Vulnerabilidade costeira e dinâmica sedimentar - Campo de dunas de Mangue Seco, Guamaré/RN, NE do Brasil.

Vulnerable coastal dynamics and sedimentary - Field of Mangue Seco dunes, Guamaré/RN, NE Brazil.

Marcelo dos Santos Chaves[1]; Iracema Miranda da Silveira[2]; André Giskard Aquino da Silva[3]

Resumo

Buscamos determinar taxas de migração de três dunas, baseando-se em medições da variação de volume entre junho de 2013 a maio de 2014. A área em estudo localiza-se no Parque Eólico Alegria, município de Guamaré, litoral setentrional do Estado do Rio Grande do Norte, Nordeste/Brasil. Utilizou-se uma combinação de medições de GPS geodésico e coleta de sedimentos para caracterizar sua morfodinâmica. Foi gerado o MDT (Modelo Digital do Terreno), utilizando a krigagem e foi calculado o seu volume. O volume no mês de junho de 2013 foi de 132.470 m^3. Comparou-se com os volumes nos meses consecutivos e os resultados mostraram que houve aumento da duna entre junho-julho de 2013 (+31.545m^3) e agosto-setembro de 2013 (+10.341m^3), e redução entre julho-agosto de 2013 (-7.700m^3). Apesar da redução entre julho-agosto, o volume calculado da duna é superior ao volume inicial. Perfis transversais na duna mostram que as modificações ocorreram a sotavento e barlavento. A velocidade do vento para início do transporte sedimentar (Uct), mostrou que estes de NE são mais efetivos, e o aumento no volume das dunas está relacionado à sua ocorrência. O MDT gerado mostra que as dunas são barcanas. Entre junho-setembro de 2013 e janeiro-maio de 2014, as dunas migraram 6 metros para SW e ~5m para NW, o que resulta em 1,5 m/mês e 1,25 m/mês, respectivamente. De acordo com a estação meteorológica de Macau/RN, da velocidade Uct e dos perfis transversais, a maior velocidade de migração ocorreu entre junho-julho e agosto-setembro. A variação morfológica da duna é influenciada pela variação na frequência de ocorrência dos ventos de NE.

Palavras-Chaves: dunas; ventos; sedimentos.

Abstract

We determined migration rates of three dunes, based on measurements and comparison of volume variation between June, 2013 and May, 2014. The study area is located in Alegria Wind Farm, in Guamaré municipality, located in the septentrional coast of the state of Rio Grande do Norte, Northeastern Brazil. The research applied a combination of measurements using geodetic GPS and sediment collection, which was used to characterize the dune morphodynamics. We generated MDT's using the interpolation points (kriging) and calculated its volume. The volume gained in June 2013 (132.470 m3). We compared the sediment volumes in consecutive months, and the results showed that there was an increase of the dune between June to July (+ 31.545m3) and August to September 2013 (10.341m3 +), and decreased from July to August 2013 (-7.700m3). Despite the reduction in the period from July to August, the final volume of the dune is higher than the initial. Transversal profiles of the dune show that the volume changes happened because of leeward and windward. The wind speed to start sediment transportation (UCT), showed that these NE winds are more effective, and the increase of the volume of the dunes is related to its occurrence. The MDT generated shows that these are barchan dunes. Between June to September 2013 and from January to May 2014, dunes migrated 6m to SW direction and ~ 5m to NW, which results in a movement of 1.5 m / a month and 1.25 m / a month, respectively. According to the weather station of Macau-RN, the UCT speed and the transversal profiles, the highest speed of migration occurred between June to July and August to September. Morphological variation of the dune is influenced by the variation in the frequency of occurrence of NE winds.

Keywords: dunes; winds; sediments.

Recibido el 30 de septiembre de 2016, aceptado el 21 de abril de 2017.

1 Departamento de Geografia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Cx. Postal: 1524. Email: mschaves2007@gmail.com

2 Museu Câmara Cascudo (MCC), Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN).

3 Laboratório de Geologia e Geofísica Marinha e Monitoramento Ambiental (GGEMMA), Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN).

Introdução

A área em estudo está situada na porção setentrional do Estado do Rio Grande do Norte, na planície costeira no município de Guamaré, na região Nordeste do Brasil (figura 1). Geograficamente a área está situada na zona 24, com Datum SIRGA 2000 e entre as coordenadas UTM: A -788736,30 E / 9437622,53 S; B -788665,46 E / 9438299,24 S; C-791038,48 E / 9437706,95 S; e D-790837,53 E.

Registros atuais de erosão e sedimentação estão presentes em muitos trechos do litoral norte-rio-grandense (e.g. Tabosa, 2002; Silveira, 2002; Lima, 2004; Chaves, 2005; Vital, Silveira, & Amaro, 2005; Vital, Amaro, & da Silveira, 2006) e a região de Guamaré constitui-se em uma das áreas críticas ou pontos quentes (hotspots) de erosão costeira (Silveira, 2002). Pontos quentes de erosão costeira segundo List, Farris, & Sullivan (2006) são zonas de pronunciada erosão definidas como seções da costa que apresentam taxas de erosão significantemente mais altas que as áreas adjacentes.

A zona costeira constitui uma área de transição entre o continente e o oceano, onde se concentra um grande número de atividades fundamentais ao ser humano, relacionadas a fatores socioeconômicos e qualidade de vida. Essas atividades normalmente situam-se em compartimentos geomorfológicos de estrutura frágil diante das intervenções antrópicas, devido a sua complexidade ambiental, onde atuam conjuntamente vários elementos naturais, tais como: ventos, ondas, correntes, precipitações, marés, insolação, evaporação, erosão e deposição. O estudo da região costeira em escala mundial tem convergido para um grande problema que é a erosão costeira (Hesp et al., 2005; Vital, 2014). Atualmente, estima-se que 70% das linhas de costa do mundo estão sendo afetadas pela erosão, com grande prejuízo para a economia local (Dominguez, Bittencourt, & Martin, 1992).

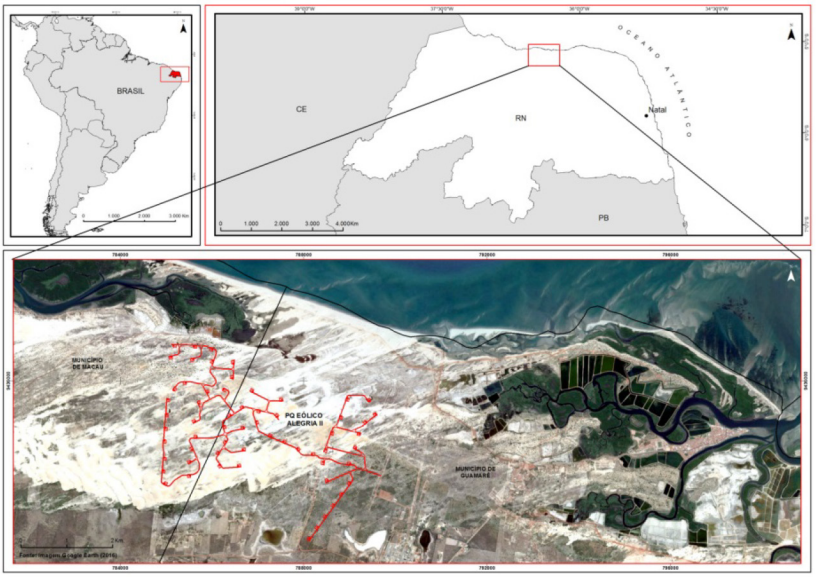

Figura 1. Localização da área em estudo, no contexto regional e local. Fuente: ECOPLAM, Empresa de Consultoria e Planejamento Ambiental (2016)

Figure 1. Study area location, within the regional and local context. Source: ECOPLAM, Empresa de Consultoria e Planejamento Ambiental (2016)

As condições geoambientais presentes na área corresponde aos depósitos eólicos (dunas), planícies de deflação e lagoas temporárias. A evolução das feições morfológicas na área em estudo, provavelmente, tem seu paleoambiente relacionado à feição de baía estuarina durante níveis mais elevados do mar (Silveira, 2002). As dunas móveis são formadas a partir da acumulação de sedimentos, sobremaneira grãos de areia, os quais são removidos da face de praia e depositados em direção ao continente por conta da ação dos agentes eólicos. Além disso, vale informar que as dunas móveis caracterizam-se pela ausência de vegetação ou pela fixação de um revestimento pioneiro, o qual detém ou atenua os efeitos da dinâmica eólica, responsável pela migração. Os corpos dunares quando se formam ganham contornos distintos, os quais se definem através de diferenciações estreitamente relacionadas à direção do vento dominante, à conformação da superfície percorrida pelos sedimentos desde sua disponibilização, à ação dos ventos na faixa de praia e à localização dessas dunas dentro do segmento costeiro (Pinheiro, 2009).

No município de Guamaré, especificamente no campo dunar, encontra-se implantado dois parques de energia eólica e uma das condicionantes de operações desses parques, imposta pelo órgão ambiental/RN, foi o monitoramento da dinâmica sedimentar de três corpos de dunas, dentro da área do Parque Eólico Alegria com a finalidade de acompanhar a dinâmica dos processos erosivos e transporte de sedimentos, e sua possível interferência nas instalações dos aerogeradores e acessos.

Desta forma, a escolha desta área é justificada pela necessidade e interesses em entender os processos costeiros atuantes, bem como monitorar as variações morfológicas ocorridas em curto espaço de tempo. Esta pesquisa teve como finalidade apresentar os resultados do monitoramento da dinâmica sedimentar dos corpos eólicos (Dunas P1, P2 e P3) na área do Parque Eólico Alegria, realizado entre junho de 2013 a maio de 2014 no município de Guamaré/RN. O mapeamento da posição dos corpos dunares teve duas finalidades principais: 1) identificar a direção e migração das dunas e 2) estimar a velocidade com que esses corpos eólicos se deslocam. O mapeamento multitemporal da posição das dunas é um dos métodos que pode ser utilizado para identificar sua direção de migração e estimar a velocidade com que elas ocorrem. Aliado a esta técnica, utilizamos uma combinação de medições in situ e aplicação e calibração de algoritmos utilizados para o cálculo de transporte sedimentar, visando o entendimento da morfodinâmica dos corpos dunares presentes no local.

Métodos e técnicas

Um campo de dunas ativo é um sistema deposicional altamente morfodinâmico, com modificações diárias na sua configuração geomorfológica (Silveira, 2002). O monitoramento de dunas individuais é representativo e fornece informações imprescindíveis para a elaboração de planos com finalidade de conter, minimizar ou direcionar sua migração. O planejamento da intervenção no desenvolvimento natural do campo de dunas, visa reduzir os gastos empregados na retirada de sedimentos depositados em locais que se encontram em utilização, tais como (casas, estradas, e outras construções).

Assim, no mapeamento multitemporal dos corpos dunares, utilizamos um GPS geodésico (TECHGEO, modelo GTR-G2) que confere precisão milimétrica ao levantamento. Para este levantamento foi utilizado uma combinação de duas antenas receptoras Trimble, sendo uma R6 e outra R4. A antena receptora R6 foi utilizada como base, posicionada nas coordenadas 789.415,87E e 9.435.605,57(UTM, Datum

SAD 69-Zona 24S) cuja altitude ortométrica é 5,71m (Datum NM). A estação base registrou dados de posição (X, Y e Z) em intervalo de medição de 5 minutos, durante 6h6min. A antena receptora R4 foi usada para o caminhamento e registro dos demais pontos na área (doravante denominada Rover), dentro da janela de tempo de operação da estação base, isso para garantir o correto processamento dos dados, bem como assegurar a precisão requerida para este tipo de levantamento. Os levantamentos topográficos foram feitos em três corpos dunares, sendo estes considerados os mais representativos da área em estudo. A distribuição espacial dos corpos dunares foi inferida através da análise de sua forma, proximidade entre corpos (isolamento) e proximidade em relação às bases e acessos aos aerogeradores (figura 2).

O levantamento topográfico foi feito acoplando-se o Rover a um veículo de tração 4X4, para possibilitar a geração de um modelo 3D do corpo dunar e o cálculo de seu volume.

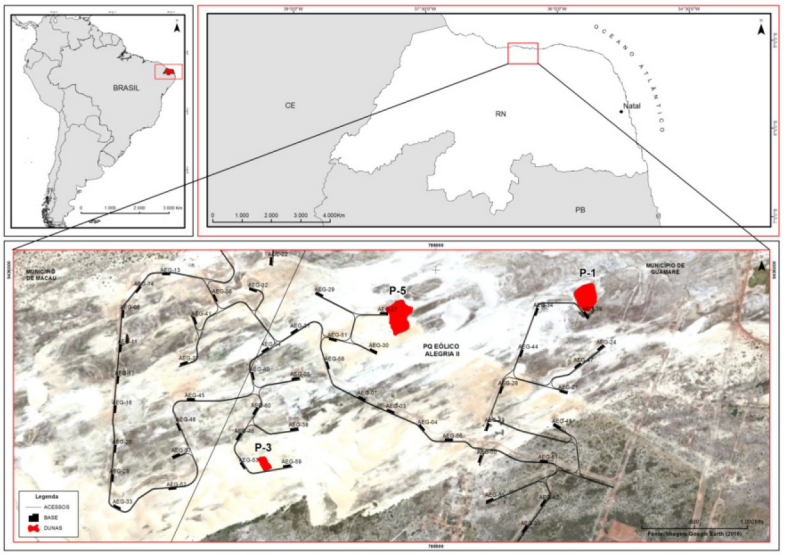

Figura 2. Localização das Dunas (P1, P2 e P3), monitoradas no Parque Eólico Alegria, Guamaré/RN, Brasil. Fuente: ECOPLAM (2016).

Figure 2. Location of dunes (P1, P2 and P3), monitored at the Parque Eólico Alegria, Guamaré/RN, Brazil. Source: ECOPLAM (2016).

No mapeamento multitemporal, o modelo 3D e o cálculo volumétrico foram realizados utilizando o software Surfer (versão 8.0), a partir da malha gerada pela interpolação dos dados do levantamento digital do terreno.

Os dados de velocidade e direção do vento, precipitação, umidade relativa do ar, pressão atmosférica e granulometria dos sedimentos de superfície, foram utilizados para aproximar matematicamente a quantidade de sedimentos transportados pelo vento (Hsu, 1973; Horikawa & Shen, 1960; Bagnold, 1941).

Nas medições meteorológicas do local, utilizace-se estações meteorológicas portáteis da marca Kestrel 3000, além disso, foram utilizados dados obtidos da estação meteorológica de Macau-RN (Estação Macau-A317, OMM: 81836). Os dados locais de coleta de sedimentos

foram realizados no período da tarde, e esta foi realizada de acordo com as indicações sugeridas por Short (1999) e Goossens, Offer, & London. (2000).

O tratamento das amostras de sedimentos das dunas foi efetuado no laboratório de Estudos Ambientais do Museu Câmara Cascudo, da Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Para tanto, os procedimentos laboratoriais foram feitos em concordância como previamente estabelecido na literatura (e.g. Short, 1999) e seguindo a seguinte ordem: As amostras foram previamente lavadas para eliminar do teor de sal e impurezas; Para a análise textural dos sedimentos, as amostras foram secadas em estufa a 70ºC de temperatura por 24 horas; Estas foram homogeneizadas e quarteadas, retirando-se 100 gramas para o peneiramento a úmido, com o objetivo de separar as frações de cascalho, areia e lama (silte + argila), onde após lavagem deste material, nas peneiras de 2,00 ml (cascalho) e 0,063ml (lama), foram separadas para nova secagem. Após a nova secagem, colocaram-se os resultados dos referidos pesos (areia + cascalho), valores esses que correspondem ao peso dos grãos de textura grossa, em uma ficha de análise; Iniciou-se o peneiramento a seco, onde foram utilizadas as seguintes frações (1,00ml; 0,500ml; 0,250ml; 0,125ml e 0,063ml). A fração areia, então, foi acondicionada ao agitador de peneiras (Rot-Up), usando os referidos intervalos das peneiras supracitadas; Foram separadas todas as frações, colocando-se os resultados obtidos numa ficha de análise. Para as análises estatística utilizace-se softwares SAG e GRADSTAT.

Resultados

Os modelos digitais 3D facilitaram a visualização dos corpos dunares e possibilitaram também uma análise comparativa mais precisa, em termos de volume. A análise volumétrica mostrou que grandes variações de volume ocorreram entre os meses de junho, agosto, outubro e dezembro de 2013, e houve uma alternância entre acréscimo e diminuição do volume calculado das dunas. De janeiro a maio de 2014 houve menor variação no volume das dunas entre meses consecutivos. Comparando-se o volume das dunas entre junho e dezembro de 2013 e entre janeiro e maio de 2014, podemos identificar os locais onde houve remoção e deposição de sedimento nestes períodos (figura 3).

Na comparação do volume das dunas nos meses de junho-2013 e maio-2014, em todas, são observadas variações sejam elas positivas (deposição de sedimento) ou negativas (remoção de sedimento). As modificações positivas são vistas principalmente na seção de barlavento das dunas, ao passo que as modificações negativas ocorrem na seção de sotavento. Na duna P2, não são observadas modificações em cerca de 90% da superfície.

Na comparação feita nos meses de junho-2013 e maio-2014 modificações significativas ocorreram apenas na duna P3, onde ocorreram varrições negativas na seção de sotavento e positivas na seção de barlavento. Nas dunas P1 e P2, apenas modificações positivas ocorreram na seção de barlavento, por outro lado, no restante da superfície destas dunas praticamente não houve modificações.

O monitoramento das dunas mostra que a duna P1 migrou aproximadamente 6 m entre dezembro-2013 e fevereiro-2014, antes de implantado o projeto de contenção de migração nesta duna. Devido à completa obstrução do acesso ao aerogerador - AEG-39, o sedimento foi artificialmente removido do acesso e colocado imediatamente após o acesso, junto a barlavento da duna e a SW do acesso como mostra à figura 4. A contenção de migração da duna P1 foi finalizada em março de 2014. Entre março e maio de 2014 observamos que não houve migração desta duna.

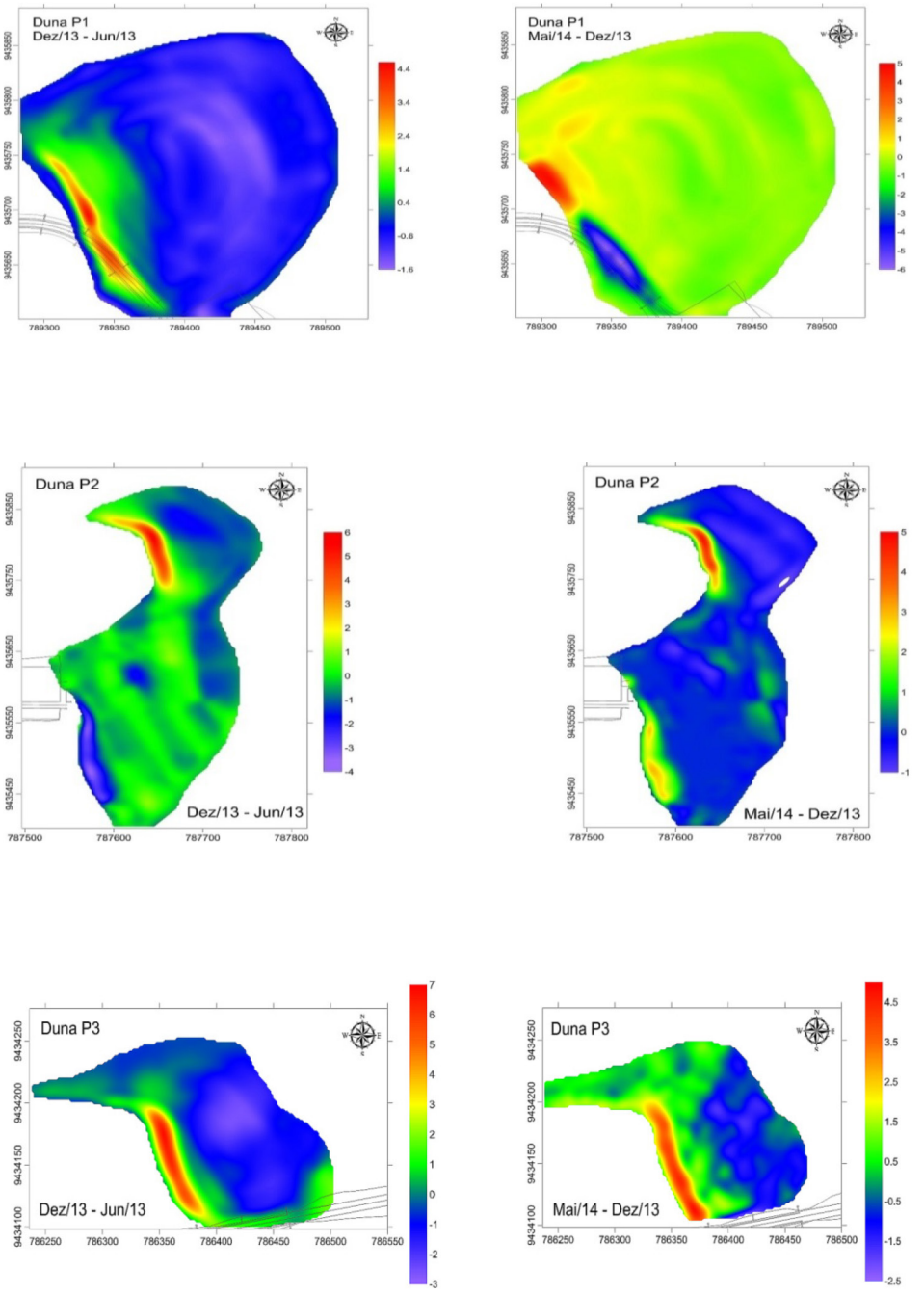

Figura 3. Comparação do volume das dunas nos períodos entre junho e dezembro-2013 e maio de 2014, para as três dunas monitoradas (P1, P2 e P3). Fuente: ECOPLAM (2016)

Figure 3. Dune volume comparison of the periods between June and December 2013 and May 2014, for the three dunes monitored (P1, P2 and P3). Source: ECOPLAM (2016)

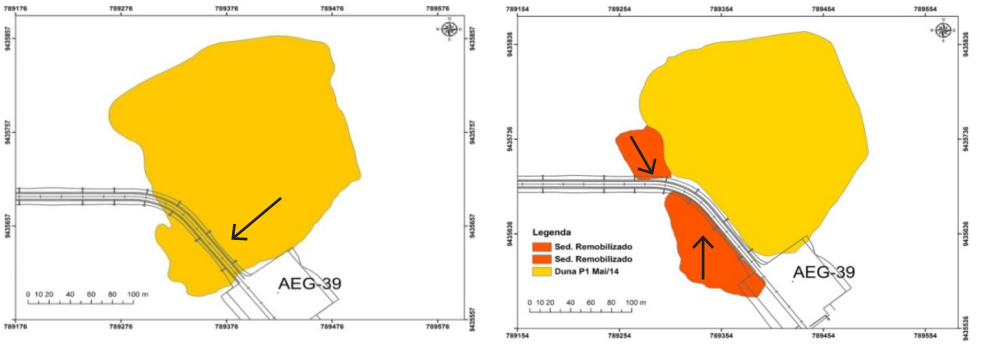

Figura 4. Na imagem (A) a seta mostra acesso da duna P1 invadida por sedimentos; e em (B) as setas indicam os locais que os sedimentos foram depositados. Fuente: ECOPLAM (2016)

Figure 4. In the image (A) the arrow shows access of the dune P1 invaded by sediments; in (B) the arrows indicate the locations that the sediments were deposited. Source: ECOPLAM (2016)

Na duna P2 não houve migração entre junho-2013 e maio-2014. A duna P3 apresentou uma migração de aproximadamente 5,8 metros entre junho-2013 e maio-2014 (média de 1,2 m/mês). Na parte Sul da duna P3, também houve remobilização artificial de sedimento que foi depositado sobre a lateral do acesso do aerogerador - AEG-59.

A comparação dos perfis das dunas mostra que não houve migração na duna P2 entre junho-2013 e maio-2014. Neste período, na duna P1, os perfis mostram a migração ocorrida entre dezembro-2013 a maio-2014 e o recuo que foi artificialmente provocado, mantendo-se sem modificações até maio-2014. Os perfis da duna P3 mostram que a migração foi contínua, porém não constante, no período entre junho-2013 a maio-2014. A comparação dos perfis das dunas P1, P2 e P3 são visualizadas na figura 5.

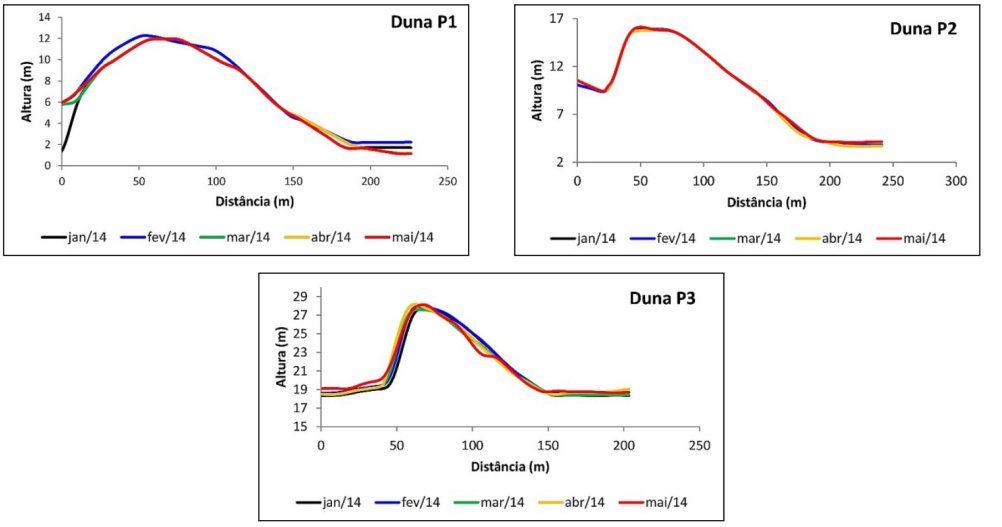

Figura 5. Perfis das dunas P1, P2 e P3, do período entre janeiro a maio de 2014. Fuente: ECOPLAM (2016)

Figure 5. Profiles of the dunes P1, P2 and P3, from the period between January and May 2014. Source: ECOPLAM (2016)

A análise granulométrica mostra que no período entre junho de 2013 e maio de 2014, a fração granulométrica predominante nas dunas analisadas é areia média. Ocasionalmente há períodos em que há predominância da fração areia grossa, ocorrendo apenas na duna P1 (Tabela 1).

Tabla 1
Análise Estatística do Sedimento das Dunas Monitoradas no período entre junho de 2013 e maio de 2014 (dados em mm). Fuente: ECOPLAM (2016)

Table 1
Statistical Analysis of Sediment of Monitored Dunes in the period between June 2013 and May 2014 (data in mm). Source: ECOPLAM (2016)

Parâmetro	Duna P1	Duna P2	Duna P3
Mínimo	0,168	0,169	0,158
Máximo	0,288	0,353	0,273
Média	0,244	0,264	0,217
Mediana	0,277	0,269	0,216
Desvio Padrão	0,059	0,058	0,056

O ponto crítico para o início do transporte (Uct) foi de 4,08 m/s, que é uma média dos valores encontrados no período monitorado. A figura 6 mostra que durante o período monitorado o vento de direção NE foi predominante em termos de transporte sedimentar. Apesar de ocorrer em menor frequência, os ventos de NE ocorrem com velocidades superiores. O valor médio de D50 encontrado para todas as dunas foi de 0,243mm e apresentou um desvio padrão de 0,02mm.

De maneira geral, o sedimento pertence ao grupo textural areia e é classificado como areia média moderadamente selecionada, como apresentado em Chaves (2005). Sedimentos com estas características necessitam de uma velocidade de atrito mínima no solo, de 0,27 m/s para que se inicie seu transporte. Isto equivale a ventos com intensidade de 4,3 m/s (~15,5 km/h), medidos a uma altura de 4 m do solo.

A avaliação do transporte de sedimentos foi baseada nos dados da duna P3, em virtude de não ter sido implementado nenhum projeto de contenção de migração nesta duna, no período analisado.

Entre dezembro de 2013 e maio de 2014 houve ligeira predominância de períodos em que não houve transporte sedimentar (54,02% do período). Em 45,98% do monitoramento houve transporte sedimentar e dentre este percentual, 33,87% na direção NW e 66,13% na direção SW. O ponto crítico da velocidade dos ventos de SE são superiores as médias calculadas para o período. Sendo assim, eles exercem maior influência no transporte como mostra a direção de migração predominante da duna P3 (figura 6).

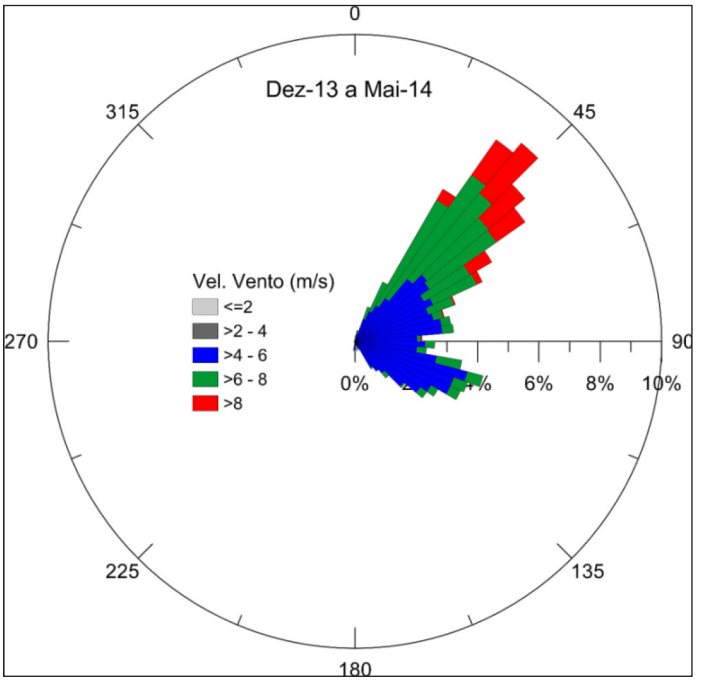

Figura 6. Diagrama de rosetas mostrando a direção e velocidade dos ventos entre dezembro de 2013 e maio de 2014, em que houve transporte sedimentar. Fuente: ECOPLAM (2016)

Figure 6. Diagram of rosettes showing the direction and velocity of the winds between December 2013 and May 2014, where there was sedimentary transport. Source: ECOPLAM (2016)

Quanto aos dados meteorológicos, utilizace-se os dados referentes à estação de Macau-RN (a altitude de medição é de 4m acima do nível do solo), para avaliar as condições meteorológicas do período entre junho de 2013 e maio de 2014.

Entre junho de 2013 e maio de 2014 houve precipitação significativa, com total cumulado de 298,2 mm, o que resultaria em uma média mensal de 49,7 mm/mês. Entretanto, a distribuição da precipitação não foi uniforme durante este período, tendo sido praticamente ausente em dezembro de 2013. Os meses de janeiro e maio de 2014 foram os que contribuíram mais significativamente para esta elevada precipitação acumulada no período referido.

A umidade teve seu menor valor registrado em dezembro de 2013 (média de 66,7), porém, manteve uma média acima de 70%. Houve pouca variação na temperatura entre dezembro de 2013 e maio de 2014, tendo uma média de 27,7ºC e apresentando um desvio padrão de 2,97ºC. Ao longo do dia a direção do vento varia entre SW para NE. O vento de maior intensidade é oriundo do quadrante NE, ocorrendo entre 14:00 hrs. e 22:00 hrs. com velocidades superiores a 4 m/s. Estes ventos são responsáveis pela maior parte do transporte sedimentar na área.

A direção do vento predominante ao logo do período monitorado (junho-2013 a maio-2014) é SE (frequência de 52,71%), entretanto, os ventos oriundos de NE (frequência de 41,73%) ocorrem com maiores velocidades médias. Ventos de SW e NW foram registrados, porém, suas frequências somam apenas 5,56%,

desta forma, não exercem influência no transporte de sedimento no local. Ventos de SE apresentaram uma velocidade média de 3,2 m/s, enquanto que os ventos de NE tiveram uma velocidade média de 5,3 m/s. A velocidade média máxima registrada foi de 9,9 m/s na direção NE, mas, velocidades dessa intensidade são pouco frequentes e breves. A velocidade média máxima na direção SE foi de 8,5 m/s.

E quanto ao transporte sedimentar, a avaliação destes foi baseada nos dados da duna P3, em virtude de não ter sido implementado nenhum projeto de contenção de migração nesta duna, no período analisado. Entre junho de 2013 e maio de 2014 houve ligeira predominância de períodos em que não houve transporte sedimentar (54,02% do período). Em 45,98% do monitoramento houve transporte sedimentar e dentre este percentual, 33,87% na direção NW e 66,13% na direção SW. O ponto crítico do vento utilizado para a velocidade de início do transporte (Uct) foi de 4,08 m/s, que é uma média dos valores encontrados no período monitorado. Durante o período monitorado o vento de direção NE foi predominante em termos de transporte sedimentar. Apesar de ocorrer em menor frequência, os ventos de NE ocorrem com velocidades superiores em relação aos ventos de SE e superiores ao ponto crítico do vento calculado para o período. Sendo assim, eles exercem maior influência no transporte como mostra à direção de migração predominante da duna P3.

Conclusões

Os resultados do monitoramento mostram que apenas a duna P3 mostrou migração significativa e que a direção preferencial de migração não foi alterada. A migração verificada na duna P3, entre junho de 2013 e maio de 2014, é menor do que a verificada no mesmo período do ano anterior (5,8 m e 10,7 m, respectivamente). Isto se deve a maior precipitação acumulada registrada no ano de 2014 (298,2 mm em 2014, contra 100,4 mm no mesmo período em 2013). Uma projeção feita utilizando os valores encontrados na duna P3 mostra que a migração anual desta duna seria abaixo dos valores encontrados na literatura.

Em decorrência da reduzida movimentação de sedimento ocorrida neste período, a granulometria do sedimento sofreu pouca alteração entre junho de 2013 e maio de 2014. O desvio padrão deste parâmetro foi de 0,06 mm, mesmo não tendo sido implementado o projeto de contenção de migração na duna P3. Isto se deve à elevada (ou relativamente elevada) precipitação ocorrida em janeiro e maio de 2014.

Entre junho e setembro de 2012 a duna migrou aproximadamente 6m para a direção SW e ~5m para NW, o que resulta em 1,5 m/mês e 1,25 m/mês, respectivamente. De acordo com os dados da estação meteorológica de Macau-RN, da velocidade Uct e dos perfis transversais a maior velocidade de migração ocorreu nos períodos junho-julho e agosto-setembro. Portanto, a variação morfológica da duna, neste local, foi influenciada pela variação na frequência de ocorrência dos ventos oriundos do quadrante NE. A atuação dos ventos de NE inferior ao dos ventos de SE, ainda assim, proporcionam as maiores modificações.

Durante o monitoramento observamos que o processo de migração das dunas é bastante complexo, e este, depende principalmente das variações no regime de ventos (direção e velocidade). Os resultados do plano de contenção de migração das dunas foi baseado nas informações coletadas ao longo do monitoramento, e este foi elaborado e aplicado nas dunas P1 e P2. Observamos que entre junho de 2013 e maio de 2014 não houve transporte de sedimento em aproximadamente 90% das dunas, principalmente na duna P2. Porém, na duna P1 foi necessário realizar uma obra de contenção de migração das dunas em

fevereiro de 2014, e a partir deste período não foram observadas modificações no volume e nem na área de cobertura das respectivas dunas.

Referências

Bagnold, R.A. (1941). *The physics of blown sand and desert dunes*. New York: William Morrow.

Chaves, M. dos S. (2005). *Dinâmica costeira da área Macau-Serra, litoral setentrional do Estado do Rio Grande do Norte*. (PhD Thesis. Geodinâmica e Geofísica). Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

Dominguez, J.M.L., Bittencourt, A.C.S.P., & Martin, L. (1992). Controls on Quaternary coastal evolution of the east-northeastern coast of Brazil: roles of sea level history, trade winds and climate. *Sedimentary Geology, 80*(3-4), 213-232. https://doi.org/10.1016/0037-0738(92)90042-P

Goossens, D., Offer Z., & London. G. (2000). Wind tunnel and field calibration of five aeolian sand traps. *Geomorphology, 35*(3-4), 233-252. https://doi.org/10.1016/S0169-555X(00)00041-6

Hesp, P.A., Dillenburg, S.R., Barboza, E.G., Tomazelli, L.J., Ayup-Zouain, R.N., Esteves, L.S., Gruber, N.L.S., Toldo-Jr., E.E., Tabajara, L.L.C. De A., & Clerot, L.C.P.(2005). Beach ridges, foredunes or transgressive dunefilds? Definitions and na examination of the Torres to Tramandaí barrier system, Southern Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências, 77*(3), 493-508. https://doi.org/10.1590/s0001-37652005000300010

Horikawa, K. & Shen, H.W. (1960). *Sand movement by wind action: on the characteristics of sand traps (119)*, Technical report, coastal and hydraulics laboratory, U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, MS.

Hsu, S.A. (1973). Computing eolian sand transport from shear velocity measurements. *The Journal of Geology 81*(6), 739-743. https://doi.org/10.1086/627927

Lima, Z.M.C. (2004). *Caracterização da dinâmica ambiental da região costeira do município de Galinhos, litoral setentrional do RN*. (PhD Thesis. Geodinâmica e Geofísica). Universidade Federal do Rio Grande do Norte: Natal/RN. Brasil.

List, J.H., Farris, A.S., & Sullivan, C. (2006). Reversing storm hotspots on sandy beaches: spatial and temporal characteristics. *Marine Geologym 226*, (3-4),261-279. https://doi.org/10.1016/j.margeo.2005.10.003

Pinheiro, M.V.A. (2009). *Evolução geoambiental e geohistórica das dunas costeiras de Fortaleza, Ceará*. (Dissertação Mestrado em Geografia). Universidade Federal do Ceará: Fortaleza.

Short, A.D. (1999). *Handbook of beach and shoreface morphodynamics*. New York: J. Wiley & Sons. ISBN: 9780471965701.

Silveira, I.M. (2002). *Estudo evolutivo das condições ambientais da região costeira do Município de Guamaré. RN*. (Dissertação de Mestrado, PPGG). Universidade Federal do Rio Grande do Norte: Natal/RN. Brasil.

Tabosa, W.F. (2002). *Monitoramento costeiro das praias de São Bento do Norte e Caiçara do Norte-RN*. (Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica) Universidade Federal do Rio Grande do Norte: Natal/RN. Brasil.

Vital, H., Silveira, I.M.da, & Amaro, V.E. (2005). Carta sedimentológica da plataforma continental brasileira: área de Guamaré a

Macau (NE Brasil), utilizando integração de dados geológicos e sensoriamento remoto. *Revista Brasileira de Geofísica, 23*(3), 233-241.

Vital H, Amaro V.E., & da Silveira I.M. (2006). Coastal erosion on the Rio Grande do Norte state (northeastern Brazil): Causes and factors versus effects and associated processes. *Journal of Coastal Research, 39*(3), 1.307-1.310.

Vital, H. (2014). Chapter 4 The north and northeast Brazilian tropical shelves. *Geological Society, London, Memoirs, 41*, 35-46. https://doi.org/10.1144/M41.4