

CLASSIFICAÇÃO DOS GEOFÁCIES E GEÓTOPOS NO GEOSSISTEMA COSTEIRO DO LITORAL ORIENTAL DO MARANHÃO, BRASIL

CLASSIFICATION OF GEOFACIES AND GEOTOPES IN THE COASTAL
GEOSYSTEM OF THE EASTERN COAST OF MARANHAO, BRAZIL

CLASIFICACIÓN DE GEOFACIDADES Y GEOTOPOS EN EL GEOSISTEMA
COSTERO DE LA COSTA ORIENTAL DE MARANHÃO, BRASIL

Deuzanir da Conceição Amorim Lima¹

 0009-0009-8432-5016
deuzaniroceano@gmail.com

Ricardo Sousa Almeida²

 0000-0001-7448-8502
ricardo.sousa23@hotmail.com

José Mauro Palhares³

 0000-0001-9311-1049
jmpalhares@gmail.com

Ano XXVIII - Vol. XXVIII - (1): Janeiro/Dezembro - 2024

www.agbauru.org.br
Geográfica
ISSN Online: 2675-5122 • ISSN-L: 1413-7461
CIÊNCIA

1 Mestre em Geografia, Natureza e Dinâmica do Espaço. Pesquisadora no Laboratório de Geociências e no Grupo de Pesquisa em Geomorfologia e Mapeamento da Universidade Estadual do Maranhão. ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-8432-5016>. E-mail: deuzaniroceano@gmail.com.

2 Pós-Graduado em Topografia e Sensoriamento Remoto pelo Instituto Prominas. Professor do Grupo Instep 11 Elo e consultor técnico em geoprocessamento. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7448-8502>. E-mail: ricardo.sousa23@hotmail.com.

3 Doutor em Geografia pela Universidade Federal do Paraná. Professor vinculado a Pós-graduação Lato Sensu em Geografia Oiapoque e do Programa de Pós-Graduação em Geografia (mestrado) PPGeo/UNIFAP. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9311-1049>. E-mail: jmpalhares@gmail.com.

Artigo recebido em novembro de 2023 e aceito para publicação em fevereiro de 2024.



Este artigo está licenciado sob uma Licença
Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional.

RESUMO: Os geossistemas podem ser classificados quanto à grandeza e homogeneidade das suas unidades de paisagem. O presente trabalho objetivou classificar, dentre as unidades morfoestruturais inferiores, os geofácies presentes na área costeira do delta do Parnaíba, Maranhão, Brasil utilizando Sistemas de Informações Geográficas. Para esse intuito, aplicou-se a classificação proposta por Bertrand caracterizando a área de estudo através de classes temáticas. Desta forma, obteve-se uma imagem Landsat 8, sensor OLI/TIRS com resolução espacial de 30m. A imagem selecionada foi importada para o *software* Spring, onde foi feito seu pre-processamento e depois uma classificação supervisionada, utilizando o classificador Bhattacharya que destacou cinco geótopos e dois geofácies bem distintos. Após a classificação, obteve-se: Geofácia I – Pequenos Lençóis e Geofácia II – Delta do Parnaíba, posteriormente, foram destacados em outra carta-imagem os geótopos que foram representados pelas classes: Corpos Hídricos, Dunas, Mangue, Paleodunas e Vegetação Arbustiva.

Palavras-chave: Geossistemas Costeiros. Geofácies. Geótopos. Litoral Oriental. Classificação.

ABSTRACT: Geosites can be classified according to their magnitude and homogeneity of your landscape units. In this paper, Bertrand's classification was applied to a coastal environment, characterizing through thematic classes in a GIS. In this way, a Landsat 8 image, OLI / TIRS sensor with spatial resolution of 30m. The image was imported into Spring software version 5.2.2, where the false color composition RGB 654 was made, which was highlighted and then sorted through the Bhattacharya classifier which make a region-supervised classification and emphasis five Geótopos and two very distinct Geofacies: Geofacie I – Pequenos Lençóis and Geofácia II - Delta do Parnaíba, later highlighted in another letter-image the Geotopos were represented by the classes: Water Bodies, Dunes, Mangue, Paleo Dunes and Shrub Vegetation. The picture cards were generated in the QGIS software version 2.18.3. It was possible to observe that although the Geotopos are the same for the two Geofacies, their representativity differs. As in the paper of Viana (2013) in this paper was possible to perceive a change from the erosional situation to the accretion of one Geofacie to another and different from France *et al.* (2016), which associates part of its Geofacies and classified Geotopos with the strong anthropization, it is believed that the anthropic influence does not modify or decharacterize the Geossistemas here classified due to the greatness and intensity of their flows of energies and materials. In this work it was possible to observe that although intrinsically interconnected in a geosystem two Geofacies can have physiognomies and be scenarios of totally different natural processes.

Keywords: Costal Geosites. Geofacies. Geotopos. East Coast. Classification.

RESUMEN: Los geossistemas se pueden clasificar según la magnitud y homogeneidad de sus unidades de paisaje. El objetivo de este estudio fue clasificar, entre las unidades morfoestructurales inferiores, las geofacidades presentes en el área costera del delta del Parnaíba, Maranhão, Brasil, utilizando Sistemas de Informaciones Geográficas. Para ello, se aplicó la clasificación propuesta

por Bertrand, caracterizando el área de estudio a través de clases temáticas. De esta manera, se obtuvo una imagen Landsat 8, con un sensor OLI/TIRS con una resolución espacial de 30 m. La imagen seleccionada fue importada al software Spring, donde fue preprocesada y luego una clasificación supervisada, utilizando el clasificador Bhattacharya, que resaltó cinco geotopos y dos geofacidades muy distintos. Luego de la clasificación, se obtuvo: Geofacidad I - Láminas Pequeñas y Geofacidad II - Delta del Parnaíba; posteriormente, se destacaron los geotopos que fueron representados por las clases: Cuerpos de Agua, Dunas, Manglar, Paleodunas y Vegetación Arbustiva en otro gráfico de imagen.

Palabras clave: Geosistemas costeros. Geofacidades. Geotopos. Costa Oriental. Clasificación.

INTRODUÇÃO

A ciência geográfica tem evoluído a cada debate proposto e a cada pesquisa científica elaborada; no entanto, em grande parte das vezes é observando as teorias fundadas que se encontram as respostas buscadas para as hipóteses levantadas.

O grande desafio da Geografia, que é também o que induz a sua constante evolução, é trazer à luz das discussões a relação entre ambiente natural e sociedade, bem como os impactos dessa relação para ambos. Alguns autores renomados se propuseram a levantar essa questão em seus trabalhos que hoje são bastante reconhecidos como bases indispensáveis para o desenvolvimento da ciência, como por exemplo Bertrand e Sotchava, que trouxeram para a Geografia a teoria dos geossistemas.

Muitos reconheceram em suas obras a importância da paisagem e do estudo cartográfico das unidades que as compõem. De acordo com Bertrand (1968), a representação cartográfica da paisagem exige um inventário geográfico completo e a análise deve ao menos descer ao nível dos geofácies com levantamentos geomorfológicos, pedológicos, fitogeográficos, exame das águas superficiais, entre outros. O autor ressalta ainda que a interpretação das fotografias aéreas constitui um apoio precioso porque ela fornece uma visão sintética e instantânea das paisagens.

Nesse sentido, o presente trabalho objetivou classificar, dentre as unidades morfoestruturais inferiores, os geofácies presentes na área do delta do Rio Parnaíba, Maranhão, Brasil, utilizando Sistemas de Informações Geográficas.

O CONCEITO DE GEOSISTEMAS COM ENFOQUE EM AMBIENTES NATURAIS

A teoria dos geossistemas nasceu da discussão sobre a Teoria Geral dos Sistemas, onde, embora muitos autores renomados como Bertrand, Tricart e Christofolletti se destaquem, é Sotchava quem traz à luz das discussões essa tão citada teoria dos geossistemas.

Os geossistemas, segundo Sotchava (1978), eram por ele considerados como aqueles nos quais os processos da dinâmica transformadora e estabilizadora se manifestam simultaneamente, chamando esse processo de homeostasia; nesse sentido, eram priorizadas as análises do geossistema natural.

Tricart (1977) adotou o conceito de sistemas pela ecologia, elaborando a noção de ecossistema e enfatizando a melhora da Geografia Física e o reequilíbrio do próprio ecossistema. O autor assume ainda que:

O conceito de unidades ecodinâmicas é integrado ao conceito de ecossistemas. Baseia-se no instrumento lógico de sistema e enfoca as relações mútuas entre os diversos componentes da dinâmica e fluxos de energia/matéria no meio ambiente (Tricart, 1977, p. 32).

Por mais que Tricart não tenha desconsiderado o fator humanidade em suas análises geossistêmicas, é evidente em suas obras que sua abordagem era mais naturalista, diferente de Bertrand (1978) que, posteriormente, propõe uma análise mais abrangente incluindo a análise de território e de uma visão mais humana da paisagem trazendo uma atualização, ou pode-se também dizer, uma outra versão da Teoria dos Geossistemas, que é o Geossistema-Território-Paisagem (GTP).

Bertrand (1978) classificou as unidades de paisagem de acordo com sua dimensão e conseqüentemente a escala a que se enquadra, onde estas podem ser consideradas como geótopos ou geofácies dentro de um geossistema em uma classe maior que são as morfoestruturas inferiores (Beroutchachvili; Bertrand, 1978).

O geofácie corresponde a um setor fisionomicamente homogêneo onde se desenvolve uma mesma fase de evolução geral do geossistema. Em relação a superfície coberta algumas centenas de km² em média, os geofácies se situa na 6ª grandeza de escalas de A.Cailleux e J. Tricart (Bertrand, 1968, p. 261).

Embora Georges Bertrand tenha mudado sua concepção do termo geossistema, passando a incluir como indispensáveis os componentes da natureza impactada pela ação da sociedade, pode-se observar ainda hoje uma vasta área que sofre pouco ou nenhum impacto antrópico, sendo possível, nesses ambientes, considerar nas discussões apenas os seus aspectos e unidades naturais.

Autores como Christofolletti (1936), que aplicou a teoria dos sistemas à geomorfologia e que em sua segunda edição destaca as dificuldades em delinear o geossistema em foco (Christofolletti, 1979); Ab'Sáber (1973), que afirmou ainda existir possibilidades razoáveis para uma caracterização dos espaços naturais mesmo diante da situação complexa de organização do Brasil e que em sua obra Domínios da Natureza enfatiza as potencialidades paisagísticas brasileiras (Ab'Sáber, 2007), e ainda Troppmair (2006) que, assim como nós, considera falsa a afirmativa de que a ação antrópica modifica ou descaracteriza profundamente o geossistema, e concluindo que geossistema é um sistema natural, complexo e integrado onde há circulação de energia e matéria; tais autores também possuem abordagens naturalistas dos geossistemas.

Essas paisagens podem facilmente ser classificadas através de Sistemas de Informações Geográficas (SIG's) até mesmo gratuitos como o Spring, que é também um produto brasileiro.

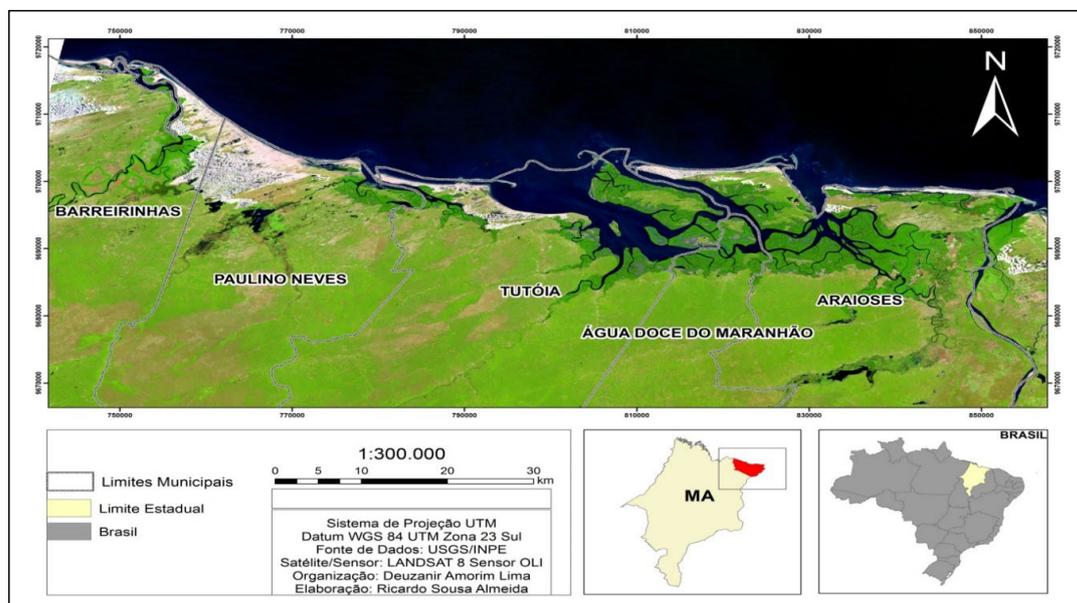
Através da análise dessas imagens tratadas pode-se fazer a classificação em classes temáticas que representem os geofácies, unidade morfo-estrutural de interesse deste trabalho.

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo, objeto deste trabalho, está localizada no litoral oriental do estado do Maranhão, entre as coordenadas 750937,00W e 9618196,00S e abarca duas expressivas feições costeiras fisiograficamente distintas e de extrema importância, tanto ambiental como socioeconômica, que correspondem: (1) aos Pequenos Lençóis na extremidade oeste e (2) ao Delta do Parnaíba na extremidade leste do recorte. Um é base acumuladora de sedimentos onde a forte dinâmica é regida principalmente pela ação eólica, enquanto a outra é base provedora de sedimentos onde o agente condicionante principal é a ação hidrológica, respectivamente, o que propicia uma vasta geo e biodiversidade.

É ainda cenário composto de ecossistemas como manguezais com apicuns, sistemas lagunares dentro de extensos ambientes dunares, planícies Flúvio-marinhas com cordões arenosos e fácies praias, além do próprio estuário deltaico do Parnaíba. Nesse sentido, segundo a classificação de Bertrand (1978), considerou-se como geótopos essas unidades menores abordadas em classes temáticas que compõem as unidades maiores, onde o Pequenos Lençóis é o Geofácia I e o Delta do Parnaíba é o Geofácia II.

Dentre os municípios costeiros do Maranhão, o recorte contempla parte do município de Barreirinhas, os municípios de Paulino Neves, Água Doce do Maranhão, Tutóia e Araioes (Figura 1) que possuem grande potencial turístico e econômico por conta dos seus recursos naturais e seus aspectos paisagísticos.



Fonte: Elaborado a partir de dados da NASA (2017) e IBGE (2010).

Figura 1. Carta-Imagem de Localização do Litoral oriental do Maranhão - Área de Estudo compreendida entre os municípios de Barreirinhas e Araioes.

METODOLOGIA

Esta pesquisa tem por base a aplicação de um método para a interpretação de imagens LANDSAT 8 Sensor OLI, de agosto de 2017 com resolução espacial de 30x30m (Quadro 1), dentro de um ambiente SIG (Sistema de Informações Geográficas), em banco de dados georreferenciado. Foi utilizado o software SPRING (Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas) versão 5.2.2, para ambiente Windows, por este ser uma opção altamente atrativa na área de geoprocessamento e processamento digital de imagens, já que é um software de domínio público desenvolvido com tecnologia totalmente nacional, idealizado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Para geração e composição dos layouts finais dos mapas, foi usado o *Software QGIS* Versão 2.18.3 também *software* gratuito com tecnologia *open source*.

Quadro 1. Dados das imagens utilizadas.

Satélite	Landsat_8
Sensor	OLI/TIRS
Órbita/Ponto	223/55
Data	24/08/2017
Hora	12h58min
Maré	Preamar
Resolução Espacial (m)	30x30
Bandas	4 (vermelho) 5 (infravermelho próximo) 6 (infravermelho médio)

Fonte: Adaptado a partir de CARDOSO (2015) com informações da NASA (2017) e do DNH (2017).

Para o melhor destaque das feições foi aplicado um realce linear na composição *BGR* das bandas 456, sendo vermelho visível, infravermelho próximo e infravermelho médio, respectivamente. Seguiu-se com prévia interpretação da imagem para determinação das classes a serem classificadas. Com base na análise prévia, foi aplicada a classificação supervisionada por região *Bhattacharya*, tendo em vista que para este trabalho a mesma se mostrou mais eficiente que a classificação supervisionada pixel a pixel *MAXVER*, que normalmente é mais usada.

Após classificada a imagem com recorte da área de estudo, foi levada ao ambiente do QGIS, como já sinalizado anteriormente, para a elaboração da carta-imagem, no qual também foi gerada carta-imagem com a delimitação dos geofácies.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

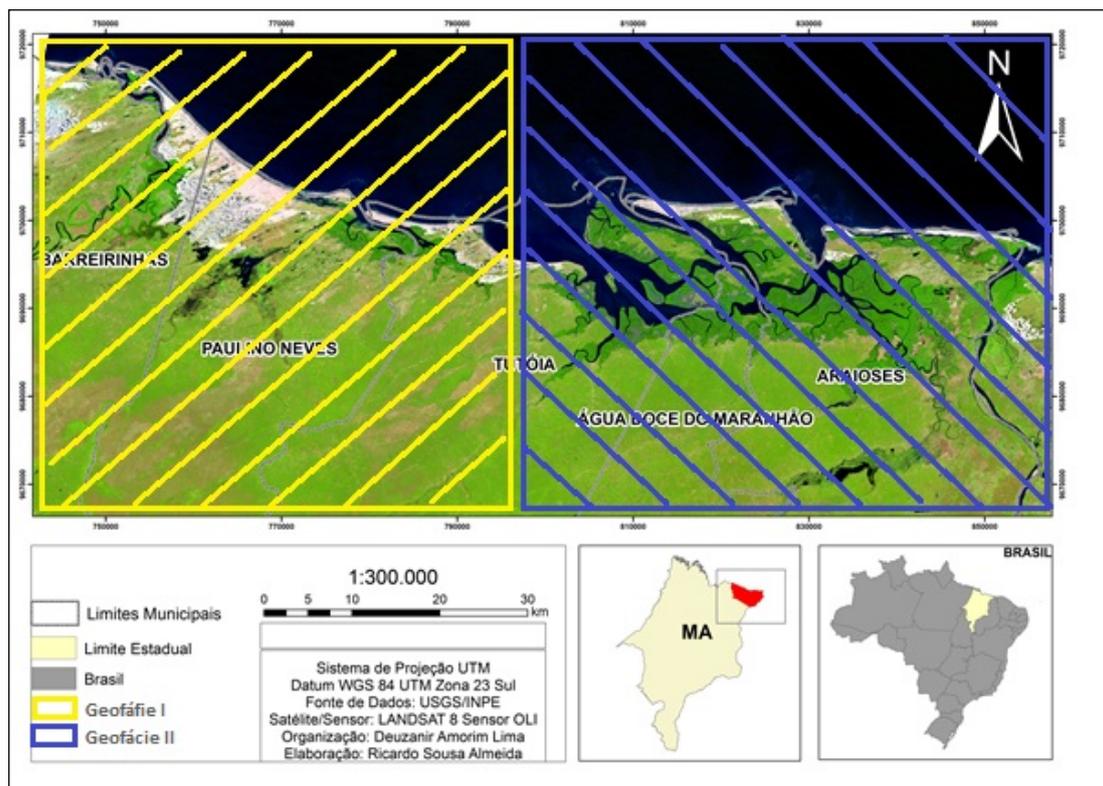
Dentro do geossistema costeiro, objeto deste trabalho, foram classificados dois Geofácies que se destacam na imagem por suas características expressivamente distintas: Geofácia I - Pequenos Lençóis e Geofácia II – Delta do Parnaíba (Figura 2).

Embora possuam aspectos visuais diferentes de forma geral, em específico, os dois Geofácies são compostos de Geótopos similares que correspondem às seguintes classes temáticas: Corpos Hídricos, Dunas, Mangue, Paleodunas e Vegetação Arbustiva (restinga) representadas na Figura 3. O que os diferencia na imagem é a predominância de classes diferentes nos dois Geofácies e a origem, bem como o agente condicionante de cada Geótopo. No quadro a seguir, estão os geótopos de cada geofácia (Quadro 2).

Quadro 2. Geossistemas, Geofácies e Geótopos do litoral oriental do Maranhão com base na classificação de Bertrand (1978).

GEOSSITEMAS	GEOFÁCIES	GEÓTOPOS
Geossistema Costeiro	Pequenos Lençóis	Corpos Hídricos Dunas Mangue Paleodunas Vegetação Arbustiva
	Delta do Parnaíba	Corpos Hídricos Dunas Mangue Paleodunas Vegetação Arbustiva

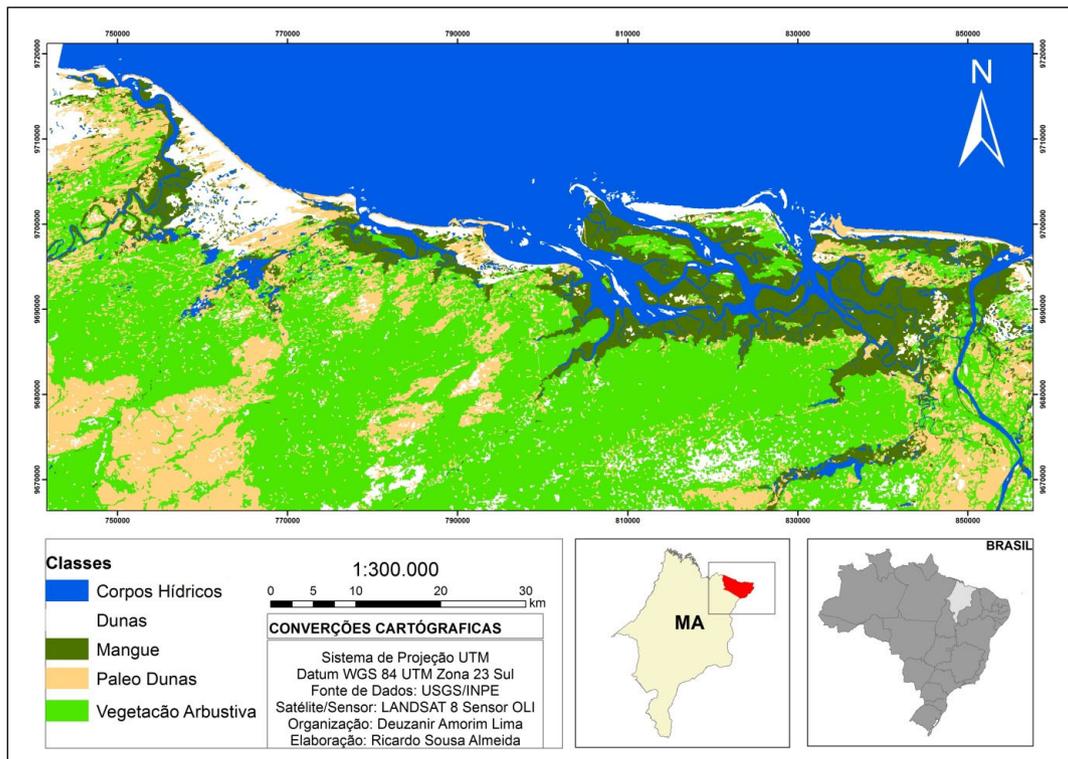
Fonte: Elaborado pelos autores.



Fonte: Elaborado a partir de dados da NASA (2017).

Figura 2. Carta-imagem com Geofácies em destaque onde o Geofácia I está tracejado em amarelo e o Geofácia II está tracejado em azul.

Enquanto no Geofácia I os Geótopos predominantes são as paleodunas seguidas das dunas móveis onde a ação eólica é o principal condicionante físico para o agrupamento de sedimentos resultando na formação dos pequenos lençóis, no Geofácia II quem se destaca é o manguezal logo depois da vegetação arbustiva onde há, também, a presença de paleodunas, só que desta vez cobertas. Neste segundo Geofácia pode-se observar ainda que a presença dos corpos hídricos é bem mais expressiva do que no Geofácia I; enquanto acontece o inverso com relação às dunas móveis, nesse Geofácia o condicionante natural é a ação hidrológica que transporta sedimentos para costa e, por sua característica estuarina mais próxima à linha de costa, possui condições propícias ao estabelecimento do ecossistema manguezal. Fica evidente que o Geofácia II, por possuir uma linha de costa mais recortada, tem características fisionômicas de um ambiente costeiro provedor de sedimentos onde ocorrem constantes processos erosivos, e já o Geofácia I possui características fisionômicas de um ambiente costeiro receptor de sedimentos onde os processos de sedimentação são mais fortes.



Fonte: Elaborado a partir de dados da NASA (2017).

Figura 3. Carta-Imagem da Classificação *Bhattacharya* classificando os geótopos representados pelas classes: Corpos Hídricos, Dunas, Mangue, Paleodunas e Vegetação Arbustiva.

É importante observar que, embora o classificador tenha apresentado 98% de confiança e tenha reconhecido com sucesso o comportamento espectral rugoso das paleodunas, segundo a base de dados do IBGE (2010) que classifica a geologia do Brasil, as áreas do recorte classificadas com cobertura de vegetação arbustiva são consideradas

dunas antigas. É sabido que as paleodunas se formam no Pleistoceno e por sua idade geológica não somente são fixas como também possuem vegetação arbustiva fixada em sua superfície, o que nos respalda a tratar as paleodunas classificadas como expostas.

Assim como no trabalho de Viana (2013), aqui foi possível perceber uma mudança da situação erosional para acrecional de um Geofácia para outro, o que é típico da dinâmica costeira, porém ao contrário do referido autor, que associa tal fator à proximidade de um trapiche, acredita-se que este fator está relacionado à capacidade de carga da bacia do rio Parnaíba e com a deriva litorânea que segundo Bittencourt *et al.* (2003), possui sentido E-W na costa maranhense.

De acordo com Santos *et al.* (2005) a planície costeira, no qual também se insere a área de estudo objeto deste trabalho, representa uma área receptora de sedimentos provenientes da deriva litorânea, carreados ao longo da costa nordeste com substancial incremento da foz do Rio Parnaíba e da plataforma interna. É importante discutir sobre a origem do sedimento porque nos leva à construção de uma hipótese mais fundamentada sobre a direção do transporte desses sedimentos, por exemplo.

Diferente de França *et al.* (2016), que além de ter classificado um número bem maior de Geofácies e Geótopos também associa parte destes à forte antropização, a classificação aqui proposta considera a soberania da natureza dentro do geossistema costeiro apresentado uma vez que os fluxos que o caracterizam são de ordem natural, ou seja assim como Troppmair (2006), acredita-se que a influência antrópica não modifica ou descaracteriza o geossistema aqui classificado devido à grandeza e intensidade dos seus fluxos de energias e matérias.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os geossistemas costeiros se diferenciam dos demais por sua intensa dinâmica regida pelos fluxos de energia e matéria de ordem natural e não passíveis de serem controlados ou descaracterizados pelo homem. Neste trabalho, foi possível observar que, embora intrinsecamente interligados em um geossistema, dois geofácies podem ter fisionomias e ser cenários de processos naturais totalmente diferentes. Foi possível, através de uma abordagem naturalista do geossistema, destacar unidades de paisagem que se sobrepõem, se complementam e se modificam em uma escala temporal de médio prazo, uma vez que a zona costeira é um ambiente extremamente dinâmico.

REFERÊNCIAS

- AB' SÁBER, A. N. Está nascendo o novo mapa do Brasil. **Caderno de Ciências da Terra**. São Paulo, n.33 p.1-3, 1973.
- AB' SÁBER, A. N. **Os Domínios de Natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. Ateliê Editorial. São Paulo. 2007.
- BEROUTCHACHVILI, N.; BERTRAND, G. Le géosystème ou << système territorial naturel >>. In: **Revue géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest**, tome 49, fascicule 2, 1978. Géosystème et aménagement. Pp. 167-180.

- BERTRAND, G. Paysageet geographie physique globale. Esquisseméthodologique. **Revue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest**, Toulouse, v.39 n.3 p.249-272, 1968.
- BITTENCOURT, A. C. da. S. P.; DOMINGEZ, J. M. L.; MARTIN, L.; SILVA, I. R. Uma aproximação de primeira ordem entre o clima de ondas e a localização, de longa duração, de regiões de acumulação flúvio-marinha e de erosão na costa norte do Brasil. **Revista Brasileira de Geociências**, Salvador, v.33, n.2, p.159-166, jun.2003.
- CHRITOFOLETTI. A. **Geomorfologia**. Edgard Blucher, 1ª ed. São Paulo. 1936.
- CHRITOFOLETTI. A. **Geomorfologia**. Edgard Blucher, 1ª ed e 2º ed. São Paulo. 1979.
- CAVALCANTI, L. C. S.; CORRÊA, A. C. B. Geossistemas e Geografia no Brasil. **Revista Brasileira de Geografia**, v.61, n.2, p. 3 -33. Rio de Janeiro, 2016.
- FRANÇA, C. F. de; PIMENTEL, M. A. da S.; NEVES, S. C. R. Estrutura paisagística de São João da Ponta, nordeste do Pará. **Geografia Ensino & Pesquisa**, [S. l.], v. 20, n. 1, p. 130–142, 2016. DOI: 10.5902/2236499418331. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/geografia/article/view/18331>>.
- SANTOS, J. H. S. dos.; CASTRO, J. W. A.; GONÇALVES, R. A.; SANTOS, N. F. B. dos. Modelo evolutivo do sistema de dunas eólicas do setor leste do Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses – MA/Brasil. In: CONGRESSO DA ABEQUA, 10., 2005, Guarapari. **Anais Eletrônicos...** Guarapari: ABEQUA, 2005. 1 CD. 5 p.
- SOCHAVA, V. B. **Introdução à doutrina sobre os geossistemas** (em russo). Editorial Nauka, Filial de Siberia, Novosibirsk, 1978, 318 p.
- TRICART, J. & GALINA, M. H. **Ecodinâmica**. IBGE, Superintendência de Recursos Naturais e Meio Ambiente – SUPREN. Rio de Janeiro.1977.
- TROPPEMAIR, H. Geossistemas. **Mercator** - Revista de Geografia da UFC. Ano 05, número 10. São Paulo. 2006.
- VIANA, I. G. da S. **Estrutura e Fisiologia da paisagem da Praia do Areião, Ilha de Mosqueiro (Belém-PA)**. Dissertação (Mestrado em Geografia). Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal do Pará, Belém. 2013. 73p.