



REVISTA
Casa da
GEOGRAFIA
de Sobral
ISSN 2316-8056



IV SGFNE
SIMPÓSIO DE GEOGRAFIA
FÍSICA DO NORDESTE

ANÁLISE DA MORFODINÂMICA COSTEIRA E DOS IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS DE GRANDES EMPREENDIMENTOS LITORÂNEOS: ESTUDO DE CASO, PRAIA DE VOLTA DO RIO, ACARAÚ/CE

Analysis of coastal morphodynamics and the socio-environmental impacts of large litoral developments: a case study on the beach of Volta do Rio: Acaraú/CE

Análisis de la morfodinámica costera y dos impactos sociales y ambientales de las grandes empresas litorianas: estudio de caso, playa de Vuelta del Rio, Acaraú /CE

Otávio Augusto de Oliveira Lima Barra¹

Fábio Perdigão Vasconcelos²

Danilo Vieira dos Santos³

Adely Pereira Silveira⁴

RESUMO

O Brasil é um país com uma extensa linha de costa, são cerca de 7.367 km de extensão do seu litoral, com um potencial natural para a geração de energia eólica. O estado do Ceará é um dos maiores produtores de energia eólica para o país, obtendo notoriedade e a necessidade de manutenção dos seus parques eólicos, especialmente se instalados em zonas de costa, onde há uma grande dinâmica natural. O presente trabalho, busca o acompanhamento das dinâmicas morfológicas na praia de Volta do Rio, localizada em Acaraú/CE, que fica a cerca de 238 km de Fortaleza/CE. Os dados coletados em idas à campo, constataram que há um forte processo erosivo atuante na praia de Volta do Rio, o que alerta para a contenção do avanço marinho sob o parque eólico presente no local. A erosão é um fenômeno natural que trabalha na modelação de demasiadas formas terrestres. No litoral, isso não é diferente, por ser um ambiente altamente dinâmico onde há a interação entre continente, atmosfera e oceano, sendo possível encontrar diversos atuantes que podem intensificar os processos erosivos,

¹ Doutorando da Universidade Estadual do Ceará. Grupo de Pesquisa Gestão Integrada da Zona Costeira (CNPq). Avenida Doutor Silas Munguba, 1700 Campus do - Itaperi, Fortaleza - CE, 60741-000. Contato: (85) 98760-3729. Email: otavioalbarra@gmail.com

² Doutor em Ciências da Terra pela Universidade de Nantes, França. Professor Associado da Universidade Estadual do Ceará. Avenida Doutor Silas Munguba, 1700 Campus do - Itaperi, Fortaleza - CE, 60741-000. Contato: (85) 31019885. E-mail: fabioperdigão@gmail.com

³ Graduando em Geografia da Universidade Estadual do Ceará. Grupo de Pesquisa Gestão Integrada da Zona Costeira (CNPq). Avenida Doutor Silas Munguba, 1700 Campus do - Itaperi, Fortaleza - CE, 60741-000. Contato: (85) 98994-0972. Email: danilovieira841@gmail.com

⁴ Doutoranda da Universidade Estadual do Ceará. Grupo de Pesquisa Gestão Integrada da Zona Costeira (CNPq). Avenida Doutor Silas Munguba, 1700 Campus do - Itaperi, Fortaleza - CE, 60741-000. Contato: (85) 31019885. E-mail: delysilveira@gmail.com

sejam eles o vento, maré, ou por intervenções humanas, como construções e ocupações indevidas ao longo da linha de costa.

Palavras Chave: Volta do Rio; Energia Eólica; Erosão.

ABSTRACT

Brazil is a country with an extensive coastline, about 7,367 km of coastline, with a natural potential for wind power generation. The state of Ceará is one of the largest producers of wind energy for the country, obtaining notoriety and required maintenance of its wind farms, especially if located in coastal areas, where there is a great natural dynamic. The present work seeks the movement of morphological dynamics in the beach of Volta do Rio, located in Acaraú/CE, which is about 238 km from Fortaleza/CE. The data collected in the field found that there is a strong erosive process on the Beach of Volta do Rio, which warns about the expansion of advanced marine on the wind farm present on site. Erosion is a natural phenomenon that works in the modeling of many hearth forms. On the coast, this is not different, considering a highly dynamic environment in which there is an interaction between continent, atmosphere and ocean, being possible to find many factors that can intensify the erosive processes, such as wind, tide, or human intervention, as constructions and improper occupations along the coast line.

Key words: Volta do Rio; Wind Energy; Erosion.

RESUMEN

Brasil es un país con una extensa costa, cerca de 7.367 km de costa, con un potencial natural para la generación de energía eólica. El estado del Ceará es uno de los mayores productores de energía eólica del país, ganando notoriedad y la necesidad de mantener sus parques eólicos, especialmente si está instalado en zonas costeras, donde existe una gran dinámica natural. La presente investigación tiene como objetivo monitorear la dinámica morfológica en la playa de Vuelta del Río, ubicada en Acaraú / CE, que está a unos 238 km de Fortaleza / CE. Los datos recopilados en los viajes de campo, encontraron que hay un fuerte proceso erosivo en la playa de Vuelta del Río, que advierte sobre la contención del avance marino bajo el parque eólico presente en el sitio. La erosión es un fenómeno natural que funciona en el modelado de muchas formas terrestres. En la costa, esto no es diferente, ya que es un entorno altamente dinámico donde existe la interacción entre el continente, la atmósfera y el océano, permitiendo encontrar varios actores que pueden intensificar los procesos erosivos, ya sea viento, marea o intervenciones humanas, como edificios y ocupaciones inadecuadas a lo largo de la costa.

Palabras clave: Vuelta del Río; Energía Eólica; Erosión.

INTRODUÇÃO

O estado do Ceará é um potencial produtor de energia através de aerogeradores. Não é por menos que empresas instalam seus parques eólicos no estado, tornando-o um dos maiores no quesito de geração de energia eólica no país. O Ceará começou sua produção de energia eólica em janeiro de 1999, segundo a ANEEL, e vem expandindo essas instalações, principalmente no litoral, região de favorecimento natural para um melhor desempenho desses equipamentos e para a melhor geração de energia. As instalações desses parques, em sua maioria, se dão em áreas da costa, que naturalmente são muito suscetíveis à impactos ambientais, dentre eles, a erosão, causando danos não somente às praias, mas atingindo também, de forma direta, os parques eólicos, causando danos a estruturas e trazendo prejuízos ao funcionamento dos aerogeradores.

A erosão é um processo natural que sofre aceleração processual de acordo com modificações existentes na zona costeira, como a ocupação indevida, e eventos naturais, como ressacas marinhas e etc. Isso tudo, segundo estimativas, além de afetar diretamente as populações costeiras, que na sua grande maioria residem no litoral, pode gerar gastos exorbitantes com medidas de contenção do avanço do mar em zonas de maior fragilidade e ocupação antrópica, como nos grandes centros urbanos localizados no litoral brasileiro.

A análise de danos e o grau de erosão, foram medidos na praia de volta do rio, em Acaraú – CE, município localizado a 238 quilômetros da capital Fortaleza, com 53 km de linha de costa, situando-se no litoral oeste. A degradação ambiental na área de estudos se dá principalmente devido aos processos erosivos, que foram constatados ao decorrer dos meses de pesquisa, mostrando a fragilidade da linha de costa e o alerta para a manutenção e projeção de soluções para o problema, afim de que os parques permaneçam na região propiciando a geração de energia e atraindo investimentos da utilização de energias limpas para o estado, também como no auxílio do desenvolvimento da economia.

O parque eólico de volta do rio conta com 28 aerogeradores de 1,5 MW, com um fator de capacidade estimado 28,07% (ADECE, 2010). Não sendo somente importante para a geração de energia, mas também para a geração de empregos no estado, os parques eólicos geram centenas de empregos diretos e indiretos, seja para eletricitistas, serviços gerais, construção civil, seguranças e entre outras atividades técnicas e específicas.

Afim de preservar essas ferramentas, figura 01, é necessário realizar monitoramento regularmente, para medir os graus de erosão, gerando relatórios de análise para mitigar ações de preservação e até mesmo evitar riscos de acidentes sérios, como chegamos a observar por vezes em idas a campo que algumas torres chegam até mesmo a ter sua base exposta, aumentando a fragilidade e o risco de tombamento.

Figura 1: Manutenção do parque sendo realizada com a colocação de blocos de concreto ao longo da linha de costa



Fonte: Vasconcelos (2017).

MATERIAL E MÉTODO

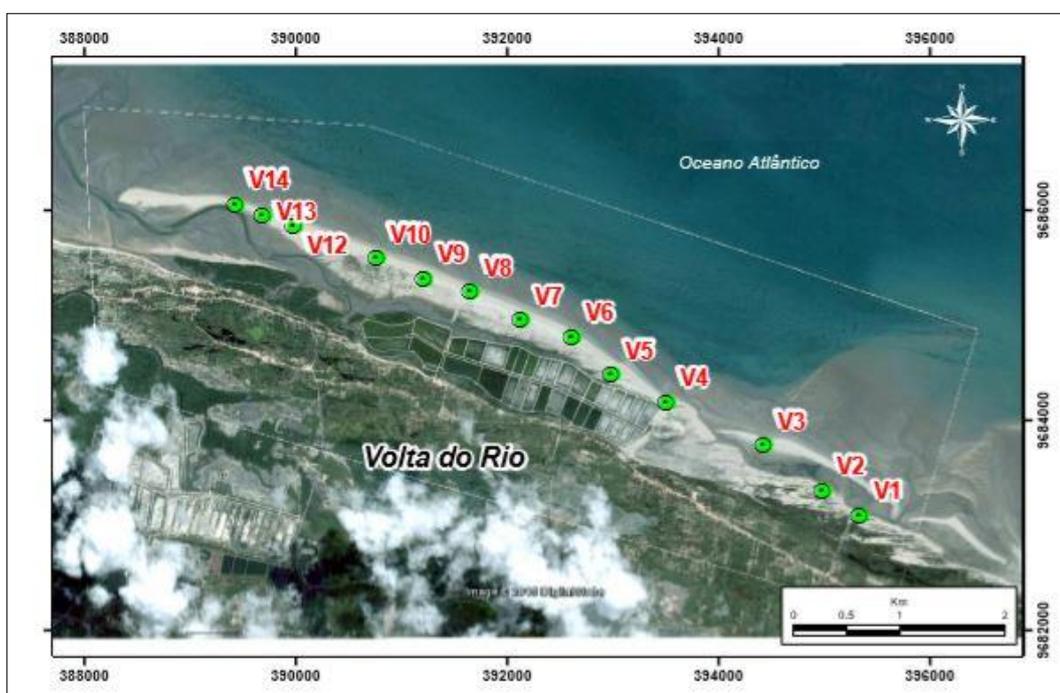
Para a realização da pesquisa e obtenção dos resultados desejados sobre a morfologia praial, contamos com o auxílio da estação total *Ruide RTS-825*, aliada a utilização de dois prismas. Sendo realizados 14 perfis, em uma distância razoável entre eles, permitindo a observação do recuo da linha de costa através dos dados obtidos, contando também com a análise de imagens, comparação dos dados obtidos durante os meses de pesquisa para analisar o comportamento da morfologia praial e o recuo da linha de costa no local.

O recorte temporal da pesquisa se deu de fevereiro a dezembro do ano de 2017, com a realização de idas a campo para a área de estudo, realizando um total de 14 perfis ao longo de 8,5 quilômetros de extensão. A observação propicia as mudanças naturais da morfologia praial, mitigando ações de gestão para a área de estudo e a observação dos graus de erosão presentes ali, para a devida manutenção dos parques observando a dinâmica dos agentes erosivos e os graus de erosão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A praia de Volta do Rio em Acaraú, figura 02, conta com 8,5 Km de extensão, onde estão localizados os aerogeradores da área de estudo. A realização do estudo no local se deu pela observação do comportamento da morfologia praial, de acordo com os dados levantados e pelo o uso da estação total e a análise granulométrica dos sedimentos coletados em campo.

Figura 2. Localização da praia de Volta do Rio e os pontos de realização dos perfis.



Fonte: Vasconcelos (2017).

Destes pontos, também foi realizada a coleta de sedimentos para análise em laboratório, onde passam por secagem e análise do seu tamanho, para a partir disso poder definir se a composição sedimentar da praia é mais sujeita facilmente à ação da maré, dos ventos, das ondas e entre outros fatores. Podendo propiciar a análise da fragilidade da praia e conseguinte poder constatar se os aerogeradores estão localizados em regiões de fragilidade ambiental.

Outras constatações a partir das medições também ajudaram a identificar os tipos de estágio morfodinâmicos ao longo dos perfis. As praias podem apresentar os estágios dissipativo, refletivo e intermediário. O estágio refletivo consiste na sua caracterização por areia muito grossa, reduzida ou nenhuma zona de surfe e elevada altura do berma. Já as praias dissipativas são caracterizadas por areias médias a fina com baixa declividade e larga zona de surfe. As praias intermediárias apresentam baixa declividade da antepraia, com formações de alguns bancos e calhas (MUEHE, 2005).

Os dados analisados recortam do finalzinho de 2016 até dezembro de 2017, porém, levando em maior consideração as observações do ano de 2017. Para a localidade de Volta do Rio pode ser observado pelos perfis topográficos que a preamar do terreno se encontra cerca de 5 a 6 metros acima da cota zero do nível do mar, o mesmo para os meses anteriores a fevereiro de 2017. A média de faixa de praia (estirâncio) é de 194,5 metros. Mesmo com o desnível de 5 metros, a praia tem um caráter dissipativo com declividade média de 2,2° (Tabela 1), ou seja, os agentes dinâmicos não atuam com tanta intensidade. Mas ainda são observados alguns trechos com declividade intermediária, porém não representativos. Se for levada em consideração a inclinação da faixa de praia no trecho mais próximo da berma, a declividade pode alcançar valores bem maiores e consequentemente assumir um caráter refletivo.

Isso ajuda a entender porque, mesmo com uma praia tendo em sua maior parte um caráter dissipativo, os eventos de erosão podem ainda ser comuns. Uma vez que as forças de maré, ondas e correntes chegam neste ponto, que é mais inclinado, e depois de ter passado pela parte que não é íngreme, cria-se uma resistência da faixa de praia, logo provocando o evento de erosão. Esta situação acontece em todos os perfis da praia de Volta do Rio, por tanto toda a praia tem, nos trechos mais próximos da berma, maior exposição à erosão. A mudança mais significativa foi notada nos perfis 3, 6, 8 e 10. Nestes a berma teve leves aumentos na altitude, tornando a praia intermediária, antes dissipativa.

Tabela 1: Declividade dos perfis da praia de Volta do Rio em fevereiro de 2017.

PERFIL	PRAIA (dH)	ALT. ATÉ A BERMA (DH)*	DECLI. (Tanga)**	DECLI. (°)***	TIPO DE PRAIA
VR1	369.29	3.67	0.01	0.57	Dissipativa
VR2	404.71	5.38	0.01	0.76	Dissipativa
VR3	108.02	6.83	0.06	3.62	Intermediária
VR4	172.79	6.28	0.04	2.08	Dissipativa
VR5	164.47	4.00	0.02	1.39	Dissipativa
VR6	100.78	5.59	0.06	3.18	Intermediária
VR7	163.73	4.68	0.03	1.64	Dissipativa
VR8	69.04	6.09	0.09	5.04	Intermediária
VR9	348.08	5.06	0.01	0.83	Dissipativa
VR10	64.83	5.87	0.09	5.17	Intermediária
VR11	166.82	4.96	0.03	1.70	Dissipativa
VR12	159.76	6.51	0.04	2.33	Dissipativa
VR13	142.66	4.89	0.03	1.96	Dissipativa
VR14	288.63	6.08	0.02	1.21	Dissipativa
Média	194.54	5.42	0.04	2.25	Dissipativa
* Altura até a linha da berma.					
** Declividade da relação entre a largura da praia (dH) e a altura da berma (DH).					
*** Declividade da praia expressa em graus.					

Fonte: Elaborado pelos autores.

Adiantando a observação para junho de 2017 para um melhor resumo dos dados coletados e analisados, foi constatado que os perfis topográficos levantados em 29 de junho de 2017, mostram que a preamar do terreno ainda encontra-se a 5,8 metros acima da cota zero do nível do mar, e tem-se uma média de faixa de praia (estirâncio) de 358 metros. O caráter de uma praia dissipativa foi caracterizado em Volta do Rio neste período, com uma faixa praial pouco menos inclinada, devido a declividade média ser de 1,27° (tabela 3). Os agentes dinâmicos ainda continuam atuando com menor intensidade em praias que possuem este caráter, mas este trecho de Volta do Rio ainda possui pontos do perfil mais próximo da berma com uma inclinação que confronta com os agentes dinâmicos, ondas, correntes e marés, fazendo com que a erosão ainda aconteça, e estes pontos coincidem com os pontos de instalação dos aerogeradores.

Tabela 2: Declividade dos perfis da praia de Volta do Rio no mês de junho de 2017.

PERFIL	PRAIA (dH)	ALT. ATÉ A BERMA (DH)*	DECLI. (Tang α)**	DECLI. (°)***	TIPO DE PRAIA
VR1	691.35	4.44	0.01	0.37	Dissipativa
VR2	842.32	6.71	0.01	0.46	Dissipativa
VR3	548.97	6.14	0.01	0.64	Dissipativa
VR4	284.34	6.32	0.02	1.27	Dissipativa
VR5	167.75	5.55	0.03	1.89	Dissipativa
VR6	84.44	5.81	0.07	3.93	Intermediária
VR7	192.90	5.30	0.03	1.57	Dissipativa
VR8	319.69	6.69	0.02	1.20	Dissipativa
VR9	345.80	5.36	0.02	0.89	Dissipativa
VR10	261.48	6.45	0.02	1.41	Dissipativa
VR11	369.14	5.01	0.01	0.78	Dissipativa
VR12	334.22	6.62	0.02	1.13	Dissipativa
VR13	268.84	5.12	0.02	1.09	Dissipativa
VR14	299.28	6.20	0.02	1.19	Dissipativa
Média	357.89	5.84	0.02	1.27	Dissipativa
	* Altura até a linha da berma.				
	** Declividade da relação entre a largura da praia (dH) e a altura da berma (DH).				
	*** Declividade da praia expressa em graus.				

Fonte: Elaborado pelos autores.

Com os dados obtidos nesse primeiro semestre do ano, já há uma notável diferença entre os meses de fevereiro a junho, reforçando a erosão presente na praia onde estão localizados os aerogeradores. A partir de junho, a análise decorreu até dezembro do mesmo ano, onde consta que em dezembro os perfis topográficos levantados no dia 08, mostram que a preamar do terreno ainda encontra-se a 5,4 metros acima da cota zero do nível do mar, e tem-se uma média de faixa de praia (estirâncio) de 294,6 metros. O caráter de uma praia dissipativa foi caracterizado em Volta do Rio neste período, com uma faixa praial pouco menos inclinada, devido a declividade média ser de 1,41°. Da mesma forma

como nos meses anteriores, as forçantes costeiras continuam atuando com menor intensidade em praias que possuem este caráter, mas este trecho de Volta do Rio ainda possui pontos do perfil mais próximo da berma com inclinação que pode favorecer eventos de erosão, mesmo que menos acentuada.

Tabela 3: Declividade dos perfis da praia de Volta do Rio no mês de dezembro de 2017.

PERFIL	PRAIA (dH)	ALT. ATÉ A BERMA (DH)*	DECLI. (Tang α)**	DECLI. (°)***	TIPO DE PRAIA
VR1	589.02	3.78	0.01	0.37	Dissipativa
VR2	684.82	7.43	0.01	0.62	Dissipativa
VR3	411.24	5.26	0.01	0.73	Dissipativa
VR4	244.36	5.97	0.02	1.40	Dissipativa
VR5	162.23	4.84	0.03	1.71	Dissipativa
VR6	74.39	5.74	0.08	4.41	Intermediária
VR7	164.25	5.05	0.03	1.76	Dissipativa
VR8	238.28	5.93	0.02	1.43	Dissipativa
VR9	272.27	4.80	0.02	1.01	Dissipativa
VR10	194.26	5.61	0.03	1.66	Dissipativa
VR11	334.41	5.44	0.02	0.93	Dissipativa
VR12	287.87	5.68	0.02	1.13	Dissipativa
VR13	243.00	4.81	0.02	1.13	Dissipativa
VR14	225.00	5.47	0.02	1.39	Dissipativa
Média	294.67	5.41	0.02	1.41	Dissipativa
* Altura até a linha da berma.					
** Declividade da relação entre a largura da praia (dH) e a altura da berma (DH).					
*** Declividade da praia expressa em graus.					

Fonte: Elaborado pelos autores.

Retiradas as medições do terreno, é possível constatar a intensa e dinâmica alteração da praia em seus graus de erosão, a partir das análises organizadas em tabelas e os resultados de danos, é necessária a elaboração de ações para conter o avanço do mar sobre o parque eólico. A eólica de Volta do Rio é um dos importantes instrumentos de produção de energia no estado, e em tempos de escassez hídrica para a produção de energia, no caso das hidrelétricas, torna-se uma das principais alternativas de geração de eletricidade, principalmente em um estado que enfrenta a semiaridez, não só o Ceará, mas a região nordeste como um todo, que tem grande potencial para produzir energia utilizando-se de recursos naturais no caso, os ventos.

O estado no ano de 2017 cresceu 6,6% de Janeiro a Novembro, segundo dados da Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE), gerando uma produção de 697,29 megawatts (MW) médios ao fim de novembro do mesmo ano, com uma produção total de 2.349,24 MW de capacidade, sendo portanto um crescimento de 10% em relação ao ano de 2016. Uma das principais ações é a colocada de blocos de concreto ao longo das bases dos aerogeradores, para assim manter de forma breve, a proteção

contra a ação do mar, onde aliada aos processos erosivos presentes no local, intensifica os danos causados como é possível observar nas figuras 03 e 04 a seguir:

Figura 3: Blocos de concreto ao longo da faixa de praia e ao redor da base da eólica



Fonte: Vasconcelos (2017).

Figura 4: Vista de perfil da praia com a presença de blocos ao longo do perfil



Fonte: Vasconcelos (2017).

CONCLUSÃO

É notória a importância de acompanhar processos erosivos em ambientes tão dinâmicos como o litoral, principalmente se é desempenhada alguma atividade de relevância social e econômica, como a instalação de parques eólicos, que são atualmente recursos para a produção de energias alternativas

com menor impacto ambiental. Esse trabalho buscou focar sua pesquisa nos processos erosivos
 Revista da Casa da Geografia de Sobral, Sobral/CE, v. 21, n. 2, Dossiê: Estudos da Geografia Física do Nordeste brasileiro, p. 745-754, Set. 2019, <http://uvanet.br/rcgs>. ISSN 2316-8056 © 1999, Universidade Estadual Vale do Acaraú. Todos os direitos reservados.

presentes na praia de Volta do Rio em Acaraú/CE, e a ameaça para o parque eólico que exerce produção de energia na região.

Constatados os dados através da topografia realizadas nas idas a campo, é necessário a realização de atividades que possam amenizar os processos que causam a degradação ambiental no local, principalmente pela força das marés. Uma das propostas mais acessíveis para isso seria a colocação de blocos de concreto ao longo do parque, o que já vem sendo realizado para a contenção do mar. Contudo, ainda é necessário o acompanhamento dos processos de erosão através de medições topográficas e uso de imagens aéreas e entre outras ferramentas que possam observar e buscar trabalhar soluções para manter o bem-estar da linha de costa no local, sem que afete sua dinâmica natural.

AGRADECIMENTOS

Grande parte dessa pesquisa se deve ao empenho e esforço de toda a equipe do Laboratório de Gestão Integrada da Zona Costeira (LAGIZC) da Universidade Estadual do Ceará, que trabalham em prol de discussões acerca do litoral nas vertentes sociais e ambientais, realizando um trabalho conjunto, dinâmico e crítico sobre os processos de Gerenciamento Costeiro do Estado do Ceará.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARANTE, Odilon A. Camargo do. **Atlas do Potencial Eólico Brasileiro**: Atlas Eólico livro. 1. Ed. Brasília: [s.n], 2001.

CAMELO, Henrique do Nascimento; VASCONCELOS, Ariane Eduarda; LÚCIO, Paulo Sérgio; JUNIOR, João Bosco Verçosa Leal. Potência Eólica Instalada No Estado Do Ceará E Impacto Em Sua Matriz Energética. **Revista Conexões Ciência e Tecnologia**, Fortaleza, v. 11, n. 3, 100 - 112, nov. 2017.

CEARÁ: Capacidade Eólica Instalada Avança 10,6%: Em novembro do ano passado, Estado atingiu 2.349,24 MW, atrás apenas do Rio Grande do Norte e da Bahia. **Diário do Nordeste**, Fortaleza, 18 jan. 2018. Negócios, p. 1. Disponível em: <<http://diariodonordeste.verdesmares.com.br/cadernos/negocios/ceara-capacidade-eolica-instalada-avanca-10-6-1.1881075>>. Acesso em: 20 jul. 2018.

MUEHE, Dieter. Aspectos Gerais da Erosão Costeira no Brasil. **Mercator**, vol. 4, núm. 7, 97-110, 2005.

MUEHE, Dieter. Erosão costeira, mudança do clima e vulnerabilidade. In: GUERRA, Antonio José Teixeira; JORGE, Maria do Carmo Oliveira (Org.). **Processos erosivos e recuperação de áreas degradadas**. 1. ed. [S.l.]: Oficina de Textos, 2013. cap. 6, 161-187. v. 1.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CEARÁ. **Relatório 2017**. Fortaleza, 2017.

VASCONCELOS, Fabio Perdigão. **Gestão Integrada da Zona Costeira** : Ocupação antrópica desordenada, erosão, assoreamento e poluição ambiental do litoral.. 1. ed. Fortaleza: Premium, 2005.