



ANÁLISE EMPÍRICA DO PROBLEMA DAS DUNAS EM ILHA GRANDE – PIAUÍ

Dalton Melo Macambira¹
Keicyane Alves de Sousa²
Edivânia Gomes de Assis Silva³

RESUMO

Este artigo tem como tema central a análise geossistêmica das causas do processo de avanço das dunas no município de Ilha Grande, localizado no litoral do estado do Piauí, Brasil. O objetivo é identificar os impactos sobre o ambiente natural e as consequências para a vida das populações afetadas, assim como as alternativas para a contenção de dunas, utilizadas pelas comunidades tradicionais e pelo poder público. O problema das dunas móveis no litoral brasileiro, particularmente no Nordeste e, sobretudo, no Piauí, se constitui em grave causa de degradação ambiental. O que deveria ser apenas beleza natural e fator de equilíbrio ecossistêmico tem se tornado área de fragilidade natural, agravada pela ação do homem, o que tem contribuído para elevar a complexidade do fenômeno. No caso do Piauí, as principais ações antrópicas são o desmatamento, para produção de carvão, a extração de areia e a criação de animais de forma extensiva. A metodologia utilizada foi o levantamento bibliográfico, de mapas, da legislação, de programas, planos, ações do poder público, e da sociedade, bem como pesquisa na rede mundial de computadores, documentários e matérias jornalísticas, relativo à temática. A pesquisa desenvolvida no município revelou uma iniciativa inovadora e bem sucedida para a contenção de dunas que pode servir de parâmetro para a mitigação dessa problemática em outras regiões do país. O trabalho demonstrou que existem tecnologias disponíveis que são eficazes no combate ao fenômeno.

Palavras-chave: Meio Ambiente; Geossistema; Dunas; Tecnologias; Ilha Grande.

¹ Professor do Departamento de História da Universidade Federal do Piauí - UFPI (1991). Mestre em Ciência Política pela UNICAMP - SP (2002). Doutorando em Desenvolvimento e Meio Ambiente pela Rede Prodema/UFPI (2017). <http://orcid.org/0000-0002-5297-8073> E-mail: daltonmacambira@msn.com

² Tecnologia em Geoprocessamento – Instituto Federal do Piauí (IFPI). Mestranda em Desenvolvimento e Meio Ambiente pela Rede PRODEMA/UFPI. E-mail: keicyanegeo@gmail.com

³ Licenciatura e Bacharel em Geografia (UFPB). Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente (UFPB). Doutora em Geografia - Área de Concentração - Análise Regional e Regionalização (UFPE). E-mail: edvania@ufpi.edu.br

EMPIRICAL ANALYSIS OF THE DUNE PROBLEM IN ILHA GRANDE - PIAUÍ

ABSTRACT

This article has as a central theme the geosystemic analysis of the causes of the process of the advance of the dunes in the municipality of Ilha Grande, located on the coast of the state of Piauí, Brazil. The aim is to identify the impacts on the natural environment and the consequences for the life of the affected populations, as well as the alternatives for the containment of the dunes, used by the traditional communities and by the public power. The problem of mobile dunes on the Brazilian coast, particularly in the Northeast and especially in Piauí, is a serious cause of environmental degradation. What should be only natural beauty and an ecosystem balance factor has become an area of natural fragility, aggravated by the action of man, which has contributed to raise the complexity of the phenomenon. In the case of Piauí, the main anthropogenic actions are deforestation, for coal production; the extraction of sand and extensive animal raising. The methodology used was the bibliographical survey of maps, legislation, plans and actions of public power and society, as well as research on the world network of computers, documentaries and journalistic issues, related to the subject. The research performed in the municipality revealed an innovative and successful initiative for the containment of dunes that can serve as a parameter to mitigate this problem in other regions of the country. The work has shown that there are technologies available that are effective for defeating this phenomenon.

Keywords: Environment. Geosystem. Dunes. Technologies. Ilha Grande.

1 INTRODUÇÃO

As dunas fazem parte dos diversos ecossistemas presentes no planeta Terra, elas cobrem grandes áreas e estão localizadas principalmente em regiões áridas (UBEID; ALBATTA, 2014).

No Brasil, esse ecossistema é mais recorrente e marcante no litoral, estando presente do Rio Grande do Sul até o Amazonas, entretanto, sua existência é mais intensa na região Nordeste, particularmente nos estados do Rio Grande do Norte e no Maranhão. Além disso, essa formação natural possui particularidades intrínsecas a sua rara beleza cênica, o que tem contribuído para o desenvolvimento econômico das

regiões onde há predominância de dunas, particularmente por meio do desenvolvimento de atividades turísticas, recreação e atividades de lazer (PINHEIRO et al., 2013; PORTZ et al., 2016).

Por esses motivos vários autores estudam a caracterização (ÂNGULO, 1993; LISBOA; CAMPOS; SOUZA, 2011; UBEID; ALBATTA, 2014), a dinâmica (MIGUEL; CASTRO, 2018), a instabilidade (ALBINO; PAIVA; MACHADO, 2001; PARTELI; ANDRADE; HERMANN, 2011; OLIVEIRA et al., 2019) e os impactos desse ecossistema (PORTZ et al., 2016).

As dunas de areia são áreas frágeis que têm sua formação morfológica definida pela ação do vento assumindo assim diversas formas além de exibir padrões complexos e compostos com comprimentos e direções variadas. Desse modo, a formação dunar pode ser classificada como fixa ou móveis, sendo as respectivamente caracterizadas pela presença e ausência de cobertura vegetal. Devido a essa característica, as dunas são de fundamental importância para o equilíbrio da zona costeira, fornecendo sedimentos para os diversos corpos d'água existentes e regulando o balanço sedimentar do ambiente litorâneo (LISBOA; CAMPOS; SOUZA, 2011; PINHEIRO et al., 2013; UBEID; ALBATTA, 2014; LIMA et al., 2016; ARAUJO et al., 2017; OLIVEIRA et al., 2019).

Em 2002 a resolução Conama 303, considerava os ambientes com presença de dunas como de Áreas de Preservação Permanente (APP), contudo a Lei federal 12.651/2012 alterou legislações sobre a proteção de vegetação nativa, as quais englobavam o ecossistema dunar. Nesse sentido, o trabalho de Pinheiro et al. (2013) questionou as contradições que a Lei nº 12.51/2012 em relação às áreas de APP no que tange as dunas. Assim, na opinião do autor, as regiões de dunas, por representarem ambientes de recarga de aquífero, bem como pela sua importância na dinâmica sedimentar da zona costeira, deveriam ser protegidas por legislação específica, sendo enquadradas como áreas de preservação permanente e tendo políticas públicas continuadas que assegurassem o desenvolvimento sustentável.

Este trabalho analisou a associação da fragilidade natural das dunas localizadas no litoral piauiense, levando em consideração a ação antrópica neste ecossistema, tendo em vista que as diversas atividades econômicas na região resultam em um desmatamento desordenado para a instalação de diversas atividades econômicas. Estas ações conduziram o ambiente natural a um acelerado processo de degradação retirando a proteção natural desses ambientes, resultando no avanço das

dunas, soterrando patrimônios naturais, povoados e até áreas urbanas, como é o caso do município de Ilha Grande de Santa Isabel.

O município de Ilha Grande (PI) foi escolhido como foco do estudo por sofrer com a problemática das dunas móveis ao longo dos anos, o que vem acarretando prejuízos para a população local e para a economia da região, uma vez que a cidade fica localizada na principal via de acesso ao Delta do Parnaíba.

O trabalho teve como objetivo principal caracterizar a problemática da movimentação das dunas no município de Ilha Grande (PI) e as alternativas para a mitigação do problema, a partir de uma perspectiva sistêmica, levando em consideração os geossistemas presentes na área de estudo, com base, entre outras pesquisas, no Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE) do Baixo Parnaíba, em busca de um desenvolvimento sustentável na composição de planos de gestão (BRASIL, 2002).

Oliveira (2012) destaca que o ZEE é uma forma de disciplinar as ações do homem no meio ambiente, possibilitando prever quadros futuros. O outro trabalho que norteou de forma significativa esta pesquisa foi o Projeto Executivo para contenção das dunas de Ilha Grande, por ser um estudo pioneiro sobre as origens da dinâmica eólica que leva ao avanço das dunas no litoral piauiense, combinando em uma mesma análise aspectos naturais e antrópicos para explicar o fenômeno e apresentar formas de mitigação do mesmo (PIAÚÍ, 2010).

Para Oliveira (2012), os geossistemas se constituem na forma visível da paisagem, onde deve ser considerada a integração entre os fatores naturais e a ação antrópica, obedecendo três dimensões básicas para seu estudo: a planetária, a regional e a topológica. A autora afirma, ainda, que o comportamento sistêmico na estrutura das metodologias desenvolvidas, considerando o meio natural um sistema dinâmico, tem o homem como principal agente transformador do ambiente, assim, as abordagens holísticas nos estudos das condições ambientais tem sido bastante recorrentes.

Nesse contexto, observamos, por meio da literatura consultada, que a vegetação e a ação do vento são essenciais para a formação, caracterização e manutenção das dunas (ALBINO; PAIVA; MACHADO, 2001; PINHEIRO et al., 2013). Pfaltzgraff et al. (2010) explica que a força dos ventos nessa região deltaica é bastante intensa e constante, o que acarreta graves problemas como o assoreamento de

ecossistemas e o surgimento de áreas de riscos com a cobertura total ou parcial de equipamentos públicos e privados.

Procuramos dar uma maior abrangência a essa temática, visto que as pesquisas na área de estudo ainda são em pequeno número e de conhecimento restrito. Sobre os estudos do avanço das dunas no litoral piauiense, destacam-se os trabalhos produzidos pelo poder público do Zoneamento Ecológico-Econômico do Baixo Parnaíba (BRASIL, 2002) e o Projeto Executivo para a Contenção das Dunas do Município de Ilha Grande (PIAUÍ, 2010).

Outras referências importantes são as pesquisas Dinâmica morfológica da planície costeira do estado do Piauí: evolução, comportamento dos processos costeiros e a variação da linha de costa (PAULA, 2013), em que o autor analisa o avanço das dunas no litoral piauiense entre 1987 e 2006; e o Potencial de Expansão Urbana na Planície Costeira do Estado do Piauí (FROTA, 2017), onde a autora explora as causas da movimentação das dunas e mede o seu avanço por duas décadas (1994-2015).

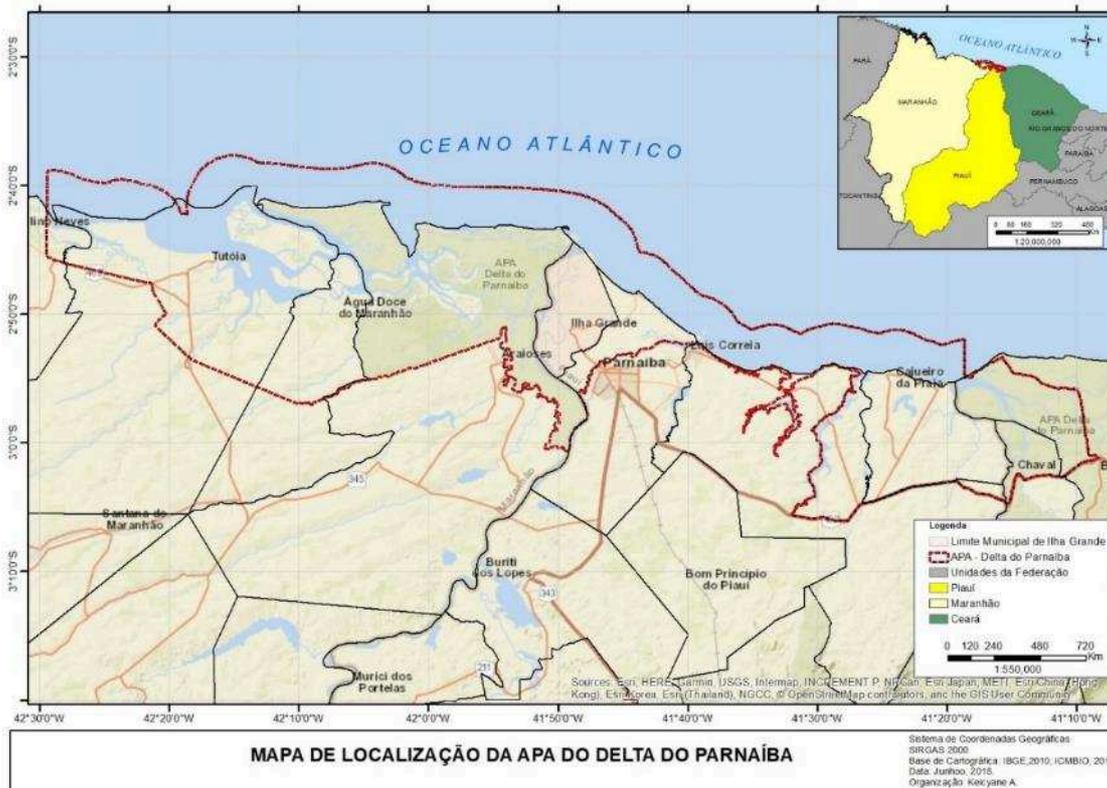
Buscamos também difundir e tornar público as ações das comunidades tradicionais e dos projetos governamentais desenvolvidos na busca de alternativas tecnológicas para a contenção da movimentação das dunas no litoral piauiense.

Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental

2 DELIMITAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A Área de Proteção Ambiental Delta do Parnaíba - APA é uma região dotada de características singulares, a sua implantação teve como objetivo a proteção da diversidade biológica, o ordenamento do processo de ocupação humana e garantir a sustentabilidade do uso dos recursos naturais. Conforme IBAMA (1998), a Área de Proteção Ambiental (APA) do Delta do Parnaíba foi criada por meio do decreto s/n, de 28 de agosto de 1996, onde foram estabelecidos os limites territoriais da unidade de conservação compreendendo uma parte da área de três estados e envolvendo um total de dez municípios: Tutóia, Araióses, Água Doce, Paulino Neves, no Maranhão; Parnaíba, Luís Correia, Ilha Grande e Cajueiro da Praia, no Piauí; Chaval e Barroquinha, no Ceará, incluindo uma parte marítima, em uma área total de 313.800 ha, sendo 63.752,09 ha no Piauí (ICMBIO, 2018)(Figura 1).

Figura 1 - Localização e Delimitação da APA do Delta do Parnaíba



Fonte: Autores (2018).

A área de estudo dessa pesquisa é Ilha Grande de Santa Isabel, um município novo, criado pela lei estadual nº4680 de 1994, com sua sede municipal localizada no antigo povoado denominado Morros de Mariana (IBGE, 2018). Com base no mapa da Figura 1, foi possível verificar que Ilha Grande está totalmente inserida dentro dos limites territoriais da APA do Delta do Parnaíba, estando localizado na divisa entre os estados do Piauí e Maranhão, limitando ao norte com o Oceano Atlântico, ao sul e leste com o município de Parnaíba (PI) e ao oeste com o município de Araióses (MA), sendo a maior ilha do Delta (Figura 2).

Essa área possui características fisiográficas e ecológicas complexas e de grande originalidade, nela há a presença de um vasto conjunto de ecossistemas que estão inseridos na região dos tabuleiros pré-litorâneos da Formação Barreiras. Quanto a sua geologia, essa área tem formação recente com materiais sem estabilidade e a litologia da área por sua vez é caracterizada pela predominância de sedimentos areno-argilosos. No aspecto geomorfológico, o relevo da região tem grande relação com a origem do material sedimentar, com textura de fina a média.

Quanto suas características climáticas, o município possui clima predominantemente tropical quente na escala de Koppen. A região apresenta clima

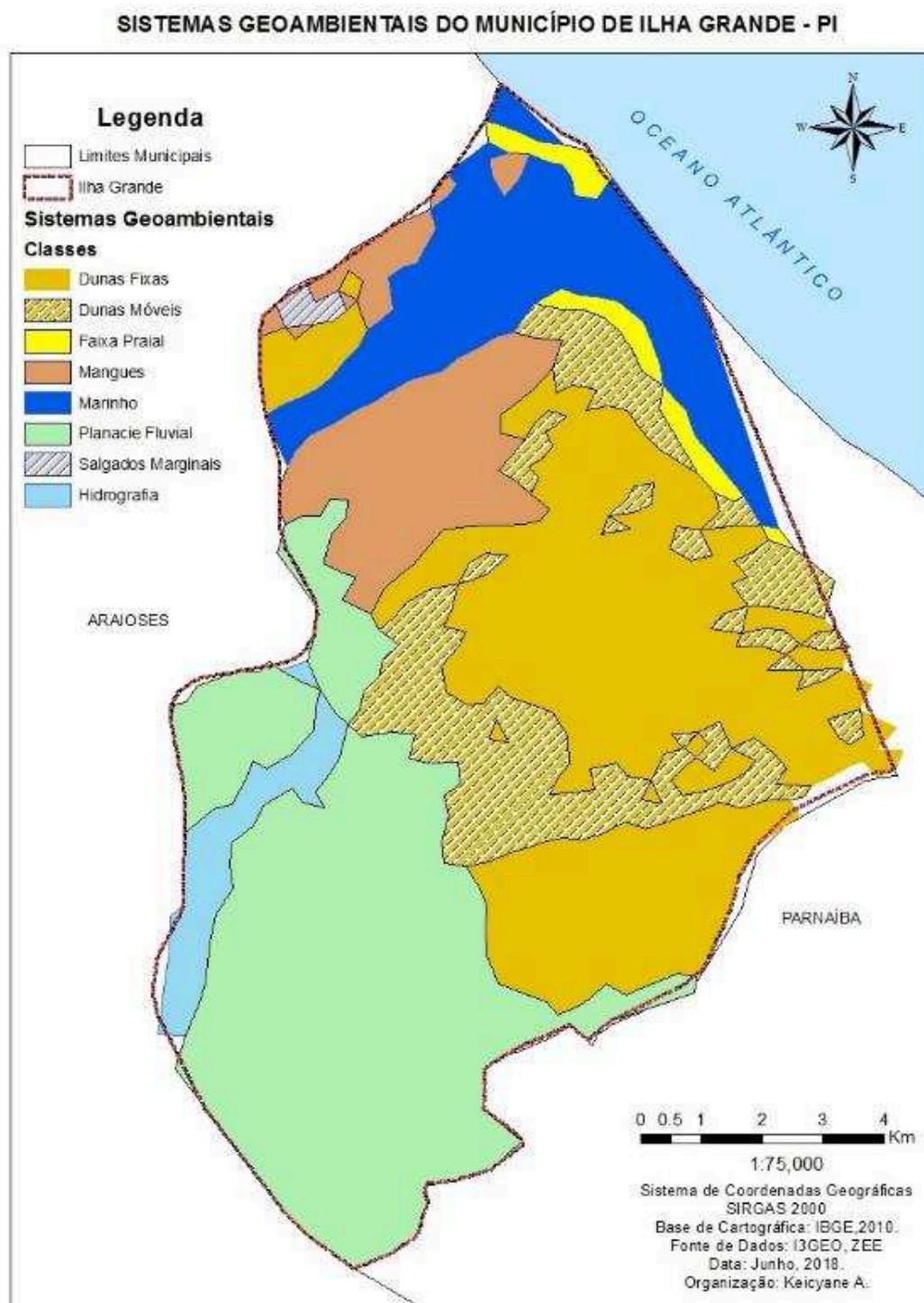
Os depósitos fluviais aluviâres são basicamente formados por areia, cascalho, siltes e argilas, sendo presentes em planícies fluviais de rios e riachos, os depósitos fluviais marinhos são ambientes de transição entre regiões continentais e marinhas gerando a produção de sedimentos, nesse tipo de formação, na qual há o contato da água doce com a água salgada, ocasionando a constituição de um material lamacento rico em matéria orgânica (PFALTZGRAFF et al., 2010).

Para a caracterização dos geossistemas presentes em Ilha Grande, fizemos o uso de ferramentas tecnológicas de Geoprocessamento que a partir da base vetorial dos dados resultantes do Zoneamento Ecológico-Econômico do Delta do Parnaíba, disponibilizada gratuitamente no site do Ministério do Meio Ambiente, podemos realizar o trabalho de identificar os principais sistemas geoambientais presentes, com a elaboração de um mapa mostrando cada um deles, nesse no município.

3 ANÁLISE GEOSISTÊMICA DE ILHA GRANDE (PI)

Freitas (2004) explica que os geossistemas, como método, se originaram na Rússia, por meio da aplicação sistemática do estudo da paisagem de forma inter e transdisciplinar. Nesse sentido, Cavalcanti (2016) explica que a análise dos geossistemas não deve considerar apenas à cartografia e os limites e potenciais impostos pela mesma, mas deve acompanhar a dinâmica da paisagem, verificando as mudanças ao longo do tempo, contudo, o marco inicial para uma análise geossistêmica é a cartografia. Por isso com base na metodologia adotada, foi possível caracterizar sete unidades geossistêmicas em Ilha Grande. Cada uma dessas unidades apresenta características intrínsecas resultantes de uma série de componentes bióticos, abióticos e antrópicos nessa área (Figura 3).

Figura 3 - Geossistemas no município de Ilha Grande



Fonte: Autores, 2018.

Os geossistemas formados pelas dunas tiveram sua origem relacionada ao movimento regressivo dos mares, moldados eolicamente formando dunas móveis e fixas (PINHEIRO et al., 2013; LIMA et al., 2016; ARAUJO et al., 2017). As dunas móveis têm como principal característica a movimentação dos grãos de areia pela

ausência de vegetação nas margens praieiras onde a ação eólica é mais intensa. Já as dunas fixas ocorrem entre as dunas móveis tendo no seu processo de formação o aparecimento de revestimento vegetal que são responsáveis por fixar a vegetação que tem maior porte e padrão arbóreo (PFALTZGRAFF et al., 2010; OLIVEIRA et al., 2019).

Na faixa de praia a característica natural dominante é a sua variada largura, apresentando ao longo da sua extensão territorial algumas áreas com afloramentos rochosos, tal região é considerada instável e de alta vulnerabilidade ambiental (IBAMA, 1998; CORREIA; SOVIERZOSKI, 2005).

A região dos mangues são áreas típicas resultantes dos ambientes flúvio-marinhos, ou seja, entre a terra e o mar. Caracterizado por apresentar cores escuras e ambiente lodoso, nessa região a vegetação têm diferentes tamanhos de troncos e de ramos, geralmente com raízes externas, são geralmente das espécies halófila (IBAMA, 1998; CORREIA; SOVIERZOSKI, 2005; GUZZI, 2010).

Por essa diversidade Teixeira, Moura e Meireles (2016) consideram os mangues como os ambientes mais dinâmicos do planeta, essa característica dinâmica desse ambiente também resulta em uma maior fragilidade ambiental.

Os depósitos marinhos são aglomerados de areias que possuem granulometria média, encontram-se localizados por toda a costa, são ricos em matéria orgânica e minerais pesados funcionando como barreiras evitando a ação erosiva provocada pela carga de energia que as ondas geram em algumas regiões das praias (PFALTZGRAFF et al., 2010; BARBOSA, 2018).

Nas regiões das planícies fluviais, há uma predominância de solos aluviais, geralmente profundos e com um sistema de drenagem ineficiente, o que gera a suscetibilidade a erosão, o que atribui uma alta fertilidade natural. Elas são formadas em áreas laterais aos rios com mata ciliares recobertas por carnaúbas. Como são áreas de permanente escoamento fluvial possuem um bom potencial de recursos hídricos externos (IBAMA, 1998).

Salgados Marginais são áreas classificadas dentro do sistema flúvio-marinho que possui um ecossistema rico caracterizado por espécies raras derivadas dos manguezais. Nessas áreas são desenvolvidas práticas da carcinicultura (BRASIL, 2002).

4 O PROBLEMA DAS DUNAS MÓVEIS NO LITORAL PIAUIENSE

Segundo Paula (2013), os problemas causados pelo avanço das dunas no litoral do Piauí são antigos. No final do século XIX, no caso da vila de Amarração, que deu origem ao município de Luís Correia, “[...] há registros de que em 1888, parte da localidade foi destruída por grandes marés, e foi ainda atacada pela ação das dunas, obrigando parte dos habitantes a deixar suas casas e a região” (PAULA, 2013, p. 206).

Para Guerra (1993) e Pinheiro et al. (2013), as dunas são definidas como sedimentos que se movimentam predominantemente pela ação dos ventos, elas podem ser classificadas quanto a sua posição geográfica assumindo duas tipologias básicas: dunas marítimas, localizadas nas bordas dos litorais ou dunas continentais, presentes em áreas continentais. Os autores argumentam que para a formação das dunas deve haver no ambiente um grande volume de areia passível de movimentação por intermédio da ação dos ventos.

As dunas se constituem na face visível do ambiente, o que leva a possibilidade da introdução do conceito de paisagem como expressão das transformações resultantes das relações entre a sociedade e a natureza. De acordo com Rodriguez e Silva (2002, p. 98):



A paisagem é a interface da Natureza com a Sociedade. Aceita-se de tal modo e por uma parte, a materialidade, ou seja, a existência de uma estrutura e um conjunto próprio dos corpos naturais (a paisagem natural), e a existência de um status paisagístico desses corpos naturais, determinado pelo sistema de produção econômica e cultural [...]. A paisagem é, assim, uma noção diagonal, transdisciplinar, que permite a articulação sócio-espacial.

Nessa perspectiva, o trabalho do zoneamento ecológico-econômico do Baixo Parnaíba, sob a coordenação do Ministério do Meio Ambiente, conduziu uma importante caracterização das dunas no litoral do Piauí, a partir de uma visão ampliada do Delta do Parnaíba, onde está localizada Ilha Grande:

O delta do Parnaíba comporta ainda em seu interior amplos campos de dunas móveis, resultantes da sedimentação eólica, com orientação predominantemente NE-SW. Alguns desses campos encontram-se fixados por vegetação rastejante e arbustiva. Por sua complexidade, estão sujeitos a uma dinâmica extremamente forte, resultado das atividades construtivas e destrutivas das marés, ventos e rios, ao que se somam os movimentos recentes do piso crustal, cujas interações o caracterizam como um ambiente fortemente instável. O complexo deltáico da foz do Rio Parnaíba é um importante ecossistema, por sua dinâmica flúvio-marinha e por abrigar importantes comunidades vegetais e animais. Pela estrutura arquitetônica de seus componentes vegetais, as raízes escoras e pneumatóforos constituem

anteparos eficazes para a retenção de sedimentos e proteção das margens onde estão instalados, ou mesmo como proteção às áreas agricultáveis adjacentes. A região é formada pela tensão ecológica entre as formações de caatinga a Leste, cerrados a Sul - Oeste e sistemas marinhos a Norte, apresentando situação impar no litoral brasileiro [...] (BRASIL, 2002, p. 4-5).

Assim, podemos afirmar que o ZEE do Baixo Parnaíba analisa o problema das dunas móveis a partir de uma visão sistêmica, isto é, holística, pois leva em conta diversas variáveis geoambientais, sobretudo climáticas, geológicas, geomorfológicas e antrópicas na busca de sua origem. Para esse estudo, “a morfodinâmica do campo de dunas é influenciada pela ação dos processos eólicos, com ventos predominantes de quadrantes orientais”. Nas regiões com predominância de dunas trata-se, “contudo, de área dotada de espesso pacote de sedimentos arenosos postos a descoberto, o fortalecimento das ações eólicas passa a ser decisivo para comandar o modelamento da superfície (BRASIL, 2002, p. 26)”.

Oliveira (2012, p. 66-68) resgata os principais teóricos da concepção geossistêmica para explicar as transformações da paisagem:

A definição de paisagem proposta por Bertrand, em 1968, é admitida como suporte ao desenvolvimento das discussões ora apresentadas. O autor define paisagem como *o resultado da combinação dinâmica, portanto instável, de elementos físicos, biológicos e antrópicos [...]*. Em 1972, Sotchava, em seus estudos teórico-metodológicos, chama a atenção para a análise geossistêmica da paisagem, considerando a interação entre os fatores naturais e a sociedade humana. Nesse contexto, o autor apontou, já naquela época, para a necessidade de pesquisas que considerassem integralmente os fenômenos ditos naturais e os fenômenos socioeconômicos [...].

A literatura consultada indica que a existência de dunas móveis é comum na costa brasileira, com destaque para a região Nordeste. No caso do litoral do Piauí, destaca-se a combinação dos fatores naturais com antrópicos, como principais desencadeadores. De acordo com Brasil (2002, p. 42), as áreas litorâneas onde se situam as dunas são de grande fragilidade ambiental:

As áreas frágeis são aquelas localizadas mais próximas ao litoral e algumas mais interioranas. Dentre as primeiras, estão as planícies fluvio-marinhas (mangues, salgados, lagoas costeiras e terraços marinhos) e as dunas (fixas e móveis). Dentre as segundas, estão as planícies fluviais e as áreas de concentração de paleodunas, sobretudo aquelas associadas aos Tabuleiros Costeiros Ocidentais. São as áreas nas quais prevalecem os processos morfogenéticos, de alta dinâmica natural, com mudanças rápidas do ambiente, como a formação de dunas, a erosão costeira, a alternância de formações vegetais (mangues versus salgados).

Oliveira (2012, p. 71-72), retomando as falas dos principais autores que se apóiam na teoria geral dos sistemas, destaca “[...] a necessidade de avaliar as fragilidades dos ambientes naturais quando se pretende considerar a avaliação deles no planejamento territorial”.

A degradação, resultante da fragilidade natural do ambiente, é acelerada pela ação do homem. Por esta razão, os principais fatores antrópicos indicados no estudo do Ministério do Meio Ambiente para a proliferação de dunas móveis no litoral piauiense estão relacionados à ocupação desordenada, ao desmatamento para uso da biomassa como fonte energética e o comércio de carvão, ao sobrepastoreio e a extração de areia (BRASIL, 2002).

Na opinião de Frota (2017, p. 37), “as dunas, em seu processo de migração ao longo da costa, controlam e regulam o balanço sedimentar de todo o ambiente costeiro”. No entanto, “[...] quando o homem interfere nestes processos, modificando a trajetória, a energia envolvida e o volume de areia em transporte, inicia-se uma nova dinâmica, que passa a ser regida pelo predomínio de fenômenos erosivos”.

Esse processo tem contribuído para o avanço das dunas que ameaçam aterrar verdadeiros “cartões postais” do litoral piauiense, como a lagoa do Portinho, localizada entre Parnaíba e Luís Correia, e para o grave assoreamento do braço do Rio Parnaíba que dá acesso ao Delta, próximo ao Porto de Tatus, em Ilha Grande. Esse município também está sofrendo pelo avanço das dunas em povoados da zona rural, invadindo as casas das populações mais pobres que vivem na periferia da cidade (FROTA, 2017), conforme revela a Figura 4.

Figura 4 – Avanço das dunas sobre a comunidade do Cal em Ilha Grande



Fonte: Arquivos da SEMAR – PI (2012).

5 O AVANÇO DAS DUNAS EM ILHA GRANDE E AS AÇÕES DE CONTENÇÃO

A problemática do avanço das dunas em Ilha Grande ainda é pouco pesquisado pelo mundo acadêmico. As principais contribuições científicas sobre esse fenômeno estão no estudo que está contido ZEE do Baixo Parnaíba (BRASIL, 2002), no Projeto Executivo para contenção das dunas de Ilha Grande (PIAUI, 2010) e no trabalho de Frota (2017), que analisa imagens de satélite em um período de 21 anos (1994-2015) no litoral do Piauí, com destaque para Ilha Grande, com o objetivo de avaliar e comparar o avanço dos sedimentos de uma década para outra.

Outra fonte importante são as discussões advindas de visitas técnicas e de diversas matérias jornalísticas veiculadas nos meios de comunicação tradicionais e na rede mundial de computadores.

No campo da produção de vídeo, destaca-se, em especial, o documentário “Onda Branca” (2012), disponível na internet desde 07/01/2013, onde os produtores da Cajuína Filmes, com o apoio da Secretaria Estadual de Meio Ambiente (SEMAR – PI) e de outras instituições, apresentam uma visão do problema pelos olhos das populações tradicionais das localidades Cal, Baixão e Tatus, em Ilha Grande.

Utilizamos também como fonte de pesquisa o programa “Piauí que Trabalha”, da TV Cidade Verde, intitulado “Biomantas para preservar as Dunas”, disponível na internet desde 13/07/2013, mostrando a ação da SEMAR - PI na execução do projeto executivo de contenção das dunas em Ilha Grande, anteriormente citado.

O documentário “Onda Branca” (2012) exhibe entrevistas com diversos moradores das comunidades afetadas. Revela todo o sofrimento dessa gente que vive basicamente da pesca e do extrativismo do caranguejo e de mariscos, além do artesanato. Os moradores estão sendo expulsos de suas casas pelo avanço das dunas, pois não conseguem se alimentar e nem dormir com tranquilidade, além disso, há a manifestação de doenças respiratórias em idosos e crianças, provocadas pela convivência cotidiana com a areia (Figura 5).

Figura 5 – Zona Rural de Ilha Grande também ameaçada pelas dunas



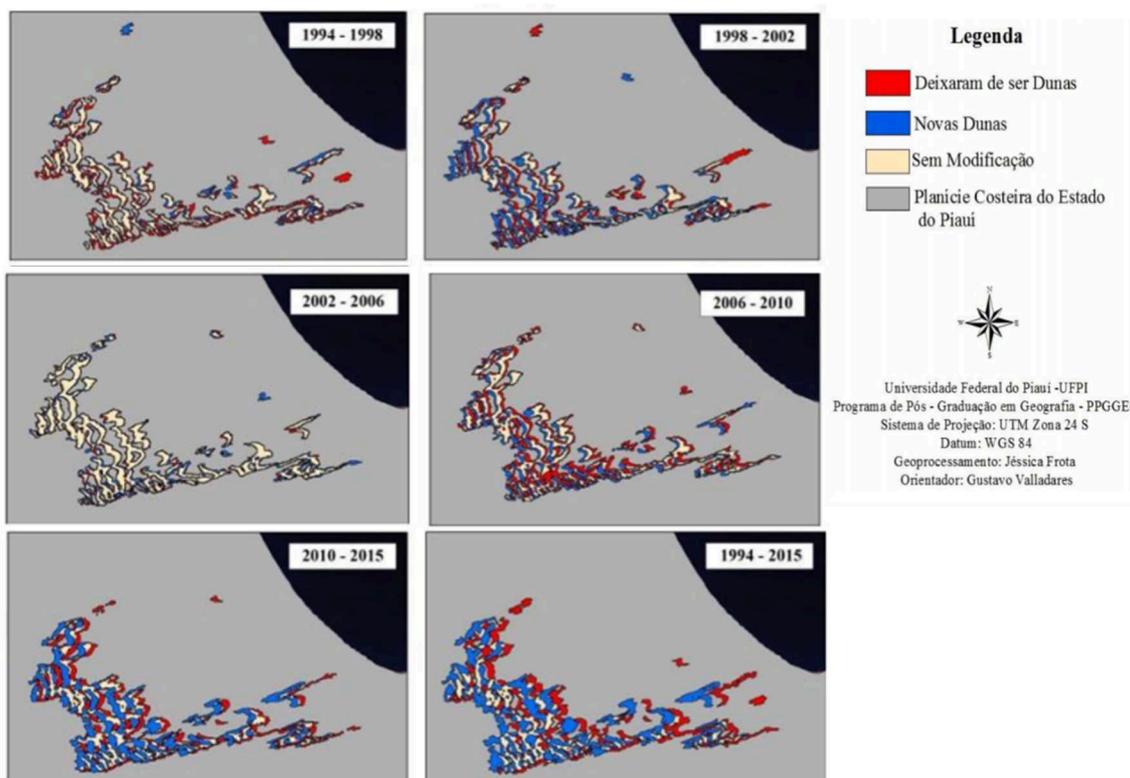
Fonte: Arquivos da SEMAR – PI (2012).

A principal crítica apresentada no documentário “Onda Branca” (2012) às ações do poder público diz respeito ao fato de que as obras de contenção de dunas tenham iniciado pelo Porto de Tatus, em função do mesmo se constituir na principal porta de entrada do turismo no Delta do Parnaíba. Os entrevistados, embora considerem importante esse trabalho que favorece a economia, particularmente aquela voltada para o turismo e protege o rio, avaliam que os mais pobres, que estão perdendo as suas casas e adoecendo, necessitam de forma mais urgente da interferência do Estado.

Frota (2017) identificou, em 2015, a partir da análise de imagens de satélite, que o litoral do piauiense possuía 27,9 km² de dunas móveis, sendo que 7,7 km² (27,7%) estavam no município de Ilha Grande. No período analisado (1994-2015), a autora classifica as áreas que deixaram de ser de dunas (vermelho), as áreas de novas dunas (azul) e as paisagens que não sofreram modificações com o tempo (bege), revelando o avanço das dunas no sentido do mar para o continente (Figura 6).

Figura 6 - Espacialização da dinâmica temporal dos campos de dunas

móveis em Ilha Grande.



Fonte: Frota (2017, p. 92)

Frota (2017, p. 103) afirma que entre 1994 e 2015, “[...] com base nas análises de regressão, [...] durante o ano, em diferentes pontos, as dunas avançam cerca de 13 a 23 m e isso vem sendo ocasionado principalmente pela ação dos ventos”. Enfatiza ainda que “de maneira geral, fazendo uma média de avanço entre esses pontos, pode-se observar [...] que no intervalo de um ano, as dunas da planície costeira do estado do Piauí avançam cerca de 18,09 m, permitindo inferir que é um avanço bastante significativo [...]”.

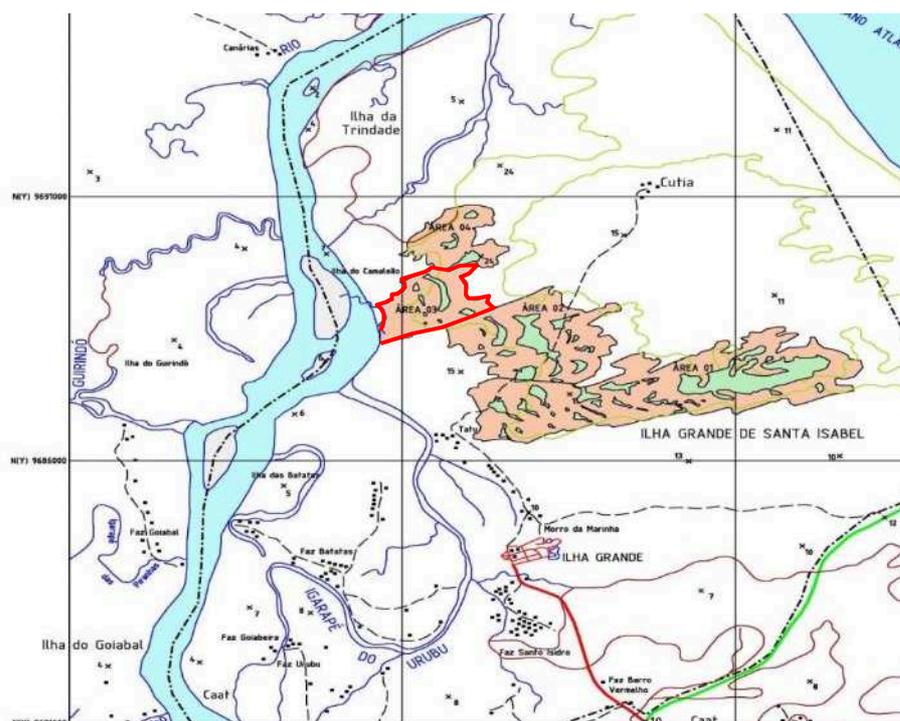
No caso específico de Ilha Grande, Paula (2013, p. 138), analisando o período entre 1987 e 2006 e utilizando metodologia semelhante na comparação das imagens de satélite, afirma que o avanço das dunas foi de 21,6 m ao ano, em média, portanto, divergindo de Frota (2017), mas com resultado próximo aos números encontrados por essa autora em relação ao litoral do piauiense em seu conjunto.

O documentário “Onda Branca” (2012) também revela que as populações tradicionais afetadas pelo avanço da degradação tentavam há oito anos conter esse processo com a colocação de palhas de carnaúba sobre as dunas e o plantio de salsa (*Ipomoea sp*), com o objetivo de impedir o efeito eólico que movimenta os grãos de

areia. No entanto, continuam sofrendo com o problema da escala, da falta de recursos e tecnologia adequada para atingir o objetivo.

Ainda no citado documentário (2012), os representantes da SEMAR - PI e da empresa contratada para a execução do projeto de contenção de dunas em Ilha Grande, se justificam informando que o projeto executivo da obra previa uma ação conjunta em quatro áreas do município, como demonstram a Figura 7 e a Tabela 1. Asseveram ainda que os recursos do Governo Federal somente permitiram realizar o trabalho em uma delas, a Área 3, onde o rio Parnaíba está sendo fortemente assoreado (Figura 7), e que o local escolhido tinha relação direta com a missão do órgão financiador, a Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e Parnaíba – CODEVASF. Portanto, segundo os representantes do poder público, as demais áreas, por serem urbanas, dependeriam de recursos de outros órgãos, como o Ministério das Cidades.

Figura 7 – Áreas de intervenção para contenção de dunas em Ilha Grande



De acordo com o projeto executivo para contenção de dunas em Ilha Grande (PIAUÍ, 2010), as áreas de intervenção indicadas (Figura 7) são: áreas 1 e 2 – porção central do cordão de dunas mais próximo das áreas de circulação e moradia, onde estão as comunidades Cal, Baixão e Tatus; área 3 – A extrema ponta do mesmo cordão de dunas as margens do rio dos Tatus, braço do Parnaíba de acesso ao Delta

pelo lado do Piauí (Figura 8); área 4 – origem da dinâmica eólica que movimenta as dunas. O tamanho de cada área e o custo da intervenção para a contenção de dunas em cada uma delas, de acordo com orçamento previsto no projeto executivo, podem ser conferidos na Tabela 1.

TABELA 1 – Extensão total, área de contenção e o orçamento para cada uma das áreas

Área (há)	1	2	3	4	Total
Tamanho total	609,81	294,09	143,17	115,62	1.162,69
Área de contenção	478	243	131	101	953
Orçamento em R\$	4.069.233,48	2.600.723,85	2.153.933,93	1.960.700,23	10.784.591,49

Fonte: PIAUÍ, 2010, p. 77-88.

Figura 8 - Área 3: Ponto de soterramento do braço do Parnaíba de acesso ao Delta.



Fonte: Google maps.

O programa “Piauí que Trabalha”, da TV Cidade Verde, produziu um especial intitulado “Biomantas para preservar as Dunas” (2013), onde buscou focar a visão do poder público a partir da execução do projeto elaborado e licitado pelo órgão ambiental estadual (PIAUÍ, 2010), cujas obras tiveram início em 2012 e foram concluídas em 2016. O programa jornalístico apresenta inicialmente o que está nos objetivos do projeto executivo da obra:

A área de interesse desse levantamento são as dunas localizadas próximas ao perímetro urbano do município de Ilha Grande, Estado do Piauí. Uma cadeia sequencial de dunas longitudinais avança para o interior do município

tendo já soterrado mais de vinte moradias e atualmente vem ameaçando bairros inteiros e até a via estadual que interliga a área urbana do município com a zona rural onde se localiza o Porto dos Tatus, ponto estratégico no escoamento de produções e de integração entre as comunidades vizinhas situadas do lado maranhense do Rio Parnaíba. Assim, impedir o avanço dessas massas constitui-se no objetivo maior do projeto [...]. Para produção de um diagnóstico ambiental mais completo e preciso, foi tomada uma área mais ampla ao redor da faixa de interesse deste projeto, mais precisamente entre os rios Camurupim e Parnaíba (ou seja, o extremo leste e oeste respectivamente), com oscilações no eixo Norte-Sul de acordo com a especificidade de cada campo do saber componente do presente estudo [...] (PIAUÍ, 2010, p. 8-9).

Percebemos que o diagnóstico do espaço de intervenção levou em conta uma área mais ampla, exatamente para verificar os vários fatores geoambientais que influenciam na dinâmica da movimentação das dunas. O estudo aponta, conforme sugerido pelo ZEE do Baixo Parnaíba (2002), que “[...] a causa mais provável para a geração intensificada desses corpos arenosos foi a da extinção natural (assoreamento eólico) seguida da antrópica (desmatamento) da floresta de mangue que ocupava as cercanias da zona de praia da região [...]” (PIAUÍ, 2010, p. 24).

Na opinião de Frota (2017, p. 89), “[...] pode-se perceber a presença de uma dinâmica muito intensa dos campos de dunas móveis presentes na planície costeira piauiense, tendo como causas principais, a forte influência das ondas e das marés, a ação eólica [...] e a questão da ação antrópica”. A autora, entretanto, reforça os condicionantes naturais como principais fatores desencadeadores do problema, particularmente em Ilha Grande, conhecida como Morro da Mariana, localidade que deu origem ao município:

A forte dinâmica das dunas na planície costeira do estado do Piauí, apesar de 90% de sua ação ser condicionada por agentes naturais, como no caso, o vento, vem gerando efeitos bastante negativos em alguns pontos da planície costeira, principalmente na comunidade do Morro da Mariana, onde várias residências foram soterradas, como também ruas e vias de acesso [...]. Diversos são os agentes causadores dessa dinâmica [...], os principais condicionantes do processo de vulnerabilidade das dunas estão associados a fatores de caráter antrópico e os relacionados à dinâmica costeira atuante no local (natural). No litoral piauiense, pode-se observar que a maior parte dessa dinâmica se dá através de processos naturais como: a forte velocidade e variação dos ventos e os baixos índices pluviométricos (FROTA, 2017, p. 99).

Para enfrentar esse fenômeno, o projeto executivo para contenção das dunas em Ilha Grande (PIAUÍ, 2010), ao revelar o processo de transformação das dunas

fixas em móveis, trabalha com o conceito de paisagem na concepção geossistêmica, apontado anteriormente, ao afirmar que:

A vegetação arbustivo-arbórea tem uma função de bioestabilização do campo dunar, diminuindo o processo geomorfogênico de avanço das dunas pelo efeito do agente eólico. Embora tenha uma elevada capacidade de fixação de dunas móveis, quando essas já tenham sido parcialmente colonizadas pela vegetação pioneira, muitas vezes, estes tipos vegetacionais não exercem plenamente seu efeito estabilizador no relevo devido à degradação ambiental [...]. Os recursos hídricos superficiais e os aquíferos subsuperficiais têm sua potencialidade vinculado ao estado de conservação da cobertura vegetal do campo dunar. A vegetação, além de atuar na fixação dunar, impedindo seu avanço sobre lagoas e rios, ajuda a conservar os níveis do lençol freático e manter a umidade do solo. Faz-se necessário lembrar que este tipo florestal é o componente natural básico para a estabilização do campo dunar. A sua retirada ou progressiva degradação trará efeitos negativos a médio e longo prazo. Sem sua cobertura vegetal original, as dunas fixas tornam-se móveis e, pelo efeito da ação eólica, tendem a migrar sobre outros ambientes, como zonas residenciais, corpos d'água, áreas agrícolas, planícies de inundações e manguezais [...] (PIAÚÍ, 2010, p. 35-36).

Nessa perspectiva, o citado trabalho (PIAÚÍ, 2010), após um estudo de bastante fôlego acerca das principais características do Delta, particularmente do litoral piauiense, produziu vários mapas temáticos a partir de informações climáticas, geológicas, geomorfológicas, de solos, regimes de marés, de vegetação e de uso da terra e apresentou uma proposta técnica semelhante a que havia sido empregada com sucesso na contenção de uma área de dunas na Lagoa do Portinho, realizada entre 2008 e 2010 (Figura 9). Assim, Oliveira (2012, p. 80-81) afirma que:

Para a análise de fragilidade do relevo a metodologia ora apresentada propõe, em um primeiro momento, após seleção da área e objetivos de pesquisa, o levantamento, organização e elaboração de documentação temática capazes de promover uma leitura da paisagem, exigindo, para tanto, a organização cartográfica de dados quanto à pedologia, geologia, índices de dissecação do relevo e declividade, dados pluviométricos e uso da terra. A produção desse banco de dados, cartografados na forma de cartas temáticas em mesma escala, subsidiará as análises de diagnóstico.

Figura 9 - Programa da SEMAR – PI de Contenção de Dunas na Lagoa do Portinho (2008-2010).



Fonte: Arquivos da SEMAR – PI. (2009).

Um aspecto importante a ser destacado, foi à realização de uma audiência pública na Câmara de Vereadores de Ilha Grande e uma consulta pública realizada em uma praça pública da cidade, próximo ao Porto de Tatus (Figura 10), para a apresentação do projeto executivo das obras, antes, portanto, de seu início. Essa iniciativa da SEMAR – PI revela a compreensão de que trabalhos de recuperação de áreas degradadas necessitam de forte apoio das comunidades locais, que precisam ser sensibilizadas para as ações que visam à recuperação e a preservação das paisagens naturais.

Figura 10 - Audiências Públicas na Câmara Municipal e na Praça em Ilha Grande (2012).



Fonte: Arquivos da SEMAR – PI (2012).



O primeiro passo, definido no projeto executivo para a contenção de dunas em Ilha Grande (2010), foi o cercamento da área de intervenção (Área 3) com postes de concreto e arame farpado galvanizado (para suportar o rigor da maresia), com o objetivo de impedir, a princípio, a circulação de pessoas e animais (Figura 11).

Figura 11 – Cercamento da área para contenção de dunas em Ilha Grande



Fonte: Arquivos da SEMAR – PI (2013).

Na sequência foram contratados os próprios trabalhadores da comunidade para a produção e o plantio de mudas de plantas nativas. No entanto, antes do plantio, que somente ocorreu no período chuvoso, embora tenha também havido sistema de irrigação, foram assentadas sobre as dunas biomantas feitas de fibras de coco da praia, acrescido do corte mecânico das dunas para reduzir a velocidade de transporte dos grãos de areia, de acordo como está disposto na Figura 12 (PIAUI, 2010).

Figura 12 - Corte lateral da duna e aplicação da biomanta



Fonte: PIAUÍ (2010, p. 60).

O objetivo da biocobertura é semelhante às palhas de carnaúba utilizadas pelas populações tradicionais, isto é, ajudar a fixar as mudas sobre as dunas e, por ser biodegradável, servir como adubo, para o capim-açu (*Andropogon minarum*) plantado, conforme indicado na Figura 13.

Figura 13 – Plantio do capim açu sobre biomantas fixadas nas dunas em Ilha Grande



Fonte: Arquivos da SEMAR – PI (2013).

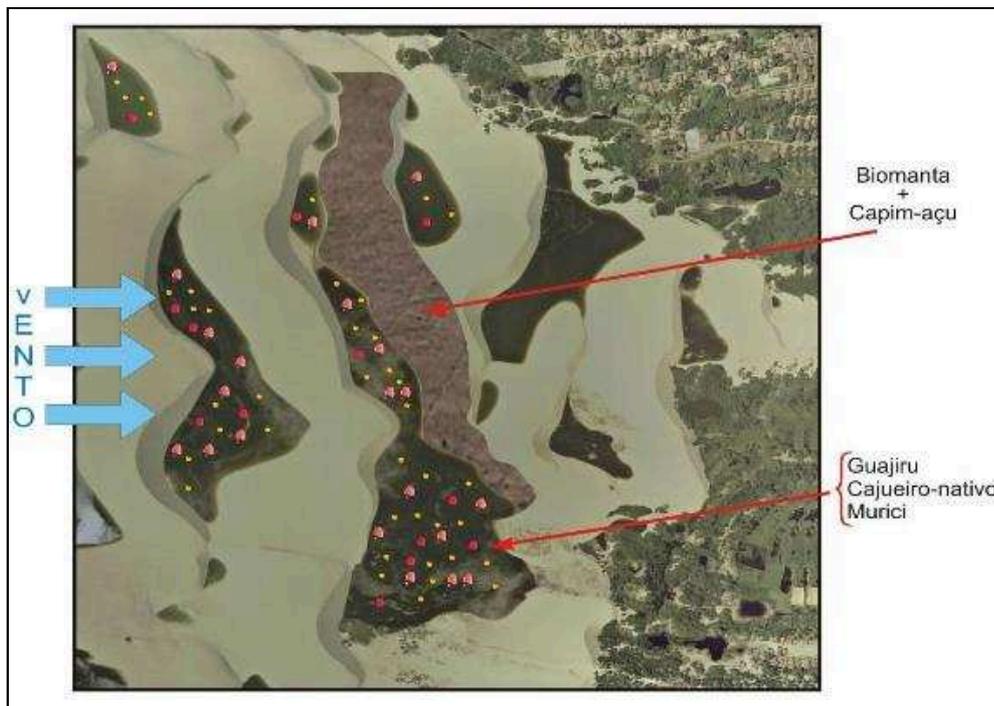
Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental

O estudo também previu a produção de mudas de cajueiro nativo (*Anacardium occidentale*), guajiru (*Chrysobalanus icaco*) e murici (*Byrsonima crassifolia*) para serem plantadas no espaço entre as dunas com o objetivo de cercá-las, acumular umidade e contribuir para o processo de fixação, formando um conjunto articulado, conforme demonstra a Figura 14 (PIAUÍ, 2010).

O projeto executivo para contenção das dunas em Ilha Grande deixa claro a necessidade do cumprimento rigoroso de três etapas indispensáveis para o sucesso do empreendimento:

Assim sendo, o modelo de contenção, será desenvolvido em três fases distintas, a saber: Fase 1 – Preparação do solo para fertilização e lançamento das sementes selecionadas para esse fim nas áreas caracterizadas como face de barlavento de cada uma das massas que compõe o cordão alvo dessa etapa do Projeto; Fase 2 – Aplicação de biomantas tecidas com fibras vegetais sobre na superfície de barlavento das dunas das áreas alvo [...], grampeada com talos extraídos da carnaúba, em relativa abundância na região, como forma de “ancoragem” do material ao substrato arenoso [...]; e Fase 3 – Transplante de capim-açu e plantio das espécies selecionadas para sucessão florestal [...]. É determinante para o Projeto, que a etapa descrita neste capítulo inicie-se juntamente com a quadra chuvosa da região, pois isso favorecerá o desenvolvimento da vegetação introduzida pelos meses restantes da estação [...] (PIAUÍ, 2010, p. 63).

Figura 14 - Plantio das mudas sobre as biomantas nas dunas e entre as mesmas.



Fonte: PIAUÍ (2010, p. 70).

De um modo geral, a reportagem do programa “Piauí que Trabalha” (2013) comprovou a implementação da obra de contenção de dunas em Ilha Grande, a partir do que foi proposto pelo projeto executivo contratado pelo poder público. Um dado adicional e relevante, apresentado na reportagem, foi a informação de que na Área 3, onde estava sendo realizado o trabalho de contenção do cordão de dunas que ameaça o principal braço do Parnaíba para o acesso ao Delta, os povoados Cotia e Canabrava já haviam desaparecido, soterrados pelo avanço das areias dunares. A Figura 15 revela essa ameaça, em uma visão pelo lado do rio, logo após o Porto de Tatus, em que a duna mais próxima do rio é conhecida como “Caída do Morro”, quando se inicia a navegação pelo Delta, pelo lado piauiense, enquanto a Figura 16 demonstra como ficaram as dunas contidas (Área 3), após a conclusão das obras.

Figura 15 – Duna da “Caída do Morro”, Delta do Parnaíba, em Ilha Grande - PI.



Fonte: Autores (2018).

Os proponentes do projeto apontam também que a equipe técnica multidisciplinar que elaborou o estudo foi coordenada por oceanógrafos, responsáveis pelas informações acerca da constância e do sentido dos ventos e dos ritmos das marés; por biólogos, que contribuíram com a coleta e seleção das sementes para a produção de mudas; além de geólogos, geógrafos, e por engenheiros civis e agrônomos, que acompanharam todas as etapas do projeto (PIAUÍ, 2010).

Figura 16 – Visão geral da área de contenção de dunas- Ilha Grande (Área 3).



Fonte: Arquivos da SEMAR – PI (2016).

O estudo apontou também algumas recomendações indispensáveis sobre a necessidade de ações que devem ser tomadas após a conclusão das obras: “as etapas subsequentes ao plantio como o acompanhamento e monitoramento das áreas manejadas são fundamentais para garantir o sucesso da empreitada [...]”, pois permitem “[...] o estabelecimento das condições ambientais que possibilitam a permanência das comunidades da flora através dos processos de regeneração natural e de sucessão ecológica [...]” (PIAUÍ, 2010, p. 70).

A responsabilidade técnica leva o estudo a apontar, nas considerações finais, que “[...] as medidas constantes neste não serão suficientes para erradicar o problema da movimentação das dunas em áreas estratégicas e habitadas do município de Ilha Grande [...]”, pois “serão necessárias outras intervenções com base na mesma metodologia descrita neste projeto executivo para que se alcance a fixação total de todas as massas dunares classificadas como móveis nas áreas de barlavento das dunas alvo deste estudo” (PIAUÍ, 2010, p. 85).

Esse fato eleva enormemente a responsabilidade do poder público em relação ao problema. O mesmo trabalho apresenta uma informação que, se confirmada, poderá ser animadora em relação ao futuro:

Cabe ressaltar que, no estudo realizado na fase de diagnóstico sobre a dinâmica costeira, observou-se que os sistemas móveis de dunas, não recebem mais aporte da sua origem, ou seja, da área de praia. Essa informação é relevante porque determina apenas que as dunas se moverão enquanto houver volume de aporte entre as próprias dunas. Ao se deslocarem, as dunas perdem entre 3 a 7% do seu volume, pois estes

acabam por se fixar em decorrência da expansão de espécies vegetais rasteiras sobre esses montantes durante a quadra chuvosa. Como consequência, as dunas movimentam-se perdendo parte de seus volumes originais. Esse fato contribui significativamente para a erradicação do problema ligado a geração de dunas móveis na região da Ilha Grande (PIAUÍ, 2010, p. 86).

Conforme Frota (2017, p. 96), a situação é mais complexa, pois, das quatro áreas analisadas pela autora, de movimentação de dunas no litoral piauiense, a situação de Ilha Grande não se enquadra nas características acima indicadas:

Vale ressaltar que ao observar a dinâmica eólica desses sedimentos através da interpretação visual em campo e através de imagens de satélite e do Google Earth o depósito sedimentar (pacote dunar) situado na porção oeste da área de estudo [...] por influência dos ventos e por avançar no sentido transversal, sentido do leito fluvial (rio Parnaíba) dentre as outras secções é o único que consegue retornar à faixa costeira. Ele atinge a área estuarina, através da migração do rio Parnaíba e a partir daí parte dos sedimentos volta ao oceano através da descarga fluvial fazendo a retroalimentação da costa [...].

Talvez em função desta questão, os pesquisadores apresentam, ainda, uma última sugestão, para além do escopo do projeto: “em razão dos dados apresentados recomendamos a elaboração de estudo para a construção de um ‘cinturão verde’ (uma barreira física elevada do chão e fixada por espécies nativas arbóreo-arbustivas)”, com o objetivo “[...] de conter o sedimento em sua área de deposição para evitar assim a sua progressão para as áreas interiores onde estes dariam origem a novas massas de areia” (PIAUÍ, 2010, p. 87).

Pelas valiosas informações apresentadas, o ZEE do Baixo Parnaíba (BRASIL, 2002), o projeto executivo para contenção de dunas em Ilha Grande (PIAUÍ, 2010) e os trabalhos Paula (2013) e Frota (2017) se constituem no mais valioso conjunto de estudos, realizados até o momento, sobre a dinâmica da movimentação de dunas no litoral piauiense, cujo valor científico deve ser do conhecimento da academia e, sobretudo, do poder público, pois não existe planejamento adequado e nem tomada de decisão para a instituição de políticas públicas sem o conhecimento gerado pela ciência.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise sistêmica apresentada no ZEE do baixo Parnaíba (BRASIL, 2002) e no Projeto executivo para contenção de dunas em Ilha Grande (PIAUÍ, 2010) possibilitou uma boa identificação acerca das características ambientais do município,

foco da pesquisa, corroborando para o entendimento da dinâmica do processo de formação e atuação das dunas.

Quanto aos geossistemas locais, pôde-se observar o bom trabalho de caracterização realizado pela bibliografia consultada, fundamentais para a obtenção das informações e imprescindíveis à realização desta pesquisa, abordando aspectos climáticos, geológicos, geomorfológicos, pedológicos e de uso da terra, dentre outros, para a sistematização e compreensão da interação entre os diversos ecossistemas.

Por meio da abordagem geossistêmica, podemos avaliar as condições ambientais que influenciaram na formação e na movimentação das dunas em Ilha Grande. Cabe ressaltar que, apesar do movimento de dunas ter grande influência advinda de processos naturais, devido ao processo de formação dos solos e do clima da região, esse fenômeno tem sido acelerado em virtude da urbanização desordenada, do desmatamento e da pecuária extensiva na região.

A pesquisa também identificou que existem alternativas tecnológicas capazes de mitigar esse fenômeno. Revelou ainda a criatividade e o conhecimento local das comunidades tradicionais na busca de soluções para o problema, que precisam ser apoiadas por políticas públicas continuadas voltadas para a educação ambiental, acesso a crédito e tecnologias que permitam o enfrentamento da questão, com a sensibilização para o desenvolvimento sustentável e solidário nas áreas afetadas.

O trabalho identificou igualmente que, se houver vontade política, o poder público pode obter recursos para a recuperação de áreas degradadas, como ocorreu com o financiamento dos estudos, que diagnosticou o problema e apontou soluções tecnológicas de relevante valor científico, e para a execução das obras previstas no projeto executivo de contenção das dunas em Ilha Grande.

No entanto, ao que tudo indica, o alerta dos especialistas e o clamor das comunidades atingidas, para que trabalhos dessa natureza prossigam a partir de políticas públicas que tenham caráter permanente, não foram suficientes para sensibilizar as autoridades na busca das condições necessárias para dar continuidade ao trabalho iniciado, porém não concluído.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, R. B. de. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea, estado do Piauí: diagnóstico do município de Ilha Grande.** Fortaleza: CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 2004.
- ANGULO, R. J. Morfologia e gênese das dunas frontais do litoral do Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 23, n. 1, p. 68-80, 1993.
- BARBOSA, W. C. de S. **Abordagem Geoambiental e o Contexto Turístico de Cajueiro da Praia. Piauí.** Programa de Pós-graduação em Geografia PPGGEO). Universidade Federal do Piauí.(Dissertação de Mestrado), 2018, 96p.
- BRASIL, Ministério do Meio Ambiente - MMA. **Zoneamento Ecológico-Econômico do Baixo Parnaíba: primeira aproximação.** Brasília: MMA, 2002.
- CORREIA, M. D.; SOVIERZOSKI, H. H. **Ecossistemas Marinhos: recifes, praias e manguezais.** Maceió: Edufal, 2005.
- FROTA, J. C. O. **Potencial de expansão urbana na planície costeira do Estado do Piauí.** Dissertação (Mestrado em Geografia) - UFPI, 2017.
- GUERRA, A. T. **Dicionário Geológico - Geomorgológico.** 8ª ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1993. 446 p.
- GUZZI, Anderson. **Biodiversidade do Delta do Parnaíba.** EDUFPI, 2010.
- IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Plano de gestão e diagnóstico geoambiental e socioeconômico da APA do Delta do Parnaíba.** Fortaleza: IEPS/UECE, 1998.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Ilha Grande.** Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pi/ilha-grande/historico>>. Acesso em: jun. 2018.
- ICMBIO – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. **Unidades de Conservação.** Disponível em: <<http://www.icmbio.gov.br/portal/unidadesdeconservacao/categorias>>. Acesso em: jun. 2018.
- LISBOA, C. M. C. A.; CAMPOS, U. M.; SOUZA, S. K. S. de. Mapeamento e caracterização dos remanescentes de dunas do município de Natal–RN, Brasil. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 6, n. 3, p. 64-83, 2011.
- MACHADO, A. P. et al. Geomorfologia, tipologia, vulnerabilidade erosiva e ocupação urbana das praias do litoral do Espírito Santo, Brasil. **Geografares**, n. 2, 2001.
- MIGUEL, L. L. A. J.; CASTRO, J. W. A.. Dinâmica Sedimentar das Dunas Transgressivas do Sistema Laguna-Barreira da Costa Sul de Moçambique, África. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 41, n. 1, p. 222-231, 2018.
- OLIVEIRA, R. C. de. Zoneamento ambiental como instrumento do planejamento físico territorial. In: SILVA. C. A. da. (Org.). **Geografia e Natureza: experiências e abordagens de pesquisa.** Ed. UFGD, 2012.
- OLIVEIRA, U. R. de et al. EROSIÃO DE DUNAS SOB AÇÃO DE UM EVENTO EXTREMO DE ALTA ENERGIA DE ONDAS NA COSTA CENTRAL E SUL DO RIO GRANDE DO SUL, BRASIL. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 20, n. 1, 2019.

PAULA, J. E. de A. **Dinâmica morfológica da planície costeira do estado do Piauí**: evolução, comportamento dos processos costeiros e a variação da linha de costa. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Ciências Marinhas Tropicais - UFC, 2013.

PFALTZGRAFF, P. A. dos S.; Torres, F. S. de M.; Brandão, R. de L. (Orgs). **Geodiversidade do Estado do Piauí**. Recife: CPRM, 2010.

PIAUI, Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos - SEMAR. **Relatório Final do Projeto Executivo para Contenção das Dunas do Município de Ilha Grande – Piauí**. Teresina: SEMAR – PI, 2010.

PINHEIRO, M. V. A. et al. Dunas móveis: áreas de preservação permanente? **Sociedade & Natureza**. Uberlândia, 25 (3): 595-607, set/dez/2013.

PORTZ, L. et al. IMPACTS ON THE DUNES SYSTEM: NATURAL DYNAMIC VERSUS ANTHROPOGENIC INTERFERENCE. **Ambient. soc.**, São Paulo, v. 19, n. 3, p. 135-154, setembro 2016. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1414-753X2016000300135&lng=en&nrm=iso>. Acessado em 25 Junho 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4422ASOC140491V1932016>.

RODRIGUEZ, J. M.M.; SILVA, E. V. da. A Classificação das paisagens a partir de uma visão Geossistêmica. **Mercator** - Revista de Geografia da UFC, ano 01, número 01, 2002.

TEIXEIRA, N. F. F.; MOURA, P. E. F.; MEIRELES, A. J. A. de. Educação Ambiental em área de manguezal para o desenvolvimento sustentável e comunitário. **AMBIENTE & EDUCAÇÃO-Revista de Educação Ambiental**, v. 21, n. 2, p. 176-187, 2016.

Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental

UBEID, K. F.; ALBATTA, A. S. Sand dunes of the Gaza Strip (southwestern Palestine): morphology, textural characteristics and associated environmental impacts. **Earth Sci. Res. J.**, Bogotá, v. 18, n. 2, p. 131-142, Julho 2014. Disponível em <http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-61902014000200006&lng=en&nrm=iso>. Acessado em 25 Junho 2019.

Vídeos

CAJUÍNA FILMES. *Onda Branca*. Parnaíba, 2012. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=lfp7A7lv0d4>>. Acesso em: jun. 2018.

CIDADE VERDE. Programa Piauí que trabalha. *Biomantas para preservar as dunas*. Teresina, 2013a (Parte I). Disponível em: <<https://youtu.be/YPEwZ8VlrKg>>. Acesso em: jun. 2018.

CIDADE VERDE. Programa Piauí que trabalha. *Biomantas para preservar as dunas*. Teresina, 2013b (Parte II). Disponível em: <<https://youtu.be/2H95VFG55EA>>. Acesso em: jun. 2018.