



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA**

**AMBIENTES DE SEDIMENTAÇÃO E OCORRÊNCIAS ARQUEOLÓGICAS
PRÓXIMAS À FOZ DO RIO SÃO FRANCISCO**

JOSÉ ALFREDO CRUZ E FREITAS NETO

SÃO CRISTÓVÃO/SE

2023

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

**AMBIENTES DE SEDIMENTAÇÃO E OCORRÊNCIAS ARQUEOLÓGICAS
PRÓXIMAS À FOZ DO RIO SÃO FRANCISCO**

JOSÉ ALFREDO CRUZ E FREITAS NETO

Orientador: Prof. Dr. Felipe Torres Figueiredo

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Geologia (DGEOL), da Universidade Federal de Sergipe, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Geologia.

São Cristóvão/SE

2023

**AMBIENTES DE SEDIMENTAÇÃO E OCORRÊNCIAS ARQUEOLÓGICAS
PRÓXIMAS À FOZ DO RIO SÃO FRANCISCO**

JOSÉ ALFREDO CRUZ E FREITAS NETO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Geologia como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Geologia da Universidade Federal de Sergipe, submetido à Banca Examinadora.

BANCA EXAMINADORA



Documento assinado digitalmente
FELIPE TORRES FIGUEIREDO
Data: 12/05/2023 12:27:44-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Felipe Torres Figueiredo
Orientador (UFS)

Prof. Dr. Roger Dias Gonçalves
Membro interno (UFS)

Prof. Dr. Luiz Henrique Passos
Membro Interno (UFS)

São Cristóvão/SE

2023

Dedico este trabalho a minha mãe,
meu pai, meu irmão e a todos que me
apoiaram e me ajudaram no decorrer
da vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha mãe Claudia por todo o seu esforço e trabalho em me educar, toda a sua dedicação para meu ensino e todos os conselhos e orientações. Sou grato por ter me mostrado a importância da educação na vida das pessoas e como ela é transformadora na vida de cada pessoa no mundo. Sou grato por todo amor que tem me dado e todo seu empenho em me proporcionar uma vida de carinho e aprendizagem nas conversas e nas situações do dia a dia.

Agradeço a meu pai Alfredo por todos os seus ensinamentos, conversas e carinho. Sou grato pelas situações as quais me aconselha e me faz refletir, e pelas conversas sobre as coisas da vida e do ser humano, e também sobre as histórias que me conta sobre os vários momentos e situações que a vida nos permite, e em como isso é importante para todos nós.

Agradeço ao meu irmão Claudio por todo o carinho, amor e ensinamentos que compartilhamos, e pelas conversas que tem comigo contando sobre as coisas novas que aprende e que realiza. Agradeço as minhas avós e meus avôs que sempre me deram amor e carinho, e sempre me ensinaram através de suas atitudes e conversas sobre a bondade, amor e sabedoria, ensinamentos que irei levar comigo para toda a vida. Gostaria também de agradecer aos primos, primas, tios e tias que sempre me ajudaram e auxiliaram na jornada da vida.

Agradeço a todos os meus amigos do curso de geologia, da universidade, da escola e da infância, por todas as parcerias, conversas, ensinamentos, conselhos e momentos divertidos que passamos juntos durante a vida. E que ocorram mais momentos felizes para todos nós.

Agradeço ao meu orientador no TCC, Felipe Torres, por toda a ajuda na confecção deste trabalho e todos os ensinamentos transmitidos sobre o assunto e sobre a área de estudo. E agradeço aos professores do departamento de geologia e a todos os professores que tive na vida pela dedicação e empenho na transmissão dos ensinamentos e orientações sobre o conhecimento e a vida.

Agradeço a Arielma Rodrigues e Bruno Martins, que me orientaram no meu estágio na Defesa Civil, e agradeço também a todas as pessoas da Defesa Civil e da SEMDEC, por todos os momentos vivenciados durante o estágio e todos os ensinamentos obtidos.

RESUMO

A foz do Rio São Francisco (RSF) representa hoje uma paisagem composta pela planície aluvial e campos de dunas eólicas, preservados entre Alagoas e Sergipe. Além de ser conhecida por seu potencial turístico, a área tem grande potencial geológico e arqueológico, por expor praias, dunas, riachos, lagoas, mangues afogados durante o último evento transgressivo, e que nos últimos milhares de anos serviram de caminhos de passagem para ocupações humanas. Compreender a relação entre estas populações antigas e a paisagem passa pelo processo de interpretar o paleoambiente onde possam ter sido deixados vestígios por diferentes motivos, como ocupação para moradia, rota migratória, coleta e armazenamento de alimentos, e locais favoráveis à presença de recursos minerais, como argilas para cerâmica, seixos para confecção de artefatos líticos e água potável. Como forma de contribuir com esta questão, o presente trabalho teve como foco a interpretação ambiental e paleoambiental, utilizando como métodos a análise de associação de fácies, elementos arquiteturais e estratigráficos. Foram escolhidas três áreas, em cuja literatura sugeriu-se a presença de artefatos arqueológicos: (1) Campos de dunas de Pirambu em Sergipe, (2) Planície Aluvial do RSF, e (3) Dunas da Praia do Peba em Alagoas. Em todas foram identificadas ocorrências arqueológicas, contudo, as zonas de deflação de uma localidade em Pirambu é a única onde foi possível caracterizar um sítio arqueológico pré-histórico holocênico. Nesta localidade, os artefatos estão expostos em um corredor de inclinação suave entre dunas, por conta da erosão eólica atual. Apesar disso, o ambiente de dispersão das peças, pode estar relacionado à migração de dunas eólicas, sobreposta por terraços fluviais. As dunas do Peba têm morfologia, compondo zonas de deflação, campos de dunas, interdunas úmidas e lençóis de areia. Os artefatos identificados nesta área compõem entre outros, metal, vidro e louça, característicos de um sítio histórico de idade colonial. A exposição das peças está concentrada entre o lençol de areia e sopé da face de barlavento do campo de dunas frontal, diferentemente de Pirambu, em Sergipe, que está no meio do campo de dunas. A planície aluvial do RSF não revelou sítios. Nela foram identificados diferentes elementos arquiteturais atuais que compõem a morfologia de um rio, como dique marginal, canal, meandros abandonados holocênicos e um afloramento interpretado como produto da sedimentação de leques fluviais cascalhosos.

ABSTRACT

The São Francisco River (RSF) mouth represents a landscape composed of the alluvial plain and fields of wind dunes, preserved between Alagoas and Sergipe states. In addition to being known for its touristic potential, the area has great geological and archaeological potential, as it exposes beaches, dunes, streams, lagoons, mangroves drowned during the last transgressive event, and which in the last thousands of years served as passageways for human occupations. Understanding the relationship between these ancient populations and the landscape goes through the process of interpreting the paleoenvironment where traces may have been left for different reasons, such as occupation for housing, migratory route, collection and storage of food, and places favorable to the presence of mineral resources, such as clay for ceramics, pebbles for making lithic artifacts and drinking water. In order to contribute to the matter, the present work focused on environmental and paleoenvironmental interpretation, using facies association, architectural and stratigraphic elements analyses. Three areas were chosen, in whose literature the presence of archaeological artifacts was suggested: (1) Pirambu dune field in Sergipe, (2) Alluvial plain of the São Francisco River (RSF), and (3) Dunes at Peba beach in Alagoas. Archaeological occurrences were identified in all of them, however, the deflation zones of a locality in Pirambu are the only one where it was possible to characterize a Holocene prehistoric archaeological site. In this location, the artifacts are exposed in a corridor with a gentle slope between frontal dunes, due to the current wind erosion. Despite this, the dispersion environment of the pieces may be related to the migration of aeolian dunes, superimposed by river terraces. The Peba dunes have morphology, composed of deflation zones, dune fields, humid interdunes, and sand sheets. The artifacts identified in this area comprise, among others, metal, glass and crockery, characteristic of a historic site of colonial age. The exhibition of the pieces is concentrated between the sand sheet and the foothills of the windward face of the dune field, unlike Pirambu, in Sergipe, which is in the middle of the dune field. The alluvial plain of the RSF did not reveal sites. Spite of it, different current architectural elements that make up the morphology of a river were identified, such as a levee, channels, oxbow lakes and an outcrop interpreted as the product of the sedimentation of gravel river fans.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	7
2. OBJETIVOS.....	8
3. ÁREA DE ESTUDO	9
4. MÉTODOS.....	9
5. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	10
6. RESULTADOS	27
7. CONCLUSÕES.....	49

1. INTRODUÇÃO

O rio São Francisco (RSF) é amplamente conhecido por características positivas, como a culinária dos povos locais e os passeios com embarcações na foz, próximos aos municípios de Piaçabucu e Penedo, este último município o qual em sua cidade estão preservadas as arquiteturas coloniais de suas construções; e negativas, como o assoreamento, erosão e estreitamento do canal do rio, que sofre em parte como resultado da construção da barragem de Xingó, em 1994 e de mudanças climáticas (e.g. Fontes *et al*, 2009, Gomes, 2021). Apesar deste conhecimento público, a foz do rio compreende características geológicas e morfológicas além da desembocadura, e que podem servir de base, por exemplo, para interpretação de oscilações do nível relativo.

A planície aluvial do rio próxima à foz compreende um conjunto de ambientes sedimentares amalgamados, delimitado a leste pelo oceano Atlântico, a oeste pelo próprio canal do rio, e a norte e sul, em sua maioria por cordões litorâneos de diferentes idades, na parte mais continentalizada, e por campos de dunas eólicas, e mangues em sua porção mais litorânea (e.g. Bittencourt *et al* 1983, Dominguez *et al* 2021). Estes autores tem estudado a evolução dos ambientes de sedimentação e produtos sedimentares nos últimos milhares e poucos milhões de anos, com base em evidências morfológicas vistas em planta. No entanto, a principal motivação destes trabalhos é discutir as oscilações do nível relativo do mar e seus potenciais impactos sobre a linha de costa atual, assunto de grande relevância para as cidades litorâneas atuais.

Diferentemente desta abordagem, o presente trabalho tem como justificativa principal a caracterização de ambientes deposicionais de detalhe em áreas com potencial de preservação de sítios arqueológicos. Compreender a relação entre a ocupação destas populações antigas e a paisagem, passa pelo processo de estabelecer uma relação entre o paleoambiente e o tipo de atividade desenvolvida (e.g. Leite, 2014, Simões e Santos, 2014). Como a região tem grande variabilidade de elementos formadores da paisagem é preciso primeiro localizar ocorrências de artefatos arqueológicos concentrados em uma área de poucos metros quadrados dentro de um determinado elemento da paisagem atual ou antiga. Para em seguida

elaborar hipóteses para sua preservação, como a presença de povos, formação de aldeamentos ou utilização de rotas migratórias por trechos da costa (Leite, 2016).

Como forma de contribuir com a descrição e interpretação paleoambiental em detalhe destas grandes áreas geomorfológicas e poder auxiliar na construção de uma paisagem no tempo da disposição dos artefatos arqueológicos, foram utilizadas como objetos de estudo deste trabalho de conclusão de curso, três áreas na região da planície aluvial próxima à foz do RSF, entre os Estados de Alagoas e Sergipe.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O presente trabalho tem como objetivo geral interpretar alguns contextos de ambientes de sedimentação dos depósitos de idade pleistocênica e holocênica, preservados em três áreas da planície aluvial do Rio São Francisco (RSF) e áreas adjacentes. Bem como, relacionar esses contextos ambientais com a presença de vestígios e sítios arqueológicos da região estudada.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Descrever e interpretar as principais feições geomorfológicas e arquiteturas na escala de afloramento;
- Descrever e interpretar a formação das fácies sedimentares preservadas em cada feição geomorfológica / arquitetural;
- Desenvolver a relação entre os ambientes sedimentares deposicionais e as ocorrências arqueológicas encontradas.

3. ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo abrange a região da planície aluvial, na foz do RSV, cujos pontos de coleta de dados e descrição de campo estão localizados entre os estados de Sergipe e Alagoas, em três ambientes de sedimentação distintos: (1) ambiente de campo de dunas interior, (2) planície de inundação, e (3) praia e dunas frontais (**Figura 1**).

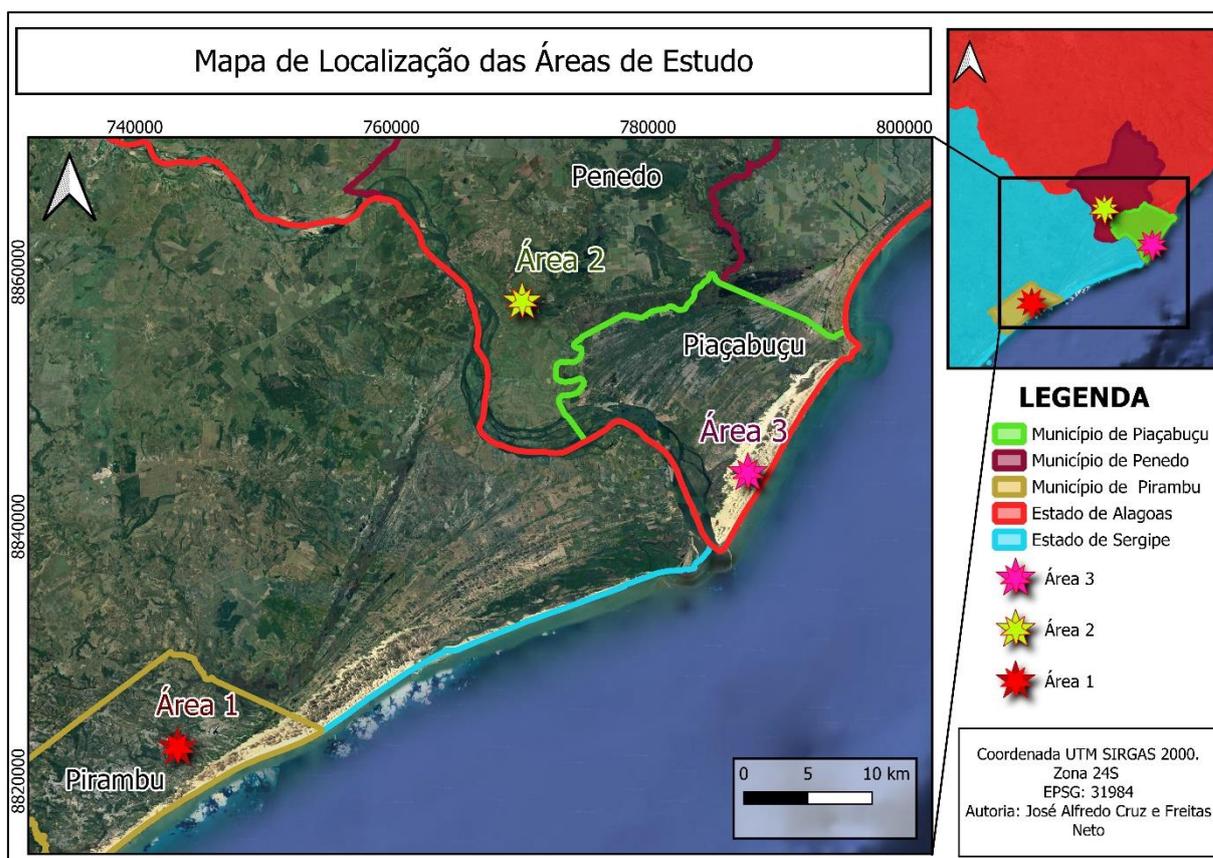


Figura 1. Região de estudo, com destaque para as áreas onde foram realizadas as seções estratigráficas (Áreas 1 e 2) e descritas fácies e feições geomorfológicas (Área 3), evidenciado os limites dos municípios das áreas trabalhadas. Confeccionado pelo autor (2023).

4. MÉTODOS

A aplicação dos métodos deste trabalho foi dividida em 3 etapas: (a) revisão bibliográfica, (b) trabalho de campo, e (c) interpretação de dados.

Na revisão bibliográfica são utilizadas, principalmente, as bibliografias de Bittencourt *et al.* (1983) e Dominguez *et al.* (2021) para o conhecimento do contexto geológico, estratigráfico, geomorfológico e paleoambiental da região trabalhada; com também, Giannini *et al.* (2008) e Scherer (2008), para conhecimento do contexto e funcionamento dos ambientes sedimentares eólicos e fluviais.

O trabalho de campo foi realizado entre os dias 10/01/2023 a 15/01/2023. As áreas escolhidas para o trabalho são definidas por informações bibliográficas que evidenciam os indícios de ocorrências arqueológicas na região. O estudo ambiental, estratigráfico e geomorfológico destas áreas, é desenvolvido a partir da observação e análise do ambiente presente nas áreas dessas ocorrências. Nas áreas 1 e 2 são realizadas seções estratigráficas, utilizando a trena e visadas com a bússola Brunton para medição de espessura das camadas. Na área 3, o estudo tem foco principalmente na geomorfologia do ambiente eólico e em como estão distribuídas as fácies e feições presentes neste ambiente. As coordenadas dos pontos das áreas são obtidas em UTM SIRGAS 2000, na zona 24S.

Os dados obtidos de fotos e anotações realizadas em campo, são interpretados utilizando como base a referência bibliográfica de estratigrafia, contexto geológico e paleoambiente, na qual é cruzada as informações dos dados obtidos com as informações da bibliografia. É utilizado o software Inkscape para delimitar e evidenciar as camadas das seções estratigráficas, como também desenhar a seção com a metragem na vertical e a granulação dos sedimentos das camadas na horizontal. O mapa de localização é confeccionado através do software QGis, utilizando as shapes dos municípios e estados das áreas estudadas, as quais são relatadas através dos pontos obtidos em campo.

5. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste item é discutido um pouco sobre geomorfologia, idades e paleoambiente do RSF (5.1), modelos de sedimentação e produtos eólicos (5.2) e fluviais (5.3).

5.1. Geomorfologia, idades e paleoambiente da planície do RSF

A relação de espaço de sedimentação oceânicas e continental no Quaternário vem sendo estudada e discutida por possibilitar estudos de diferentes ambientes (deltaico, fluvial, marinho, costeiro), e por contribuir com discussões sobre a natureza de feições sedimentares nessas localidades e comportamentos da linha de costa em relação aos eventos transgressivos e regressivos. Evidências deste tipo de dinâmica estão localizadas em regiões como a foz do Rio São Francisco, que ocorre na região nordeste, muito conhecida pela sua preservação de cordões litorâneos, cristas alongadas paralelas à costa, que marcam o deslocamento gradual de antigas paleo linhas de praia. Bittencourt *et al.* (1983) apresenta um cenário de evolução paleogeográfica quaternária, dividida em estágios e nos tipos de depósitos presentes na área da costa do Estado de Sergipe e parte sul da costa do Estado de Alagoas (Figura 2).

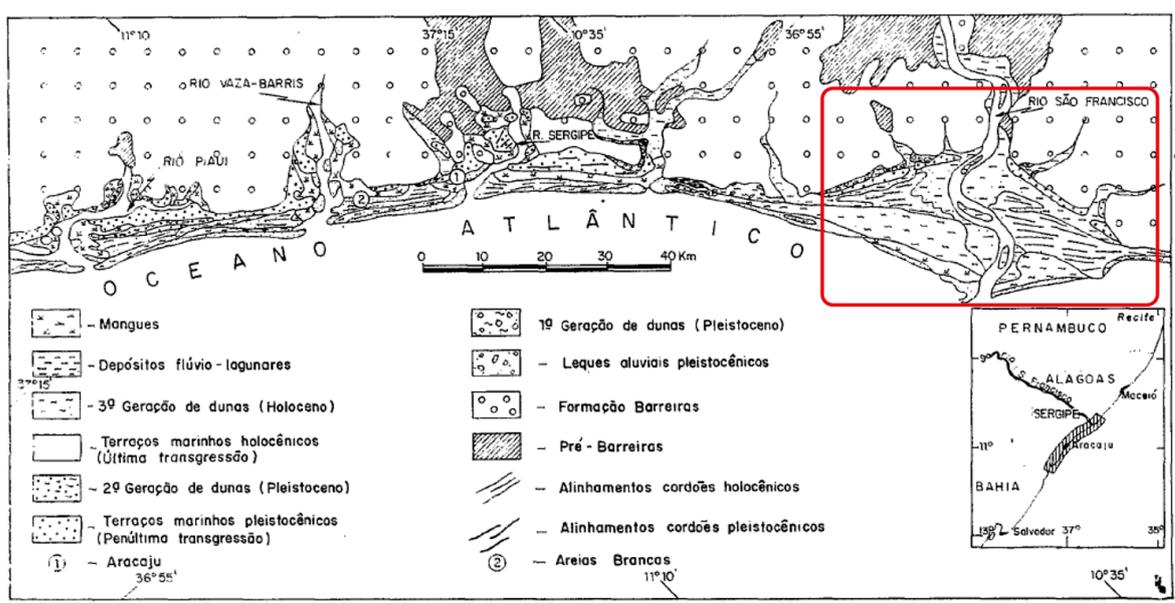


Figura 2. Mapa geológico da costa do estado de Sergipe e sul da costa do estado de Alagoas, com retângulo vermelho dando enfoque ao Delta do rio São Francisco, área de foco do estudo. Modificado de Bittencourt *et al.* 1983.

A relação dos ambientes é notável por características deposicionais dos sedimentos, como pode ser perceptível nos depósitos de sedimentos marinhos pleistocênicos e holocênicos, referentes a penúltima e última transgressão marinha, respectivamente, e em zonas baixas, os separando da presença de depósitos fluvio-lagunares, evidenciando entre períodos de transgressões a progradação do continente para o oceano. Há também presença de depósitos de leques aluviais,

parcialmente erodidos, durante a última transgressão, através da sua proximidade com os terraços marinhos pleistocênicos. Por último, deve ser relatada também a presença de depósitos eólicos pela presença de três gerações de dunas, sendo as mais antigas do tipo Parabólica, fixadas pela vegetação, encontradas sobre os tabuleiros da Formação Barreiras e originadas a partir dos sedimentos de planícies costeiras. Este depósito foi erodido pela penúltima transgressão marinha e sobreposto pelos terraços marinhos pleistocênicos durante a subsequente regressão do mar. A segunda geração de dunas parabólicas relatadas tem desenvolvimento destacável entre os rios Piauí e Vaza-Barris, sendo que em um afluente do rio Piauí foi observado o recobrimento dos terraços marinhos pleistocênicos por essa segunda geração de dunas e na extremidade sul desta mesma geração foi observado a proximidade dos terraços marinhos holocênicos, o que indica a erosão desta camada de dunas durante a Última Transgressão. A última geração de dunas relatadas na região é sobreposta aos terraços marinhos holocênicos, sendo encontrados dois tipos morfológicos, as parabólicas mais antigas e fixadas pela vegetação, localizadas nas porções internas (centrais) sobre os depósitos marinhos, e as barcanas mais recentes continuamente depositada nas bordas da área de estudo.

Os eventos correspondentes as dinâmicas continentais e marinhas, também foram relatados por Bittencourt *et al.* (1983), sendo eles responsáveis pela evolução paleogeográfica e estratigráfica quaternária do local. Basicamente são divididos seis eventos do quaternário (**Figura 3**), os quais são classificados através de dinâmicas de erosão e deposição em fases, respectivamente transgressivas e regressivas do mar. No 1º evento ocorre a Transgressão mais antiga, com a erosão da Formação Barreiras esculpindo as falésias e os baixos cursos dos rios sendo afogados e se tornando estuários; o 2º evento é marcado pela denominada regressão mais antiga, a qual foi marcada pelo clima semi-árido, depósitos coalescentes de leques aluviais no sopé das falésias, e provável retrabalhamento de depósitos de campos de dunas, advindas da planície costeira, cavalgando a falésia; o 3º evento é marcado pela Penúltima Transgressão na qual ocorre a erosão dos depósitos de leques aluviais, retrabalhamento da linha de falésias e presença de estuários de baixo curso do rio; 4º evento é a regressão da penúltima transgressão, ocorrendo a deposição dos terraços marinhos pleistocênicos os quais apresentam uma rede de drenagem superficialmente, e durante a deposição deste material ocorreu o retrabalhamento por

parte dos ventos na superfície localmente construindo campos de dunas; 5º evento é correspondente a subida do nível do mar durante a Última Transgressão, com a erosão parcial dos terraços marinhos pleistocênicos, com o mar retrabalhando, novamente, as falésias da Fm. Barreiras com o máximo dessa última transgressão o momento em que os rios foram afogados pela última vez no processo e ocorreu a formação de uma série de corpos lagunares construídos a partir do afogamento da parte inferior dos vales da Fm. Barreiras e da rede de drenagem dos terraços marinhos pleistocênicos por último, o 6º evento corresponde ao último evento regressivo que moldou a costa, no qual ocorreu a deposição dos terraços marinhos holocênicos, as lagunas do evento anterior perderam a comunicação com o mar, evoluindo para pântanos com depósitos de turfa, ocorreu também o desenvolvimento dos sedimentos fluviais com a progradação da foz do rio São Francisco, e de dunas de terceira geração ao longo do litoral e nas proximidades da foz do rio São Francisco.

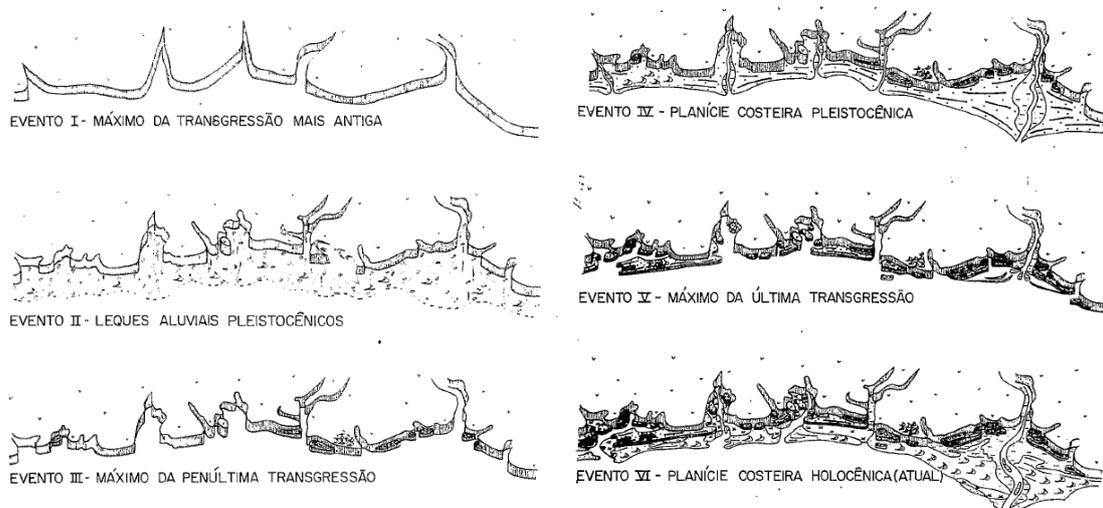


Figura 3. Mudanças significativas na costa e na área do rio São Francisco, através dos eventos que permitiram a evolução paleogeográfica do quaternário na Região. Modificado de Bittencourt *et al.* 1983.

Dominguez *et al.* (2021) também realizou estudos focados na foz do Rio Francisco, analisando as dinâmicas geomorfológicas, ambientais e geológicas da linha costeira. Foi destacado por ele um ápice e maior desenvolvimento de descargas fluviais durante o Holoceno, com a construção pontuada do Delta, porém depois de

1985 ocorre a erosão costeira do delta, resultado da mudança de dinâmica fluvial ocorrida pelo rio combinada com a diminuição de precipitação da época. Algo de grande importância de classificação foi a definição de Sets de cunha de duna que estão desenvolvidas no plano do delta, com morfologia, características, geometria e truncamentos; os quais servem para ter uma noção descritiva geral e, conseqüentemente uma noção genética dos sets escolhidos.

Em termos composicionais foi relatado por Dominguez *et al.* (2021) uma análise bibliográfica a qual é mencionado que as areias predominam na planície do delta com presença de dunas, zonas de praia e depósitos fluviais, além dos depósitos de grãos finos lamosos desenvolvidos através do rio na plataforma continental. Na planície deltaica são relatados dois conjuntos de depósitos de praia, um mais antigo que estão em contato com as falésias esculpidas da Formação Barreiras e depósitos mais novos de praia Holocênicos, com duas gerações de dunas, uma interna estabilizada pela vegetação e uma externa ainda ativa. A Nordeste da foz do São Francisco dominam os depósitos eólicos, e a sudoeste são presenciadas feições do tipo *chenier* separadas por áreas de manguezais (*mangroves*). É também relatado que nas porções mais externas da planície deltaica é notável a assimetria dos depósitos sedimentares.

Em relação a esses depósitos, Dominguez *et al.* (2021) discutiu em seus estudos os conjuntos de paleopraias. Neste trabalho terão como foco os conjuntos denominados de BRS-4, BRS-5 e o conjunto denominado de *Mangrove Swamps* (**Figura 4**), nas noções de origem e processos deposicionais.

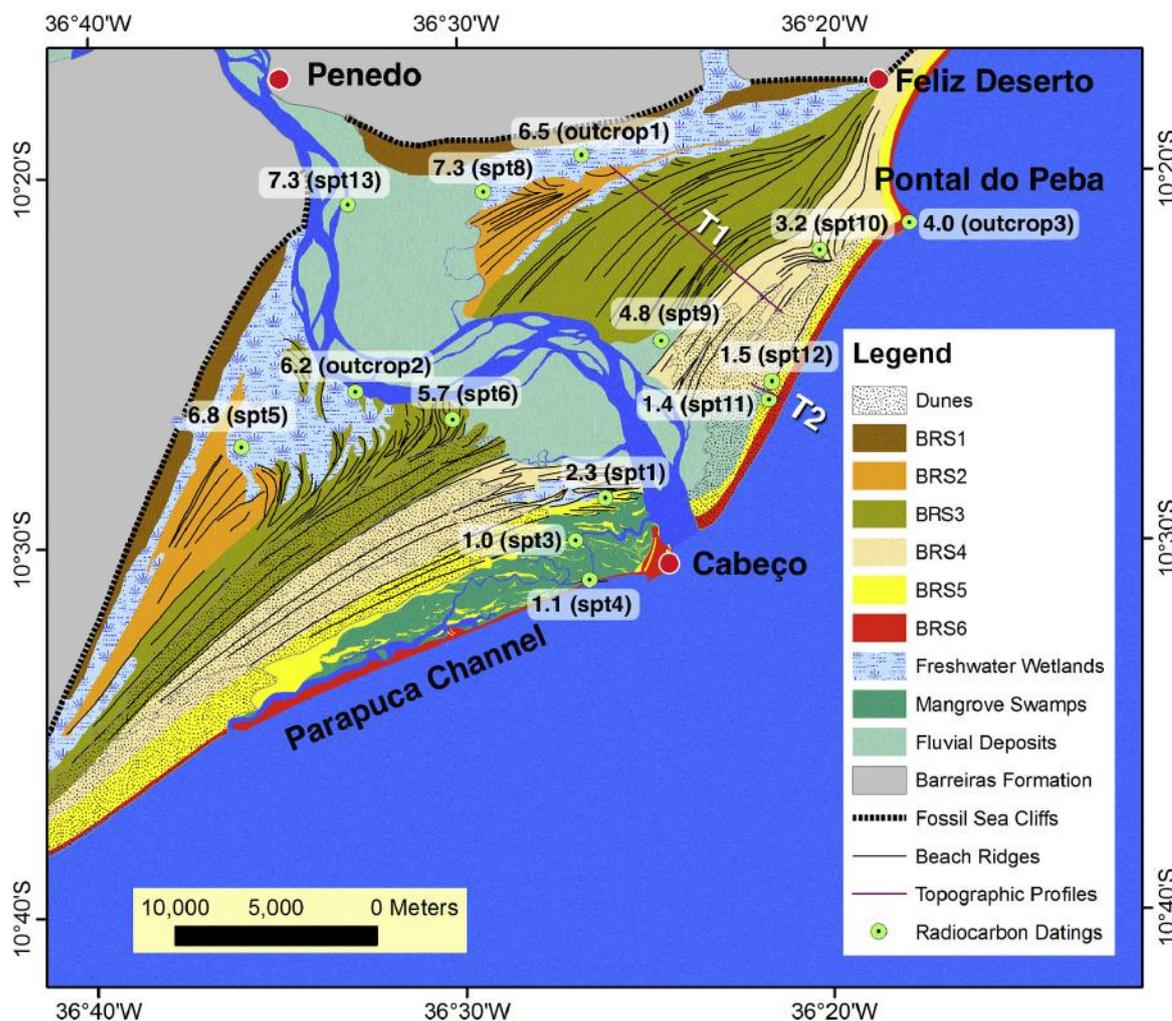


Figura 4. Variabilidade das feições geomorfológicas atuais e paleoambientais no delta do Rio São Francisco. BRS1 a BRS6 representam conjuntos de feições de paleo-praias e dunas ativas, com respectivas idades em milhares de anos. A área 1 está localizada entre os domínios BRS3 e BRS4, a área 2 está próxima ao domínio dos depósitos fluviais, e a área 3 está localizada no campo de dunas estabilizadas e ativas, dentro do domínio BRS4. Adaptada de Dominguez et al 2021.

O domínio do conjunto das feições de paleo praias (BRS4) representa duas gerações de dunas: uma inativa, fixada pela vegetação, e outra ainda ativa. A BRS4 na porção nordeste da planície deltaica tem largura de até 5 km, e semelhante ao que foi observado na BRS3, as geometrias das cristas de praia mostram a influência dos recifes offshore durante sua deposição, dando origem a saliências e tombolos, porção sudoeste da planície do delta, a BRS4 é mais estreita, atingindo no máximo 2,9 km de largura, Na região mais próxima ao rio, o cumes de praia em ambos os lados da planície exibem uma cúspide pronunciada padrão, que indica protuberância offshore da foz do rio, como é comumente visto em deltas dominados por ondas. Além disso,

no Nordeste porção da planície do delta, o limite sul da BRS4 é abruptamente truncado por depósitos fluviais na foz do paleo-rio.

O domínio do conjunto das feições de paleo praias (*BRS-5*). Diferente do *BRS-4* mostra maior desenvolvimento na porção sudoeste da planície do delta (largura máxima de 3 km), mas com outra diferença importante relação aos demais conjuntos; os corpos de areia tipo chenier (chenier-like sand bodies) apresentam-se a jusante da foz do rio (no caso onde descarrega a água) e adjacentes à foz do rio, esses corpos de areia apresentam uma geometria “bumerangue” causada pela refração das ondas, que força parte do sedimento a ser transportado para o interior da foz do rio. Um transporte litorâneo líquido para o sudoeste dominou no lado a jusante da planície. Na linha de costa a montante, rede ao longo da costa transporte foi quase zero, porque a linha de costa já havia atingido a orientação de equilíbrio.

5.2. Ambiente deposicional eólico

De acordo com Giannini *et al.* (2008) o vento é o principal agente geológico nestes ambientes, com nível de base de erosão a chamada superfície freática, na qual, quanto mais profundo for seu nível, mais suscetível de erosão eólica está o terreno. Nas regiões costeiras, as quais são as áreas desse trabalho, o sistema eólico tem expressão morfológica importante, principalmente naquelas que favorecem o fornecimento de sedimentos trazidos por rios e correntes litorâneas induzidas por ondas ou marés, e onde o vento é bastante atuante pela presença escassa de sedimentação, como também pela exposição de sedimentos arenosos na zona intermarés.

Nesses ambientes eólicos, através da análise do local de estudo foi possível definir 3 zonas de sistemas eólicos: os campos de dunas (com cada duna apresentando um sotavento e barlavento), os lençóis de areia e as zonas interdunas. Os campos de dunas móveis são as grandes massas individuais de areia em movimento, constituídas pelas dunas eólicas, com possibilidade de presença de vegetação em zonas costeiras, mas essas sendo irrelevantes do ponto de vista da sedimentação, vale lembrar que na configuração que garante a assimetria de uma

duna são presenciados o barlavento e o sotavento, no qual são presenciadas as faces de avalanche (slipface).

Os lençóis de areia tem superfície de relevo plano, sem a presença destacável de dunas, sendo assim, uma massa de areia carregada, na qual seus depósitos conseguem ser individualizados e independentes dos processos nos campos de dunas, dos quais são localizados geralmente na margem, são características desses lençóis a granulação grossa, cimentação superficial, nível de água elevado, enchentes periódicas e vegetação superficial, sendo a estrutura mais comum de encontrar a estratificação plana ou com baixo ângulo (menor que 15°).

Por fim, são destacáveis a porção Interdunas, que, de acordo com McKee (1979 e 1983) *apud* Giannini *et al.* (2008), são zonas onde predominam processos eólicos erosivos e processos não eólicos deposicionais, das quais foi possível destacar no trabalho de campo a ação de lagos e lagunas; McKee (1982) *apud* Giannini *et al.* (2008) identificou principais tipos de depósito dessa zona, dos quais coincidem com os vistos em campo: as areias vegetadas, depósitos lacustres, areias maciças, e estratificações cruzadas truncadas.

Durante os estudos das dunas eólicas (Figura 5), foram realizadas diversas propostas para sua nomenclatura e classificação. De acordo com Giannini *et al.* (2008) os tipos básicos de dunas mais universais são as de orientação transversal ao sentido do fluxo eólico principal: transversais *sensu stricto*, barcanóides e barcanas, ocorrendo tanto nos desertos como em áreas costeiras úmidas, estas últimas que são objetos deste estudo; se tratam de morfologias conectadas pela geometria da crista, em que cada vez que aumenta sua sinuosidade evolui de dunas transversais para barcanas isoladas ou lateralmente coalescidas (barcanóides). De acordo com Giannini *et al.* (2008) as dunas transversais tem crista e perfil do sotavento aproximadamente retilíneos, orientação ortogonal ao vento efetivo, pouco variável durante sua extensão, e direções do vento diferentes da modal seriam predominantemente a ela perpendiculares, contribuindo para a manutenção da linearidade da crista e da face sotavento. As cadeias barcanóides são influenciadas por pequenos desvios dos ventos em relação ao fluxo principal, estes desvios são supostamente

responsabilidade no desenvolvimento de projeções ou cúspides que caracterizam a geometria em planta destas morfologias, possuindo orientação grosso modo coincidentemente com a dos ventos mais efetivos. Em áreas úmidas também é quase exclusiva a presença de dunas controladas pela existência de vegetação e/ou nível freático alto, ocorrendo a estabilização parcial da duna, são morfologias características dessas situações as dunas parabólicas e *Blowout*.

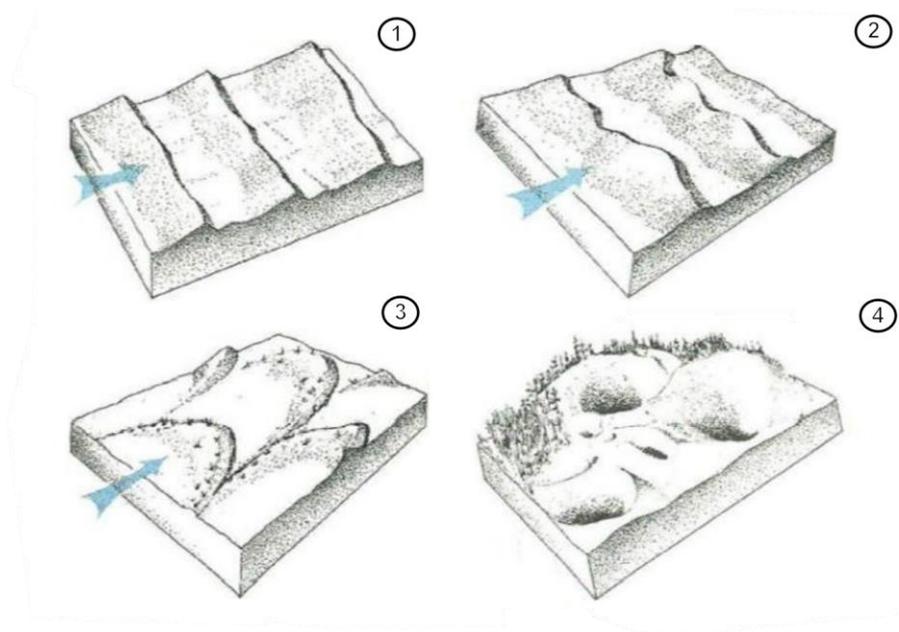


Figura 5: Tipos de dunas eólicas presentes em situações gerais (1- Transversais e 2-barchanóides) de áreas úmidas (parabólicas e blowout). Modificado de McKee (1979) *apud* Giannini *et al.* (2008).

Os sistemas eólicos são classificados por Kocurek e Havholm (1993) *apud* Gianinni *et al.* 2008, de acordo com os fatores que provocam a estabilidade do sistema, em secos, úmidos e estabilizados, sendo o principal fator a posição do nível freático e a franja de capilaridade em relação a superfície deposicional. De acordo com Giannini *et al.* (2008), os sistemas eólicos secos há uma contínua disponibilidade de areia incoesa para ser transportada pelo vento, sendo que, visto os fatores deste ambiente é relatado que o nível freático e a franja de capilaridade estão abaixo da superfície deposicional, e , de acordo com a relação entre os fatores aerodinâmicos e o aporte sedimentar, podem ser apresentados dois cenários para o ambiente seco, sendo o primeiro caso um ambiente de alternância entre dunas e extensas planícies interdunas (sendo o responsável por esse cenário aporte sedimentar baixo), e o

segundo caso, favorecido pela escassez de água, ocorre a incoesão de sedimentos, a planície interduna se torna uma área favorável para a erosão e redeposição do vento com um conseqüente cavalgamento de dunas na região. Os sistemas eólicos úmidos apresentam nível freático e sua a franja de capilaridade estão aflorantes ou próximos (até poucos metros) da superfície deposicional, a proximidade da presença de água no local diminui tanto o potencial erosivo do ambiente quanto a quantidade de sedimentos que o vento pode transportar.

É destacável que de acordo com Kocurek e Havholm (1993) *apud* Gianinni *et al.* 2008 é possível existir sistemas eólicos úmidos sob clima seco, como em casos costeiros, os quais a presença da água próxima a superfície é regida pelo comportamento de nível freático que é controlado pelo nível do mar e pelo clima. Os sistemas eólicos estabilizados, o terceiro tipo de sistema eólico na classificação de Kocurek e Havholm (1993) *apud* Gianinni *et al.* 2008, são individualizados pelos seus fatores estabilizadores de caráter tipicamente local, como por exemplo a vegetação, a qual aparenta ter uma predominância no local onde foi realizado o campo. É mencionado por Giannini *et al.* (2008) que, nas situações em que esses fatores estabilizadores superam a deposição dos sedimentos, ocorre a queda do aporte eólico.

5.3- Ambiente deposicional fluvial

De acordo com Scherer (2008) a capacidade e competência dos rios são controlados por fatores como relevo e descarga definindo em conseqüência, a morfologia do canal e o tipo de sedimento transportado.

Os processos fluviais são responsáveis pelas dinâmicas de erosão e deposição do ambiente fluvial, conseqüentemente são esses processos e essas dinâmicas que evidenciam como se comporta o ambiente fluvial, os elementos que compõe este ambiente e as características de leito, sedimento, rocha e estruturas presentes no sistema. Sendo um dos processos importantes a erosão fluvial, que é classificada em dois tipos principais (Scherer, 2008). O primeiro tipo é a incisão, caracterizada pelo rebaixamento do nível de base, seguido pela exposição subaérea, e conseqüente erosão do fundo do vale do canal principal. Outra forma de ocorrer erosão é através

da migração lateral, frequente em estilos de canais meandrantos, ou seja, curvados, devido à baixa declividade da planície, que obriga o canal do rio a erodir sua porção mais externa.

O transporte e a deposição dos sedimentos neste sistema também são processos de alta significância para as características estratigráficas e ambientais do sistema fluvial. De acordo com Scherer (2008) estes processos possuem três mecanismos principais: fluxo de detritos, carga de fundo e carga de suspensão. Os Fluxos de detritos possuem alta quantidade de sedimentos pobremente selecionados que são mobilizados em uma superfície inclinada, em um fluxo plástico, em algumas situações pode haver orientação incipiente dos clastos. Já a carga de fundo são grãos que percorrem o substrato do canal durante seu transporte, sendo os grãos maiores transportados por arrasto e rolamento e os grãos menores por saltação, nestes mecanismos podemos ver as formas de leito de marcas onduladas que são desenvolvidas em condições de baixa velocidade ($<1\text{m/s}$), em grãos com granulação entre silte e areia fina; porém, de acordo com Scherer (2008) com o aumento da velocidade do fluxo são desenvolvidas as dunas. Com isso é possível observar que durante um aumento na velocidade, além da mudança na forma de leito, também ocorre a mudança na granulação e seleção dos grãos, os quais passam a ser maiores e menos selecionados. Por fim, estão as cargas em suspensão, com granulação, de menor tamanho, variando de silte para argila, e com a deposição destes sedimentos de fração fina em regiões de baixa energia.

De acordo com Scherer (2008) a morfologia do canal é desenvolvida por fatores como descarga, suprimento sedimentar e pelo gradiente.

Os rios meandrantos possuem alta sinuosidade, e de acordo com Schumm (1972) *apud* Scherer (2008) possuem carga mista. O que é característico desta morfologia é a dinâmica de erosão, ocasionada pela migração lateral, e deposição dos sedimentos nas barras de pontal, essa característica é justificada pela diferença na velocidade do fluxo na parte externa do meandro (mais veloz) e na parte interna (mais lenta). Em termos de granulometria é possível observar uma tendência gradacional na qual ocorre uma diminuição da granulação dos sedimentos da base para o topo,

como também a predominância de estruturas de fluxo de menor velocidade nas porções superiores dos depósitos, resultado tanto da variação da profundidade quanto da velocidade do fluxo na superfície da barra de pontal.

De acordo com Scherer (2008) os rios entrelaçados são canais conectados separados por barras arenosas ou cascalhosas. Esse tipo de rio é originário de uma alta descarga de fluxo sedimentar com alta variabilidade, resultando na deposição dos sedimentos na forma de barras ou ilhas com a diminuição da velocidade do fluxo.

Os rios anastomosados são outra morfologia de rio que se caracteriza pela interconexão dos canais, porém agora separados por planícies de inundação, são canais estreitos, com baixa sinuosidade e profundos, dominados por sedimentos finos e com presença significativa de vegetação no decorrer do canal, diferente do canal meandrante, nesta morfologia não ocorre migração lateral ou deposição em barras, e de acordo com Scherer (2008), os sedimentos são depositados por agração vertical associado a sobreposição de dunas e, mais raramente, barras arenosas.

Os rios retos apresentam um canal simples, porém com bordas estabilizadas, limitadas pelos diques marginais.

Elementos externos aos canais, mas que são presentes no sistema fluvial, também são importantes no trato de fácies e sessões, pois evidenciam processos presentes nestes depósitos. Dentre eles estão os diques marginais, *crevasse spray* e a planície de inundação. Os diques marginais são acúmulos de sedimentos finos em forma de crista e contínuos na borda do canal, esses sedimentos são depositados através do mecanismo de suspensão durante a cheia do rio. Os depósitos de *crevasse spray* são lobos de sedimentos que extravasam do canal durante as cheias, rompendo assim o dique marginal, de acordo com Scherer (2008), são gerados por fluxos de gravidade no declive do dique. A planície de inundação são regiões de baixo relevo, majoritariamente formada por sedimentos muito finos, apresentando baixa acumulação de sedimentos.

A morfologia dos canais pode ser desenvolvida por fatores controladores, dos quais, de acordo com Scherer (2008), ressaltam: aporte sedimentar, granulometria dos sedimentos transportados, coesividade dos bancos, vegetação, variabilidade da descarga e inclinação do terreno. A relação entre declividade do terreno, nascente e foz do rio e a morfologia também é muito importante, pois as áreas mais próximas a nascente do rio, regiões mais proximais e com maior declividade, o rio tende a ser entrelaçado, apresentando uma alta variabilidade granulométrica e presença de sedimentos mais grossos, esse rio no decorrer do seu desenvolvimento para a foz, áreas mais distais e com menor declive, tende normalmente a apresentar morfologia meandrante.

O registro geológico deste ambiente é formado e desenvolvido através fácies, que são correspondentes de processos sedimentares ocasionados nas regiões fluviais, analisadas através das características dos depósitos sedimentares, como estruturas, texturas, cor e tonalidade das camadas entre outras.

Elementos arquiteturais também são registros que possibilitam a descrição e interpretação de conjuntos de estruturas e superfícies limitantes no campo, possibilitando também a confecção de uma história estratigráfica, geológica e ambiental do sistema (**Figura 6**). De acordo com Scherer (2008), elemento arquitetural é definido como um litossoma caracterizado por geometria externa e interna, associação de fácies e escala, representando processo único ou conjunto de processos que ocorrem no sistema deposicional. Sendo assim, é possível notar que estes elementos são utilizados tanto de forma individual como de forma relacionada para a análise do ambiente de deposição da rocha sedimentar ou dos sedimentos, encontrados no registro estratigráfico.

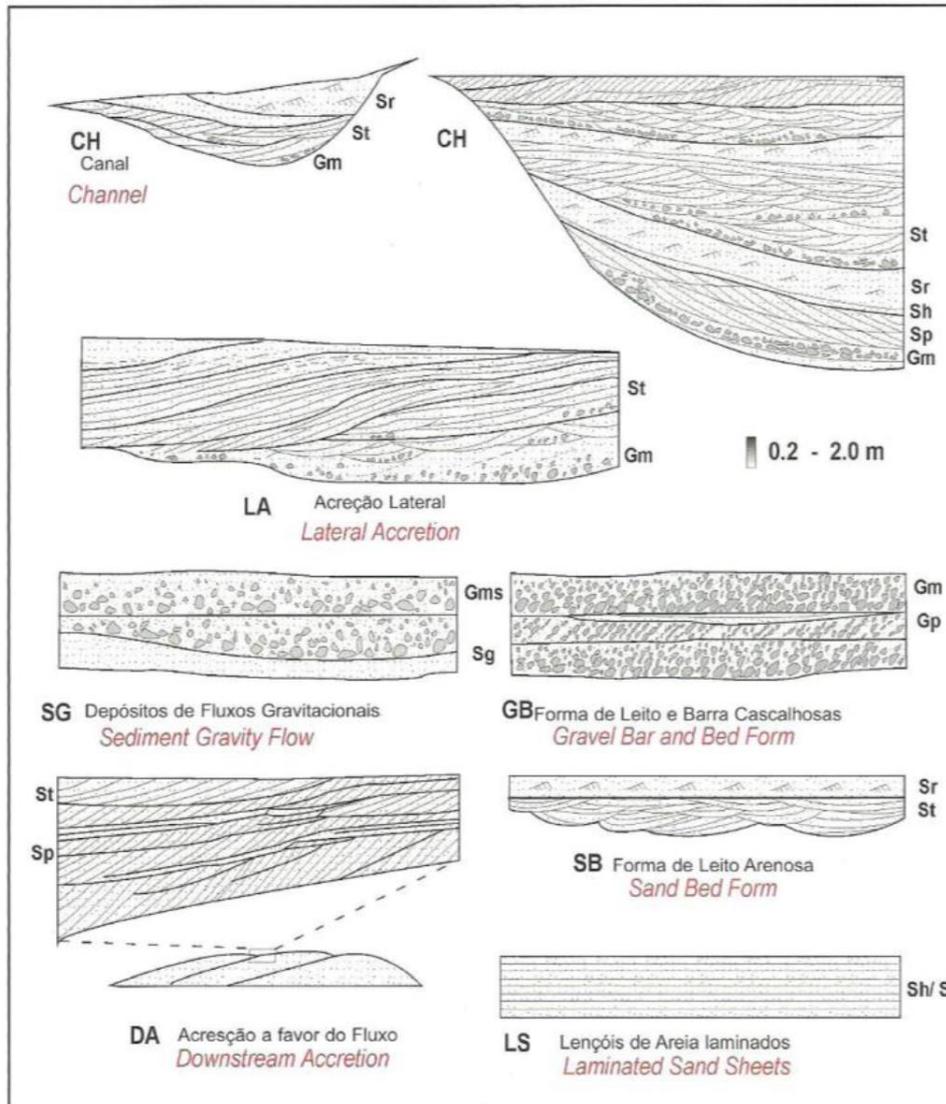


Figura 6. Elementos arquiteturais dos sistemas fluviais. Extraído de Miall, (1988) *apud* Scherer (2008).

De acordo com Miall (1996) *apud* Scherer (2008) os elementos arquiteturais de canal fluvial são classificados em:

- Elementos LA (Depósito de Acreção Lateral): Correspondente as barras de acreção lateral ou barras em pontal, dos canais meandrantés. De acordo com Allen (1963) *apud* Scherer (2008), o depósito é marcado por superfícies inclinadas direcionadas ao interior do canal denominadas estratificações cruzadas *épsilon*. Diminuição da granulação dos sedimentos da base para o topo e geometria sigmoideal. De acordo com Scherer (2008) essas superfícies

de acreção lateral tem sentido de mergulho aproximadamente transversal com o sentido de migração da forma de leito.

- Elementos DA (Macroforma de acreção frontal): Correspondem as barras de meio de canal. Nesses depósitos os estratos cruzados e as superfícies limitantes tem mesmo sentido de mergulho, isso indica que essas barras estão na direção paralela ao fluxo do rio, migrando no mesmo sentido de transporte da água no canal.
- Elementos CH (Depósitos de canal): esses depósitos consistem em uma variação de areia muito fina a muito grossa (**Figura 6**), com estruturas de estratificações cruzadas acanaladas ou planares, como também laminações cruzadas de marcas onduladas ou laminações horizontais.
- Elementos SG (Depósitos de Fluxo Gravitacional): Predominância de fração cascalho, grãos mal selecionados e superfícies limitantes das fácies com tendência retilínea ou pouco curva.
- Elementos GB (Depósitos de Forma de Leito ou Barras Cascalhosas): Predominância de fração cascalho, podendo ocorrer estratificações cruzadas planares, superfícies limitantes das fácies com tendência retilínea ou pouco curva.
- Elementos SB (Forma de Leito arenosa): Apresenta depósitos de areia muito fina a muito grossa com estratificações cruzadas acanaladas e laminações cruzadas de marca ondulada.
- Elementos LS (Lençóis de Areia laminados): Apresenta depósitos de areia muito fina a grossa com estruturas de estratificações de baixo ângulo e laminação horizontal.

A interpretação e descrição das fácies, elementos arquiteturais e conjuntos de depósitos são auxiliadas em quesito de descrição e interpretação pelas superfícies limítrofes, que tem por objetivo destacar a diferença nas características estratigráficas

dos pacotes. São ao todo seis superfícies, de acordo com Miall (1988,1991) *apud* Scherer (2008), separando os litossomas em diferentes escalas físicas e temporais. Porém neste trabalho, para fins didáticos, iremos focar nas que são mais importantes neste estudo e para a análise das fácies em campo, de 1ª, 2ª, 3ª e 4ª ordem.

De acordo com Scherer (2008), as superfícies de 1ª ordem são planas, com inclinações variadas e limitam os sets de laminação cruzada, indicam a continuidade do fluxo durante de um determinado espaço de tempo. Superfícies de 2ª ordem também são planas de inclinação variada e indicam mudanças nas condições do fluxo sem envolvimento de uma interrupção e lacuna deposicional significativa. As superfícies de 3ª ordem são representadas por superfícies erosivas, onde teve reativação de fluxo dentro de macroformas, bem como permite a identificação de elementos arquiteturais DA, LA e GB, geralmente truncam os estratos cruzados subjacentes. Na 4ª ordem são presenciadas as superfícies limitantes entre os elementos arquiteturais, podem ter relação do fluxo tanto entre a instabilidades do leito do rio quanto a períodos de enxurradas.

A utilização, descrição e interpretação destes elementos arquiteturais é aplicada na reconstrução paleoambiental do sistema, os quais permitem reestruturar como estavam dispostos o canal fluvial, sua morfologia, os sedimentos transportados e os elementos exteriores que foi possível reconhecer na análise de fácies. Scherer (2008) indicou através de blocos diagramas (**Figura 7**), utilizando dados bibliográficos de autores que estudaram as morfologias dos canais fluviais anastomosados (**Figura 7A**), meandrantés (**Figura 7B**) e entrelaçados (**Figura 7C**).

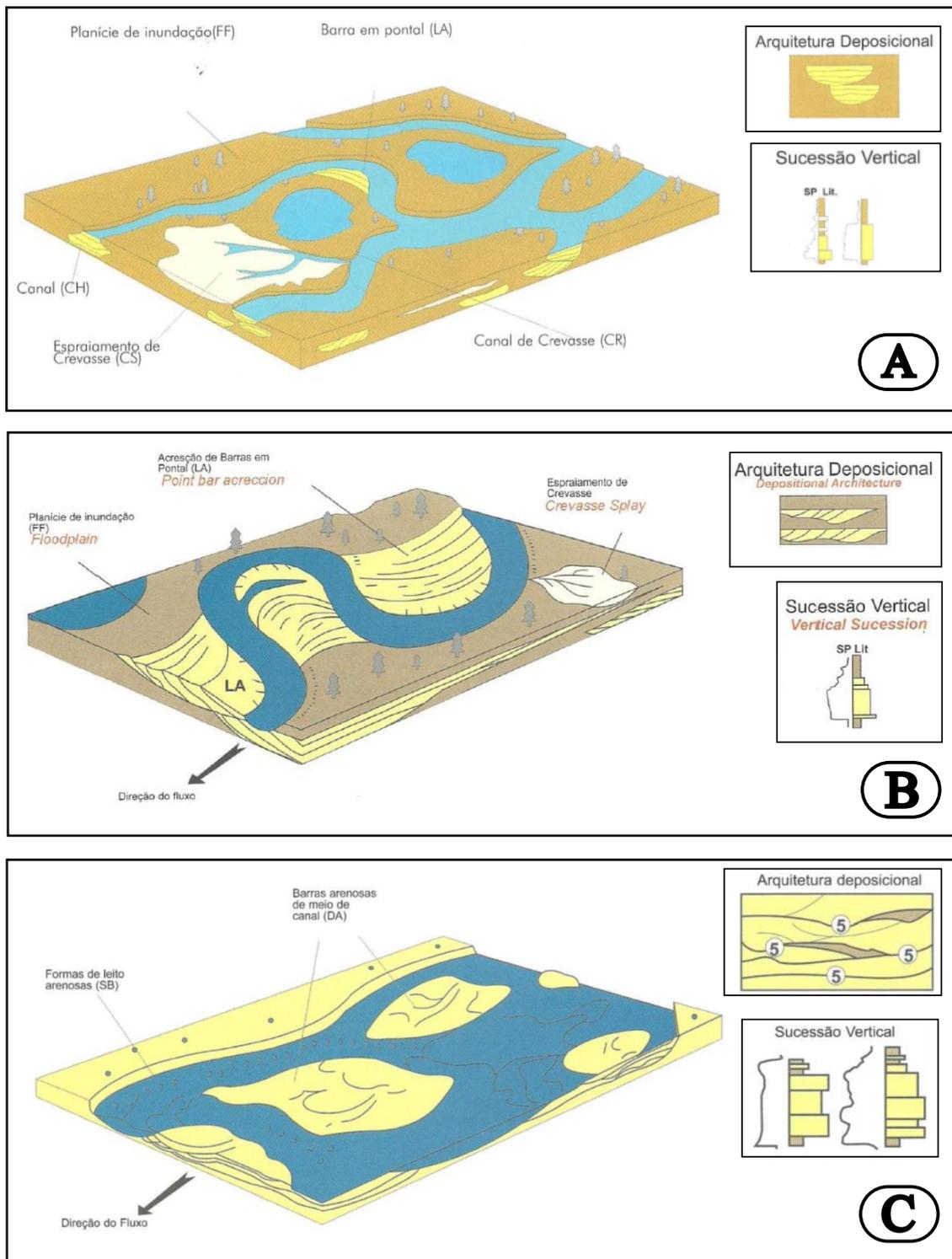


Figura 7. Diagramas de reconstrução de sistema deposicional através dos elementos arquiteturais. A- Anastomosados, B- Meandrantres, C- Entrelaçados. Modificado de Richards (1996) *apud* Scherer (2008).

6. RESULTADOS

Os resultados deste trabalho foram organizados em três áreas de estudo, de acordo com o tipo de arquitetura deposicional e com as fácies presentes nos locais trabalhados.

6.1 Arquitetura e fácies eólicas da planície aluvial do RSF (Área 1)

A seção estratigráfica confeccionada na área do município de Pirambu, Sergipe, com coordenadas UTM 743326/8822629, localizada nas proximidades das atrações turísticas Lagoa Azul e Lagoa Funda, e da estrada SE-100, no mesmo município. A seção da base para o topo inicia com 60 cm de camada superficial inclinada que não aflora, coberta por material inconsolidado.

Foram reconhecidas nesta área seis fácies sedimentares, descritas a partir do levantamento de seção estratigráfica.

Fácies 1 – Areia fina a muito fina sem estrutura predominante

Areia fina a muito fina, com minerais de coloração avermelhada, sem estrutura organizada, em camada tabular inclinada no sentido do sítio. Apresenta tubos milimétricos com até 1 cm, sub-verticais a verticais com 2 mm de diâmetro, com indícios de concreções ferruginosas.

Interpretação

Depósitos formados a partir de correntes desconfinadas em regime de fluxo superior ou inferior, com parada de fluxo muito rápidas. Os tubos podem se tratar de icnitos, não estudados neste trabalho.

Fácies 2 – Areia muito fina com laminação cruzada

Areia com laminação cruzada, predominantemente muito fina e quartzosa, bem selecionada, com grânulo de quartzo.

Interpretação

Depósitos gerados pela migração de dunas pequenas, formadas por fluxo subaquoso e com corrente unidirecional.

Fácies 3 – Paleossolo

Paleossolo (**Figura 11B,11C e 11E**) constituído de areia fina a muito fina, quartzosa, rica em marcas de raízes recentes, concreções ferruginosas semelhantes às encontradas na camada da fácies 1, e com faixa coberta pela vegetação ativa atual nos 50 cm da camada.

Interpretação

Depósito formado a partir da transformação da camada mais superficial de areia de uma antiga paisagem, por exemplo, formada por um canal abandonado de rio ou interduna úmida, estabilizado no relevo, cujos grãos são, posteriormente, quimicamente alterados, devido às reações com a água de chuva. Quando este solo não é lixiviado pode ser preservado no perfil geológico.

Fácies 4 – Areia fina a média bem selecionada

Areia média sem estrutura, bem selecionada, com grãos subarredondados a arredondados, em sua maioria esféricos.

Interpretação

Depósitos formados a partir de uma corrente gerada por fluxos subaereos, especialmente, associados a zonas de deflação.

Fácies 5 – Areia fina a média com estratificação cruzada

Areia fina a média, de grãos bem selecionados, com estratificação cruzada acanalada de grande porte, formando uma série única com espessura de até 1,70m, preservando a frente da série com mergulho para fora da foto (**Figura 8**).

Interpretação

Depósitos formados predominantemente pela migração de dunas barcanoides ou lunadas, cujos grãos foram transportados e depositados pelo vento, provavelmente com amplitude superior a 2 m de altura.

Fácies 6 – Paleossolo

Paleossolo com estrutura de laminação plano paralela, com laminação cruzada de baixo ângulo e acanalada localmente.

Interpretação

Depósitos formados pela migração de dunas em regime de fluxo superior ou inferior, que se deslocavam pela ação de uma corrente, predominantemente, unidirecional, compatível com a hidrodinâmica da calha de um sistema fluvial.

A associação de fácies descrita acima indica que o ambiente eólico e o fluvial foram os principais agentes de transporte e deposição no paleoambiente. O fato das estruturas sedimentares eólicas (estratos cruzados grandes > 1,70m) e fluviais (estratos cruzados pequenos < 1,0m - paleossolos) ocorrerem de forma intercalada na seção, indica migração lateral de dunas eólicas, que por vezes, migravam ou eram sobrepostas pelo deslocamento lateral da calha do rio sobre o campo de dunas eólica, localizado na planície ou nos topos de barra.

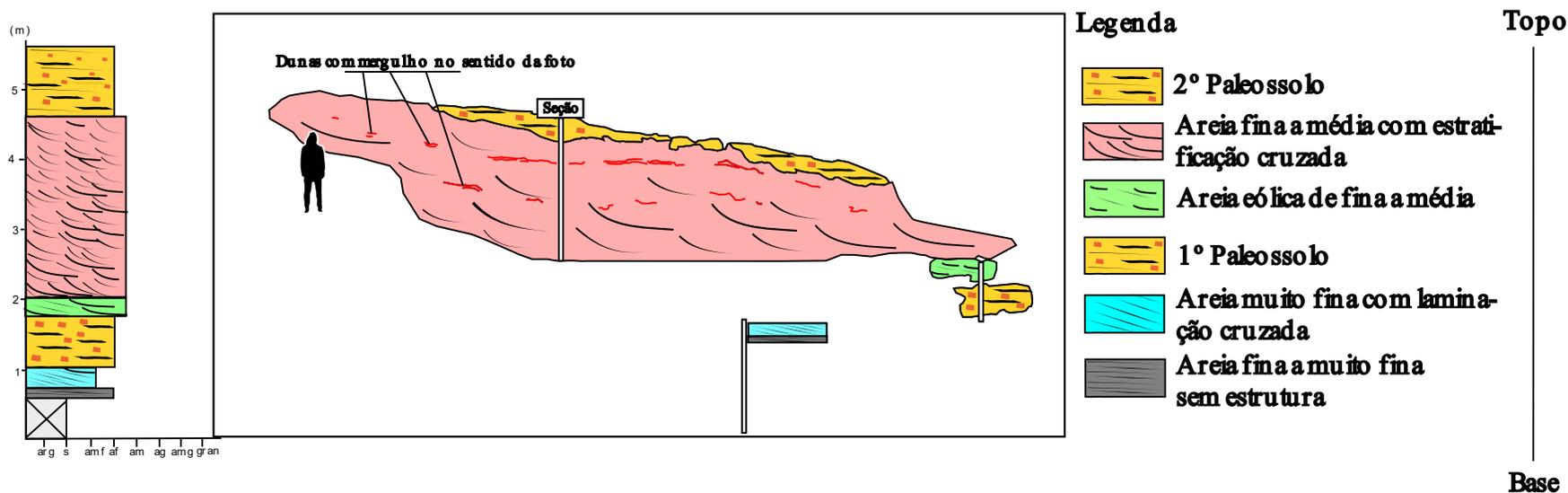


Figura 8. Visão geral do afloramento na parte superior da imagem. Seção estratigráfica, diferenciação e definição de limites das camadas do afloramento e legenda das camadas na parte inferior da imagem. Acervo pessoal (2023).

Estão presentes de forma considerável nas fácies, feições como tubos milimétricos na fácies 1 (**Figura 9A**), concreções ferruginosas no formato de pequenos pontos (**Figura 9C**) presentes nas fácies 1 e no 1º paleossolo (fácies 3). Entre a fácies 3 e a fácies 4 é observado um grânulo de carvão (**Figura 9D**), o que pode representar que o topo de certas camadas foi coberto por vegetação ativa. Essas feições podem indicar evidências da interação da deposição de sedimentos eólicos com a vegetação e matéria orgânica presente no local de deposição, e também indicam a interação entre os sedimentos com elementos químicos de ferro presentes no local de deposição gerando essas concreções ferruginosas.

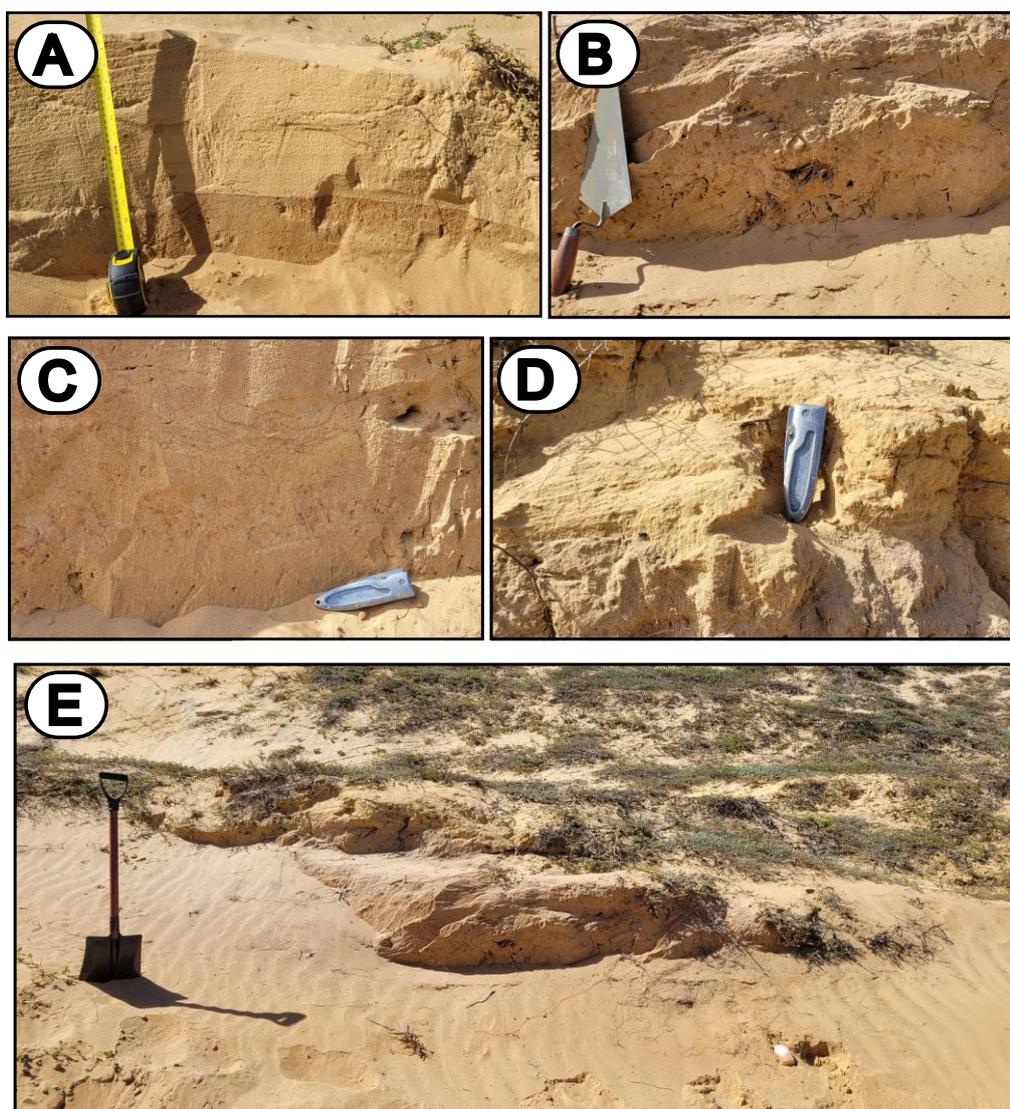


Figura 9. A- Contato entre a fácies 1 (tonalidade mais escura e alaranjada) com a fácies 2 (tonalidade mais clara e amarelada) fita métrica de escala. B- Paleossolo (fácies 3) com colher de pedreiro de escala. C- Camada do paleossolo com foco nas concreções ferruginosas, pontos alaranjados e nas marcas de vegetação sinuosas de tonalidade mais escura, canivete de escala. D- Contato do

Paleossolo de cor bege (fácies 3) com a areia eólica de tonalidade mais amarelada (fácies 4), carvão localizado entre as fácies, canivete de escala. E- Imagem do paleossolo (fácies 3) e da camada de areia eólica (fácies 4) em menor escala, pá de escala. Acervo pessoal (2023).

Neste afloramento ocorre um sítio pré-histórico (Leite *et al*, 2014) no qual foram identificados fragmentos líticos e de cerâmica (**Figura 10**) importantes para o conhecimento arqueológico. Dos três locais estudados neste trabalho, este afloramento, é o que preservou uma quantidade mais expressiva de artefatos.

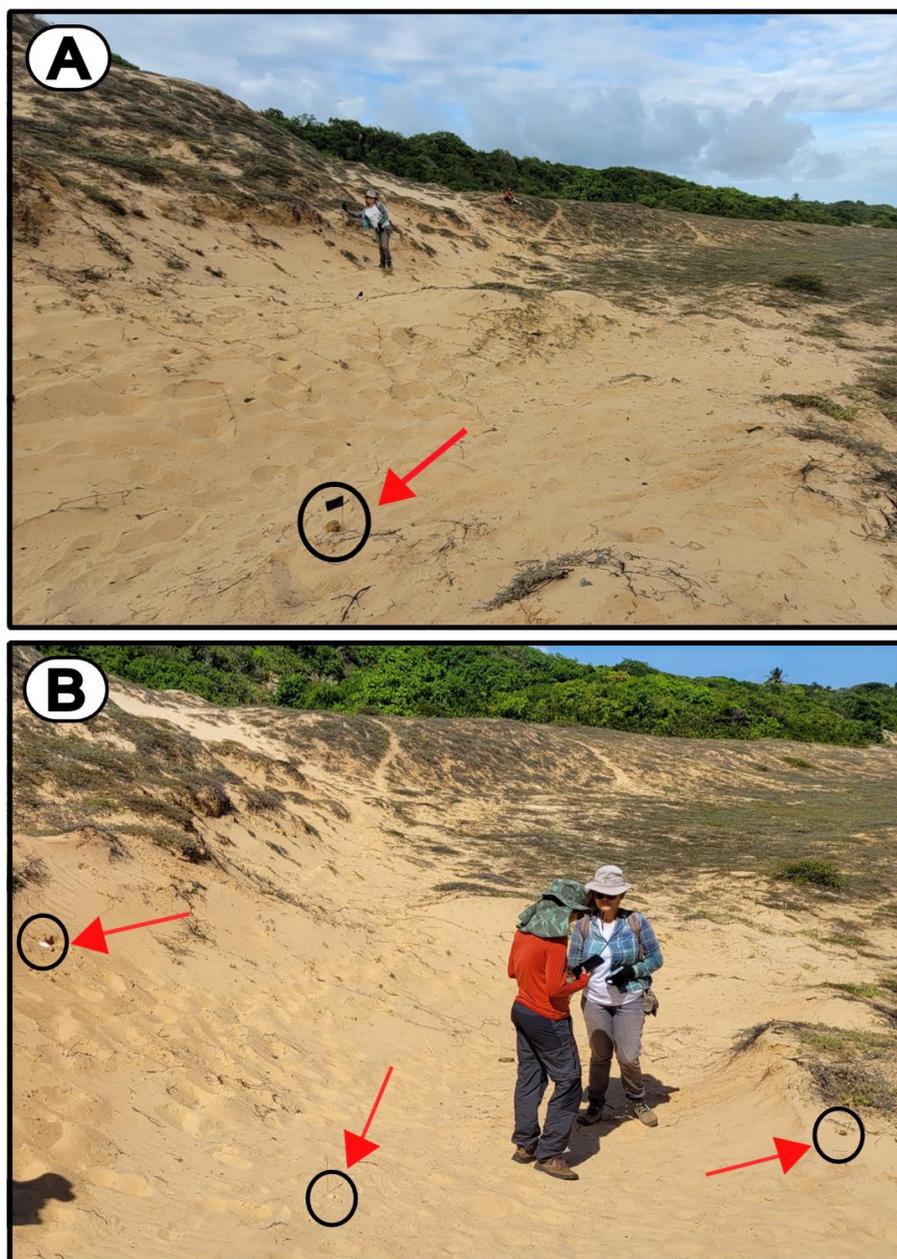


Figura 10. A- Seta vermelha indicando material arqueológico evidenciado pelos círculos pretos. B- Setas vermelhas indicando como os materiais arqueológicos estão dispostos no afloramento, humano de escala. Acervo pessoal (2023).

6.2 Arquitetura e fácies da planície aluvial do RSF (Área 2)

A seção estratigráfica confeccionada na área do município de Penedo, Alagoas, com coordenadas UTM 770188/ 8857661, localizada nas proximidades do Rio Porucaba e da estrada AL-101, no mesmo município. A seção da base para o topo inicia com 2,07 m de camada superficial inclinada que não aflora, coberta por material inconsolidado.

Foram reconhecidas nesta área seis fácies sedimentares descritas a partir do levantamento de seção estratigráfica (**Figura 11**).

Fácies 1 – Cascalho sem estrutura

Cascalho com arcabouço constituído de grãos de tamanho seixo de moderadamente a muito arredondado, dispostos sem estrutura definida, e localmente imbricados apresentando matriz arenosa de cor cinza (**Figura 12A**).

Interpretação

Depósitos formados a partir do desconfinamento de fluxos sub-aereos (gravitacionais de massa), do tipo escorregamento, ou rolamento de clastos, com pouca influência de retrabalhamentos por correntes sub-aquosas.

Fácies 2 – Areia cascalhosa

Camada de areia cascalhosa de cor cinza, com presença de poucos seixos esparsos na camada, e com imbricação de alguns seixos. Em alguns locais de contato do topo desta camada com a base da camada sobrejacente, de maneira pontual, é possível notar a transição de grãos de areia para seixos pequenos (**Figura 12B**).

Interpretação

Depósitos formados a partir do desconfinamento de correntes sub-aquosas ou subaéreas, a partir de fluxos gravitacionais de massa.

Fácies 3 – Cascalho com seixos imbricados

Cascalho, com maior concentração de seixos do que as camadas anteriores. Novamente, distribuídos e imbricados localmente, ou dispostos de forma plana, porém sem uma estrutura geral definida por toda a camada. É destacável a presença de estruturas *em chama* no contato entre esta e a camada superior de areia.

Interpretação

Depósitos formados a partir do desconfinamento de correntes sub-aquosas de rápida deposição, em meio saturado, com posterior mobilização das camadas subjacentes, devido ao sobrepeso das camadas sotopostas.

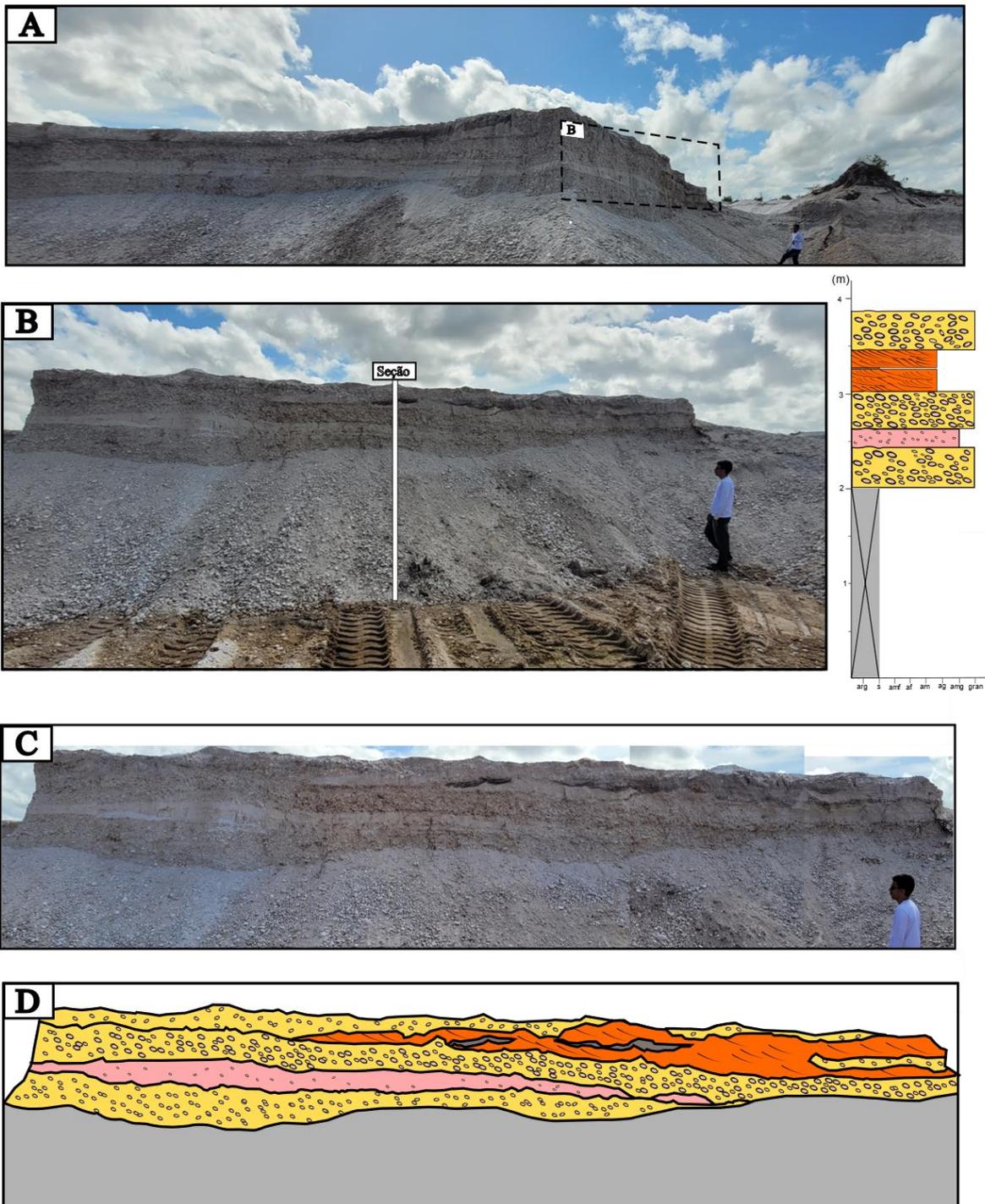


Figura 11. A- Visão do afloramento em três dimensões. B- Visão do afloramento onde foi confeccionada a seção estratigráfica, que está ao lado da imagem. C- Visão aproximada do afloramento. D- Separação das fácies do afloramento presente na imagem 13.C, Fácies 1, 3 e 5 representadas pela mesma cor (amarelo) e granulação de sedimentos, Fácies 4 representada pela cor laranja e estratificações, a Fácies 4.5 tem cor cinza e está dentro da fácies 4. Todas imagens possuem humano de escala. Acervo pessoal (2023).

Fácies 4 – Areia com estratificação cruzada acanalada

Areia média, grossa a granulosas, de cor cinza, com estratificação cruzada acanalada, e com seixos esparsos. Na base são observadas estruturas *em chama*. Em boa parte do interior da camada desta fácies se apresenta um depósito siltoso de cor cinza com tom mais escuro que das outras camadas e espessura irregular, o qual será denominado neste trabalho de fácies 4.5 (**Figura 12C e Figura 12D**).

Interpretação

Depósitos formados a partir da migração de formas de leito de médio porte, como dunas (acima de 0,5 m), empurradas pela força de correntes unidirecionais, capazes de remobilizar o leito ainda pouco consolidado. As estruturas *em chama* indicam que a deposição da camada superior naquela parte da seção ocorreu de forma brusca, fazendo com que as substâncias de água presente nos poros dos sedimentos das camadas abaixo saíssem de forma abrupta e rápida para as zonas mais elevadas, sendo acompanhadas pelos sedimentos das camadas as quais pertenciam, resultando na impressão de que os sedimentos estão sendo “puxados” para cima (**Figuras 12D e 14E**). A fácies 4.5 por ter granulação diferente da camada principal indica uma mudança na velocidade e no contexto do fluxo do ambiente deposicional, por apresentar a granulação silte indica é indicado as correntes unidirecionais cessaram, temporariamente, passando a ser um ambiente mais estável e calmo, resultando na deposição de granulação mais fina. Pela presença da areia com estratificação aparecer logo depois, é indicado que o fluxo de correntes unidirecionais foi retomado pelo ambiente.

Fácies 5 – Cascalho sem estrutura

Cascalho, com grãos de tamanho seixo, dispostos aleatoriamente no decorrer da camada, sem estrutura definida, apresentando uma matriz arenosa de cor cinza. Estruturas *em chama* foram observadas entre esta camada e as camadas abaixo (**Figura 12D**).

De acordo com Miall (1988) *apud* Scherer (2008), é possível interpretar através das feições deposicionais, que os grãos de seixos imbricados indicam uma forma de leito de barras cascalhosas, e pela localização da Área 2 no mapa de localização das áreas de estudo (**Figura 1**), evidencia que o sistema fluvial onde se configurou essas barras estava no contexto de um antigo leito do rio São Francisco.

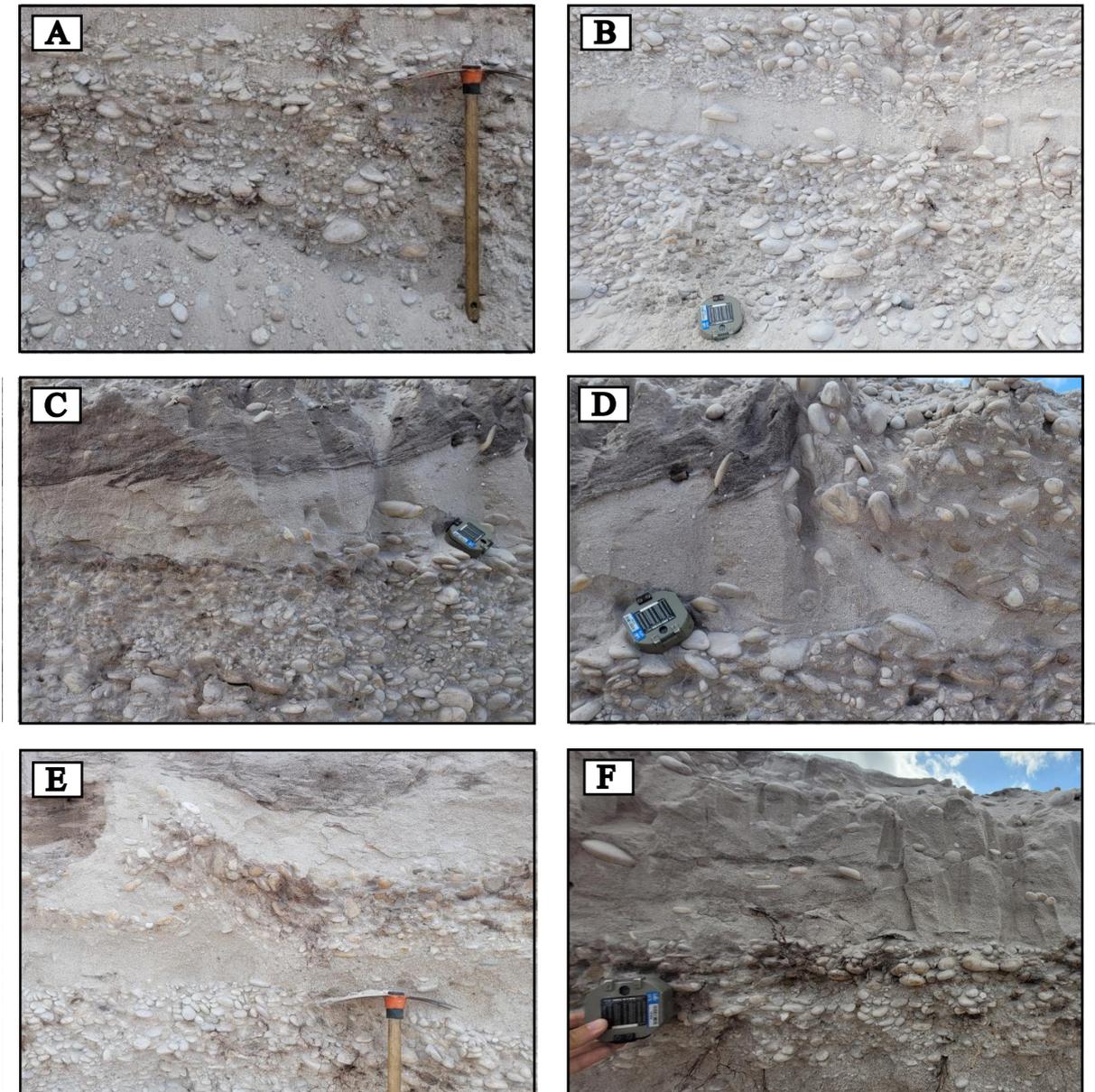


Figura 12: A- Camada de cascalho com grãos seixosos arredondados localmente estruturados de forma plano-paralela, sacho de escala. B- Contato entre a camada de cascalho (Fácies 1) com camada de areia (Fácies 2) sustentando seixos no centro da camada, bússola de escala. C- Parte central do afloramento com camada de cascalho, camada arenosa e camada escura de cor marrom com estratificação cruzada, com seixos acompanhando a estrutura, bússola de escala. D- Estrutura

em chama no contato entre a camada de areia, a camada escura e a camada de cascalho do topo do afloramento, bússola de escala. E- Estrutura em chama nas camadas de cascalho e areia, sacho de escala. F- Contato entre camada de seixos com camada arenosa apresentando estratificações locais, bússola de escala. Acervo pessoal (2023).

No afloramento da Área 2 puderam ser evidenciadas as principais superfícies deposicionais descritas por Miall (1978) *apud* Scherer (2008) (**Figura 13**), são elas: 1ª ordem, marcada pelos grãos imbricados que correspondem ao leito deposicional, 2ª ordem, interpretada como frente de avalanche de duna, 3ª ordem, marcada por superfícies erosivas e de reativação de fluxo, que podem ser evidenciadas pelo contato da camada siltosa escura (fácies 4.5) com as areias da fácies 4, apresentando uma superfície irregular no interior da fácies arenosa e mais inclinada. A interpretação que pode ser proposta é o aumento gradual da turbulência próxima ao leito, com remobilização e nova onda de saltos de grãos. A superfície de 4ª ordem é o limite entre dois elementos arquiteturais, como ocorre no limite entre a areia de estratificação cruzada acanalada (fácies 4) e a última camada cascalhosa do afloramento (fácies 5).

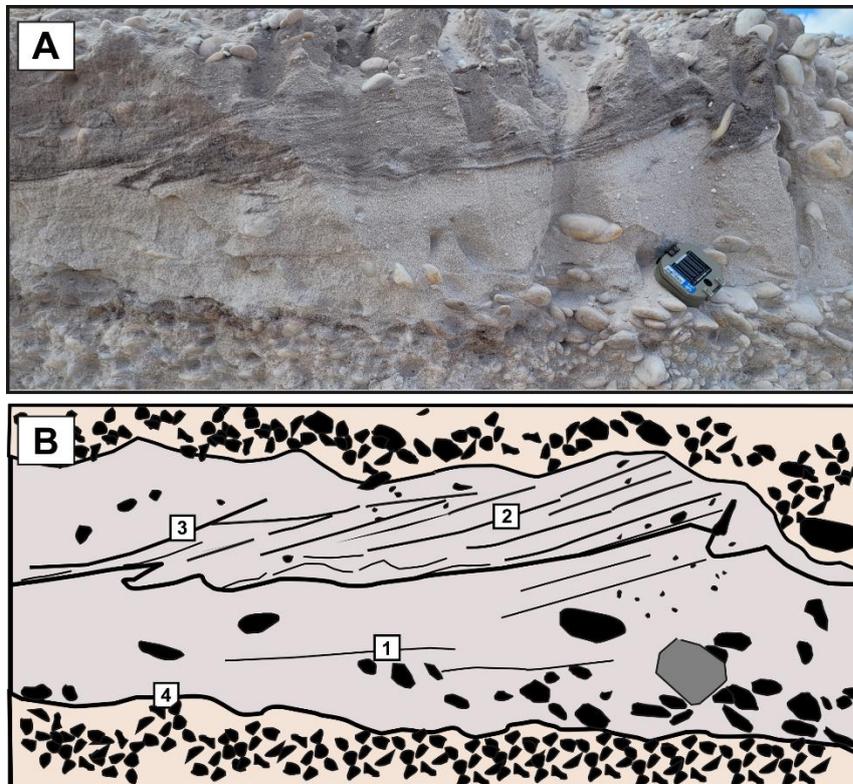


Figura 13. A- Imagem do afloramento evidenciando a divisão de camadas através da estrutura do depósito e da textura dos grãos. B- Figura apontando as superfícies deposicionais visualizadas no afloramento. Acervo pessoal (2023).

Na região da planície aluvial da foz do rio São Francisco é possível observar a mudança da morfologia do canal, que em zonas mais próximas do continente tem uma tendência retilínea, e no avanço para o oceano desenvolve uma morfologia meandrante (**Figura 14A**) Isto acontece devido a diminuição progressiva da declividade para oceano, o que provoca o aumento do número de meandros, para que o rio consiga transportar toda sua carga sem assorear. Porém outras morfologias também podem ser encontradas na área da planície do RSF, como a morfologia anastomosada do rio Piauí (**Figura 14B**), que está a aproximadamente 7,5 Km da Área 2, e apresenta no seu desenvolvimento a presença forte de vegetação tanto nas planícies que separam os canais presentes no rio quanto nas margens, além da presença forte de sedimentos lamosos nas áreas próximas ao rio.

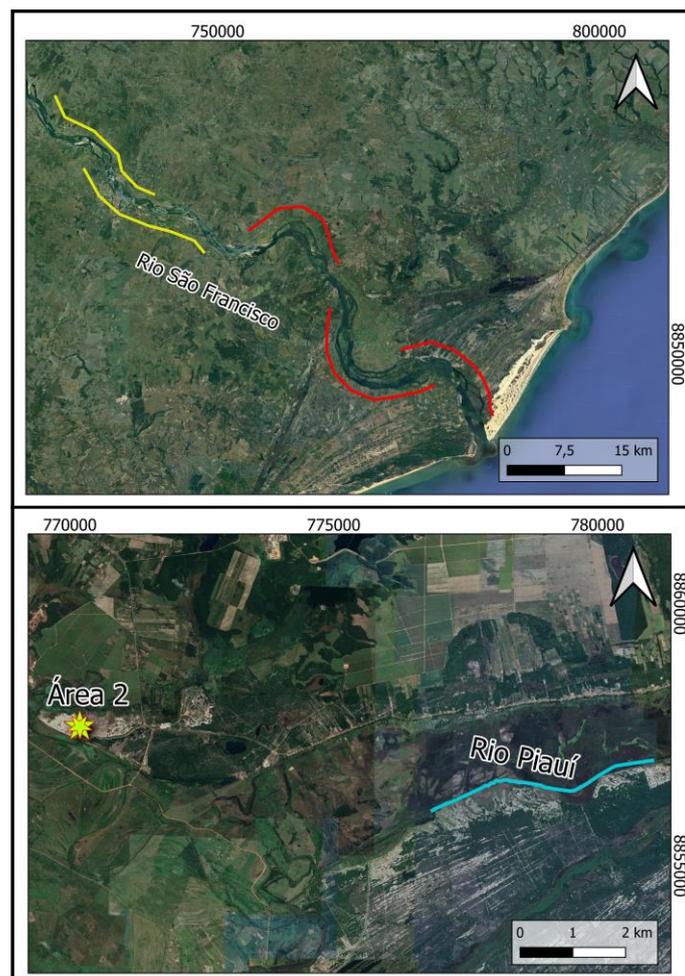


Figura 14. A- Imagem da foz do Rio São Francisco, entre os estados de Sergipe, a sul, e Alagoas, a norte do rio, ilustrando a mudança morfológica do rio, de sua parte mais continental, com uma

tendência mais retilínea (linhas amarelas acompanhando as bordas dos rios), para sua parte mais transicional entre continente e oceano, com uma morfologia meandrante (linhas vermelhas). B- Rio Piauí marcado de lineamento azul. Confeccionado pelo autor (2023).

Na região onde o rio Piauí é desenvolvido é possível observar elementos externos ao canal como o dique marginal (**Figura 15A e 15B**), que na região foi identificado através das suas características de área com maior elevação que acompanha as margens do canal. A planície de inundação também pode ser identificada logo após o dique marginal com a baixa do relevo.

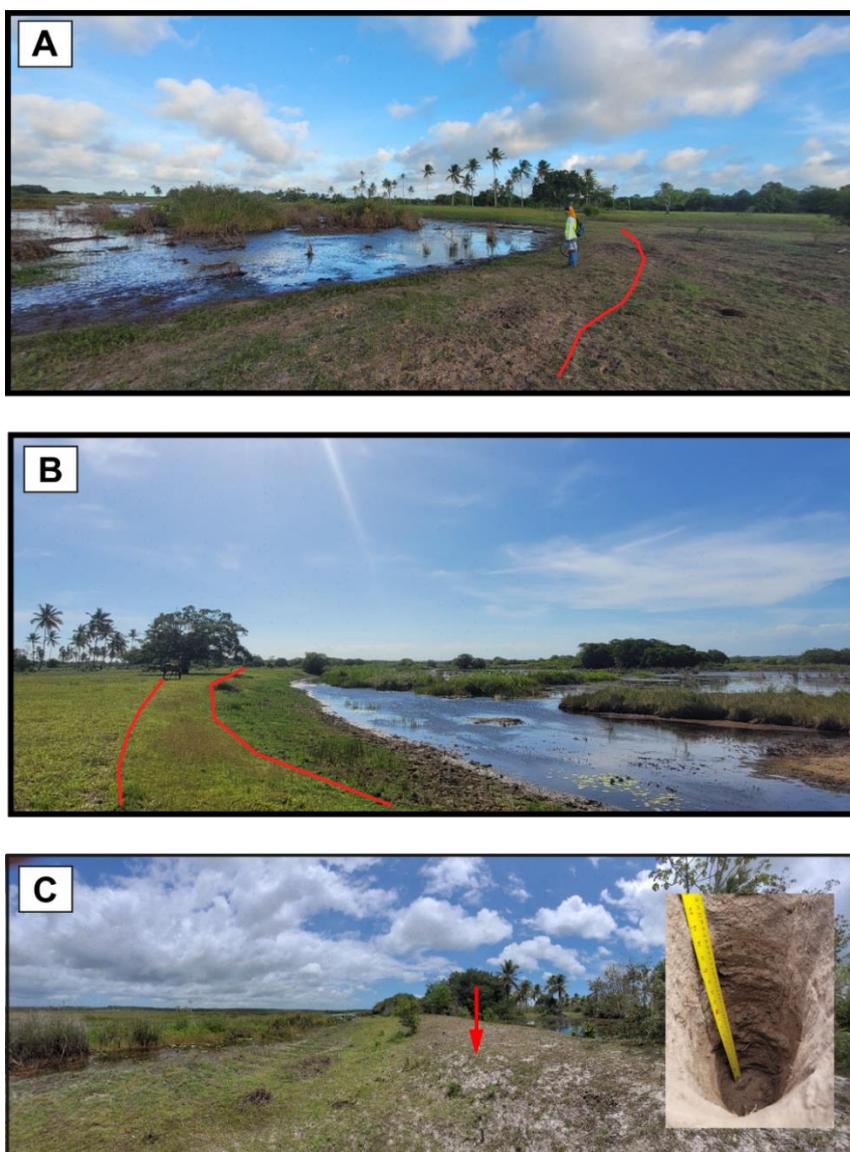


Figura 15. A- Representação do Rio Piauí, no município de Piaçabuçu, Alagoas. B- Pequena elevação das áreas vizinhas ao canal, separando-o da planície pelo dique marginal do rio, evidenciada através das linhas vermelhas. C- Dique marginal (seta), onde foi realizada tradagem, revelando camada espessa arenosa rica em intraclastos de lama. Acervo pessoal (2023).

Esta localidade, próxima ao Rio Piauí, revelou a menor quantidade em área de material arqueológico, apesar de terem sido encontrados alguns fragmentos líticos e cerâmicas (**Figura 16**). A Área 2, com sistemas tipicamente fluviais, ainda se caracteriza como menos propensa a ter sítios arqueológicos Pré-históricos do que a Área 1, na qual é presente um sistema eólico.

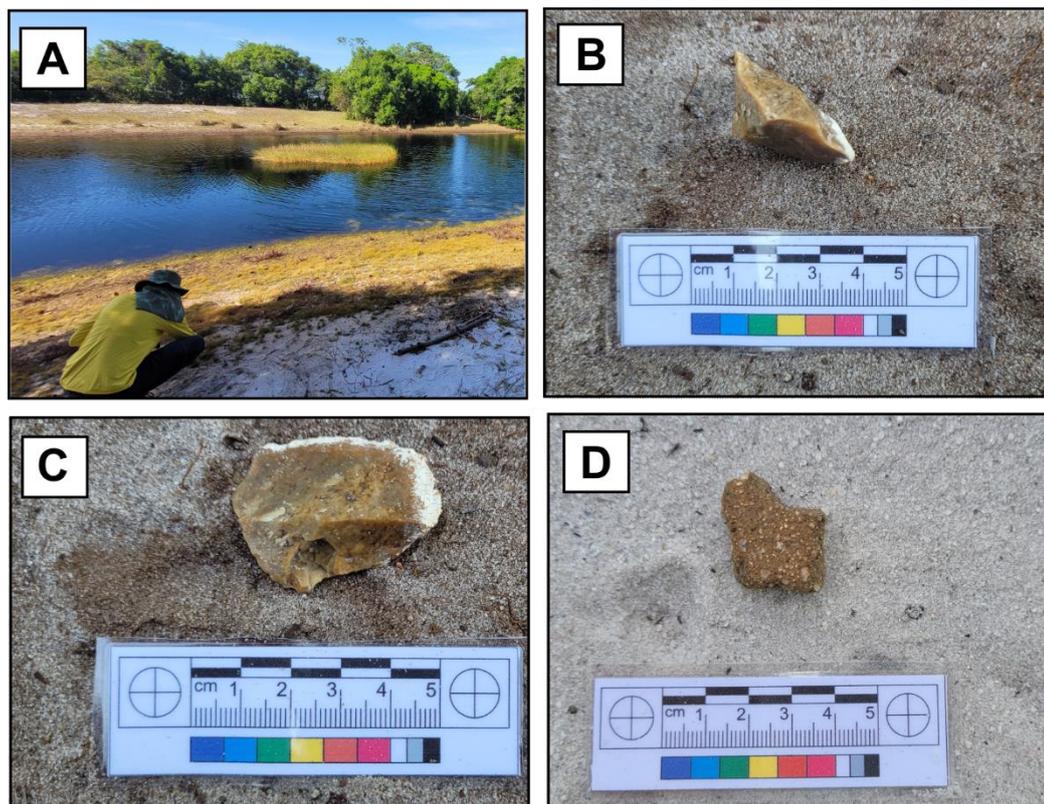


Figura 16. A- Canal do Rio Piauí, ambiente referencial no qual foram encontrados alguns artefatos arqueológicos. B- Artefato lítico encontrado nas proximidades do Rio Piauí, Penedo, Alagoas. C- Artefato lítico em diferente posição. D- Cerâmica encontrada nas proximidades do Rio Piauí, Penedo, Alagoas. Acervo pessoal (2023).

5.3 Arquitetura e fácies eólicas (Área 3 - Dunas da praia do Peba)

As dunas da praia do Peba compreendem três zonas morfológicas, cinco feições de sistema eólico e três fácies sedimentares predominantes. As três zonas destacam a geomorfologia do local, são os campos de dunas, lençol de areia e interdunas. O elemento de campo de dunas (**Figura 17**) apresenta uma abundância de fácies e estruturas sedimentares.



Figura 17. A- Duna localizado na Praia do Peba, Pontal do Peba, apresentando formas de leito acompanhando o corpo da duna, pá de escala. B- Imagem de Duna evidenciando a sua configuração de Sotavento e Barlavento, localizada na Praia do Peba, Pontal do Peba, estado de Alagoas. Acervo pessoal (2023).

Este elemento é composto pelas fácies de areia fina a média, bem selecionada e com estratificações cruzadas tabulares (**Figura 18B e 18D**), acanaladas (**Figuras 18D, 18F, 18G**), plano paralelas (**Figura 18C**) e a feição cavalgamento de ôndulas (**Figura 18A**) apresentando também superfícies de truncamento que separam e cortam as camadas de diferentes fácies.

É destacável a ação do vento, como agente turbulento, na diversidade de fácies sedimentares presentes em um mesmo afloramento, como representa a **Figura 18 D**, com fácies cruzadas acanaladas na parte esquerda da imagem e fácies cruzadas tabulares nas áreas da parte direita da imagem. As superfícies de truncamento conseguem apresentar a diferença entre as camadas das fácies, servindo de superfícies limitantes dos elementos arquiteturais e marcadores de diferentes contextos no histórico deposicional do ambiente de dunas, tanto pela diferença das

estratificações (se são cruzadas acanaladas, tabulares ou plano-paralelas) quanto pela diferença de sentido dessas estratificações (**Figura 18G**).

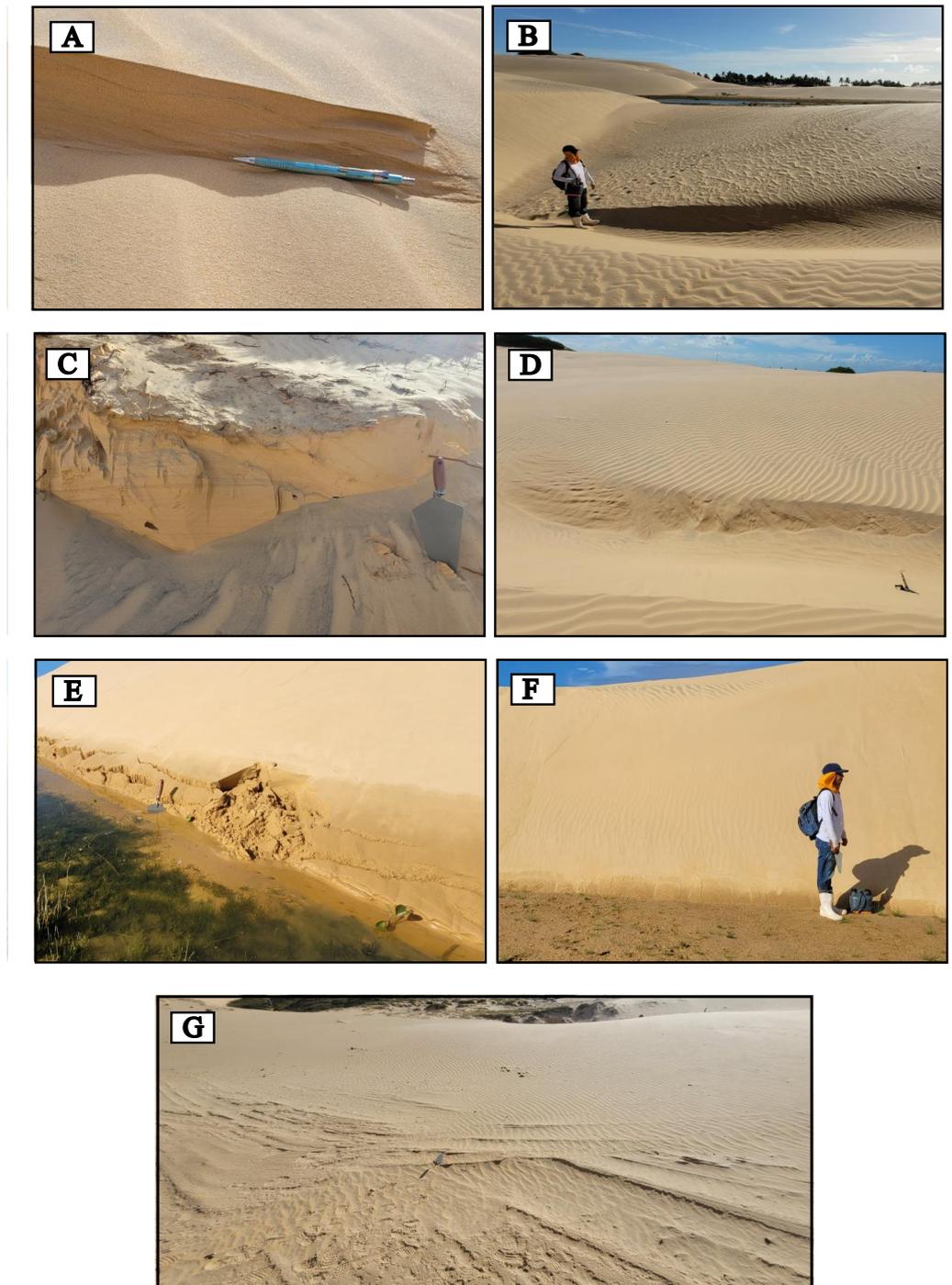


Figura 18. Fotos retiradas em campos de dunas. A- Camada de areia apresentando estruturas de estratificação cruzada acanalada e topo da forma de leito preservado na estrutura, lapiseira de escala. B- Conjunto de estratificação cruzada tabular, homem de escala. C- Estratificação plano-paralela à esquerda da imagem sendo truncada por superfície de truncamento de estratificação cruzada tabular, pá de escala. D- Truncamento entre estratificações cruzadas que estão em

diferentes direções, cajado ao chão de escala. E- Contato do sedimento, areia da duna, com água em lago, água é elevada na duna por efeito de capilaridade, pá de escala. F- Efeito de capilaridade da elevação de água na duna em escala menor, homem de escala. G- Truncamento de estratificações cruzadas acanaladas em direções diferentes, pá, ao centro, de escala. em escala menor, homem de escala. G- Truncamento de estratificações cruzadas acanaladas em direções diferentes, pá, ao centro, de escala. Acervo pessoal (2023).

Os lençóis de areia são feições que representam as zonas dos ambientes eólicos as quais configuram um espaço entre as dunas, sem vegetação e sem corpos d'água (**Figura 19**). Configuram-se como corredores de areia interdunar, os quais ainda sofrem ação do vento formando marcas onduladas e feições advindas do impecílio de material, como rochas, seixos e pedaços de alimento (como coco), na ação do vento no substrato.



Figura 19. Lençol de areia localizado na Praia do Peba, Pontal do Peba. Acervo pessoal (2023).

As interdunas representam as zonas entre as dunas, porém com a presença de vegetação e corpos lagunares, nesta zona são presentes as feições de efeitos de capilaridade com a elevação da água na duna, resultante do contato entre a duna e os lagos presentes nestes locais (**Figura 20**). É possível observar a forte relação da vegetação que circunda os lagos da região.



Figura 20. Interduna localizada na Praia do Peba, Pontal do Peba. Acervo pessoal (2023).

Outras feições de mecanismo de ação do vento no substrato também foram possíveis de identificar nas dunas da praia do Peba. São elas a queda de grãos ocorrida na crista para o sotavento das dunas (**Figura 21 A**), a avalanche de grãos marcada pelos lobos formados no fluxo gravitacional (**Figura 21 B**) e o carpete de tração formado pelos grãos mais grossos presentes na crista das marcas de onda (**Figura 21 C**).



Figura 21. A- Imagem da crista e sotavento da duna locais onde ocorre a queda de grãos. B- Lobos de areia formados durante o fluxo gravitacional nas dunas. C- Carpete de tração nas marcas onduladas presente em lençol de areia. Acervo pessoal (2023).

Pelos indícios tanto regionais quanto de elementos presentes nas dunas da praia do Peba é possível destacar que o sistema eólico estudado no trabalho é classificado como sistema eólico úmido tanto pela proximidade com os corpos d'água em lagos na parte continental quanto pela presença de interdunas (**Figura 22**).



Figura 22. Imagem das dunas de Piaçabuçu, com presença de corpos lagunares nas interdunas.
Acervo pessoal (2023).

Esse sistema úmido presente na costa estudada apresenta também feições de um sistema estabilizado pela presença de vegetação no corpo das dunas, as quais acabam por inviabilizar o seu transporte e erosão (**Figura 23 A e 23 C**), bem como em determinadas regiões ocorre o acúmulo de sedimentos (**Figura 23 B**). Pela presença de dunas ativas e inativas no local de estudo converge com a denominação do BRS-4 (feições de paleo praias) de Dominguez *et al.* (2021).



Figura 23. A- Presença de vegetação no corpo da duna, humano de escala. B- Acúmulo de sedimentos ocasionado pela vegetação, impedindo o transporte dos grãos. C- Depósitos lagunares próximo de dunas estabilizadas. Acervo pessoal (2023).

Neste local foram localizados entre o lençol de areia e o face do barlavento do campo de dunas frontal uma abundância de artefatos arqueológicos. Os artefatos são variados, dentre restos de louça branca com emblemas, cacos de vidro grosso, artefatos de ferro oxidados, e cerâmicas, e representam a maior expressão em área dentre as ocorrências identificadas em todas as áreas estudadas. O conjunto de características é sugestivo arqueológico histórico colonial. As principais evidências são a preservação de vidraria grossa (acima de 0,5 cm de espessura), com muitas inclusões de bolhas de ar, louça com símbolos de alguma coroa imperial, e restos de ferro, compatíveis com peças de embarcações de navios entre os séculos XVII e XIX (Leite 2023, comunicação oral).

6. CONCLUSÕES

As três áreas de estudo localizadas na planície aluvial do RSF revelaram características geológicas e com potencial distinto para preservação material de artefatos arqueológicos nos paleoambientes trabalhados.

A Área 1, do lado sergipano, indicou que o provável paleoambiente alternava entre um ambiente de campo de dunas e um ambiente calha de rio pequeno. Por apresentar a preservação do sítio arqueológico Pré-histórico, dos três locais de estudo, a Área 1, de ambiente, predominantemente eólico, foi a área que mais teve êxito na relação entre a geologia do local e a arqueologia presente.

A Área 2, revelou depósitos morfologicamente compatíveis com sistemas fluviais, influenciados por sistemas de fluxos gravitacionais de massa. Esta região apesar de ter apresentado artefatos de fragmentos líticos e cerâmicas, tem relevância bem abaixo daquela identificada na área 1, por não apresentar sítios arqueológicos.

A área 3 pôde ser classificada como sistema eólico úmido, pela presença de corpos d'água lagunares e oceano nas proximidades, e também ser classificado como estabilizado, pela forte presença de vegetação que fixa as dunas presentes no local. Foram identificados campos de dunas, lençóis de areia e interdunas. O sítio arqueológico identificado é compatível com um sítio histórico colonial.

Apesar das três áreas fazerem parte de uma vasta planície aluvial, o paleoambiente que parece ter favorecido a preservação dos sítios é a intercalação entre sistema deposicional eólico com fluvial ou com uma planície interdunar úmida. O estado que demonstra neste trabalho ter maior abundância neste contexto para sítios pré-históricos é Sergipe. Nas atuais planícies de inundação alagoanas foram identificadas apenas ocorrências de artefatos, ainda por serem estudados. Quanto aos campos de dunas frontais alagoanos, não parecem ter servido, como uma passagem de povos pré-históricos, apenas como meio de preservação de materiais mais recentes.

Através dos dados obtidos neste estudo, é admitido que a maior relevância, neste trabalho, para presença de artefatos arqueológicos preservados está em locais em que os ambientes predominantes são eólicos. Sendo assim, é possível que áreas de planície tenham um viés de localização de artefatos em função de estarem atualmente sendo retrabalhadas pelo vento, como nas zonas de deflação e lençóis de areia, locais com maior potencial de achado arqueológico.

REFERÊNCIAS

Bittencourt A. C. S. P., Martin L., Dominguez J. M. L., Ferreira Y. D. A. 1983. Evolução Paleogeográfica Quaternária da Costa do Estado de Sergipe e da Costa Sul do Estado de Alagoas. *Revista Brasileira de Geociências*. **13**(2): 93-97.

Dominguez J. M. L., Guimarães J. K. 2021. Effects of Holocene Climate Changes and Anthropogenic River Regulation in the Development of a Wave-dominated Delta: The São Francisco River (Eastern Brazil). *Marine Geology*. **435**: 20p.

Fontes, L.C.S., Latrubesse, E., Holanda, F.S.R., Aquino, S., 2009. Major hydrological changes and bank erosion in the lower Sao Francisco River, Brazil, as a consequence of dams, in: Vionnet, C.A., García, M.H., Latrubesse, E.M., Perillo, G.M.E. (Eds.), River, Coastal and Estuarine Morphodynamics. London, pp. 131-136.

Fontes, L.C.S., 2015. Da fonte à bacia: interação continente-oceano no sistema sedimentar Rio São Francisco, Brasil. PhD Thesis, Universidade Estadual Paulista (UNESP) – Instituto de Biociências. 312 p.

Giannini, P.C.F., Assine M. L., Sawakuchi A. O. 2008. Ambientes Eólicos. *In*: Silva A. J. C. L. P., Aragão M. A. N. F., Magalhães A. J. C. Ambientes de Sedimentação Siliciclástica do Brasil. Primeira Edição. Beca/BALL Edições Ltda. p. 72-101.

Gomes, P.V.O. 2021. Análise multitemporal dos ajustes morfológicos no baixo Rio São Francisco (Nordeste, Brasil): Impactos da Barragem de Xingó na dinâmica fluvial. Programa de Geociências e Análise de Bacias. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Sergipe. São Cristóvão. 112 p.

Leite, J.B. 2014. Geoarqueologia Aplicada ao Estudo dos Sítios Arqueológicos Sergipanos Riacho Preto, Cardoso e Sapucaia. Trabalho de Conclusão de Curso. Departamento de Geologia, Universidade Federal de Sergipe. São Cristóvão. 100p.

Leite, J. B. 2016. Confecção da Carta Arqueológica do Estado de Sergipe com o Uso de Geotecnologias. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Arqueologia, Universidade Federal de Sergipe. Laranjeiras. 169p.

Scherer, C. M. S. 2008. Ambientes Fluviais. *In*: Silva A. J. C. L. P., Aragão M. A. N. F., Magalhães A. J. C. Ambientes de Sedimentação Siliciclástica do Brasil. Primeira Edição. Beca/BALL Edições Ltda. p. 102-131.

Simões, F. L. R., Guimarães, M. B. 2017. Paisagens Arqueológicas: Considerações Teórico-metodológicas sobre Arqueologia da Paisagem e sua aplicabilidade em um sítio dunar. Disponível em: <<http://www.historiaehistoria.com.br/materia.cfm?tb=arqueologia&id=67>>. Data de acesso, 02 de fev. 2023.

Simões, F. L. R., Santos, L. F. F. D. 2014. Programa de prospecção arqueológica na área de implantação da rodovia SE – 100, trecho: povoado Aguilhadas (Pirambu) SE – 226 até povoado atalho (Pacatuba) SE – 204 – Sergipe. Aracaju.