

Impactos ambientais nas paleodunas fluviais do rio São Francisco em Sento Sé/BA, Brasil

As paleodunas são registros significativos da atuação dos elementos e fatores climáticos, primordiais para compreender a gênese e evolução destes ambientes no decorrer do tempo histórico. Nesse sentido, este artigo analisou os impactos ambientais e antropogênicos existentes nos campos de paleodunas fluviais, no município de Sento Sé, Bahia. Trata-se de uma pesquisa de natureza aplicada, com abordagem quali-quantitativa, sendo exploratória, bibliográfica, documental e de campo, estando embasada no método sistêmico e na abordagem dialética. Os achados apontam a necessidade de implementação de um Plano de Manejo e Conservação Ambiental para estes paleoambientes.

Palavras-chave: Ecodinâmica; Paleoambientes; Rio São Francisco.

Environmental impacts on the fluvial paleodunes of the São Francisco river at Sento Sé/BA, Brazil

Paleodunes are significant records of the climatic elements and factors, essential for understanding the genesis and evolution of these environments over the course of historical time. In this sense, this paper analyzed the environmental and anthropogenic impacts on the fluvial paleodune fields in the municipality of Sento Sé, Bahia. This is a research of applied nature, with a quali-quantitative approach, being exploratory, bibliographic, documental, and field, being based on the systemic method and on the dialectic approach. The findings point to the need to implement a Management and Environmental Conservation Plan for these paleoenvironments.

Keywords: Ecodynamics; Paleoenvironments; São Francisco River.

Topic: **Conservação da Biodiversidade**

Received: **04/05/2022**

Approved: **26/05/2022**

Reviewed anonymously in the process of blind peer.

Reinaldo Pacheco dos Santos 

Universidade Federal do Vale do São Francisco, Brasil

<http://lattes.cnpq.br/9147174509760048>

<http://orcid.org/0000-0002-5300-5986>

pachecoreinaldo6@gmail.com

Clecia Simone Gonçalves Rosa Pacheco 

Instituto Federal do Sertão Pernambucano, Brasil

<http://lattes.cnpq.br/6358715394273386>

<http://orcid.org/0000-0002-7621-0536>

clecia.pacheco@ifsertao-pe.edu.br

Alvany Maria dos Santos Santiago 

Instituto Federal do Sertão Pernambucano, Brasil

<http://lattes.cnpq.br/4898966518413662>

<http://orcid.org/0000-0002-5869-4848>

alvany.santiago@univasf.edu.br



DOI: 10.6008/CBPC2179-6858.2022.005.0006

Referencing this:

SANTOS, R. P.; PACHECO, C. S. G. R.; SANTIAGO, A. M. S.. Impactos ambientais nas paleodunas fluviais do rio São Francisco em Sento Sé/BA, Brasil. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.13, n.5, p.64-78, 2022. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2022.005.0006>

INTRODUÇÃO

As paleodunas situadas na planície poligenética do rio São Francisco descrevem um legado de climas antigos e mais áridos que o atual (THOMAS et al., 1991). Estes tipos de dunas, geralmente, manifestam estruturas originais parcialmente modeladas pelo intemperismo, erosão pluvial e fluvial, sendo encontradas em diversas partes do mundo, em desertos atuais ou nas suas adjacências, fornecem dados relacionados a climas e ventos pretéritos (LOWE et al., 1997).

No Brasil existem pelo menos três áreas geográficas com dunas eólicas interiores, sendo que estas têm recebido a atenção dos pesquisadores quaternaristas. Tais áreas estão localizadas no baixo Rio Negro (AM), no Pantanal (MS) e no Médio Rio São Francisco (BA), sendo que esta última, foi objeto de estudo dessa investigação (GIANNINI et al., 2005).

Os campos paleodunares situados no médio rio São Francisco, mais especificamente no município de Sento Sé, estado da Bahia, é um ecossistema atípico no interior do Nordeste Semiárido brasileiro, estando sua história ligada à questão da variabilidade climática pretérita, que resultou nas fisonomias atuais. Estes campos de paleodunas representam, importantes registros de alterações paleoambientais, principalmente paleoclimática, durante o Quaternário do Nordeste brasileiro. A relevância destes ambientes não resume-se apenas à sua expansão e dimensão, mas essencialmente, como testemunho de climas pretéritos mais áridos que o atual, que intervieram densamente na evolução das condições faunísticas e florísticas local. Assim, as paleodunas designadas por alguns pesquisadores, como dunas fósseis e inativas, são registros de paleoclimas mais severos nesta área, estando as areias, no contexto atual, consolidadas pela vegetação de caatinga (PACHECO, 2014; 2017; 2018; 2020).

De acordo com a classificação de Köppen, esta área está caracterizada pelo clima *Bsw^h*¹, sendo que a precipitação anual gira em torno de 400-800 mm, ocorrendo de outubro a março. A temperatura média do mês mais frio é sempre superior a 18º C e as médias anuais podem ultrapassar 27º C. As flutuações sazonais dos ventos estão ligadas a atuação das massas, equatorial atlântica (mEa) e tropical atlântica (mTa), no inverno, e à massa equatorial continental (mEc) no verão (PACHECO et al., 2020).

Neste ambiente a vegetação predominante é a caatinga, podendo ser subdividida em hipoxerófila, com arbustos, e hiperxerófila, com estratos arbóreos. A primeira desenvolve-se preferencialmente, nas proximidades do rio São Francisco, com densidade variável e aspecto rasteiro e aberto, e a segunda se distende sobre os depósitos eólicos e assemelham-se a uma vegetação de transição entre a caatinga e a floresta caducifólia. Também, bordeando o rio São Francisco incide à mata ciliar e, nas margens dos afluentes do mesmo rio que atravessam as paleodunas e nas baixadas interdunares são encontradas as veredas desenvolvidas sobre solos hidromórficos (ARAÚJO et al., 2020).

Em termos geológicos, a área dos campos paleodunares do rio São Francisco, situam-se na depressão periférica do mesmo rio, com altitudes variáveis entre 400 e 800 m, onde as formações relacionadas à sedimentação flúvio-eólica são analisadas a partir das características sedimentológicas e morfológicas

¹ Semiárido quente com sete a oito meses de seca.

(PACHECO, 2020).

A pesquisa partiu da seguinte problemática: Quais são os impactos naturais e antropogênicos existentes nestes paleoambientes e seu grau de sustentabilidade? Neste sentido, objetivo foi identificar os principais impactos naturais e antropogênicos do sistema ambiental, categorizando a paisagem em unidades ecodinâmicas e propondo um Plano de Manejo Conservação Ambiental com vistas à sustentabilidade para a área paleodunar. Trata-se de uma pesquisa de natureza aplicada, com abordagem quali-quantitativa, sendo exploratória, bibliográfica e documental e de campo.

Portanto, é de grande valoração a biodiversidade existente nessa área, que vai desde os aspectos físicos, geológicos, climatológicos e climatobotânicos, até a diversidade de espécies nativas e endêmicas existente nestas áreas, corroborando assim para a convicção da necessidade de realização de maiores estudos e da indispensabilidade de preservação e conservação da área.

METODOLOGIA

Localização

O universo da pesquisa foi o município de Sento Sé (Figura 1), localizado no norte do Estado da Bahia, tendo uma área territorial de 11.980,172 km² e distando 696 km da capital Salvador. O município de Sento Sé segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2010) possui 40.684 habitantes. Desse modo, justifica-se que a escolha do objeto de estudo e do *locus* da pesquisa se deu por intencionalidade e acessibilidade (BARDIN, 2016).

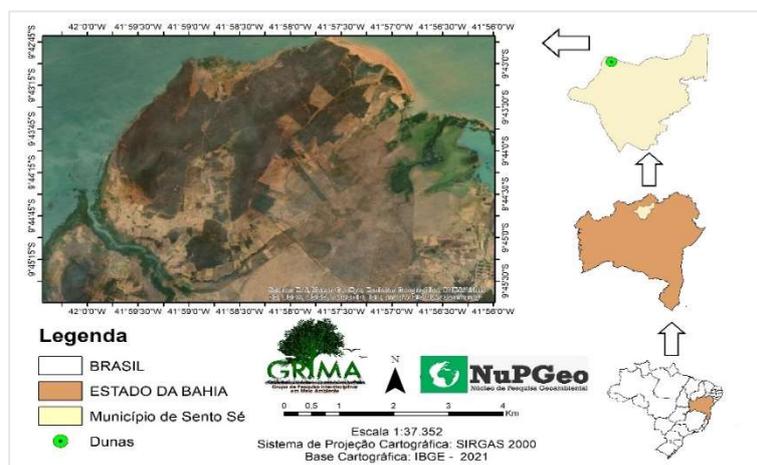


Figura 1: Mapa da área pesquisada.

A área está localizada entre as latitudes 9°45'39" S; 9°47'36" S; 9°36'34" S e 9°48'19" S, e longitudes 41°32'21" W; 41°32'8" W; 41°35'06" W e 41°34'43" W, contudo é uma vasta área nas bordas do rio São Francisco, e situadas dentro do âmbito da APA Lago de Sobradinho (PACHECO et al., 2020).

A pesquisa é de natureza quali-quantitativa, exploratória, bibliográfica, documental e de campo (GIL, 2019), tendo uma abordagem sistêmica. Fundamentou-se essencialmente na Teoria da Ecodinâmica de Tricart (1977) e na Teoria GTP (Geossistema-Território-Paisagem) de Bertrand et al. (2007).

Os dados obtidos foram coletados em campo a partir da realização de 03 visitas *in loco*, para

observação, registro e análise dos impactos naturais e antropogênicos existentes nos campos paleodunares. As visitas ocorreram entre os meses de setembro/2021 a janeiro/2022, e foram feitas em períodos de estiagem e chuvoso para verificar a intensidade dos impactos em momentos distintos. Os resultados encontrados em campo foram confrontados com a literatura utilizada e que fundamentou a pesquisa.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Impactos encontrados na área da pesquisa

A Resolução nº 001, de 23 de janeiro de 1986 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) define como impacto ambiental:

Qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia, resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam: I. a saúde, a segurança e o bem-estar da população; II. As atividades sociais e econômicas; III. A biota; IV. As condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; V- a qualidade dos recursos ambientais. (CONAMA, 2012)

Por esta perspectiva, o impacto socioambiental, se concebe como sendo aquele que leva em consideração todos os atributos acima descritos e, que são praticados pelos seres humanos que habitam os inúmeros ecossistemas, também denominado de impactos antrópicos (PACHECO, 2014).

No que concerne aos ambientes paleodunares, Tricart (1977) coloca que estes, somente se formam sobre material arenoso, combinados com uma unidade litológica que oferece condições edáficas específicas para o ecossistema. Se as dunas forem móveis, a areia possivelmente será deslocada pelo vento. Porém, por uma retroação positiva, a ação eólica que movimenta as areias melhora sua classificação granulométrica.

Por outro lado, como consequência da seleção granulométrica e da ausência de partículas limosas, a capacidade de retenção desse material é praticamente nula, provocando uma limitação ecológica bastante severa, onde conseqüentemente, poucas espécies vegetais conseguem viver nessas condições.

Nas áreas paleodunares do rio São Francisco é comum encontrar impactos ambientais similares, que variam de uma área para outra, ou de um município para outro. Estudos de Pacheco et al. (2020), Pacheco et al. (2016) e Araújo et al. (2020) destacam os principais impactos encontrados nos campos paleodunares do rio São Francisco em Xique Xique e Barra, Rodelas, Casa Nova na Bahia, e Petrolina em Pernambuco.

De acordo com estes autores, nas paleodunas de Xique Xique e Barra são comuns os seguintes impactos ambientais:

(A) Extração ilegal de areias; (B) Extração ilegal de espécies nativas; (C) Despejo de resíduos sólidos; (D) Despejo de efluentes *in natura*; (E) Prática ilegal de esportes radicais; (F) Turismo insustentável; (G) Construções sem licenciamento sobre as dunas; (H) Retirada da mata ciliar do rio e das bordas dos campos de dunas; (I) Plantio de graminhas às margens e no sopé das dunas; (J) Caça e pesca predatória; (K) Queimadas; (L) Ocupação de Área de Proteção Permanente (APP). (PACHECO et al., 2020)

As paleodunas de Rodelas, denominados de Deserto de Surubabel, os autores já mencionados, pontuam que os impactos são semelhantes, tais como: lavagem de carros dentro do rio São Francisco e movimentação cotidiana sobre as áreas arenosas; erosão marginal por falta da mata ciliar retirada com o povoamento local; prática de esportes não licenciadas pelos órgãos ambientais, provocando processos de

erosão e solapamento do solo; poluição da área dunar pela visitação do local e pela prática de banhos e lavagens de automóveis às margens do rio; desgaste dos solos por ausência de vegetação e por erosão pluvial; dispersão de resíduos sólidos e efluentes na área, além do carreamento dos sedimentos para a calha do rio (PACHECO et al., 2020). No que tange aos impactos ambientais encontrados nas paleodunas de Casa Nova, Pacheco et al. (2020), mencionam os seguintes:

(A) Construção civil sem licenciamento na área dunar; (B) Imóveis privados na Área de Preservação Permanente (APP) do rio São Francisco e no sopé dos campos paleodunares; (C) Descartes inadequados dos resíduos sólidos associado a queimada sobre um dos campos; (D) Habitações situadas na APP; (E) Supressão de área paleodunar em detrimento de “estacionamento” plano e cascalhado, para estacionamento de carros dos turistas e visitantes; (F) Retirada de areias desde o sopé do campo paleodunar até a borda do rio, facilitando assim a chegada dos veículos para lavagem, produzindo ainda mais processos erosivos e supressão de mata ciliar no rio São Francisco. (PACHECO et al., 2020)

De acordo com pesquisa dos autores já mencionados, há também impactos ambientais nos pequenos campos paleodunares de Petrolina em Pernambuco. Dentre estes impactos Pacheco et al. (2020,) listou os seguintes: “(A) Supressão de areais para dar lugar ao parreiral; (B) Cercamentos sobre o campo paleodunar; (C) Ausência da mata nativa; (D) Presença de resíduos de produções antigas; (E) Presença de queimadas”.

Neste sentido, como mencionado anteriormente, os impactos ambientais tanto naturais quanto antropogênicos em áreas paleodunares do rio São Francisco são bastante semelhantes. Na área da pesquisa (paleodunas de Sento Sé) os impactos mapeados não distam dos que são encontrados nos demais geossistemas. Na figura 2 destaca-se alguns dos impactos naturais existentes.



Figura 2: Impactos naturais encontrados na área.

Em relação aos impactos naturais, observa-se alguns processos erosivos. De acordo com Guerra et al. (2005), a definição de erosão está ligada aos processos de desgastes da superfície do terreno, desencadeado pelo escoamento das águas superficiais com caráter mais contínuo e gradativo, por meio da desagregação, transporte e deposição dos sedimentos que compõem o solo.

Deste modo, na imagem **A** se vê uma erosão lateral, onde o rio São Francisco erode suas margens. Segundo Guerra et al. (2005) o desenvolvimento da erosão lateral ocorre por conta do escoamento das águas pluviais no seu interior, causando erosão no pé do talude e, conseqüentemente, ocorre o deslizamento, por ausência de vegetação. Existe uma tendência em que se considera uma profundidade mínima para as ravinas em torno de 30 cm (TRICART, 1977).

Na imagem **B** se tem a erosão laminar, realizada pelas precipitações (chuvas), promovendo pequenos sucros, ravinas e voçorocas no paredão arenoso totalmente desnudo (sem vegetação) em sua encosta. Na erosão laminar segundo Guerra et al. (2005) a evolução de áreas intensamente afetadas pelo processo erosivo apresenta geralmente, um primeiro estágio de erosão laminar intensa, que leva à formação de sulcos rasos e profundos. Na imagem **C** tem-se a erosão eólica onde o trabalho do vento (mesmo não sendo na mesma intensidade que em campos de dunas costeiras) tem trabalhado o remonte de micro campos paleodunares.

O mesmo tipo de erosão é encontrado na imagem **E**, sendo perceptível as estrias nas areias que margeiam o rio e os sopés dos campos de paleodunas. Na ótica de Guerra et al. (2013) a erosão eólica ocasiona o intemperismo das rochas atuando também no transporte de sedimentos para zonas mais distantes dos locais de erosão, sendo geralmente, um processo mais lento do que os demais que envolvem a ação da água.

A imagem **D** demonstra o fenômeno denominado por Tricart (1977) de mergulhia (natural), onde os galhos de vegetação nativa ou endêmica do ambiente são soterrados pelas areias e rebrotam instantaneamente. Ademais, existem campos de paleodunas móveis que já estão totalmente instáveis, não apresentando vegetação por conta do retrabalhamento do vento. E é este retrabalhamento do vento nas areias eólicas que provoca o 'afogamento' das espécies arbóreas e arbustivas, provocando esporadicamente o fenômeno, já explicado, da mergulhia.

E por último, a imagem **F** que testemunha mais uma ação da erosão fluvial, onde por conta da subida e descida no nível das águas, o corpo hídrico constrói rastros nas margens dele mesmo, já que, durante o período chuvoso o processo erosivo torna-se mais intenso e transformando o seu curso em vales mais profundos do que o seu entorno. Ademais, observa-se também a ausência da mata ciliar na margem do rio, o que propicia a intensificação dos processos erosivos e de assoreamento e alargamento do leito das bacias de drenagem. Tem-se também impactos antropogênicos conforme demonstra a figura 3.



Figura 3: Impactos antropogênicos encontrados na área.

No que concerne aos impactos antropogênicos, estes são definidos como provenientes de atividades humanas, diferentemente dos impactos que ocorrem em ambientes naturais sem interferência humana. Este termo é muitas vezes utilizado no contexto de externalidades ambientais na forma de resíduos químicos ou

biológicos que são produzidos como subprodutos de atividades humanas, ou alterações reversíveis ou irreversíveis originadas a partir de ações antrópicas.

Observa-se na imagem **A** vegetação suprimida para dar lugar a estradas vicinais para transportes e pessoas que querem chegar até os campos paleodunares e a 'praia' fluvial. Supressão de vegetação é a retirada total ou parcial de vegetação de um dado espaço, seja ele urbano ou rural, com a finalidade de utilizar a área anteriormente com cobertura vegetal, para a implantação de atividades humanas, como por exemplo, plantações, construções e empreendimentos, agropecuária e outros usos alternativos do solo. Contudo, ressalta-se que a supressão de vegetal é regulamentada pelo Novo Código Florestal (Lei nº 12.651/2012) devendo para tal ser autorizada previamente pelos órgãos ambientais responsáveis.

A imagem **B** demonstra rastros de pisoteio animal na área, onde além de promover a sujeira na área, também contamina o rio e as areais através da disseminação de urinas e fezes. A contaminação, seja dos corpos hídricos ou dos solos, resulta das alterações da qualidade tornando a água imprópria para utilização e prejudicial aos organismos vivos do ecossistema. Na imagem **C** é possível notar a erosão acelerada, provocando o solapamento das areias para dar lugar a um estacionamento próximo à borda do rio São Francisco. Segundo Guerra et al. (2013) a erosão acelerada é um processo célere e deletério, resultante de ações antrópicas, onde as taxas de remoção superam as taxas de formação ou gênese dos solos.

É visível na imagem **D** a supressão de um campo paleodunar, com a retirada de sedimentos para utilização em construções, entre outros. Também é visível mais uma vez na imagem **E** o processo de supressão de vegetação nativa sobre os campos para dar lugar a uma estrada e a cercamentos privados, provocando assim a vulnerabilidade dos solos arenosos e intensificando os processos erosivos nestes.

Ademais, a área é bastante visitada por banhistas, essencialmente aos finais de semana, feriados e período de férias, sendo comum o descarte inadequado de resíduos sólidos e de efluentes, que provocam a poluição tanto do ambiente (solos arenosos) quanto do rio. Além disso, alguns campos já estão sendo descaracterizados por conta da retirada de areias de maneira ilegal para comercialização, que também pode ser constatado na figura 4.

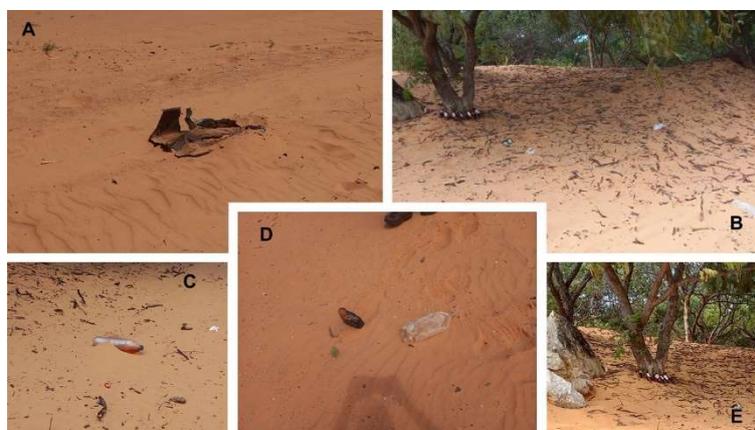


Figura 4: Descarte inadequado de resíduos sólidos.

A figura 4 comprova a maneira irresponsável de tratamento de resíduos nos campos paleodunares, onde se visualiza garrafas de vidro (**A** e **E**), garrafas *pet* vazias (**B** e **D**), garrafa *pet* com combustível (**C**),

carcaças de veículos que foram ateadas fogo (A), além de sacolas plásticas (B).

No entanto, as figuras 2, 3 e 4 trazem imagens que foram feitas em períodos de estiagem (setembro a novembro de 2021) e com o nível do rio São Francisco abaixo da cota altimétrica. Para uma melhor análise, fez-se visitas ao local da pesquisa também em período chuvoso (janeiro de 2022) com cheias e aumento do nível do rio.

Alguns processos erosivos ficam mais severos com as precipitações e com os movimentos de massa (solo) provocados por enxurradas, resultando em sulcos, ravinhas, voçorocas e deslizamentos de barrancos desprovidos de vegetação. Assim, se intensificam as erosões pluviais e as fluviais, visto que o rio São Francisco aumenta o volume no leito menor, avançando para o leito maior e provocando transbordamentos e inundações, não apenas dos vegetais, mas também dos campos paleoambientais.

Ademais, o período chuvoso no Sertão nordestino ocorre pela penetração das massas de ar quente e úmidas vindas do oceano atlântico, que são trazidas pela intensificação dos ventos alísios e que recebem periodicamente (a cada 02 anos), o fortalecimento da umidade e da precipitação provocadas pelas anomalias climáticas, com destaque para o fenômeno conhecido como *la niña*.

Todavia, não são apenas os impactos naturais que são visualizados neste período. Foi possível constatar *in loco* impactos antropogênicos que, no período de estiagem acontecem, contudo, ficam restritos apenas ao local de origem do impacto. Porém, com as precipitações, as enxurradas se tornam um indicador bioquímico dos danos provocados ao meio ambiente, tais como, os impactos da extração do minério de ferro nas serras de Sento Sé, que estão sendo intensificados e, que causam danos ao solo, aos corpos hídricos (rio principal, seus afluentes e subafluentes), a biota e a população que utiliza a água do rio São Francisco para o consumo direto e indireto. Consequentemente, o período chuvoso promove o surgimento e intensificação de impactos tanto naturais quanto antropogênicos mais severos, conforme demonstra a figura 5.



Figura 5: Impactos naturais e antropogênicos do período chuvoso.

Desse modo a figura 5 demonstra, sumariamente, nas imagens A, B e C processos erosivos naturais encontrados durante a visita *in loco* e, que foram otimizados nos períodos chuvosos. Tem-se na imagem A erosão lateral, provocando deslizamento das areias fixadas; na imagem B observa-se um corte no campo paleodunar em forma de 'U' provocada pela erosão linear e pluvial; e na imagem C se vê a queda de árvores provocadas pela erosão fluvial pelo aumento da vazão do rio e, o desmoronamento dos solos arenosos

provocados pela erosão hídrica.

As imagens **D**, **E** e **F** evidencia impactos antropogênicos provocados pela extração indevida de minério de ferro nas serras do município. Com o período chuvoso, as enxurradas carregam os detritos para o leito do rio e, as evidências são mostradas nas imagens **D** e **E**, onde o óxido de ferro está impregnado nas areias da borda do rio, e na figura **F** onde é possível analisar a junção das partículas de areias oxidadas.

Atualmente o ferro é dos metais mais conhecidos, sendo um relevante metal presente na nossa alimentação, mas, se ingerido em concentrações altas, causa distúrbios neurológicos (FERNANDEZ et al., 2007). Neste sentido, a Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde estabelece que o valor máximo permitido (VMP) de ferro na água utilizada para consumo humano é de 0,3 mg/L. Sendo assim, faz-se necessária a aplicação de técnicas adequadas nos sistemas de tratamento de água em casos, em que haja um excesso de metais pesados na água fornecida à população (BRASIL, 2004).

Portanto, é com base nos muitos impactos encontrados na área pesquisada, que se buscou neste trabalho, sugerir uma proposta de mitigação, por meio da implantação de um plano de manejo e conservação ambiental para área, tendo em vista que, para o pesquisador, não basta observar, identificar e analisar os danos ambientais, mas é imprescindível que aponte possíveis soluções para a problemática encontrada.

Proposta de plano de manejo e conservação ambiental

Compreender a gênese e a evolução dos paleoambientes pesquisados e, identificar os impactos ambientais existentes na área requer uma profunda reflexão acerca das relações estabelecidas entre a sociedade e a natureza neste ambiente, apoiando-se no método sistêmico para explicar os elementos que compõem a paisagem geográfica, que resulta numa unidade dinâmica e na inter-relações dos elementos físico, biológico e antropogênico.

O método sistêmico é muito bem discutido Bertrand, que na década de 1990, elaborou uma nova abordagem conceitual para geossistema, por ele denominada de GTP, isto é, a relação intrínseca existente entre Geossistema - Território - Paisagem (BERTRAND et al., 2007). O propósito do método GTP foi reaproximar os três conceitos para avaliar o funcionamento de um determinado espaço geográfico numa ótica holística, observando as inter-relações dos elementos físicos e antrópicos para maior entendimento da dinâmica da área pesquisada (PISSINATI, 2009).

Já Tricart (1977) enfatizava a emergência de se definir as modalidades de intervenção para organização da gestão dos territórios, em face, à dinâmica do meio ambiente. Entretanto, para isso, ele destacou que a organização ou reorganização do território exige diagnósticos preliminares ao zoneamento.

Este autor enfatiza também que é imperativo que se faça uma análise “[...] dos diversos tipos de manejo, mostrando vantagens e desvantagens; classificação das regiões em função dos problemas de gestão; e, apresentar possíveis soluções com vantagens e inconvenientes” (TRICART, 1977). Pautado nestas premissas se buscou elaborar uma tabela (Tabela 1) apresentando os problemas diagnosticados no meio ambiente pesquisado, as possibilidades de manejo sustentável e, a capacidade de resiliência do sistema aberto em tese.

Tabela 1: Classificação dos ambientes e proposta de conservação.

Meios	Ambientes paleodunares (I)	Ambientes Vegetacionais (II)	Ambientes Fluviais (III)	Proposta Interventiva
Estáveis	Paleodunas fixas	- Caatinga hiperxerófila - Caatinga hipoxerófila	- Trechos do rio São Francisco	- Criação de um Plano de Manejo Ambiental
Intergrades	Paleodunas fixas	- Caatinga hiperxerófila - Vegetação de transição (caatinga/floresta caducifólia)	- Alguns trechos do rio São Francisco - Alguns trechos de áreas interdunares	- Criação de um Plano de Contenção Ambiental
Instáveis	Paleodunas fixas e móveis	- Caatinga hipoxerófila - Caatinga hiperxerófila - Vegetação de veredas (interdunar)	- Trechos do rio São Francisco - Lagoas interdunares	- Criação de um Plano de Reflorestamento Ambiental

Fonte: Adaptado de Pacheco (2014).

A partir da análise da tabela 2 se indica as áreas que ainda se mantêm conservadas, aquelas que já se encontram em estágio de degradação parcial e, as que se apresentam totalmente degradadas. Existem no ambiente I (um) conforme figura 6 algumas paleodunas fixas que estão estáveis e, por disporem de altitudes significativas e, distarem muitas vezes das vilas e povoados, permanecem menos expostas aos impactos antropogênicos.

No entanto, as paleodunas fixas mais próximas dos locais habitados já apresentam estágios *intergrades*, isto é, com sinais visíveis de exposição à degradação ambiental. Pior ainda, são partes destas áreas *intergrades*, que já sinalizam instabilidades severas, por não apresentarem mais nenhuma vegetação nem no seu topo, nem nas vertentes e nem nos sopés. Tal vegetação foi retirada tanto para dar lugar a áreas habitadas, quanto para construir cercas para animais, como para uso de lenhas, entre outros aspectos.

Porém, esta realidade não é apenas das paleodunas fixas ou fixadas. Existem campos de paleodunas móveis que já estão totalmente instáveis, não apresentando vegetação por conta do retrabalhamento do vento. Esse retrabalhamento do vento nas areias eólicas provoca o 'afogamento' das espécies arbóreas e arbustivas, provocando a mergulhia, já explicado anteriormente.

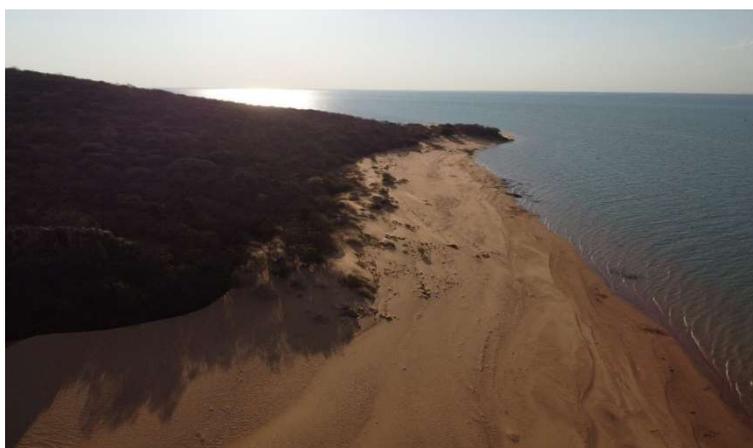


Figura 6: Ambiente I - Estável.

No que diz respeito ao ambiente II (dois) segundo a figura 7 existem trechos margeando o rio São Francisco onde é mais comum à caatinga hiperxerófila, que se encontra ainda conservada. Igualmente é possível vislumbrar a caatinga hipoxerófila e a floresta ciliar margeando o rio São Francisco. Porém é notável em determinados trechos à caatinga hipoxerófila e a vegetação de transição que se apresentam em processo

de degradação, merecendo total cuidado para não adentrar no aspecto instável. Tratando-se de instabilidade, trechos da caatinga hiperxerófila, hipoxerófila e da vegetação interdunar apresentam características de elevado grau de instabilidade. Há trechos onde não é possível visualizar nenhuma espécie macroscópica, pois em seus lugares estão áreas com plantio agrícola irrigado ou áreas de pastagens.

Contudo, para as diversas variedades de meios estáveis, o princípio da conservação deve ser o de manter uma cobertura vegetal densa com efeitos equivalentes àqueles da cobertura vegetal natural. No entanto, as reservas integrais estáveis, não estão isentas dos desequilíbrios ecológicos que podem desencadear desequilíbrios geodinâmicos.



Figura 7: Ambiente II - *Intergrade*.

No ambiente III (três) de acordo com a figura 8 é possível observar trechos do rio São Francisco onde ele se apresenta estável, no que tange aos processos erosivos em sua margem e com total cobertura da mata ciliar. Geralmente esses trechos estão nos lugares onde não são visíveis povoados nem vilarejos. Porém, existem outros segmentos onde essa característica vai modificando e, ao mesmo tempo já apresenta pequenas alterações e, por fim, espaços onde são visíveis os grandes impactos naturais e antrópicos.

Além do leito principal do rio São Francisco existe algumas áreas interdunares, ou lagoas interdunares que se apresentam totalmente instáveis ou em processo de transição do estável para o *intergrades*, sendo que, estas são fontes de água e pisoteio dos animais, além da proximidade com estradas e veredas onde os moradores transitam cotidianamente.

Entretanto, as modalidades de interferência morfogênese-pedogênese no ambiente *intergrade* variam em função de dois critérios: a) o qualitativo, que leva em consideração a distinção entre os processos morfogênicos que afetam unicamente a superfície do solo e não alteram a sucessão dos horizontes no perfil e, aqueles que agem em relação a espessura do solo ou em uma parte mais importante que venha a perturbar consequentemente a disposição dos horizontes; b) o quantitativo, que considera que quando a instabilidade é fraca, a pedogênese ganha vantagem com toda uma série de termos de transição para os meios estáveis. Mas, se estas vantagens não forem conservadas, a transição poderá ser para os meios instáveis (TRICART, 1977). Portanto, onde a morfogênese e a pedogênese atuam com a mesma intensidade, ocorre geralmente à incidência, tanto de paleodunas, quanto de dunas móveis.



Figura 8: Ambiente III - Instável.

De acordo com Tricart (1977) neste ambiente há o predomínio dos processos morfogenéticos frente aos pedogenéticos, seja por causas naturais ou antrópicas. Existem inúmeros processos que colabora para maior peculiaridade desses meios, sendo que um dos mais relevantes é a vegetação, pois controla por meio de uma influência indireta do clima, sendo a maior instabilidade realizada nas regiões que apresentam fortes instabilidades climáticas. Nesta ação, parte da vegetação se adapta mal às irregularidades climáticas e as influências bioestáticas são reduzidas ao mínimo.

Nos meios fortemente instáveis, o trabalho da morfogênese é superior ao da pedogênese, indicando a existência de dunas móveis. Ratifica-se que, as áreas fortemente instáveis analisadas nesse trabalho, podem ser avaliadas tanto do ponto de vista natural, quanto antropizado.

Por fim, elencou-se uma sugestão de proposta de manejo e conservação ambiental para o geossistema paleodunar, embasada nas características da ecorregião, já que está se encontra inserida as bordas de uma Área de Proteção Ambiental (APA). Assim sendo, sugere-se a criação de um Plano de Manejo e Conservação Ambiental que atenda aos três ambientes (estável, *intergrade* e instável) em concordância com as características do geossistema, do território e da paisagem.

Assim sendo, o Plano de Manejo e Conservação Ambiental (PMCA) se dividiria em três microplanos (figura 9) com vistas a atender a especificidade de cada meio (ambiente), dessa maneira:

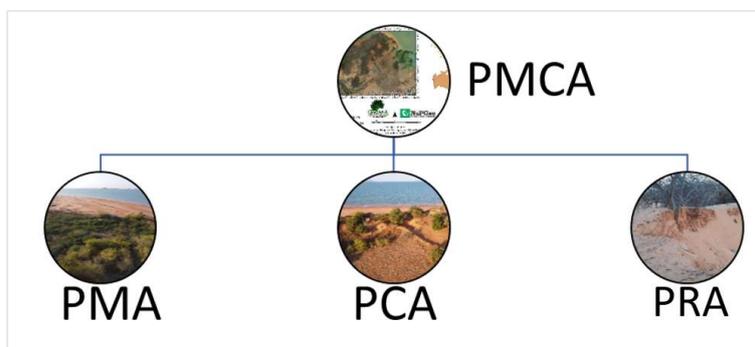


Figura 9: Microplanos para o geossistema paleodunar.

Plano de Manejo Ambiental (PMA) - direcionado para as áreas que ainda se apresentam como estáveis, para que estas não venham a ser futuramente, totalmente danificadas por se tratar de um ambiente frágil e vulnerável pelas condições climatobotânicas e socioeconômicas. Um plano de manejo e conservação

ambiental é indispensável para a área paleodunar visto que poderá executar o zoneamento ambiental e a melhor uso e ocupação dos solos paleodunares.

Plano de Contenção Ambiental (PCA) - indicado para ser aplicado em áreas que se encontram em transição do aspecto estável para o meio *intergrades*. Será indispensável a criação de estratégias de contenção do processo de degradação nas áreas e, estratégias para conservar o que ainda resta de alguns trechos. Para contenção dos impactos já existentes é necessário um mapeamento da situação com vistas a estagnar os danos ambientais e ao mesmo tempo, contê-los, com vistas a não ser necessário atingir uma situação crítica, como é o caso das instabilidades.

Plano de Reflorestamento Ambiental (PRA) - recomendado para ser aplicado em áreas instáveis por meio de aplicação de estratégias de reflorestamento das áreas e, a partir dos resultados se traçaria uma análise da capacidade de resiliência dos respectivos ambientes. Para execução do plano de reflorestamento sugere-se que a vegetação utilizada seja do próprio ambiente, visto que foram identificadas várias espécies nativas e/ou endêmicas existentes no paleoambiente e que são apropriadas para serem utilizadas no processo de recuperação de áreas degradadas. Tais espécies foram identificadas durante o levantamento da fitofisionomia da paisagem, sendo elas: o arará-de-boi, o jatobá, o mororó, o pereiro, a barriguda, o pau-ferro, a quixabeira, além de espécies de *Malvaceae*, como, a malva-de-juta, a malva-de-lavar-prato, a malva-branca, a vassourinha e, o muçambê, entre outras.

A proposta sugerida deverá ser apresentada aos órgãos ambientais (municipais e estaduais), aos gestores da APA e às comunidades do entorno da área pesquisada (pois são estes sujeitos que estão convivendo nesse contexto, podendo contribuir de maneira positiva nessa tomada de consciência), com vistas a promover a sensibilização da necessidade de implementação dos referidos planos, objetivando minimizar a problemática socioambiental existente na área estudada.

De acordo com a Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente (COMANA), n. 10 de 14 de dezembro de 1988, em seu Art. 10º, a vigilância da APA poderá ser efetuada mediante termos de acordo entre a entidade administradora do Poder Público e organizações aptas a colaborar. Sendo assim, é indispensável à aplicabilidade dessa resolução, na prática, visando maior equilíbrio desse sistema aberto, que está vulnerável aos *inputs* e *outputs*, naturais e antropogênicos (CONAMA, 2012).

Assim sendo, qualquer atividade potencial capaz de provocar impactos negativos nesse geossistema, deverá vir acompanhada de um Estudo de Impacto Ambiental e, seu respectivo Relatório de Impacto Ambiental, visando dirimir todo e qualquer impacto irreversível que venha a provocar mais desequilíbrio neste território. Nesse aspecto, observa-se que a dinâmica desse geossistema depende da combinação de diversos fatores físicos e socioambientais. Na concepção de Bertrand (1971), o geossistema corresponde a:

Dados ecológicos relativamente estáveis. Ele resulta da combinação de fatores geomorfológicos (natureza das rochas e dos mantos superficiais, valor do declive, dinâmica das vertentes...), climáticos (precipitações, temperatura...) e hidrológicos (lençóis freáticos epidérmicos e nascentes, pH das águas, tempos de ressecamento do solo...). É o 'potencial ecológico' do geossistema. Ele é estudado por si mesmo e não sob o aspecto limitado de um simples 'lugar'.

Portanto, embora o geossistema seja um conjunto natural, todos os fatores econômicos e sociais

influenciam na sua estrutura e são ao mesmo tempo, influenciados. Sendo assim, além dos fatores naturais, os fatores inerentes à ação antrópica também são levados em consideração durante o seu estudo e análise.

CONCLUSÕES

Analisar os impactos naturais e antropogênicos existentes nas paleodunas do médio rio São Francisco, no município de Sento Sé, exigiu uma imersão em teorias e referências científicas já validadas sobre tal temática. Os referidos campos paleodunares têm sua origem nas variações paleoclimáticas e paleoambientais ocorridas no período quaternário, da Era Cenozoica, sendo suas areias oriundas do processo deposicional elaborado pelo rio São Francisco e transportados por ventos de sudeste e leste.

Á área resguarda um patrimônio natural com rica biodiversidade, contendo um potencial ambiental, turístico e socioeconômico inigualável. O ecossistema situa-se próximo do Parque Nacional Boqueirão da Onça, rodeado por relevos representativos de intensas movimentações endogenéticas e exogenéticas. No seu entorno não é incomum encontrar nascentes, cachoeiras, grutas, registros hieróglifos, uma rica biodiversidade faunística e florística, além de vários campos paleodunares que acompanham o curso do rio São Francisco.

Entretanto, os recursos naturais devem ser utilizados para a promoção de desenvolvimento sustentável e para a manutenção do equilíbrio ambiental, portanto, deve-se avaliar as atividades potencialmente degradadoras ou utilizadoras de recursos ambientais. Deste modo, todas as alterações ocorridas no meio ambiente devido às ações antrópicas, e por vezes por causas naturais são considerados impacto ambiental, sendo que ocorrem sempre por causa de uma ação, direta ou indireta, modificando o meio, ou seja, impacto ambiental é toda e qualquer alteração no meio ou em algum de seus componentes por determinada ação ou atividade, que necessitam de quantificação, pois apresentam variações relativas, podendo ser positivas ou negativas, grandes ou pequenas.

Portanto, este estudo analisou os impactos provocados pelas forças naturais e pela ação humana no ambiente pesquisado, e chegou a conclusão da emergente necessidade de implementação de um Plano de Manejo e Conservação Ambiental nesta área, com vistas a fomentar a sustentabilidade socioambiental e, promover a preservação e a conservação destes paleoambientes, que são registros construídos em outros períodos da história geológica do Nordeste do Brasil.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, I. P. R.; SANTOS, R. P.; PACHECO, C. S. G. R.; MOREIRA, M. B.. Environmental Conservation Proposal (PCA) for the Casa Nova/BA paleodunar complex: a study with fishermen and riverine people from the São Francisco River. **International Journal of Advanced Engineering Research and Science**, v.7, n.2, 2020.

BARDIN, L.. **Análise de Conteúdo**. São Paulo: Edições 70 Brasil, 2016.

BERTRAND, G.. **Paisagem e Geografia Física Global**: esboço metodológico. Caderno de Ciências da Terra. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1971.

BERTRAND, G.; BERTRAND, C.. **Uma geografia transversal e de travessias**: o meio ambiente através dos territórios e das temporalidades. Maringá: Massoni, 2007.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria n. 518 de 25 de março de 2004**. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativas ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. Brasília: DOU, 2004.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resoluções do Conama**: Resoluções vigentes publicadas

entre setembro de 1984 e janeiro de 2012. Brasília: MMA, 2012.

FERNANDEZ, L. L.; FORNARI, L. H. T.; BARBOSA, M. V.; SCHRODER, N.. Ferro e neurodegeneração. **Scientia Medica**, Porto Alegre, v.17, n.4, p.218-224, 2007.

GIANNINI, P. C. E.; ASSINE, M. L.; BARBOSA, L. M.; BARRETO, A. M. F.; CARVALHO, A. M.; SALES, V. C.; MAIA, L. P.; MARTINHO, C. T.; PEULVAST, J. P.; SAWABUCHI, A. Q.; TOMAZELLI, L. J.. Dunas e Paleodunas Eólicas. In: **Quaternário do Brasil**. Associação Brasileira de Estudos do Quaternário. Ribeirão Preto: Holos, 2005.

GIL, A. C.. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 7 ed. São Paulo: Atlas, 2019.

GUERRA, A. J. T.; MENDONÇA, J. K. S.. Erosão dos solos e a questão ambiental. In: VITTE, A. C.; GUERRA, A. J. T.. **Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 2005. p.225-256.

GUERRA, A. J. T.; JORGE, M. C. O.. **Processos erosivos e recuperação de áreas degradadas**. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

LOWE, J. J.; WALKER, M. J. C.. **Reconstructing Quaternary Environments**. London: Longman Group Ltd. Londres, 1997.

PACHECO, C. S. G. R.. **Ecodinâmica da Paisagem Paleodunar do Médio Rio São Francisco/BA**: em defesa das fronteiras agredidas. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Tecnologia de Pernambuco, Recife, 2014.

PACHECO, C. S. G. R.; OLIVEIRA, N. M. G. A.. **Ecodinâmica da Paisagem Paleodunar do Médio Rio São Francisco/BA**. Campinas: Novas Edições Acadêmicas, 2017.

PACHECO, C. S. G. R.; SANTOS, R. P.; COSTA, I. M. G. S.; SILVA, K. J. S.. La degradación ambiental en paleoambientes de Brasil: análisis ecodinámico de la Ecorregión Dunas de São Francisco. **La Técnica: Revista de las Agrociencias**, n.20, p.79-94, 2018. DOI: http://doi.org/10.33936/la_tecnica.v0i20.1306

PACHECO, C. S. G. R.. Feições Arenosas da Bahia. In: SUERTEGARAY, D. M. A.; SILVA, I. A. S.. **Brasil: feições arenosas**. Porto Alegre: Compasso Lugar-Cultura, 2020.

PACHECO, C. S. G. R.. **Paleoecossistemas no curso do rio São Francisco/BA e a ecodinâmica das paisagens**. Curitiba: CRV, 2020. DOI: <http://doi.org/10.24824/978854443919.7>

PACHECO, C. S. G. R.; MOREIRA, M. B.; ARAÚJO, J. F.; ARAÚJO, I. P. R.; SANTOS, R. P.; COSTA, I. M. G. S.. Geosistêmica Paleodunar No Curso Do Rio São Francisco. **Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science**, v.9, n.2, p.226-49, 2020.

PISSINATI, M. C.; ARCHELA, R. S.. Geossistema, território e paisagem: método de estudo da paisagem rural sob a ótica bertrandiana. **Geografia**, Londrina, v.18, n.1, p.5-31, 2009.

THOMAS, D. S. G.; SHAW, P. A.. "Relict" desert systems: interpretations and problems. **Journal of Arid Environments**, v.20, p.1-14, 1991.

TRICART, J.. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE-supren, 1977.

Os autores detêm os direitos autorais de sua obra publicada. A CBPC – Companhia Brasileira de Produção Científica (CNPJ: 11.221.422/0001-03) detêm os direitos materiais dos trabalhos publicados (obras, artigos etc.). Os direitos referem-se à publicação do trabalho em qualquer parte do mundo, incluindo os direitos às renovações, expansões e disseminações da contribuição, bem como outros direitos subsidiários. Todos os trabalhos publicados eletronicamente poderão posteriormente ser publicados em coletâneas impressas ou digitais sob coordenação da Companhia Brasileira de Produção Científica e seus parceiros autorizados. Os (as) autores (as) preservam os direitos autorais, mas não têm permissão para a publicação da contribuição em outro meio, impresso ou digital, em português ou em tradução.

Todas as obras (artigos) publicadas serão tokenizadas, ou seja, terão um NFT equivalente armazenado e comercializado livremente na rede OpenSea (https://opensea.io/HUB_CBPC), onde a CBPC irá operacionalizar a transferência dos direitos materiais das publicações para os próprios autores ou quaisquer interessados em adquiri-los e fazer o uso que lhe for de interesse.



Os direitos comerciais deste artigo podem ser adquiridos pelos autores ou quaisquer interessados através da aquisição, para posterior comercialização ou guarda, do NFT (Non-Fungible Token) equivalente através do seguinte link na OpenSea (Ethereum).

The commercial rights of this article can be acquired by the authors or any interested parties through the acquisition, for later commercialization or storage, of the equivalent NFT (Non-Fungible Token) through the following link on OpenSea (Ethereum).



<https://opensea.io/assets/ethereum/0x495f947276749ce646f68ac8c248420045cb7b5e/44951876800440915849902480545070078646674086961356520679561157857179871477761/>