em locais inadequados, sem a observância dos limites de oscilação do perfil praiial, contribuem para o agravamento da erosão costeira natural.

Apesar dos conflitos entre o uso do solo e a dinâmica natural das praias paraibanas terem aumentado nas últimas décadas, poucos estudos foram realizados até o momento. (Neves, 2003; Furrier, 2007; Reis, 2008; Monteiro 2017; Dominguez *et al* 2016).

O presente trabalho utilizou pelo menos onze geoindicadores apresentados por Souza (2009) e Martins *et al* (2016), adaptados a área de estudo, para identificar a erosão existente nas praias do litoral sul de João Pessoa, Paraíba.

De acordo com estes autores o uso de geoindicadores é apontado como sendo uma alternativa para realizar avaliações do potencial de risco de desastres naturais em áreas costeiras. Os autores afirmam ainda que os indicadores fornecem tendências que ajudam a entender os processos atuantes na costa. Sendo assim, podem ser utilizados para fornecer indícios de perigos, aos quais, a mesma está sujeita.

Área de Estudo

A área de estudo abrange aproximadamente 12km de extensão da linha de costa do município de João Pessoa (PB), distribuídos ao longo de sete praias (delimitadas por acidentes geográficos e/ou denominação popular). Estão localizadas, neste setor, parte da praia do Cabo Branco (ponta do Cabo Branco), praia Ponta do Seixas,

Penha, Arraial, Jacarapé, Sol e Barra de Gramame Norte. Estende-se desde o estuário do rio Gramame (ao Sul) até a praia do Cabo Branco (especificamente na Praça de Iemanjá), entre as coordenadas $07^{\circ}14'18,33''\text{LS}$ - $34^{\circ}48'18,61''\text{LO}$ e $7^{\circ}08'51,15''\text{LS}$ - $34^{\circ}47'38,52''\text{LO}$ (Figura 1).

O trecho estudado compreende o setor Sul do litoral de João Pessoa (PB), que se diferencia do setor costeiro Norte, principalmente, por suas características morfológicas, onde predominam as escarpas costeiras (falésias vivas e mortas), entrecortadas pelos rios Camurupim, Cuiá, Jacarapé, Aratú e Cabelo. Destaca-se no setor sul, o grande “potencial turístico natural” e o acelerado avanço dos grandes empreendimentos que tomam forma na região, o que já se constitui em uma grande razão para que se faça um monitoramento permanente na zona costeira deste trecho do município.

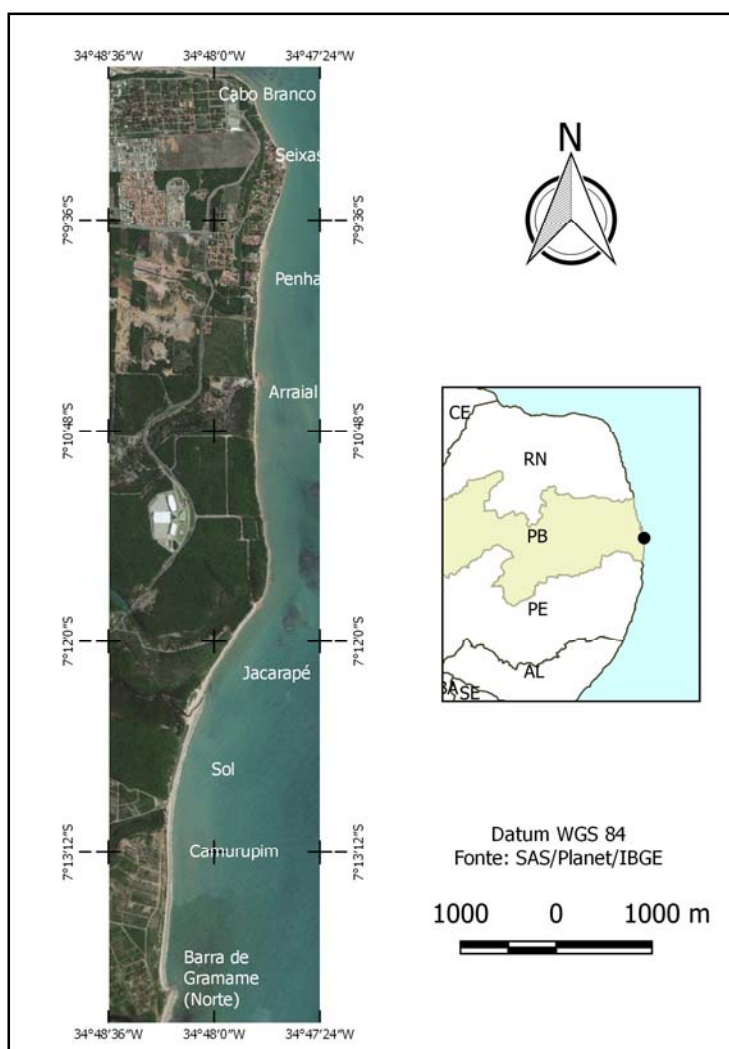


Figura 1. Localização da área de estudo.

Na área de estudo os tabuleiros costeiros desenvolvem-se sobre uma superfície com topografia plana a suavemente ondulada, com cotas topográficas em torno de 26 metros, e com ligeira inclinação no sentido do oceano. Eles representam um elemento geomorfológico importante para o setor, tendo em vista o desenvolvimento das planícies costeiras, cuja existência depende do maior ou menor recuo das falésias.

No setor costeiro sul, as falésias vivas talvez sejam um dos tipos mais notáveis da morfologia costeira, podendo ocorrer, em formas distintas, em função dos processos costeiros atuantes, e mais representativos naquela região. O perfil das falésias apresenta-se, no geral, de forma vertical. Ao longo do setor ocorrem cerca de 9km de falésias esculpidas nos sedimentos da Formação Barreiras. Destas 4km são de falésias vivas, submetidas constantemente à ação marinha, e consistem em importantes fornecedoras de sedimentos para praias vizinhas. Destacam-se as falésias das praias do Cabo Branco, Sol e Jacarapé.

Segundo Reis (2008) o setor costeiro sul de João Pessoa, embora apresente alguns trechos sem indícios de erosão costeira, outros, por sua vez, apresentam indicadores de erosão intensa. Para compreender a causa da erosão nestes pontos, é necessário que sejam levantados dados recentes e históricos, com relação à dinâmica costeira do local.

Buscando contribuir com essa questão, este trabalho buscou analisar as praias localizadas no referido setor a partir da identificação do estado atual de erosão no litoral sul de João Pessoa, Paraíba. Para isso, tentou-se atingir os seguintes objetivos: caracterizar os aspectos geológicos e geomorfológicos que predominam no setor costeiro Sul do litoral de João Pessoa, Paraíba; definir geoindicadores visuais que caracterizam o processo erosivo na área de estudo, a partir de adaptações à metodologia de Souza *et al* (2005); propor uma classificação do grau de intensidade dos geoindicadores elencados.

MATERIAIS E MÉTODOS

Segundo França Junior e Villa (2011, p.338):

A Geografia é a ciência do espaço que relaciona os componentes da transformação ambiental e transpõem todas estas mudanças ocorridas por meio de dados e fatos que ocorreram, retratando o cenário atual do ambiente”.

França Junior; Villa (2011, p.338) destacam ainda que “recentemente as pesquisas geográficas partem do cunho das transformações provocadas pelo homem e pelas mutações naturais do meio, onde são diariamente calculadas, medidas e armazenadas em banco de dados para prognósticos e possíveis previsões”.

A fim de estudar tais transformações é necessário o levantamento de dados e desenvolvimento de uma metodologia que vise analisar as alterações antrópicas ou até mesmo naturais.

Nesta pesquisa foram utilizados os “geoindicadores” que segundo Martins *et al.* (2016, p. 534) são apontados como uma alternativa para realizar avaliações do potencial risco de desastres naturais em áreas costeiras. Estes autores destacam ainda que tais indicadores “fornecem tendências que ajudam a entender os processos atuantes na costa...”.

Diversos autores apresentam conceitos similares quanto ao uso de indicadores para obtenção de características comportamentais, atributos expressivos e perceptíveis do sistema analisado.

Para o IBGE (2008) apud Reis *et al.* (2017, p.179), “os indicadores são ferramentas constituídas por uma ou mais variáveis que, associadas através de diversas formas, revelam significados mais amplos sobre os fenômenos a que se referem; também são essenciais para guiar a ação e subsidiar o acompanhamento e a avaliação do progresso alcançado rumo ao desenvolvimento sustentado, sendo este, um processo em construção, a formulação de indicadores também é um trabalho em aberto.”

França Junior; Villa (2011, p.339) salientam ainda que a partir de 1994, através da Comissão de Ciências Geológicas para o Planejamento Ambiental (COGEOENVIRONMENT) e da União Internacional de Ciências Geológicas (IUGS), “foram sugeridos os geoindicadores com a função de auxiliar no diagnóstico das evidências geológicas e geomorfológicas e os processos que originam mudanças de curto prazo e que podem oferecer informações valiosas sobre os sistemas ambientais em diversos intervalos de tempo”.

Os geoindicadores baseiam-se em conceitos e procedimentos padrão, podendo ser usados para evidenciar mudanças em ambientes fluviais, costeiros, desérticos, montanhosos, de geleiras, entre outros. Tem o objetivo de auxiliar no início das pesquisas, podendo em muitos casos necessitar da integração de vários indicadores ao mesmo tempo. Esta abordagem deverá ser revisada e aperfeiçoada sempre que se achar necessário com o intuito de atender as expectativas geradas e as novas necessidades que venham a surgir no decorrer da pesquisa (FRANÇA JUNIOR; VILLA, 2011, p.340).

O mesmo autor ainda relata que “o conceito de geoindicadores reúne ferramentas normativas à Geomorfologia, Hidrologia, Geoquímica, Geofísica, Sedimentologia e outras áreas em um formato útil a profissionais ambientais e administradores, convencendo da importância de estudar os processos geológicos rápidos e determinar a condição da paisagem e dos ecossistemas, avaliando impactos ambientais, monitorando ecossistemas, e inspecionando o desenvolvimento de atividades como mineração, silvicultura e a construção” (FRANÇA JUNIOR; VILLA, 2011, p.340).

Segundo Berger (1997, p.36), “os geoindicadores devem contribuir na resposta a quatro questões básicas: (1) O que está acontecendo no ambiente? (condições e tendências); (2) Por que está acontecendo? (causas, humanas e/ou naturais); (3) Por que é importante? (efeitos ecológicos, econômicos e na saúde); e (4) O que se pode fazer acerca disso? (implicações no planejamento e nas políticas).”

Para Rudorff (2005) os geoindicadores podem ser usados como uma alternativa para o estudo de perigos costeiros. Segundo Bush et al. (1999) apud Rudorff (2005) “os geoindicadores podem servir de base para a avaliação imediata de riscos costeiros em locais que não dispõem de dados históricos adequados...eles fornecem um conjunto de técnicas qualitativas e/ou quantitativas para uma rápida identificação de riscos potenciais. ”

Para determinar a situação da erosão costeira nas praias da área de estudo, de forma qualitativa, foram utilizados os trabalhos de Souza *et al* (2005); Souza (2009); Martins (2015); Martins *et al* (2016). Segundo os referidos autores, os indicadores de erosão costeira encontrados no litoral de São Paulo, são também os mais comumente encontrados em outras praias brasileiras. Sendo assim, diante a análise dos indicadores de erosão costeira previamente descritos na literatura, optou-se pela detecção em campo de onze geoindicadores, além da interpretação de imagens de satélite (Quadro 01).

Quadro 1. Checklist de (geo)indicadores e classificação do grau de intensidade.

Grau de Intensidade	INDICADORES	GEOINDICADORES DE EROSÃO
Nulo	0	Nenhum dos geoindicadores
Baixo	I	Vegetação rasteira de duna ou restinga soterras ou com raízes expostas. (Praias urbanizadas ou não).
Baixo	II	Presença de concentrações de minerais pesados em determinados trechos da praia, em associação com outras evidências erosivas (praias urbanizadas ou não).
Baixo	III	Erosão progressiva de depósitos marinhos e/ou eólicos pleistocênicos a atuais que bordeja as praias, sem o desenvolvimento de falésias. (Praias urbanizadas ou não).
Moderado	IV	Pós-praia muito estreita ou inexistente devido à inundação durante a preamar de sizígia ou em praias urbanizadas.
Moderado	V	Árvores na face de praia ou com raízes expostas.
Moderado	VI	Marcas de erosão na base de muros residenciais.

Moderado	VII	Presença de obras de proteção costeira, não estruturais.
Alto	VIII	Obras Estruturais de proteção costeira.
Alto	IX	Presença de falésias vivas com alturas de até dezenas de metros em rochas sedimentares (Formação Barreiras) que bordejam as praias (praias urbanizadas ou não).
Alto	X	Infraestrutura da orla danificada pela energia das ondas.
Alto	XI	Destruição de estruturas artificiais para proteção costeira

Adaptado de Souza et al (2005); Souza (2009); Martins (2015); Martins et al (2016).

Com base nas informações levantadas em campo os geoindicadores foram agrupadas em quatro grupos de intensidade de erosão:

1. intensidade “nula” (sem geoindicadores), formado pelas praias que não possuem nenhum dos indicadores analisados;

2. intensidade “baixa”, formado pelas praias com a presença dos indicadores:

I - Vegetação rasteira de praia ou restinga soterradas ou com raízes expostas. (praias urbanizadas ou não);

II - Presença de concentrações de minerais pesados em determinados trechos da praia, em associação com outras evidências erosivas (praias urbanizadas ou não);

III - Erosão progressiva de depósitos marinhos e/ou eólicos pleistocênicos a atuais que bordeja as praias, sem o desenvolvimento de falésias (praias urbanizadas ou não).

3. intensidade “moderada”, formado pelas praias que apresentam os indicadores:

IV – Pós-praia muito estreita ou inexistente devido à inundação durante a preamar de sizígia ou por ocupação antrópica em praias urbanizadas;

V - Árvores na face de praia ou com raízes expostas;

VI- Marcas de erosão na base de muros residenciais;

VII- Presença de obras de proteção costeira, não estruturais.

4. intensidade “alta”, formado por praias que apresentam os indicadores:

VIII – Obras estruturais de proteção costeira;

IX – Presença de falésias vivas;

X- Infraestrutura da orla danificada pela energia das ondas;

XI- Destruição de estruturas artificiais para proteção costeira podendo apresentar ou não os indicadores do grupo de baixa e moderada intensidade.

Para padronizar a logística de coleta de dados em campo foram estabelecidos doze pontos de observação, ao longo do litoral, distantes cerca de 1 km um do outro. Posteriormente, os dados coletados de forma pontual foram extrapolados em 500m lateralmente formando um segmento de aproximadamente 1km. A

integração dos doze segmentos cobre a linha de costa completa da área da pesquisa (Figura 2).

Em cada um dos doze pontos foi observado e registrado no checklist a presença ou a ausência de cada um dos onze geindicadores apresentados no Quadro 01. Em todos os pontos de observação foram registradas imagens georreferenciadas com aparelho GPS Garmim Montana 650. Quando possível as informações foram confrontadas com as imagens disponibilizadas no *Google Earth*. Os resultados da classificação da intensidade dos geindicadores são apresentados na Figura 2.

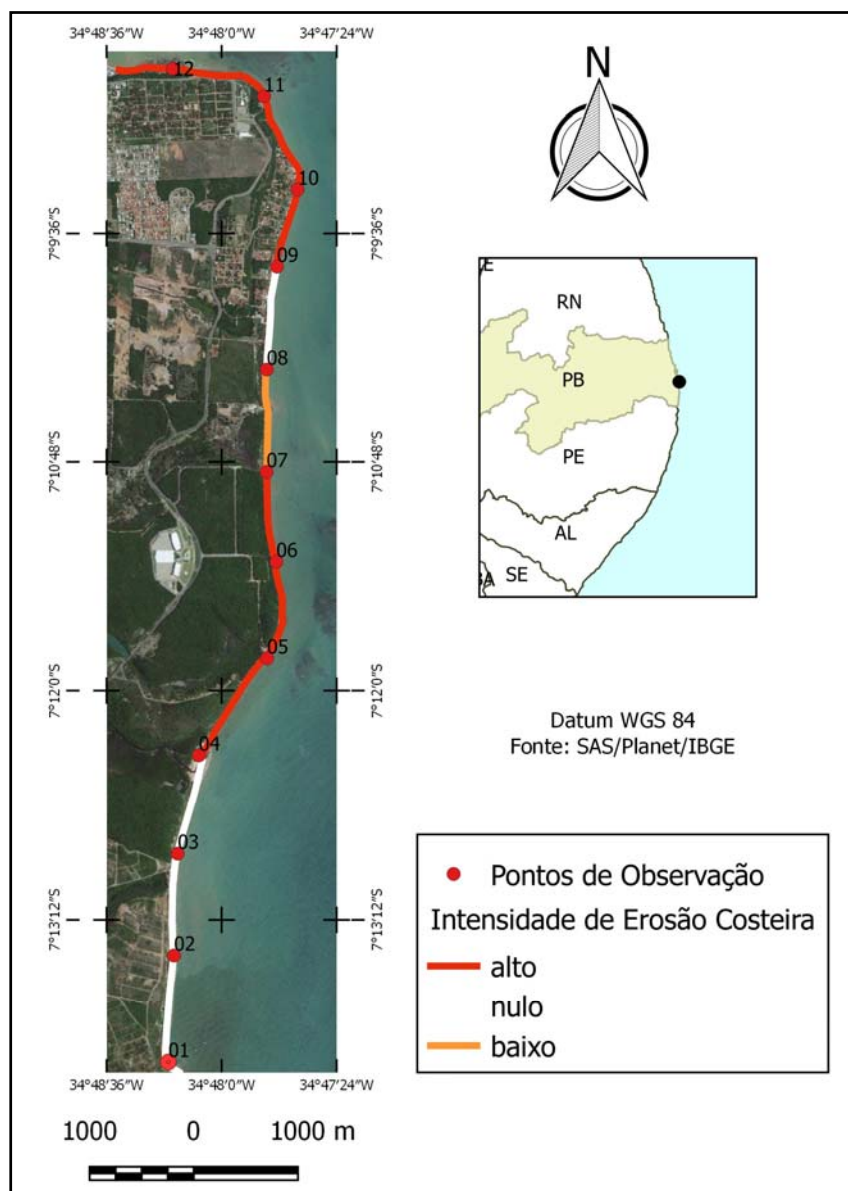


Figura 2. Mapa de intensidade de impacto visual de erosão no litoral sul de João Pessoa (PB).

GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA DA ÁREA DE ESTUDO

Para caracterizar a geologia e geomorfologia costeira da área de estudo foram utilizados os trabalhos de Reis (2008), Furrier (2007), dados de campo e de imagens orbitais.

Toda a Faixa Costeira do Estado da Paraíba está inserida na Bacia Sedimentar Costeira Paraíba e a área estudada, especificamente, pertence à Sub - Bacia Alhandra.

Os depósitos quaternários abrangem uma fração considerável da área em estudo, estando em sua maioria, extremamente ocupados e descaracterizados pela ação antrópica. Estes depósitos estão representados pelos Depósitos Continentais (Leques Aluviais) e Marinheiros/Transicionais (Terraços Marinheiros Pleistocênicos e Holocênicos, Recifes Algálicos/Coralíneos, Depósitos de Mangue e Areias de Praia).

A faixa de praia estudada encontra-se na porção Leste da planície costeira no litoral do município de João Pessoa (PB), limitada pelas falésias dos sedimentos areno-argilosos de coloração avermelhada da Formação Barreiras, de idade Plio-Pleistocênica (unidade dominante na área). A superfície dos tabuleiros com cotas entre 30-40 m, constitui elemento geomorfológico importante no desenvolvimento da planície costeira, cuja existência depende do maior ou menor recuo das falésias.

A planície costeira, com cotas inferiores a 5 m, é constituída por uma grande variedade de depósitos sedimentares, resultantes da interação de vários fatores, tais como, variações do nível relativo do mar, do aporte de sedimentos e dos processos dinâmicos em decorrência das mudanças climáticas globais.

A área em estudo apresenta uma morfologia costeira onde se destacam dois domínios geomorfológicos distintos, os Baixos Planaltos Costeiros e a Baixada Litorânea.

Os Baixos Planaltos Costeiros ou Tabuleiros Costeiros são sustentados pelos sedimentos da Formação Barreiras e é a unidade predominante no setor costeiro Sul. No geral, apresentam-se com superfícies aplainadas, suavemente inclinadas para o mar. São interrompidos abruptamente, a Leste, pelas Falésias Marinhas vivas (ativas) ou mortas (inativas).

A Baixada Litorânea corresponde aos terrenos planos de baixa altitude formada por sedimentos depositados no Quaternário. Apresentam formas variadas que resultam da acumulação de sedimentos marinhos e continentais.

As diversas feições morfológicas observadas na área de estudo correspondem a uma repetição em escala reduzida do que ocorre no litoral paraibano, caracterizado, no geral, por praias estreitas e arenosas que formam pequenas

enseadas, interrompidas pelo avanço dos tabuleiros até o mar e pelos estuários dos rios que drenam para o oceano.

Os tabuleiros costeiros desenvolvem-se sobre uma superfície com topografia plana a suavemente ondulada, com cotas topográficas em torno de 26 metros, e com ligeira inclinação no sentido do oceano. Eles representam um elemento geomorfológico importante para o setor, tendo em vista o desenvolvimento das planícies costeiras, cuja existência depende do maior ou menor recuo das falésias. As falésias vivas talvez sejam um dos tipos mais notáveis da morfologia costeira, podendo ocorrer, em formas distintas, em função dos processos costeiros atuantes e mais representativos naquela região. As linhas de falésias mortas que marca o limite entre os sedimentos da Formação Barreiras e os Terraços Marinheiros Holocênicos, nas praias do Seixas e Penha, serviram de ponte de apoio para a formação dos feixes de cordões litorâneos, ocupados pelo bairro do Seixas. Esses antigos cordões litorâneos deram forma à planície costeira, alongada no sentido N-S. As praias são estreitas e arenosas, constantemente submetidas à ação combinada das ondas, correntes e marés, algumas chegando a ficar totalmente submersas durante a preamar. A largura média não ultrapassa 30 metros. A pós-praia, quando presente, corresponde ao trecho com ocupação humana, próximo às desembocaduras dos rios. A face de praia apresentou declividade entre 6° e 11°.

Segundo Furrier (2007, p.39), é comum nos sedimentos desta formação a precipitação de óxido-hidróxido de ferro e alumínio. Tais concentrações formam níveis de ferricretes duros em vários patamares e, principalmente, na base das mesmas. Os ferricretes por apresentarem maior resistência à erosão formam terraços marinhos de abrasão e bancos rochosos, testemunhos do recuo das falésias.

GEOINDICADORES DE PROCESSOS EROSIVOS NO LITORAL SUL DE JOÃO PESSOA (PB)

Os onze geoindicadores propostos na pesquisa foram observados em campo, com exceção do indicador I (Tabela 1). Os geoindicadores observados com maior frequência ao longo do litoral sul de João Pessoa foram: (III) Erosão progressiva de depósitos marinhos e/ou eólicos pleistocênicos a atuais que bordejando as praias, sem o desenvolvimento de falésias. (Praias urbanizadas ou não), (V) árvores na face de praia ou com raízes expostas, (VI) Marcas de erosão na base de muros residenciais, (IX) presença de falésias vivas, e (X) infraestrutura da orla danificada pela energia das ondas.

O geoindicador (III) Erosão progressiva de depósitos marinhos e/ou eólicos pleistocênicos a atuais que bordejando as praias, sem o desenvolvimento de falésias. (Praias urbanizadas ou não), juntamente como o geoindicador (IV) “pós-praia estreita ou inexistente”, resultam da expansão urbana pela qual as áreas passaram desde a intensificação da ocupação do litoral paraibano e de fatores naturais, sendo o primeiro causador de alterações no perfil praial a partir das construções (residenciais, bares, restaurantes, palhoças de pescadores) que acabam por alterar

a dinâmica praial e confiná-la a uma faixa de praia muito estreita. Os geod indicadores foram observados em trechos das praias do Seixas (Figuras 3, 7 e 9), Arraial (Figura 5), e parte da praia do Cabo Branco (Figura 8).

Tabela 1. Situação das praias do litoral sul de João Pessoa (a partir dos pontos de observação em campo) em relação aos indicadores de erosão costeira.

Pontos de observação (PO)	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
1											
2											
3											
4											
5									•		
6									•		
7		•	•		•	•	•				
8			•	•							
9											
10		•	•	•	•	•	•	•		•	•
11									•		
12				•	•	•				•	



Figura 3. Praia Ponta do Seixas, litoral sul de João Pessoa PB; (PO=10)Localização: 07° 09'22" LS; 34° 47'36" LO ; Indicadores de erosão III, IV, V, VI, X. Data da foto: 06 de outubro de 2017.



Figura 4. Praia Barra de Gramame (Norte), litoral sul de João Pessoa PB; (PO=01)Localização: 07° 13'57" LS; 34° 48'17" LO ; Presença de falésias mortas, com alturas

de até dezenas de metros em rochas sedimentares (Formação Barreiras). Data da foto: 06 de outubro de 2017.



Figura 5. Praia Arraial, litoral sul de João Pessoa PB; (PO=7; 8) Localização: 07° 10'51" LS; 34° 47'45" LO; Indicadores de erosão I, II, III, IV, V, VI, X. Erosão progressiva de depósitos marinhos e/ou eólicos pleistocênicos a atuais que bordeja as praias, sem o desenvolvimento de falésias. Data da foto: 06 de outubro de 2017.



Figura 6. Indicador de erosão, IX. (a) Praia Cabo Branco, litoral sul de João Pessoa PB; (PO=11) Localização: 07° 08'53" LS; 34° 47'47" LO; Notar proximidade da via de acesso à praia na borda de ruptura da falésia. (b) Praia do Jacarapé, litoral sul de João Pessoa PB; (PO=5; 6) Localização: 07° 11'50" LS; 34° 47'42" LO. Data das fotos: 06 de outubro de 2017.



Figura 7. Praia Ponta do Seixas, litoral sul de João Pessoa PB; (PO=10) Localização: 07° 09'22" LS; 34° 47'36" LO; Indicadores de erosão, III, IV, V, VI, VII, VIII, X, XI. Destaque para a infraestrutura da orla danificada pela energia das ondas e raízes expostas. Data da foto: 09 de outubro de 2017.



Figura 8. Praia Ponta do Cabo Branco (Praça de Iemanjá), litoral sul de João Pessoa PB; (PO=12) Localização: 07° 08' 44" LS; 34° 48' 14" LO; Indicadores de erosão IV, V, VIII, X. Data da foto: 09 de outubro de 2017.

O geoindicador (V) “árvores na face de praia ou com raízes expostas” esteve presente em pontos referente às praias do Arraial (Figura 5) e Ponta do Seixas (Figura 3, 7). Sendo a última o local onde a pós-praia encontra-se “totalmente” ocupada pela expansão urbana, e onde é frequente a presença de raízes de coqueiros expostas também na face de praia.

O geoindicador (IX) “presença de falésias vivas” representa a morfologia costeira que marca fortemente o litoral sul de João Pessoa (Figura 6). Na praia Jacarapé e Ponta do Cabo Branco, destacam-se as falésias vivas esculpidas nas escarpas da Formação Barreiras, entrecortadas por dois pequenos rios, o Aratú, na praia Arraial e o Jacarapé, em praia homônima. As praias com largura média de 25 metros, apresentam-se, mais ou menos retilíneas até as proximidades da desembocadura do rio Jacarapé. Nesta praia, segundo Reis (2008) as distâncias entre as linhas de costa indicaram um período de alta erosão, em alguns trechos, entre 1969 e 1985, com recuo da linha de falésias de até 1,12 metros/ano. Com exceção deste período, todos os demais pontos analisados na referida pesquisa mantiveram sua característica estável. Em vários trechos veem-se uma grande quantidade de blocos desmoronados de tamanhos variados. Os mais antigos formam uma espécie de terraço de abrasão, próximos a linha de praia. Já a praia do Sol (Camurupim) apresenta-se em forma de arco margeada por falésias vivas/mortas, entrecortadas por dois pequenos rios (Camurupim e Cuiá). No sopé das falésias vivas, que faz o limite desta praia com a praia Barra de Gramame, ocorrem blocos de vários tamanhos cimentados por óxido/ hidróxido de ferro, que testemunham o recuo destas. As análises de variação de linha de costa de Reis (2008) indicaram que o setor apresentou um alto recuo das falésias entre 1969 e 1985, com erosão de até 1,12 metros/ano e para o segundo período (1985-2005) foi marcado pela estabilidade das mesmas.

Na praia Barra de Gramame destacam-se além das falésias inativas (Figura 4), a dinâmica flúvio-marinha intensa que favorece a formação de uma barra arenosa, que dá nome à praia, evidenciada pelos deslocamentos significativos da desembocadura do rio Gramame, facilmente identificados em fotografias aéreas e imagens de satélite. Segundo Reis (2008, p. 62) as análises da variação da linha de costa para a praia Barra de Gramame indicaram que a praia é bastante instável quanto a sua morfologia.

A presença dos geoindicadores (X) “infraestrutura da orla danificada pela energia das ondas” e (XI) “destruição de estruturas artificiais para proteção costeira” marca fortemente a paisagem da praia do Seixas, e pequeno trecho da praia do Arraial (Figuras 3, 5, 7, 8 e 9). Grande parte das obras de “proteção” costeira são executadas pelos proprietários de imóveis (residências e estabelecimentos comerciais) que veem seu patrimônio em risco e tentam protegê-la.

CLASSIFICAÇÃO DOS GEOINDICADORES

Os resultados dos geoindicadores de erosão costeira para área em estudo foram agrupados em três classes de intensidade e mais uma contendo os segmentos de praia que não apresentaram nenhum geoindicador (Figura 2, Quadros 1 e Tabela 1).

Em aproximadamente 43,20% (5,02km) do litoral sul de Joao Pessoa não foram identificados geoindicadores de erosão costeira. Cerca 8,51% (0,99km) apresentaram geoindicadores classificados de moderada intensidade. E os demais 48,27% (5,61km) apresentaram geoindicadores de alta intensidade de erosão (Figura 2).

Segmento sem geoindicadores de erosão costeira

Os segmentos de praia entre os pontos de observação 01 a 04, e 08 (Figura 2), apresentaram resultado nulo quanto à classificação de intensidade de impacto visual de erosão, distribuídos em um trecho da praia do Barra de Gramame Norte (Figura 4), praia do Sol, próximo à desembocadura do rio Camurupim, e Arraial, próximo a desembocadura do rio Aratú. Este resultado pode ser explicado pelo fato de que a foz dos referidos rios é um local de deposição de sedimentos, o que geralmente caracteriza processos de acreção nas praias adjacentes. No entanto, a linha de costa do extremo sul da área estudada está fortemente caracterizada pela presença de falésias inativas (mortas) com alturas de até dezenas de metros em rochas sedimentares (Formação Barreiras) que bordejam as praias de Barra de Gramame, Sol/Camurupim e, embora o topo das falésias ainda se encontre preservado é notável a expansão urbana nesse trecho.

Segmento com geoindicadores de moderada intensidade de erosão costeira

O trecho caracterizado como de moderada intensidade de impacto visual de erosão, também está localizado entre as desembocaduras dos rios Aratú e Cabelo, mas, neste caso, a classificação foi determinada pela presença do geoindicador (III) “erosão progressiva de depósitos marinhos e/ou eólicos pleistocênicos a atuais que bordeja as praias, sem o desenvolvimento de falésias (Praias urbanizadas ou não)” e (V) “árvores na face de praia ou com raízes expostas” (Figura 5).

Segmento com geoindicadores de alta intensidade de erosão costeira

Dentre os demais setores, os trechos entre Ponta do Seixas – Praça de Iemanjá (praia do Cabo Branco), praia do Jacarapé, e parte da praia do Arraial, apresentaram os resultados mais altos de classificação de intensidade de impacto visual de erosão costeira. Juntos, correspondem a quase 50% do litoral sul de João Pessoa, com fortes indícios de processos erosivos, atualmente.

O trecho apresentou os quatro geoindicadores de erosão de intensidade alta, propostos na metodologia representados pelas (VIII) “obras estruturais de proteção costeira”, (IX) “presença de falésias vivas”, (X) “infraestrutura de orla danificada pela energia das ondas” e (XI) “destruição de estruturas artificiais para proteção costeira”. Além destes, apresentou também todos os geoindicadores classificados de moderada intensidade.

Algumas praias classificadas com grau de intensidade alto, à exemplo da praia do Seixas, possuem “obras de proteção” costeira como enrocamentos e armadilhas para fixar areia, feitas com troncos de madeiras, pneus e manilhas de concreto (Figuras 3, 7, 9). Essas “obras” geralmente são construídas por proprietários das residências e pontos comerciais que sentem a consequência da erosão na base dos seus imóveis. Muitas vezes as praias apresentam marcas de destruição dessas estruturas, isto porque essas “obras” são construídas com dimensões e espaçamentos inapropriados à dinâmica local, além da falta de manutenção das mesmas, como foi observado em campo. A maior parte da praia do Seixas não possui praia recreativa durante as marés altas. Isso reflete o intenso processo erosivo pelo qual vem passando, ao longo das últimas décadas.

Os trabalhos de Reis (2008), Souza e Furrier (2015) corroboram com essa informação. Segundo os autores as obras construídas na orla demonstram estar ligadas diretamente às variações da linha de costa que responde às mudanças na dinâmica de aporte de troca sedimentar do ambiente praial.



Figura 9. Praia Ponta do Seixas, litoral sul de João Pessoa PB; (PO=10). Localização: 07° 09'22" LS; 34° 47'36" LO; Indicadores de erosão, III, IV, V, VI, VII, VIII, X, XI. Destaque para a destruição de estruturas artificiais para proteção costeira. Data da Foto: 09 de outubro de 2017.

Pode-se perceber na Figura 10, uma notável variação horizontal da linha de costa na praia do Seixas, mais intensificada onde ocorre a saliência da Ponta do Seixas (Ponto Mais Oriental das Américas). A mesma figura mostra a erosão costeira extremamente acentuada nesse trecho.



Figura 10. Praia Ponta do Seixas, litoral sul de João Pessoa PB; (PO=10) Localização: 07° 09' 21" LS; 34° 47' 36" LO;. (a) 1999; (b) agosto/2006; (c) outubro/2006; (d) 2016. As linhas coloridas foram delimitadas respeitando os pontos da linha de costa considerando como referência a linha de estruturas artificiais de engenharia (bares, casas). Foram utilizadas imagens do Google Earth dos anos de 2005 (linha cor de laranja) e 2016 (linha vermelha).

Mais para o norte da praia do Seixas, estão as falésias vivas da Ponta do Cabo Branco com intensa erosão em sua base, e frequentes desmoronamentos de blocos da escarpa (Figura 6). O trecho foi classificado com alto grau de intensidade de erosão costeira. Junto com a Ponta do Seixas, a Ponta do Cabo Branco, é considerada pela população, um dos mais importantes pontos turísticos do Estado da Paraíba, o que gera discussões e debates, muitas vezes, desprovidos de embasamento científico que esclareçam sobre as causas e possíveis soluções para remediar a “problema”. Segundo Furrier (2007, p.161) se por um lado, a erosão representa um fator negativo por causar retrogradação (reco da linha de costa continente adentro), pode também ser considerado um fator positivo na alimentação arenosa das praias localizadas ao norte, pois o sentido da corrente de deriva litorânea, nessa porção do litoral paraibano, é S-N.

Ao contrário da praia do Seixas que “apresenta, à sua retaguarda, terraços marinhos holocênicos, com considerável ocupação humana e largura máxima de

350m que avançam até uma linha de falésias inativas” (FURRIER, 2007, p. 160), a Ponta do Cabo Branco é caracterizada por falésias vivas (ativas) da Formação Barreiras, que experimentam significativo recuo, que pode ser comprovada pela exposição, durante as marés baixas, de um terraço de abrasão marinha, que testemunha essa variação horizontal da linha de costa nesse setor, ao longo das últimas décadas .

Foi constatado em trabalho de campo, a ocorrência de queda de blocos em praticamente todo o trecho entre os pontos 10 e 11 (Figura 6). Estes por sua vez, são rapidamente fragmentados pelo embate direto das ondas e, quando reduzidos a granulometria areia, são transportados para o norte através da deriva litorânea predominante na região.

Em direção ao norte da Ponta do Cabo Branco, nas proximidades da Praça de Iemanjá (praia do Cabo Branco) (Figura 8), são encontrados os seguintes geoindicadores de erosão costeira: (IV) Pós-praia muito estreita ou inexistente devido à inundação durante a preamar de sizígia ou em praias urbanizadas, (VI) Marcas de erosão na base de muro da referida praça, (V) Árvores na face de praia ou com raízes expostas, e (X) Infraestrutura da orla danificada pela energia das ondas, todos indicando alto grau de intensidade de erosão costeira no trecho (Figura 13).

O outro segmento também classificado de alta intensidade de erosão está situado entre os pontos de observação 05 e 07, onde estão as praias de Jacarapé e parte da praia do Arraial. Neste trecho, na praia do Jacarapé, as falésias novamente afloram na linha de costa, apresentando marcas de erosão em suas bases (Figura 6b). Na praia do Arraial (Figura 5) foram identificados geoindicadores de baixa, média e alta: (II) Presença de concentrações de minerais pesados em determinados trechos da praia, em associação com outras evidências erosivas (praias urbanizadas ou não), (III) Erosão progressiva de depósitos marinhos e/ou eólicos pleistocênicos atuais que bordejando as praias, sem o desenvolvimento de falésias; geoindicadores de moderada intensidade (IV) Pós-praia muito estreita ou inexistente devido à inundação durante a preamar de sizígia ou em praias urbanizadas, (V) Árvores na face de praia ou com raízes expostas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os geoindicadores de erosão costeira presentes em maior número no litoral sul de João Pessoa (PB) foram: (III) Erosão progressiva de depósitos marinhos e/ou eólicos pleistocênicos atuais que bordejando as praias, sem o desenvolvimento de falésias. (Praias urbanizadas ou não), (V) Árvores na face de praia ou com raízes expostas, (VI) Marcas de erosão na base de muros residenciais, (IX) Presença de falésias vivas com alturas de até dezenas de metros em rochas sedimentares (Formação Barreiras) que bordejando as praias (praias urbanizadas ou não) e (X) Infraestrutura da orla danificada pela energia das ondas.

Todos os geoindicadores de alta erosão foram identificados na área de estudo, à exemplo das praias do Seixas onde predominaram os geoindicadores VIII, X, XI, Ponta do Cabo Branco (praia do Cabo Branco) e praia do Jacarapé onde predominou o geoindicador IX, e parte da praia do Arraial onde predominaram os geoindicadores X, XI.

Em 2008 Reis, *et al* publicou dados da pesquisa sobre a situação da erosão costeira no litoral de João Pessoa, analisando dez praias ao longo de aproximadamente 24km de extensão de linha de costa, cerca de 17% do litoral da Paraíba. Essas praias foram classificadas com grau de vulnerabilidade à erosão costeira utilizando dados da quantidade das variações da linha de costa com base em documentos cartográficos e fotográficos de diversas datas; caracterização das variações morfológicas verticais a partir da realização de perfis topográficos praias e análise de sedimentos praias.

Com base nos resultados obtidos, os autores afirmam que foi possível notar o crescimento das áreas com “problemas” erosivos e associá-los à pressão urbana pela qual passou a área nas últimas décadas, o que pode ter acelerado o processo erosivo, impedindo as praias de atingir o balanço sedimentar. Além disso, foi possível identificar áreas com alta, moderada e baixa vulnerabilidade à erosão costeira.

Apesar das diferenças metodológicas, os resultados de Reis *et al* (2008) foram semelhantes aos resultados do presente estudo. Com exceção do trecho onde predominam as falésias vivas da praia do Jacarapé, com níveis baixos de ocupação humana, os demais trechos com alto grau de erosão costeira correspondem às áreas com a maior influência antrópica.

Por fim, é possível dizer que a metodologia utilizada neste trabalho foi satisfatória para atingir os objetivos propostos, proporcionando dados de impactos visuais de erosão costeira, e os resultados deste, podem servir como subsídio à gestão costeira do litoral da área estudada, bem como, outras áreas do litoral paraibano.

REFERÊNCIAS

BERGER, A. R. Assessing Rapid Environmental Change Using Geoindicators. *Environment & Geology*, Springer, Berlin, v. 1, n. 32, p. 35–44. 1997.

DOMINGUEZ, J. M. L. NEVES, S. M. BITTENCOURT, A.C.S.P. Sandy Beaches of the State of Paraíba: The Importance of Geological Heritage. In: SHORT, A. D. KLEIN, A.H.F. (Org.) *Brazilian Beach Systems*. Springer, 2016. P.231-250.

FARINACCIO, A. TESSLER, M. G. Avaliação de impactos ambientais no meio físico decorrentes de obras de engenharia costeira – uma proposta metodológica. *Revista da Gestão Costeira Integrada*, UNIVALI, Santa Catarina, v. 4, n.10, 2010.

FRANÇA JUNIOR, P. VILLA, M. E. C. D. O ambiente geográfico e os geoindicadores. *Revista Brasileira de Geografia Física*. 2011. p. 337-348.

FURRIER, M. Caracterização Geomorfológica e do Meio Físico da Folha João Pessoa – 1:100.000. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade de São Paulo, 2007.

FURRIER, M., SOUZA, A. S. Caracterização Geomorfológica e Ocupação Antrópica de zonas costeiras: o caso da Ponta do Seixas, Litoral da Paraíba-Brasil. Revista do Departamento de Geografia. 2016.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Indicadores de desenvolvimento sustentável. Rio de Janeiro. 2008.

MARTINS, K. A. Vulnerabilidade à erosão costeira e mudanças climáticas através de indicadores em Pernambuco, Brasil/ Karoline Angélica Martins. Recife. 2015.

MARTINS, K.A. et al. Determinação da Erosão Costeira no Estados de Pernambuco Através de Geoindicadores. São Paulo. Vol.17, nº3 (Jul-Set) p. 533-546. 2016.

MMA. Vulnerabilidade ambiental: Desastres naturais ou fenômenos induzidos? Brasília. 2007.

MONTEIRO, D. C. S. Caracterização morfodinâmica e sedimentológica das praias do Poço, Camboinha, Ponta de Mato e Miramar. Dissertação (Mestrado em Geografia). 2017.

MUEHE, D. (Org.) Erosão e Progradação do litoral brasileiro. Brasília: MMA, 2006. 476p.

NEVES, S. M. DOMINGUEZ, J. M. L. BITTENCOURT, A.C.S.P. Paraíba. In: MUEHE, D. (Org.) Erosão e Progradação do litoral brasileiro. Brasília: MMA, 2006. 476p.

NEVES, S. M. Erosão Costeira no Estado da Paraíba. Tese (Doutorado em Geologia). UFBA. Salvador, BA. 130p. 2003.

REIS, A.L.Q., LIMA, E. R. V., ANDRADE, M. O., REIS, C.M.M. Avaliação do desempenho do índice de sustentabilidade pelo *Dashboard Sustainability* nas Bacias Hidrográficas dos rios Jaguaribe, Cabelo e Cuiá na cidade de João Pessoa (PB). Revista *Gaia Scientia*. V.11. N.02. 2017.

REIS, C.M.M, NEUMANN, V. H. M.L., LIMA, E. R. V. Vulnerabilidade do Litoral de João Pessoa (PB) à erosão costeira. Revista Estudos Geológicos. Volume 18(2). Universidade Federal de Pernambuco. 2008.

REIS, C.M.M. O litoral de João Pessoa (PB), frente ao problema da erosão costeira. 150f. Tese (Doutorado em Geociências) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2008.

RUDORFF, F. DE M. Geoindicadores e análise espacial na avaliação de suscetibilidade costeira a perigos associados a eventos oceanográficos e

meteorológicos extremos. Dissertação (Desenvolvimento Regional e Urbano). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis –SC. 2005.

SOUZA, C. R. G.; SOUZA FILHO, P. W. M.; ESTEVES, L.S.; VITAL, H.; DILLENBURG, S. R.; PATCHINEELAM, S. M.; ADDAD, J. E. Praias arenosas e erosão costeira. In: SOUZA, C. R. G.; SUGUIO, K.; OLIVEIRA, A. M. S.; DE OLIVEIRA, P. E. (eds.). Quaternário do Brasil. Ribeirão Preto, SP: Holos, Editora. p. 130-152. 2005.

SOUZA, C.R. DE G. Atualização do mapa de risco à Erosão Costeira para o Estado de São Paulo. In: XI Congresso da Associação Brasileira de estudos do Quaternário – ABEQUE, Belém, PA, 4 a 11 de novembro de 2007. Anais... 2007.

SOUZA. C. R. G. A erosão costeira e os desafios da gestão costeira no Brasil. Revista Gestão Costeira Integrada. 2009.

Contato com o autor: Christianne Maria Moura Reis <cmm_reis@yahoo.com.br>

Recebido em: 28/04/2018

Aprovado em: 4/01/2019