



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS DO MAR - LABOMAR
CURSO DE OCEANOGRAFIA

ITALO GOIS MIRANDA

CARACTERIZAÇÃO DOS SISTEMAS DE BARREIRAS ARENOSAS DO LITORAL
DO CEARÁ

FORTALEZA

2017

ITALO GOIS MIRANDA

CARACTERIZAÇÃO DOS SISTEMAS DE BARREIRAS ARENOSAS DO LITORAL
DO CEARÁ

Monografia apresentada ao Curso de graduação em Oceanografia do Instituto de Ciências do Mar da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Oceanografia.

Orientadora: Prof.^a Dra. Lidriana de Souza Pinheiro.

FORTALEZA

2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

M642c Miranda, Italo Gois.

Caracterização dos sistemas de barreiras arenosas do litoral do Ceará / Italo Gois
Miranda. – 2017.
52 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Instituto
de Ciências do Mar, Curso de Oceanografia, Fortaleza, 2017.
Orientação: Profa. Dra. Lidriana de Souza Pinheiro.

1. Barreiras arenosas. 2. Classificação morfológica. 3. Spits. I. Título.

CDD 551.46

ITALO GOIS MIRANDA

CARACTERIZAÇÃO DOS SISTEMAS DE BARREIRAS ARENOSAS DO LITORAL
DO CEARÁ

Monografia apresentada ao Curso de graduação em Oceanografia do Instituto de Ciências do Mar da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Oceanografia.
Orientadora: Prof.^a Dra. Lidriana de Souza Pinheiro.

Aprovada em __/__/____.

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a Dra. Lidriana de Souza Pinheiro (Orientadora)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Me. Renan Gonçalves Pinheiro Guerra
Doutorando do PPGCMT - UFC

Me. Francisco Jailton Nogueira Silva Filho
Instituto de Ciências do Mar - UFC

À minha mãe, Cristina, meu modelo de vida.

AGRADECIMENTOS

Ao meu pai Lucio e meus irmão Gilio, Daniele e Susy por todo o amor e suporte.

Aos meus amigos do curso de Oceanografia Rayza, Cecília, Jota, Lucas, Pedry, Pedro Paulo, Liana, Zé, Andréa da Consolação, Bruno Catunda, Giullian, Bruno Senvergas, Andréa Presidente, Clarissa, Rodolfo, Gabriel, Babi, Facó e Iliana pelo modo positivo como marcaram minha vida e por tornarem a passagem pela graduação mais divertida.

À professora Sandra e à Isabela, por todo o carinho e por sempre acreditarem.

À professora Lidriana por toda a compreensão, atenção e encorajamento, este último acima de todos.

Aos membros participantes da banca.

Á Cida, Wagner e todos os funcionários do Labomar.

RESUMO

As barreiras arenosas são estruturas morfológicas comuns na zona costeira do Ceará. O dinamismo e a fragilidade que caracterizam esses sistemas, os tornam suscetíveis aos impactos gerados pelas atividades antrópicas. Dessa forma, o estudo das barreiras e dos processos envolvidos na sua formação é pertinente para uma melhor compreensão da interação homem-barreira e posterior criação de métodos sustentáveis de utilização. A ferramenta usada para a identificação morfológica das barreiras do litoral cearense foi o programa Google Earth Pro, que contém imagens aéreas de alta resolução do globo terrestre. A classificação morfológica das barreiras arenosas quanto aos processos que regem suas formações foi estabelecida seguindo caracterizações já realizadas em trabalhos clássicos anteriores. Nesse sentido, as barreiras puderam ser reunidas em três grupos distintos: spits, spits duplos e barreiras de energia mista. As barreiras spits correspondem a 62% do total, os spits duplos a 33% e somente 5% são barreiras de energia mista. Ao observar o ambiente costeiro no qual as barreiras se encontram, notou-se que na maioria deles ocorrem ecossistemas de manguezais junto à zona de retrobarreira.

Palavras-chave: Barreiras arenosas. Classificação morfológica. Spits.

ABSTRACT

Sandy barriers are morphological structures usually found in the coastal zone of Ceará. As barriers are dynamic and fragile, they are highly susceptible to anthropogenic impacts. This way, by studying them and the processes involved in their formation, the interaction between man and barrier can be better understood for the creation of sustainable methods for using them. Google Earth Pro was the software used to identify the barriers of Ceará coast and acquire high resolution imagery. The sandy barriers morphological classification as to their creation related processes was based on classic scientific papers descriptions. The barriers were arranged in three distinct groups: spits, double spits and mixed-energy barriers. The spits represent 62% of the sandy barriers, 33% are double spits and only 5% are mixed-energy barrier spits. There are mangrove ecosystems at the backbarrier zone of the majority of barriers found in the coastal environment.

Keywords: Sandy barriers. Morphological classification. Spits.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Esboço do ambiente praial	14
Figura 2 – Elevação do nível do mar por conta da lua e do sol	15
Figura 3 – Formação de ondas devido à ação do vento	16
Figura 4 – Corrente longitudinal e deriva litorânea no ambiente costeiro	17
Figura 5 – Esboço de ambiente contendo barreiras arenosas	18
Figura 6 – Os três tipos morfológicos de barreiras arenosas	19
Figura 7 – Formação de um spit através da corrente longitudinal e ondas	20
Figura 8 – Formação de spits duplos na foz de um rio	21
Figura 9 – Esboço de uma barreira de energia mista com ambientes de sedimentação	21
Figura 10 – Vegetação típica de manguezal	23
Figura 11 – Localização da área de estudo	25
Figura 12 – Distribuição das barreiras no litoral cearense	32
Figura 13 – Barreira de energia mista na planície litorânea do Icapuí	34
Figura 14 – Planície litorânea do Icapuí	35
Figura 15 – Barreira spit a sotamar de Ponta Grossa	35
Figura 16 – Barreira spit na foz do rio Pirangi	36
Figura 17 – Spits duplos na desembocadura do rio Choró	36
Figura 18 – Spits duplos na foz do rio Malcozinhado	37
Figura 19 – Barreira spit na praia de Iguape	37
Figura 20 – Barreira arenosa soldada na praia de Iguape	38
Figura 21 – Spits duplos na foz do rio Pacoti	38
Figura 22 – Barreira spit na desembocadura do rio Ceará	39
Figura 23 – Spits duplos na foz do rio Curu	39
Figura 24 – Spits duplos na foz do rio Mundaú	40
Figura 25 – Spits duplos na desembocadura do rio Aracatiaçu	40
Figura 26 – Barreira spit em Itarema, setor 1	41
Figura 27 – Barreira spit em Itarema, setor 2	41
Figura 28 – Barreira spit próxima à praia de Espreado	42
Figura 29 – Barreira spit próxima a Curral Velho, Acaraú	42
Figura 30 – Barreira spit na foz do rio Acaraú	43

Figura 31 – Barreira spit na praia de Aranaú	43
Figura 32 – Barreira spit na praia do Morgado (imagem mais atual)	44
Figura 33 – Barreira spit na praia do Morgado (imagem menos atual)	44
Figura 34 – Barreira spit na desembocadura do rio Guriú	45
Figura 35 – Spits duplos na foz do riacho Tucunduba	45
Figura 36 – Barreira spit próxima ao distrito de Amarelas, Camocim	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Dados das imagens de satélite retiradas do Google Earth	29
Tabela 2 – Identificação das barreiras e classificação segundo os processos envolvidos em suas formações	31
Tabela 3 – Sistemas de barreiras associados a manguezais	47

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1	Ambiente Praial	14
2.2	Barreiras arenosas	17
2.3	Estuários e manguezais	22
3	OBJETIVOS	24
3.1	Objetivo geral	24
3.2	Objetivos específicos	24
4	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	25
4.1	Área de estudo	25
4.2	Aspectos geológicos	26
4.3	Aspectos climáticos	26
4.4	Aspectos oceanográficos	27
5	MATERIAIS E MÉTODOS	28
5.1	Levantamento bibliográfico	28
5.2	Aquisição e interpretação das imagens de satélite	28
6	RESULTADOS E DISCUSSÕES	31
6.1	Identificação e caracterização das barreiras na zona costeira do Ceará	31
6.1.1	<i>Litoral Leste</i>	34
6.1.2	<i>Litoral Central</i>	38
6.1.3	<i>Litoral Oeste</i>	41
6.2	Sistemas de barreiras associados a manguezais	46
7	CONCLUSÃO	49
	REFERÊNCIAS	50

1 INTRODUÇÃO

A Zona Costeira constitui uma área de transição entre a terra e o mar. Essa transição entre dois ambientes tão diferentes implica em um grande dinamismo, onde diversos processos físicos, químicos e biológicos interagem continuamente. Dessa forma, a Zona Costeira é uma região de contínuas mudanças e nela podemos encontrar ecossistemas peculiares, estruturas morfológicas cujas feições mudam na escala de meses e até dias.

A zona costeira sempre foi uma zona de intensa atração para o homem por oferecer condições propícias a diversos usos: pesca, agricultura, atividades portuárias e de transporte, lazer e até mesmo moradia. Além de sua importância socioeconômica, a zona costeira apresenta elevado valor ambiental devido à riqueza e variedade de seus habitats, muitos dos quais proporcionam proteção natural das zonas interiores a inundações (FORTUNATO *et al.*, 2008).

Alguns desses habitats compreendem formas litorâneas típicas como praias, barreiras, planícies litorâneas, manguezais e dunas. Entre estas, destaca-se o objeto de estudo deste trabalho: as barreiras que ocorrem na zona costeira do Estado do Ceará. Esses sistemas são comuns no litoral cearense e em zonas costeiras espalhadas por todo o mundo, podendo ser encontradas em todos os continentes, com exceção da Antártida, e em todo tipo de configuração geológica e climática (DAVIS; FITZGERALD, 2004).

As barreiras são sistemas que se desenvolvem paralelo à costa através de processos de transporte e deposição de sedimentos e são altamente influenciadas pela ação de ondas e correntes litorâneas (DAVIS, 1994).

Segundo Davis e Fitzgerald (2004), as barreiras são assim chamadas porque protegem o litoral das forças do mar, particularmente durante tempestades. Elas criam áreas abrigadas que reduzem a exposição direta de ondas de alta energia associadas a marés de grande amplitude. As baías, lagunas, mangues e canais de maré que se formam atrás de barreiras proporcionam abrigo para embarcações de recreio e de comércio, procriação de peixes, crustáceos e aves e são fontes importantes de nutrientes para águas costeiras.

As barreiras são separadas da costa por uma região denominada retrobarreira, que pode consistir em planícies de maré, baías rasas, lagunas e/ou manguezais. Estes são bastante comuns no litoral cearense e podem ser

encontrados na zona de retrobarreira de grande parte das barreiras do Ceará, como na planície litorânea do Icapuí e no sistema de barreiras de Itarema.

Algumas das qualidades que tornam as barreiras tão atraentes também as tornam ambientes frágeis. A composição arenosa, baixa elevação e cobertura vegetal rala deixam as barreira expostas a riscos ambientais e demográficos, incluindo, o rompimento dessas estruturas que podem comprometer outros sistemas ambientais e a infraestrutura existente em áreas adjacentes. Vulneráveis a eventos de tempestade, subida do nível do mar, erosão, subsidência e às constantes mudanças hidrológicas, sedimentares e geomorfológicas, as barreiras desempenham um papel cada vez mais importante como um sinal de alerta de mudanças globais e regionais (OTVOS, 2012).

Dessa forma, o presente trabalho é relevante ao quantificar a ocorrência de barreiras na Zona Costeira do Ceará e qualificá-las quanto aos processos oceanográficos envolvidos em suas formações. Uma vez que são estruturas tão frequentes no litoral, é necessária a condução de estudos para uma melhor compreensão dos processos a elas ligados e para encontrar formas sustentáveis para sua utilização.

O mapeamento de feições geomorfológicas a partir de sua forma em planta é amplamente utilizado para caracterizar unidades geomorfológicas, como por exemplo feições erosivas e deposicionais. Nesse sentido, o software Google Earth™ traz grande contribuição por prover um acervo de imagens aéreas de alta resolução e diferentes períodos que permitem avaliar a dinâmica de processos geomorfológicos em escala de tempo humana (LIMA, 2012).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

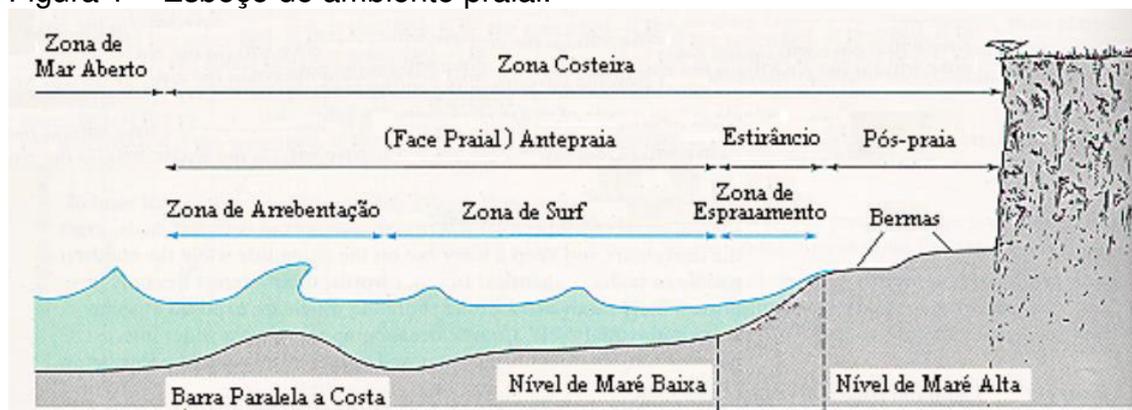
2.1 Ambiente Praial

As praias constituem sistemas dinâmicos, onde elementos básicos como ventos, água e areia interagem, resultando em processos hidrodinâmicos e deposicionais complexos (BROWN; MCLACHLAN, 1990). Elas estão incluídas entre os ambientes mais dinâmicos existentes em nosso planeta, nas quais é possível observar a interface continente-oceano-atmosfera.

As praias são formadas por consideráveis acumulações de sedimentos, mais comumente arenosos, trabalhados pelas ações de ondas, das correntes e alterações relacionadas a meteorização, erosão e transporte a partir de uma área fonte (MADRUGA FILHO, 2004).

Segundo modelo de Davidson-Arnott (2010), o ambiente praial pode ser dividido de acordo com os processos que atuam em sua composição. A Figura 1 expõe a compartimentação de uma praia de acordo com a atuação de processos hidrodinâmicos e feições geomorfológicas.

Figura 1 – Esboço do ambiente praial.



Fonte: Brown *et al.* (1989).

Levando em consideração a influência das marés temos:

- a) pós-praia: situada acima da linha de maré, que é atingida pelo mar apenas no período de ondas de tempestade, ou de marés excepcionalmente altas;
- b) estirâncio: setor exposto no período de maré baixa e submerso no período de maré alta;

c) antepraia: começa a partir do limite inferior da face de praia, e chega a profundidades em torno de 10 a 20 metros.

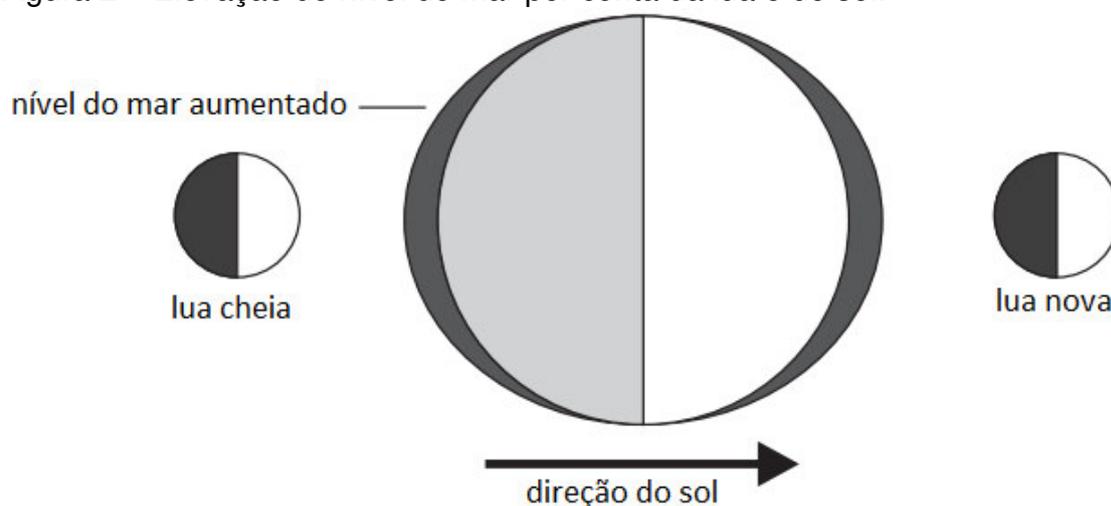
Levando em consideração a influência das ondas temos:

- a) zona de arrebentação: faixa onde as ondas se rompem pela diminuição de profundidade até abaixo de um valor igual ou inferior à base das ondas;
- b) zona de surfe: área localizada entre o limite externo de arrebentação e o limite de espraiamento das ondas;
- c) zona de espraiamento: local de fluxo, refluxo e percolação das águas na praia.

A morfodinâmica praial está relacionada diretamente com os processos costeiros e o transporte de sedimentos. Segundo Christofolletti (1980), as ondas, as marés e as correntes são as forças mais importantes na morfogênese litorânea.

As marés são resultado do movimento periódico do nível da água em função do movimento de rotação da Terra, ajustado ao efeito gravitacional provocado pela atração da lua e, em menor escala, do sol (ROSSETI, 2008). Dessa forma, o nível do mar se eleva em lugares que estão alinhados com a lua e declina nos outros (FIGURA 2). Esse aumento no nível do mar é acompanhado por um movimento horizontal de água chamado corrente de maré. Esta tem um papel importante no transporte e na deposição de sedimentos em muitos ambientes costeiros.

Figura 2 – Elevação do nível do mar por conta da lua e do sol.

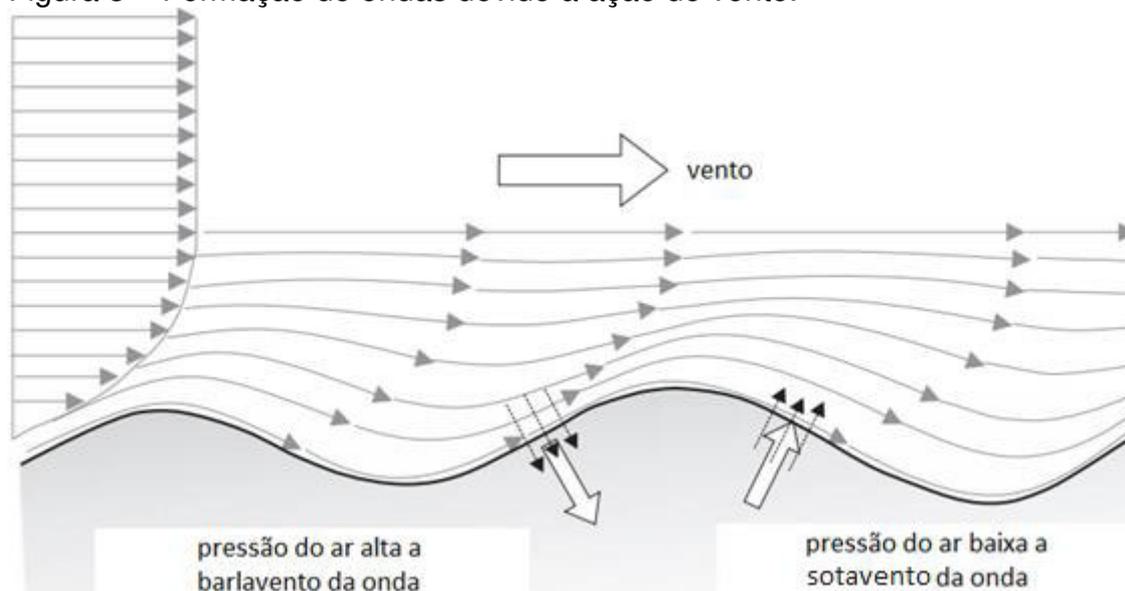


Fonte: Davidson-Arnott (2010).

As ondas são formadas devido a ação do vento. Segundo Muehe (1998), este, ao soprar em rajadas, gera variação de pressão e oscilação na superfície do mar. Em seguida, o vento passa a empurrar esta ondulação, criando depressão a sotavento da mesma por conta da turbulência (FIGURA 3). À medida que o vento sopra, as ondas aumentam em altura, comprimento e velocidade. Quando se aproximam das águas rasas da costa, elas crescem em altura e reduzem a velocidade, quebrando eventualmente na praia.

Além disso, segundo Suguio (2003), ao se aproximarem da costa, as ondas vindas do oceano podem sofrer refração e/ou difração. O primeiro consiste na modificação do sentido de propagação das ondas em águas rasas; o segundo ocorre em torno de obstáculos naturais, como promontórios, barreiras e ilhas.

Figura 3 – Formação de ondas devido à ação do vento.



Fonte: Davidson-Arnott (2010).

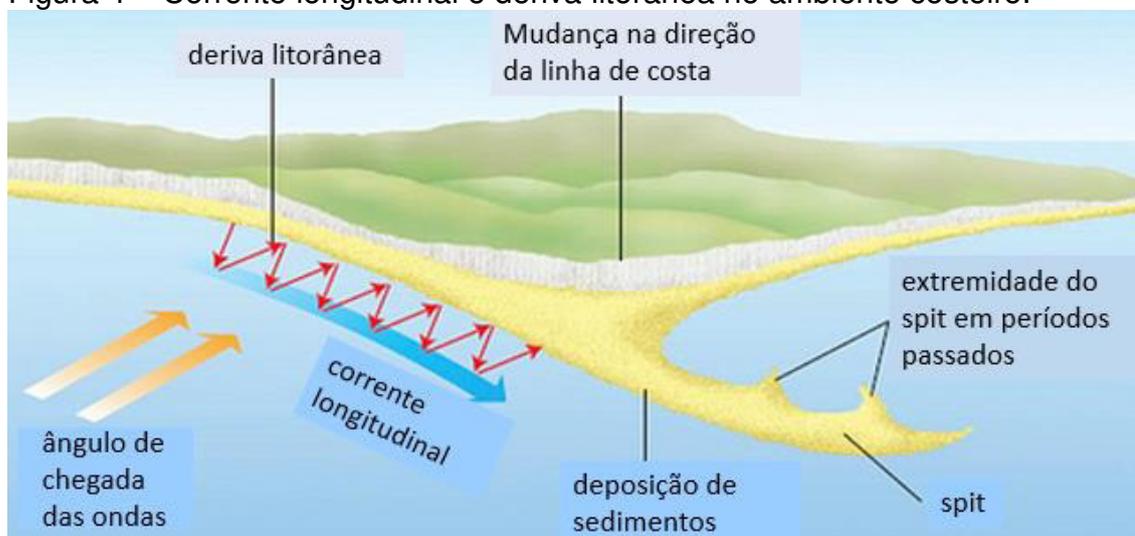
O ângulo com que as ondas chegam à costa também é um fator relevante para a dinâmica do ambiente costeiro. Quando isso ocorre de maneira oblíqua, pode formar uma corrente longitudinal que corre paralelo à costa (FIGURA 4).

Segundo Souza (2007), esta corrente também pode ser gerada por outros processos como correntes de maré, refração e difração das ondas e variação da altura de onda local promovendo níveis de água diferenciais.

As correntes longitudinais são responsáveis por grande parte dos sedimentos transportados ao longo da praia e resultam na deriva litorânea que atua

na zona de surfe. Esses dois processos são essenciais na formação e evolução de diversas feições geomorfológicas como as barreiras. (FIGURA 4).

Figura 4 – Corrente longitudinal e deriva litorânea no ambiente costeiro.



Fonte: Adaptada de Geocaching (2013).

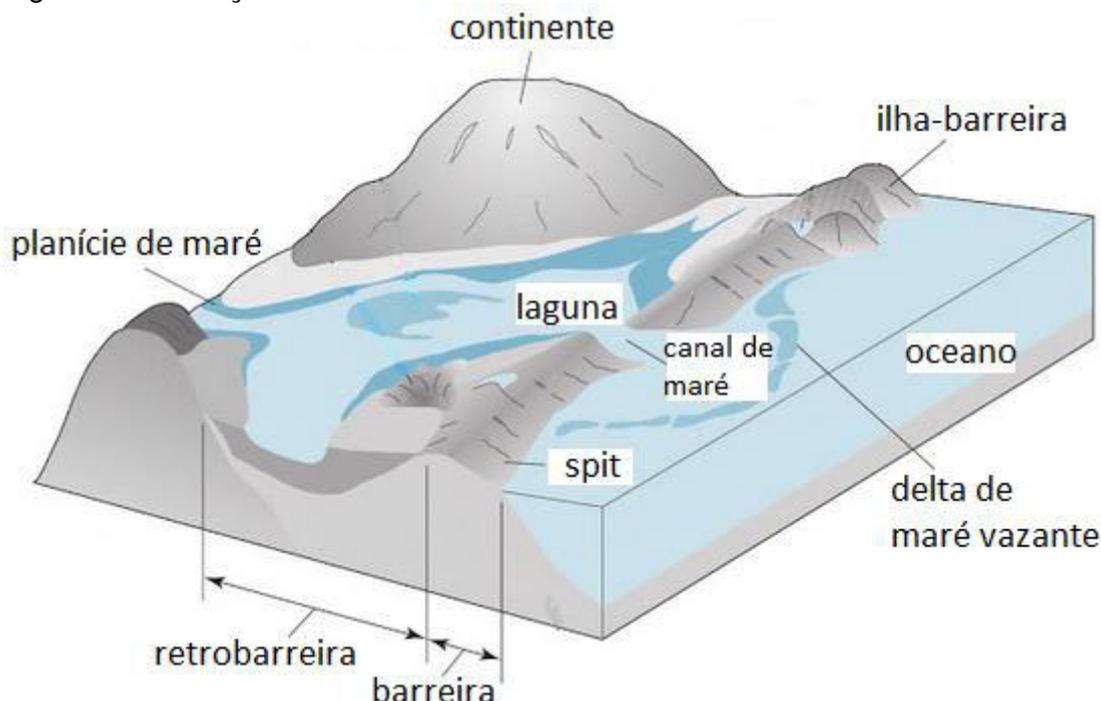
2.2 Barreiras arenosas

Barreiras são acumulações de sedimentos que crescem verticalmente devido à ação combinada de ondas, do vento e das correntes longitudinais, por meio dos quais estreitas faixas são construídas a alguns metros ou até mesmo dezenas de metros acima do nível do mar. Elas tendem a ser paralelas à costa, geralmente ocorrendo em grupos ou cadeias (DAVIS; FITZGERALD, 2004) (FIGURA 5). Na largura, elas podem atingir vários quilômetros, mas há barreiras com dezenas de metros também. Já no comprimento, elas podem chegar a mais de 100 km. O tamanho da barreira vai depender da quantidade de sedimento que a área onde ela se encontra fornece, mas a taxa de erosão, as características fisiográficas do litoral e os processos costeiros atuantes também influenciam bastante nesse quesito.

Segundo Davis e Fitzgerald (2004), apesar de as barreiras terem diversas formas, elas normalmente são agrupadas em três tipos morfológicos diferentes dependendo da conexão com o continente. As barreiras do tipo spit, ou flechas litorâneas, estão conectadas à costa em uma extremidade, enquanto a outra termina em uma baía ou no mar aberto. Quando as duas extremidades se encontram ligadas ao continente temos outro tipo conhecido como barreira soldada ou sistema barreira-

laguna. Porém, se não há nenhuma conexão com o continente e encontra-se cercada por água ela se chama ilha-barreira (FIGURA 6).

Figura 5 – Esboço de ambiente contendo barreiras arenosas.



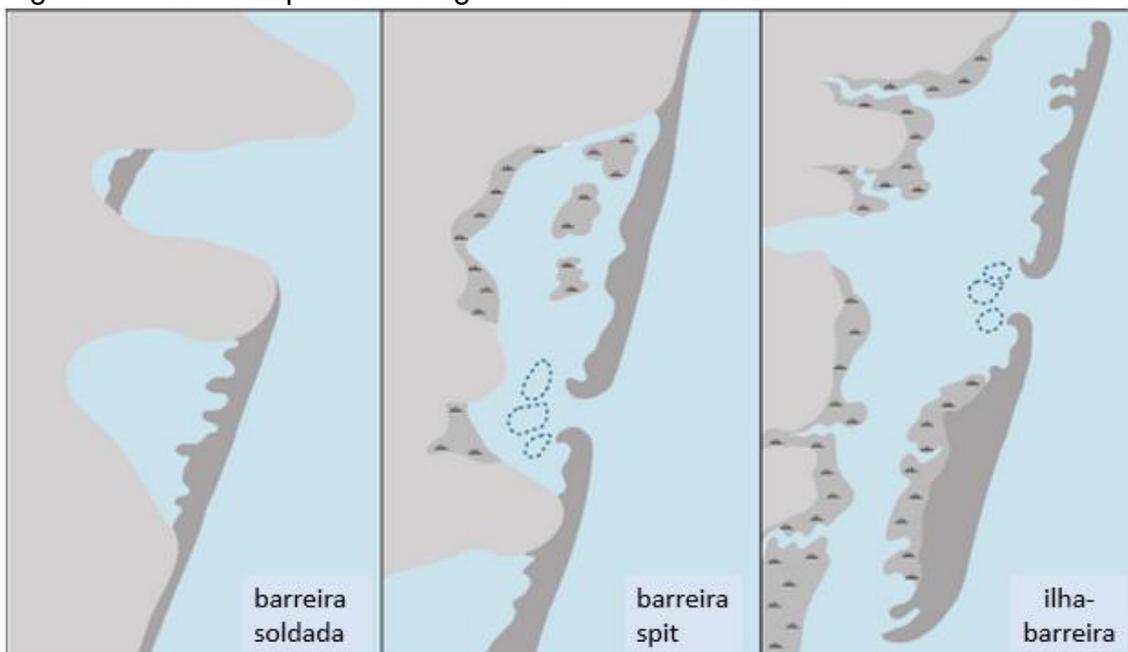
Fonte: Adaptada de Davis e Fitzgerald (2004).

Uma barreira do tipo flecha litorânea pode evoluir para um sistema barreira-laguna quando sua extremidade livre se conecta à costa, fechando uma baía. Da mesma forma, se a parte ligada ao continente se desconecta, a flecha litorânea se torna uma ilha-barreira. Esta pode ocorrer em cadeias, onde barreiras individuais são separadas por canais de maré (FIGURA 6).

As barreiras são compostas por diferentes tipos de sedimentos, dependendo do ambiente onde se encontram e seu cenário geológico. A areia, que é o componente mais comum das barreiras, vem de uma variedade de fontes, incluindo rios, depósitos deltaicos e glaciais, falésias em erosão, materiais biogênicos, entre outros. Em latitudes setentrionais, onde os glaciares moldaram a paisagem, o cascalho é um elemento comum das barreiras. Por outro lado, em latitudes meridionais, materiais carbonatados provenientes de fragmentos de conchas e corais podem compor uma porção significativa da barreira. Na costa sudeste da Islândia e na costa oeste da Nova Zelândia, podem ser encontradas

barreiras compostas por areias vulcânicas negras originadas de rochas vulcânicas (DAVIS; FITZGERALD, 2004).

Figura 6 – Os três tipos morfológicos de barreiras arenosas.



Fonte: Davis e Fitzgerald (2004). Os círculos tracejados em azul indicam canais de maré, vias que possibilitam a troca de água entre o oceano e os ambientes de retrobarreira.

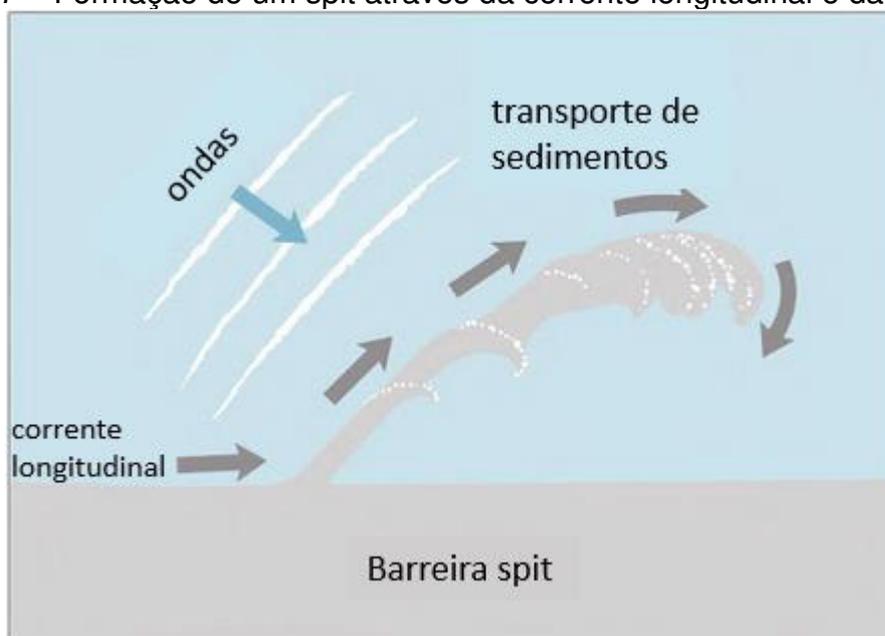
O surgimento de uma barreira em determinado ambiente dá-se pela combinação de múltiplos fatores: a abundância de sedimentos, uma morfologia que possibilite sua acumulação, a ação combinada de ondas, marés, correntes longitudinais e ventos, entre outros. Esse cenário complexo serviu de palco no passado para a manifestação de diversas ideias quanto à formação de uma barreira, e as três principais são antagônicas entre si. Primeiro veio Beaumont (1885), com a teoria de que as barreiras surgiriam da migração de bancos arenosos, inicialmente imersos, formados na zona infra-litorânea. Porém, Gilbert (1885) sugeriu que as barreiras do tipo spit surgiriam por conta da ação das correntes longitudinais e poderiam evoluir para o tipo ilhas-barreira. Já Hoyt (1967) publicou que as barreiras sucederiam ao afogamento de cordões litorâneos preexistentes.

Atualmente, os processos envolvidos na formação de uma barreira são bastante estudados e para cada ambiente costeiro, com suas características intrínsecas, essa formação ocorre de maneira diferente por conta dos processos predominantes em cada um deles. Na zona costeira do Ceará, os processos que atuam predominantemente na formação de barreiras são as ondas, a corrente

longitudinal, o fluxo dos rios e as marés. Logo, para essa região, as barreiras podem ser classificadas em três tipos do ponto de vista dinâmico:

- a) barreira spit: ocorre em litorais cujo aporte de sedimentos é realizado predominantemente pela corrente longitudinal e por ondas, como mostra a Figura 7 (DAVIS, 1994; HESP; MAIA; CLAUDINO-SALES, 2009; OTVOS, 2012);
- b) spits duplos: formados em litorais onde a energia e sedimentos dos fluxos fluviais participa da modelagem de depósitos litorâneos juntamente com as ondas, conforme a Figura 8 (DAVIS, 1994; HESP; MAIA; CLAUDINO-SALES, 2009);
- c) barreiras de energia mista: formadas em litorais nos quais a dinâmica estaria controlada pela ação combinada das ondas e das marés, como mostra a Figura 9 (DAVIS, 1994; HESP; MAIA; CLAUDINO-SALES, 2009).

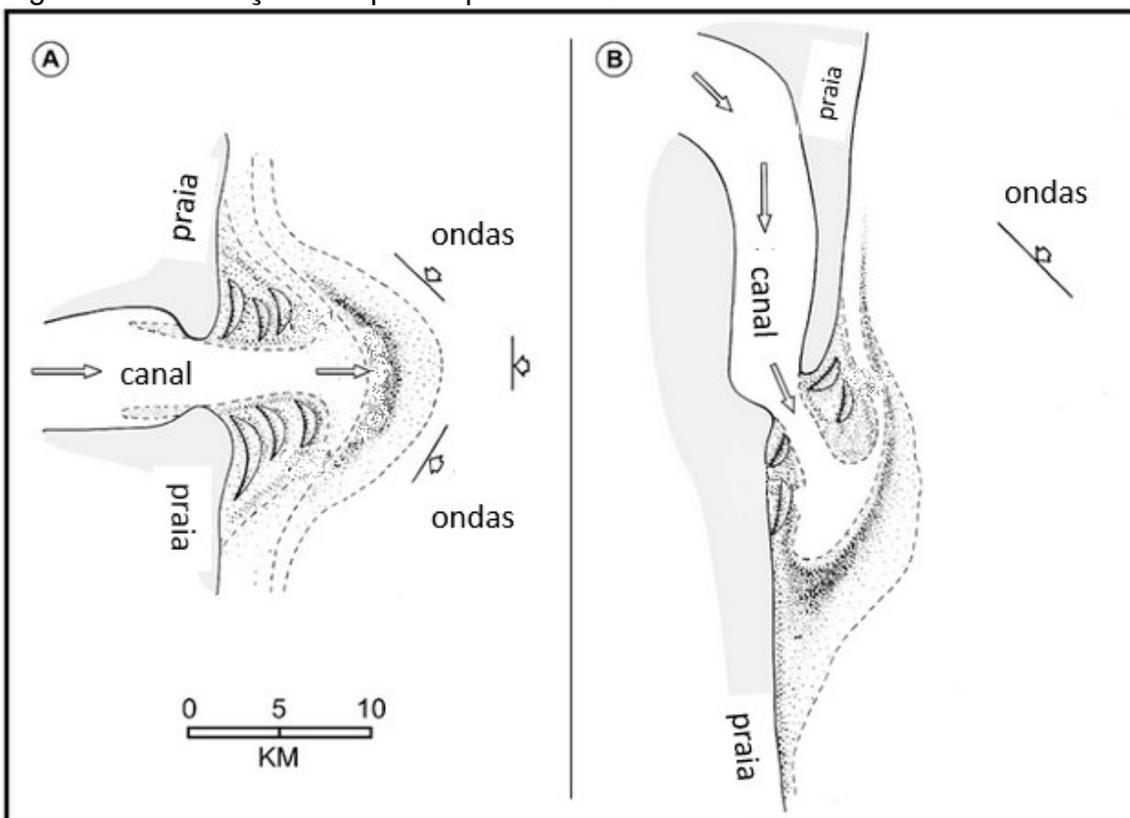
Figura 7 – Formação de um spit através da corrente longitudinal e das ondas.



Fonte: Adaptado de Davis e Fitzgerald (2004).

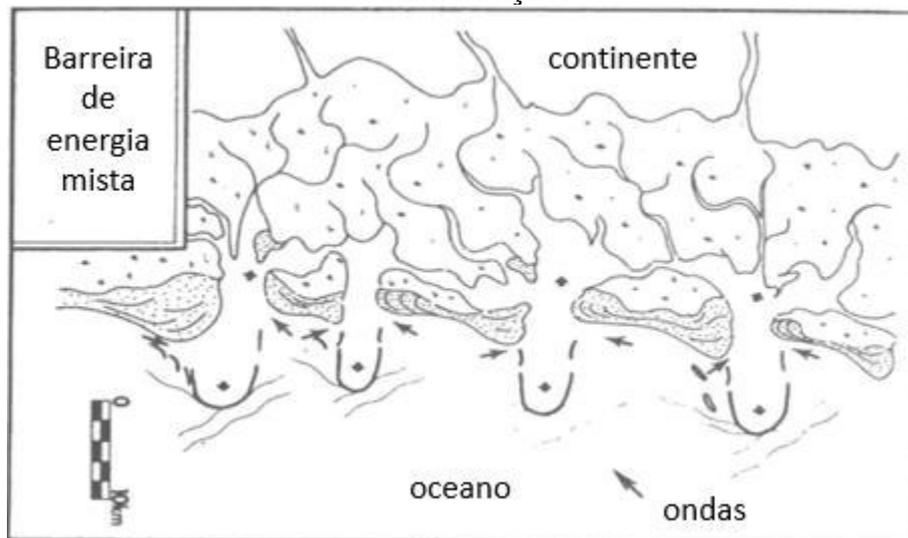
Otvos (2012) ressalta ainda que as barreiras constituem uma multifacetada fronteira ecológica, sedimentar, hidrográfica e fisiográfica entre ambientes marinhos e costeiros e que possuem várias funções essenciais de proteção:

Figura 8 – Formação de spits duplos na foz de um rio.



Fonte: adaptada de Wright (1977). A) incidência normal das ondas; B) incidência oblíqua das ondas.

Figura 9 – Esboço de uma barreira de energia mista com ambientes de sedimentação.



Fonte: Davis e Hayes (1984).

- a) elas diminuem a salinidade e a energia das ondas e correntes perto da costa. O escoamento de água da chuva e de rios alimenta as lagunas e as baías da região atrás da barreira;

- b) ilhas-barreiras impõem um expressivo contraste entre os sedimentos costeiros e marinhos;
- c) elas proporcionam proteção contra a destruição causada por tempestades na área atrás da barreira voltada para o continente, incluindo regiões subaquáticas;
- d) abrigam e protegem habitats ecológicos do âmbito costeiro;
- e) ilhas-barreiras mantêm um caminho contínuo de deriva litorânea paralelo à costa para a transferência de sedimentos.

2.3 Estuários e manguezais

Outros ecossistemas bastante comuns da zona costeira são os estuários e os manguezais. Ambos estão associados a um ambiente de mistura muito dinâmico e no litoral cearense podem ser encontrados associados a barreiras arenosas.

Estuário é um corpo de água costeiro semiconfinado ligado ao mar sendo influenciado tanto pelos agentes marinhos como fluviais. Enquanto a salinidade é normalmente menor do que a do oceano e varia temporariamente e espacialmente ao longo do estuário, podem ocorrer áreas de hipersalinidade onde a perda de água por evaporação é alta e a entrada de água doce é negligível (POTTER *et al.*, 2010).

Segundo Miranda, Castro e Kjerfve (2002), os estuários são bastante influenciados pela descarga fluvial, amplitude de maré, ondas e ventos. A forma como esses processos interagem vai definir como ocorre a mistura da água fluvial com a do mar e, por conseguinte o gradiente de densidade, fatores que regem o transporte de sedimentos nos estuários.

Nas latitudes tropicais e subtropicais, os estuários são dominados pelo ecossistema de manguezal (FIGURA 10), cujo funcionamento é fortemente influenciado pelas características e processos que ocorrem ao longo desse ambiente fluvio-marinho (GODOY, 2015).

Os manguezais são caracterizados por uma baixa diversidade de espécies arbóreo-arbustivas, que se desenvolvem principalmente nos solos lamosos de rios ao longo da zona de influência das marés. Essa vegetação, conhecida como mangue, é resistente às condições halófitas das águas estuarinas e constitui um ambiente propício à produção de matéria orgânica, o que garante alimento e

proteção natural para a reprodução de diversas espécies marinhas e estuarinas (MAIA *et al.*, 2005).

Figura 10 – Vegetação típica de manguezal.



Fonte: Maia *et al.* (2005).

A existência de mangues não está associada somente a rios, podendo também ser encontrados em planícies deltaicas, regiões próximas ao mar drenadas por córregos e outros cenários favoráveis ao desenvolvimento de um manguezal.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Identificar os sistemas de barreiras arenosas que ocorrem na Zona Costeira do Estado do Ceará, caracterizando-os quanto aos processos costeiros envolvidos em suas formações.

3.2 Objetivos Específicos

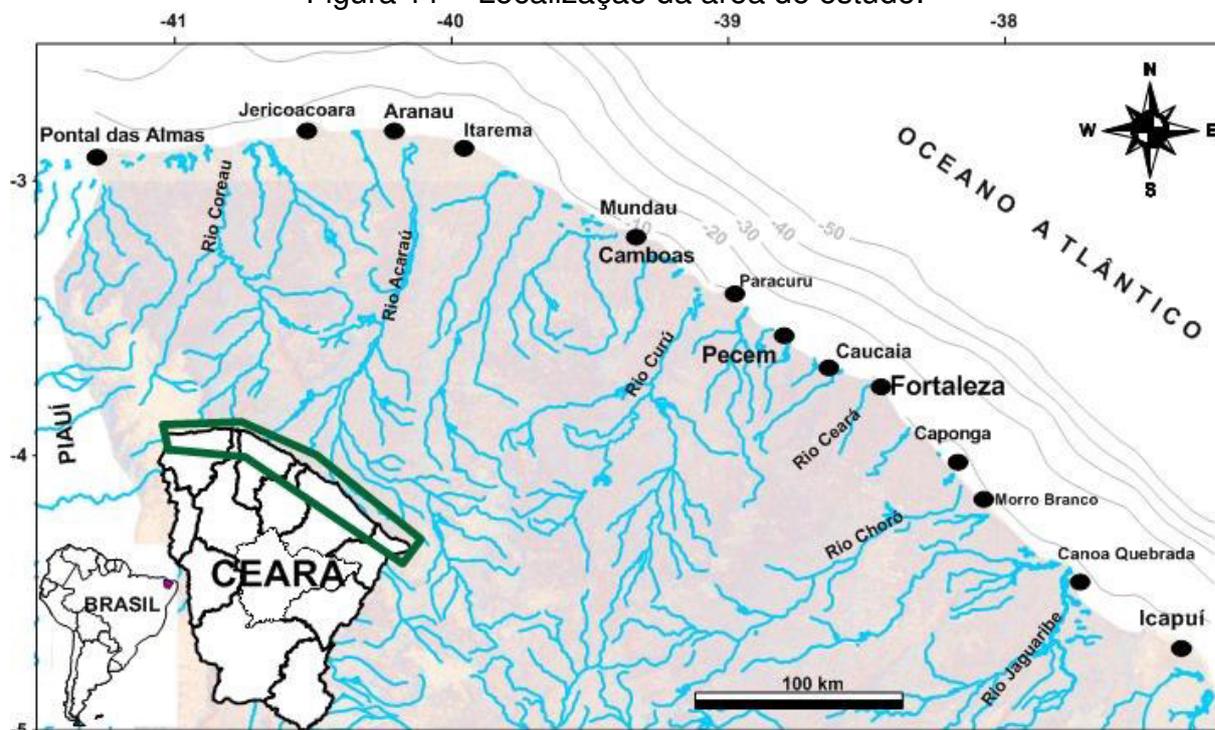
- a) classificar as barreiras costeiras no litoral cearense relacionando-as aos aspectos morfológicos locais;
- b) identificar os ecossistemas de manguezais associados à ocorrência das barreiras arenosas no litoral.

4 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

4.1 Área de estudo

A área de estudo corresponde à zona costeira do Estado do Ceará, que está localizado na região Nordeste do Brasil. O estado do Ceará, localizado entre as latitudes 2° S e 7° S e longitudes 37° O e 41° O, tem uma linha de costa que se estende por 573 km (FIGURA 11).

Figura 11 – Localização da área de estudo.



Fonte: elaborada pelo autor.

Segundo Peulvast e Claudino-Sales (2006), O litoral cearense é pouco elevado, predominantemente arenoso e apresenta com bastante frequência longas praias arenosas. Flechas litorâneas comuns e duplas bordejam de maneira esparsa setores com planícies litorâneas (litoral central e oeste) e desembocaduras fluviais e manguezais, com setores de falésias ativas (litoral leste) e alguns promontórios rochosos. Além disso, ao longo da zona costeira estendem-se vastos campos de dunas móveis, fixas e semifixas, associados a lagoas interdunares e costeiras.

4.2 Aspectos geológicos

Os depósitos da zona costeira do Estado do Ceará desenvolveram-se no limiar dos depósitos Pré-cambrianos, cobertos pelos arenitos, argilitos e conglomerados do Terciário para o Quaternário (notavelmente a Formação Barreiras do Mioceno para o Plioceno) (CEARÁ, 1997).

A plataforma continental pode ser dividida em 2 setores principais. O primeiro, com uma orientação SE-NO, estende-se da fronteira do Rio Grande do Norte à cidade de Acaraú (40° O); ele tem um relevo plano devido à ausência de paleocanais e outras morfologias irregulares. O setor que se estende de Acaraú à fronteira do Maranhão tem uma orientação L-O e uma inclinação mais suave e apresenta paleocanais (HESP; MAIA; CLAUDINO-SALES, 2009).

4.3 Aspectos Climáticos

O clima da região é regido principalmente por três fatores: proximidade à linha do Equador, anticiclone do Atlântico Sul e Zona de Convergência Intertropical – ZCIT (NIMER, 1979). Eles estão diretamente relacionados ao regime de precipitação.

Segundo Dias (2007), o clima da região é classificado como semiárido e o ano é dividido em dois períodos distintos e bem definidos: um período chuvoso que vai de dezembro a maio, podendo se estender até julho nos anos mais chuvosos, com maiores precipitações concentradas no mês de abril e um período de seca que vai de junho a novembro. O índice pluviométrico também varia bastante espacialmente: 1716 mm em Acaraú (costa norte do Ceará); 1386 mm em Fortaleza (costa central do Ceará); 850 mm em Icapuí (costa leste do Ceará) (CEARÁ, 1997).

Segundo Bezerra (1998), as temperaturas médias anuais são altas, de 26,9 a 28°C, com baixas variações sazonais. Contudo, a variação térmica diária é considerável, com valores médios de 7°C. Esta variação é responsável pelo sistema de brisa marítima costeira.

O regime de ventos é marcado pela ação dos ventos alísios. Os ventos alísios de sudeste são predominantes durante a segunda metade do ano e têm uma velocidade média de 8 m/s no Ceará. Os ventos alísios de nordeste apresentam

velocidades menores, 3,5 m/s, e atuam na primeira metade do ano. A ação de ventos alísios de leste também ocorre ao longo do ano (CLAUDINO-SALES, 1993).

4.4 Aspectos oceanográficos

O clima de ondas é manifestamente sazonal e diretamente associado com o comportamento dos ventos dominantes. Em geral, de dezembro a abril, ocorrem ondas de swell com direções variando entre 0° e 60°. Durante o resto do ano, ocorrem ondas de sea com direções entre 60° e 120° (MAIA, 1998).

A altura significativa média de onda é de 1,1 m, com um período médio de 5 a 6 s, e uma predominância de ventos de leste. As maiores alturas de onda ocorrem durante a segunda metade do ano, com 85% da distribuição ocorrendo no intervalo de 1 a 1,7 m. No litoral de Fortaleza, o período de pico varia entre 4 e 24 s, com aproximadamente 60% variando entre 5 e 10 s, 27% entre 10 e 16 s e 1% entre 17 e 19 s (MAIA, 1998).

Segundo Hesp, Maia e Claudino-Sales (2009), a deriva litorânea é orientada para noroeste e oeste, e juntamente com a ação predominante de ondas de sea em quase todos os setores, torna intenso o transporte de sedimentos no Ceará (máximo em torno de 900.000 m³ por ano). Este fenômeno é constante ao longo do ano. A porção leste da costa sofre com um processo erosivo maior durante a segunda metade do ano quando as ondas de sea atuam, devido ao ângulo formado entre a direção de incidência das ondas e a linha de costa (aproximadamente 45°), gerando como consequência, uma maior taxa de transporte de sedimento. Na porção norte da costa, este comportamento é interrompido em alguns lugares pela presença de promontórios, que permitem a formação de flechas litorâneas. A sotamar dessas estruturas naturais, é comum o surgimento de baías, e estas são vulneráveis à erosão por ondas de swell.

O regime de maré é de mesomaré, com uma regularidade semidiurna. As marés têm uma amplitude média da ordem de 3,0 m (DIRETORIA DE HIDROGRAFIA E NAVEGAÇÃO, 2003).

5 MATERIAIS E MÉTODOS

5.1 Levantamento bibliográfico

Realizou-se o levantamento de informações relacionadas à pesquisa, utilizando-se de livros, artigos e outras fontes da literatura científica. Um foco maior foi dado às publicações que tratavam acerca de barreiras, seus tipos morfológicos e os processos envolvidos em suas construções.

Durante essa fase do trabalho também se buscou trabalhos que caracterizassem a morfodinâmica do ambiente costeiro, onde as barreiras encontram-se inseridas e sobre outros ecossistemas que muitas vezes ocorrem associados a elas, como é o caso dos manguezais e estuários (principalmente no litoral cearense).

Também foram considerados trabalhos que abordassem a temática do sensoriamento remoto, uma vez que a obtenção de imagens de satélite e seu processamento foi essencial para a execução desse trabalho.

5.2 Aquisição e interpretação das imagens de satélite

No desenvolvimento desse trabalho foi utilizado o programa de computador Google Earth Pro para obter imagens de satélite de alta resolução das barreiras arenosas que existem na Zona Costeira do Ceará. Esse programa é gratuito e possibilita o acesso a informações espaciais através da internet. Ele se apresenta como um globo terrestre construído com imagens de satélite de diversas fontes.

Fazendo uso do Google Earth, foi possível esquadrihar o litoral cearense à procura de feições morfológicas que correspondessem a barreiras arenosas. Inicialmente na escala numérica de 1:2000, e mudando eventualmente para escalas maiores no intuito de dirimir dúvidas.

Esse processo de identificação repetiu-se por toda a linha de costa, inclusive ao se deparar com áreas propícias à formação de barreiras arenosas, mesmo quando aparentemente não havia barreira, como pontas, promontórios, baías, rios e outros cursos de água. Uma vez que são estruturas dotadas de alta morfodinâmica, foi necessário fazer uma análise multitemporal para constatar se as

mesmas ocorreram nessas áreas no passado. Nesse sentido, a ferramenta de imagens históricas do Google Earth foi muito útil, permitindo a visualização de uma mesma área em diferentes épocas.

Após serem identificadas as barreiras, foi feito um trabalho de interpretação visual, procurando constatar os ecossistemas de manguezais que ocorrem conectados às mesmas.

Tabela 1 – Dados das imagens de satélite retiradas do Google Earth.

Imagem	Data	Escala	Fornecedor da imagem
Icapuí (f. 13)	25/11/2013	1:1000	Image © 2016 CNES / Astrium
Icapuí (f. 14)	01/12/2013	1:2000	Image © 2016 CNES / Astrium
Ponta Grossa	25/07/2013	1:1000	Image © 2016 DigitalGlobe
Rio Pirangi	21/06/2010	1:1000	Image © 2016 DigitalGlobe
Rio Choró	14/07/2013	1:1000	Image © 2016 DigitalGlobe
Rio Malcozinhado	10/01/2014	1:400	Image © 2016 CNES / Astrium
Praia de Iguape (f. 19)	15/08/2014	1:700	Image © 2016 DigitalGlobe
Praia de Iguape (f. 20)	16/01/2010	1:700	Image © 2016 DigitalGlobe
Rio Pacoti	31/07/2015	1:1000	Image © 2016 DigitalGlobe
Rio Ceará	21/06/2014	1:700	Image © 2016 CNES / Astrium
Rio Curu	11/10/2012	1:1000	Image © 2016 DigitalGlobe
Rio Mundaú	31/07/2013	1:1000	Image © 2016 CNES / Astrium
Rio Aracatiaçu	09/2013	1:2000	Image © 2016 CNES / Astrium
Itarema 1	07/2013	1:2000	Image © 2016 DigitalGlobe
Itarema 2	10/2016	1:3000	Image © 2016 DigitalGlobe
Praia de Espraiado	06/2011	1:2000	Image © 2016 DigitalGlobe
Curral Velho, Acaraú	08/2009	1:1000	Image © 2016 DigitalGlobe
Rio Acaraú	06/2011	1:1000	Image © 2016 DigitalGlobe
Praia de Aranaú	06/2011	1:1000	Image © 2016 DigitalGlobe
Praia do Morgado (f. 32)	08/2013	1:2000	Image © 2016 CNES / Astrium
Praia do Morgado (f. 33)	10/2004	1:2000	Image © 2016 CNES / Astrium
Rio Guriú	08/2013	1:2000	Image © 2016 CNES / Astrium
Riacho Tucunduba	07/2011	1:1000	Image © 2016 DigitalGlobe
Amarelas, Camocim	10/2009	1:1000	Image © 2016 DigitalGlobe

Fonte: elaborada pelo autor.

As imagens foram selecionadas observando-se os seguintes critérios: baixa nebulosidade, melhor distinção das estruturas morfológicas na paisagem e datas mais recentes. Com a função “salvar imagem” foi possível obter as imagens no formato JPEG.

Como pode ser observado na Tabela 1, a análise espaço-temporal contemplou uma variação entre os anos 2009 e 2016. As escalas numéricas das imagens obtidas vão de 1:400 a 1:3000. Essa diferença ocorreu em função da variação da dimensão das barreiras e do ambiente costeiro no qual elas estão inseridas.

As imagens usadas nesse trabalho foram obtidas pelos satélites das companhias Astrium e DigitalGlobe. Elas, juntamente com outras empresas, fornecem imagens de satélite de alta resolução para o programa Google Earth.

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1 Identificação e caracterização das barreiras na zona costeira do Ceará

Fazendo uso do software Google Earth Pro foram possíveis a localização e a identificação morfológica das barreiras que existem no litoral cearense. Ao todo foram identificadas 21 barreiras, exibidas na Tabela 2.

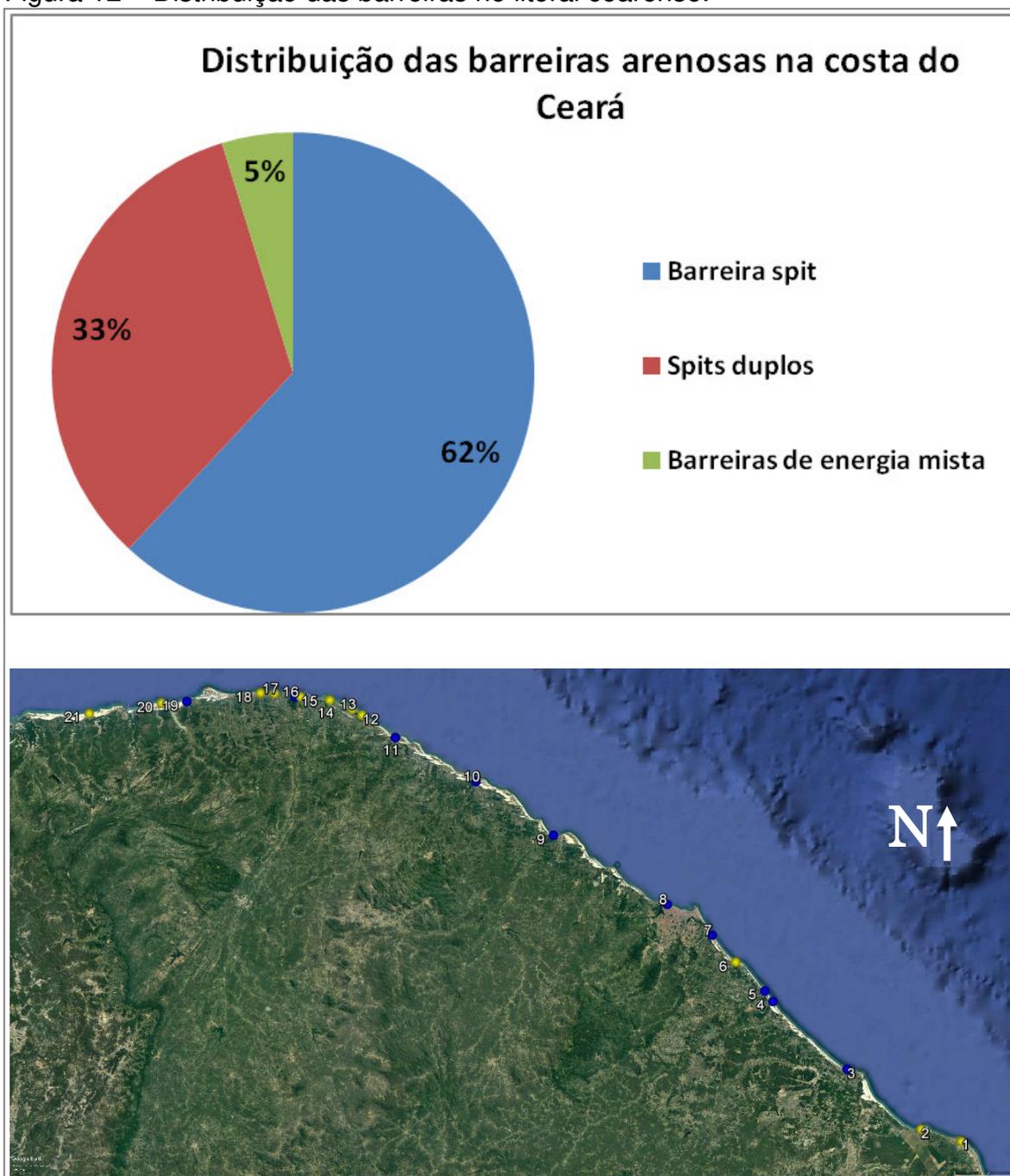
Tabela 2 – Identificação das barreiras e classificação segundo os processos envolvidos em suas formações.

Nº	Local	Latitude	Longitude	Tipo de barreira	Setor
1	Icapuí	4°41'27.96"S	37°20'52.03"O	Energia mista	Leste
2	Ponta Grossa	4°38'19.10"S	37°31'10.44"O	Barreira spit	Leste
3	Rio Pirangi	4°23'7.20"S	37°50'3.70"O	Barreira spit	Leste
4	Rio Choró	4° 6'3.33"S	38° 8'49.35"O	Spits duplos	Leste
5	Rio Malcozinhado	4° 3'26.07"S	38°10'51.94"O	Spits duplos	Leste
6	Praia de Iguape	3°56'11.20"S	38°18'13.34"O	Barreira spit	Leste
7	Rio Pacoti	3°49'27.80"S	38°24'4.87"O	Spits duplos	Leste
8	Rio Ceará	3°41'46.75"S	38°35'18.41"O	Barreira spit	Central
9	Rio Curu	3°24'29.68"S	39° 3'40.94"O	Spits duplos	Central
10	Rio Mundaú	3°11'2.24"S	39°22'58.37"O	Spits duplos	Central
11	Rio Aracatiagu	2°59'57.56"S	39°43'2.46"O	Spits duplos	Central
12	Itarema 1	2°54'17.56"S	39°51'22.52"O	Barreira spit	Oeste
13	Itarema 2	2°52'48.55"S	39°53'51.21"O	Barreira spit	Oeste
14	Praia de Espraiado	2°50'29.68"S	39°59'29.07"O	Barreira spit	Oeste
15	Curral Velho, Acaraú	2°49'39.25"S	40° 6'42.83"O	Barreira spit	Oeste
16	Rio Acaraú	2°49'37.26"S	40° 8'15.68"O	Barreira spit	Oeste
17	Praia de Aranaú	2°48'44.26"S	40°13'19.06"O	Barreira spit	Oeste
18	Praia do Morgado	2°48'35.51"S	40°16'51.06"O	Barreira spit	Oeste
19	Rio Guriú	2°50'37.05"S	40°35'22.20"O	Barreira spit	Oeste
20	Riacho Tucunduba	2°50'56.96"S	40°41'47.37"O	Spits duplos	Oeste
21	Amarelas, Camocim	2°53'27.54"S	41° 0'8.73"O	Barreira spit	Oeste

Fonte: elaborada pelo autor. As barreiras estão dispostas em ordem crescente com sentido de leste a oeste. Icapuí encontra-se na porção mais ao leste do litoral cearense, enquanto Amarelas, Camocim é a última barreira a oeste.

A respectiva distribuição das barreiras no litoral cearense é mostrada na Figura 12, assim como o percentual de cada tipo identificado.

Figura 12 – Distribuição das barreiras no litoral cearense.



Fonte: adaptado do Google Earth. Pontos azuis estão associados a rios, pontos amarelos não.

A morfologia e o ambiente físico da zona costeira do Ceará são caracterizados por uma alta variabilidade espacial. Ao longo do litoral podem ser encontradas estruturas como dunas, falésias, barreiras, manguezais, planícies litorâneas e de marés.

Pelo mapa de distribuição nota-se que 10 dos 21 pontos são azuis, ou seja, os ambientes em que as barreiras estão inseridas contém rios. É evidente a

importância dos mesmos na formação de barreiras, uma vez que eles são os principais agentes de transporte de sedimentos no continente.

A existência de barreiras em áreas específicas da costa cearense implica que é necessário o cumprimento de alguns requisitos para tornar possível a formação das mesmas. Segundo Peulvast e Claudino-Sales (2006), as barreiras no Ceará se desenvolvem nos setores em que há a maior abundância de sedimentos em relação às demais áreas e em regiões onde a profundidade da plataforma interna é suave, o que permitiria a acumulação desses depósitos.

A morfologia do litoral cearense também possui um papel importante na formação dessas estruturas, pois elas são normalmente encontradas em segmentos costeiros diferenciados (promontórios, enseadas, arcos litorâneos e no entorno de desembocaduras fluviais), onde o aprisionamento de sedimentos parece ser favorecido pelo desenho do litoral.

Outro fator importante para a gênese de uma barreira é a forma como os sedimentos são trabalhados. No Ceará, os principais processos envolvidos na erosão, transporte e deposição de sedimentos associados a barreiras são: ondas, correntes longitudinais, marés e o fluxo dos rios.

Como pode ser analisado na Tabela 1, a maior parte das barreiras do litoral cearense pode ser classificada como spit, correspondendo a mais de 60% dessas estruturas. A terça parte corresponde a spits duplos e apenas uma feição foi identificada como barreira de energia mista.

As barreiras spits formam-se em ambientes cujos sedimentos são trabalhados pelas ondas e pela corrente longitudinal. Já em relação à morfologia do litoral, elas são comuns a sotamar de pontas litorâneas e onde ocorrem inflexões da linha de costa. No primeiro caso, as pontas produzem armadilhamento de areias e difração de ondas, fatores que propiciam a acumulação de sedimentos. No segundo caso, as inflexões produzem acentuado ângulo de incidência das ondas, o que leva a uma maior ação da corrente longitudinal e da deriva litorânea (PEULVAST; CLAUDINO-SALES, 2006).

Os spits duplos ocorrem em desembocaduras de rios, regiões onde as ondas, a corrente longitudinal e o escoamento fluvial são os processos predominantes. Nesse caso, surgem dois spits, um em cada margem do rio. Conforme Peulvast e Claudino-Sales (2006), nas desembocaduras de rios cearenses, durante o período de seca, a ação das ondas é maior que a do fluxo

fluvial, o que permite a deposição de sedimentos na foz e a consequente dispersão dos mesmos pela corrente longitudinal.

As barreiras de energia mista são formadas pela ação combinada das ondas, da corrente longitudinal e das marés. Essas barreiras geralmente constituem um complexo de corpos sedimentares com uma morfologia arqueada em direção ao mar. Elas possuem um delta de jusante bem desenvolvido, no qual as ondas refratam e provocam uma reversão local da direção da corrente longitudinal a sotamar (DAVIS, 1994). Esse processo leva à construção de um ambiente propício à deposição de sedimentos.

Para um melhor entendimento da distribuição das barreiras no Ceará e de sua representatividade em relação à morfologia local, elas foram agrupadas em três setores: litoral leste, central e oeste.

6.1.1 Litoral Leste

Em geral, a costa leste, é caracterizada por ser mais rochosa e pela presença de barreiras em virtude da existência de falésias e paleofalésias (HESP; MAIA; CLAUDINO-SALES, 2009). Ela concentra 7 das 21 barreiras encontradas nesse litoral, sendo que 4 delas encontram-se associadas a rios.

Figura 13 – Barreira de energia mista na planície litorânea do Icapuí.



Fonte: Google Earth (25/11/2013).

A barreira mais a leste é da planície litorânea do Icapuí (FIGURA 13), que segundo Peulvast e Claudino-Sales (2006), tem uma área aproximada de 27 km². Ela é caracterizada pela presença de 6 a 7 flechas litorâneas paralelas de um lado e de cordões litorâneos com segmento distal retilíneo de outro, delimitando canais de marés que desembocam no largo delta de maré jusante (FIGURA 14).

Esse complexo sistema de barreiras é formado pela ação das ondas em conjunto com a influência das marés. Pequenos córregos drenam a região e a desembocadura não corresponde à foz de um rio e sim à presença de dois grandes canais de maré (PEULVAST; CLAUDINO-SALES, 2006).

Figura 14 – Planície litorânea do Icapuí.



Fonte: Google Earth (01/12/2013). Imagem evidenciando a porção da barreira que permanece imersa durante a maré alta.

Figura 15 – Barreira spit a sotamar de Ponta Grossa.

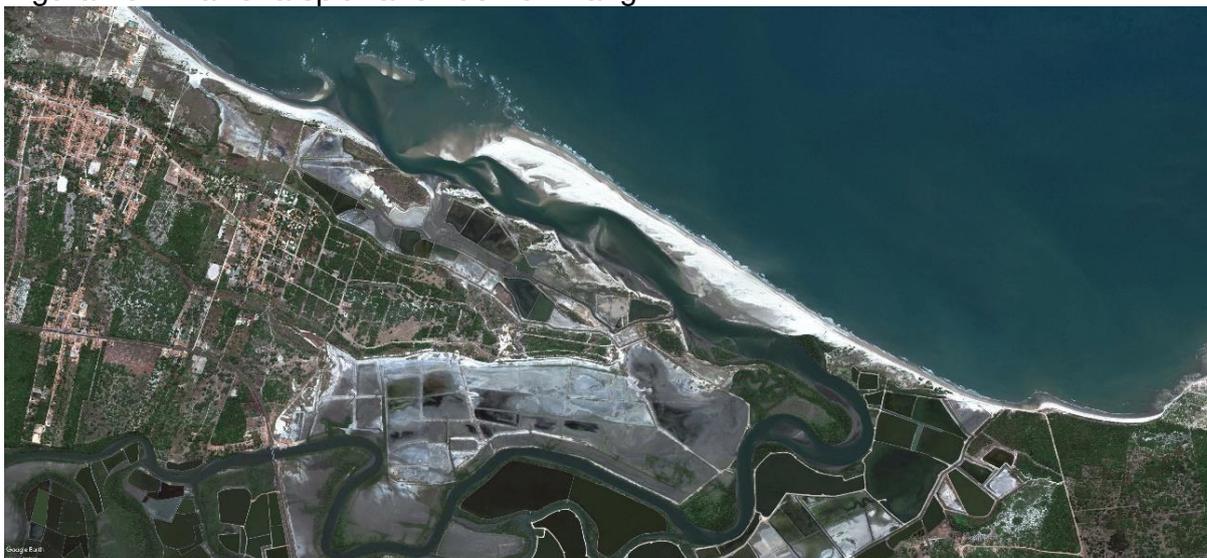


Fonte: Google Earth (25/07/2013).

A oeste da planície litorânea do Icapuí, o promontório de Ponta Grossa (FIGURA 15) cria uma área protegida da ação direta das ondas, que favorece a deposição de sedimentos. Os spits são formados em série e se sobrepõem ao longo do tempo (XIMENES; SOUTO; DUARTE, 2013).

Na Figura 16, nota-se o estuário do rio Pirangi tomado por fazendas de carcinicultura, alguns até mesmo associados ao sistema de barreira arenosa.

Figura 16 – Barreira spit na foz do rio Pirangi.



Fonte: Google Earth (21/06/2010).

Figura 17 – Spits duplos na desembocadura do rio Choró.



Fonte: Google Earth (14/07/2013).

Com frequência, em função da variação sazonal energia das ondas, um dos *spits* duplos apresenta-se mais desenvolvido que o outro (FIGURA 17), essa

situação pode levar ao barramento da desembocadura dos rios e a diversas mudanças na área estuarina (PEULVAST; CLAUDINO-SALES, 2006).

A Figura 18 nos dá evidência da influência antrópica sobre o litoral. A margem oeste do estuário do rio Malcozinhado é bastante ocupada por casas e os mangues ocorrem mais afastados da linha de costa.

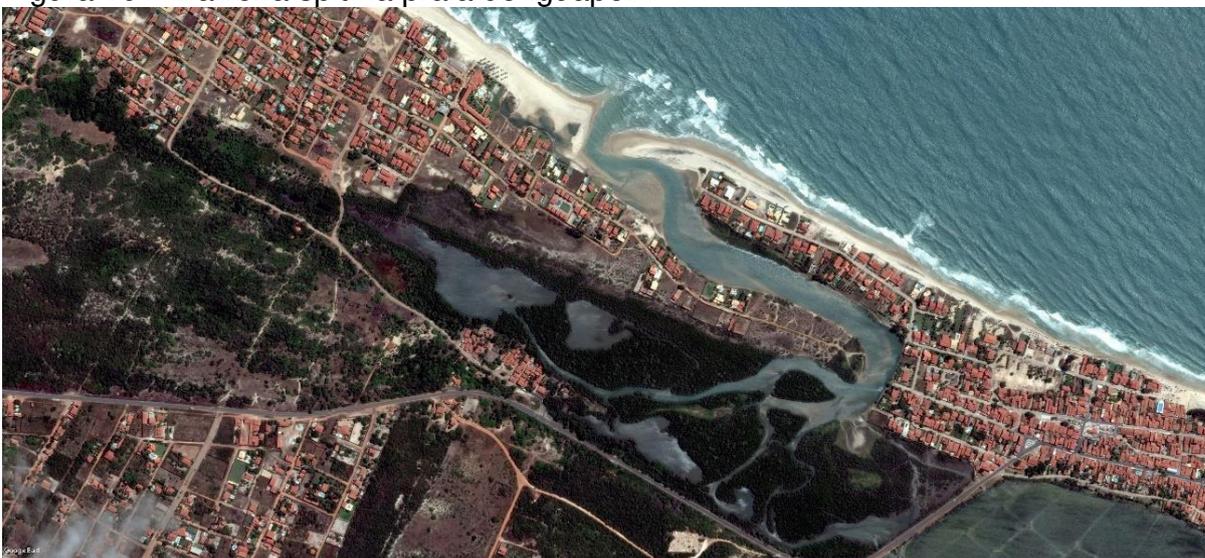
Figura 18 – Spits duplos na foz do rio Malcozinhado.



Fonte: Google Earth (10/01/2014).

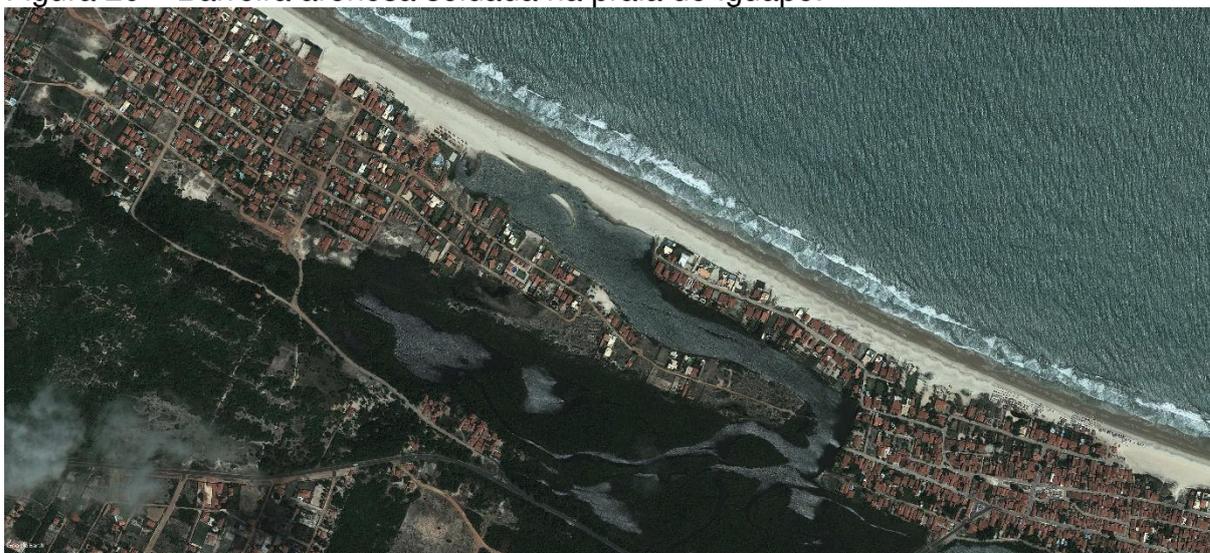
Fazendo uso da ferramenta de imagens históricas, pôde-se perceber que o spit da praia de Iguape (FIGURA 19) ocasionalmente tem as duas extremidades ligadas à costa, formando uma barreira soldada (FIGURA 20).

Figura 19 – Barreira spit na praia de Iguape.



Fonte: Google Earth (15/08/2014).

Figura 20 – Barreira arenosa soldada na praia de Iguape.



Fonte: Google Earth (16/01/2010).

No estuário do rio Pacoti (FIGURA 21), os mangues ocorrem próximos à desembocadura do rio, na zona de retrobarreira.

Figura 21 – Spits duplos na foz do rio Pacoti.



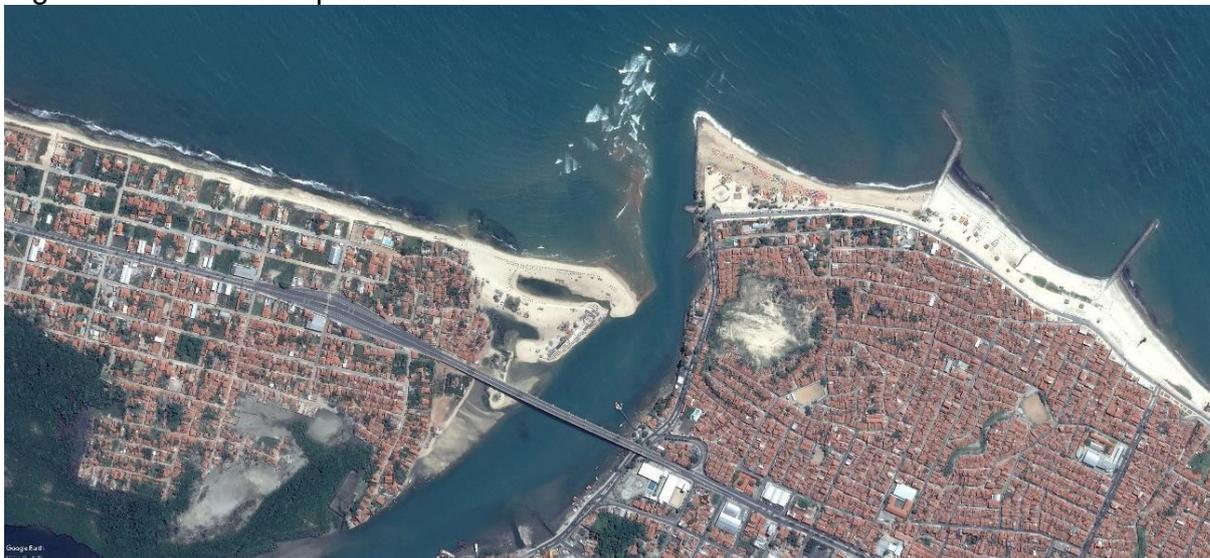
Fonte: Google Earth (31/07/2015).

6.1.2 Litoral Central

As quatro barreiras que existem na porção central do litoral cearense encontram-se esparsamente distribuídas. Todas estão associadas a rios e apenas

uma não se caracteriza como spits duplos. Como pode ser analisado nas imagens abaixo.

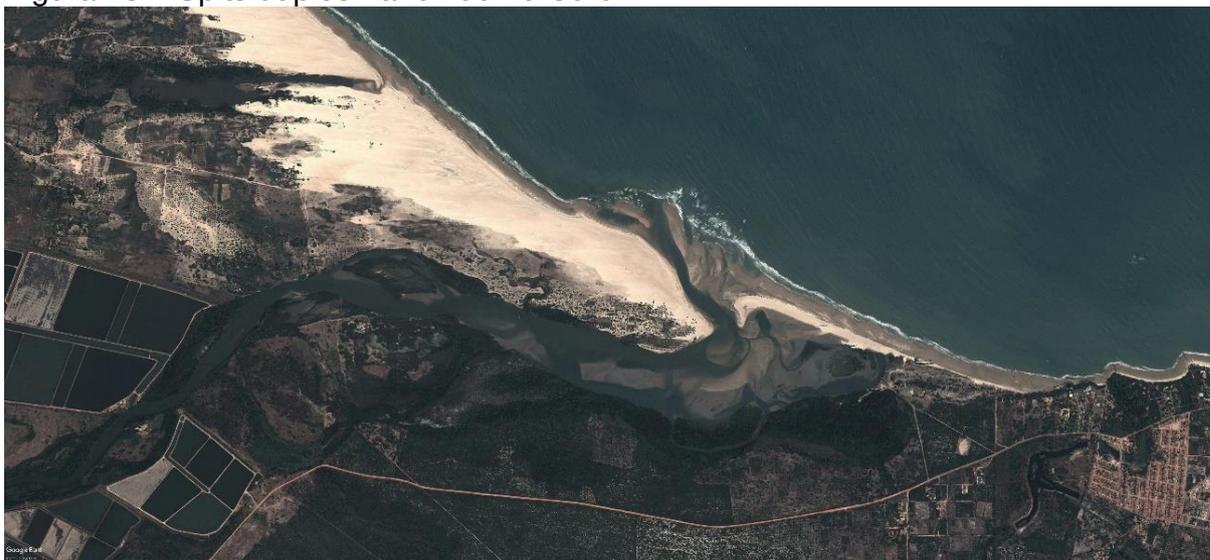
Figura 22 – Barreira spit na desembocadura do rio Ceará.



Fonte: Google Earth (21/06/2014).

O estuário do rio Ceará é densamente povoado. Até mesmo a barreira na margem esquerda da desembocadura do rio encontra-se ocupada (FIGURA 22).

Figura 23 – Spits duplos na foz do rio Curu.



Fonte: Google Earth (11/10/2012).

A morfologia dos spits duplos, como no caso da Figura 23, depende da combinação entre fluxos fluviais e clima de ondas, sendo os sedimentos fornecidos

sobretudo pelos rios. Porém, a deriva litorânea também pode exercer um papel importante no aporte de sedimentos.

Figura 24 – Spits duplos na foz do rio Mundaú.

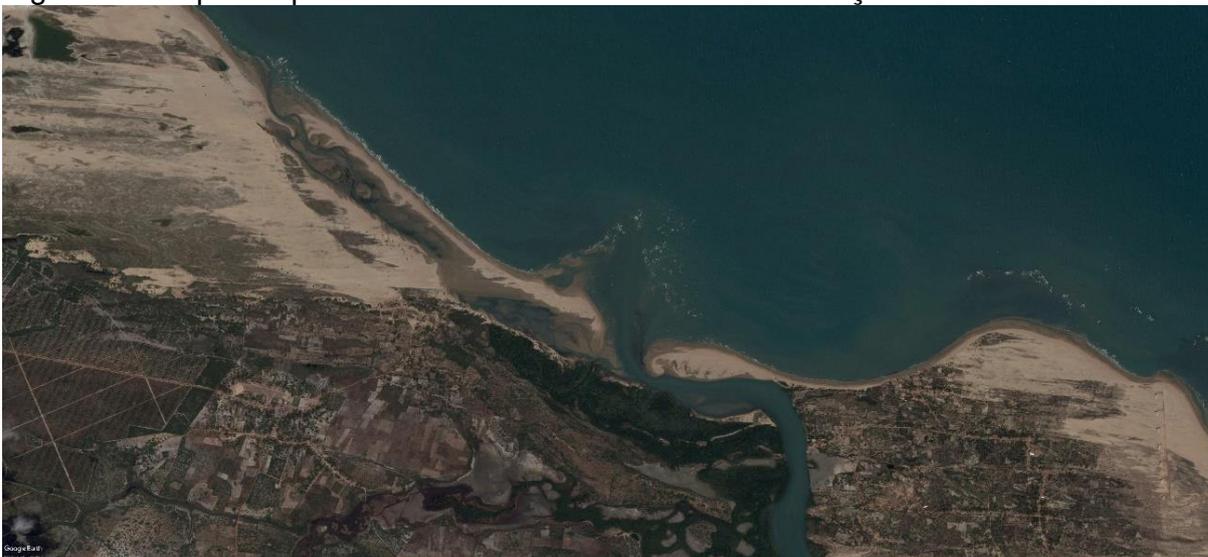


Fonte: Google Earth (31/07/2013).

Na Figura 24, à margem leste do estuário fica o distrito de Mundaú. Deste lado do rio, a barreira arenosa encontra-se bastante reduzida em tamanho. A área encontra-se imposta ao impacto direto das ondas que difratam na ponta próxima à localidade de Mundaú.

Na Figura 25, há um manguezal na área de retrobarreira na foz do rio.

Figura 25 – Spits duplos na desembocadura do rio Aracatiaçu.

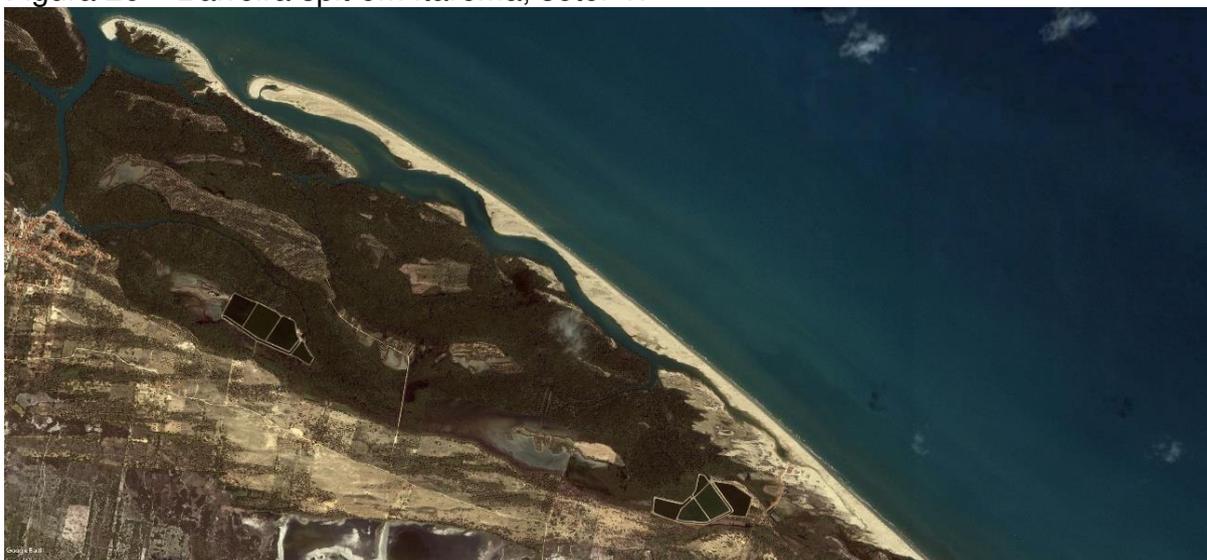


Fonte: Google Earth (09/2013).

6.1.3 Litoral Oeste

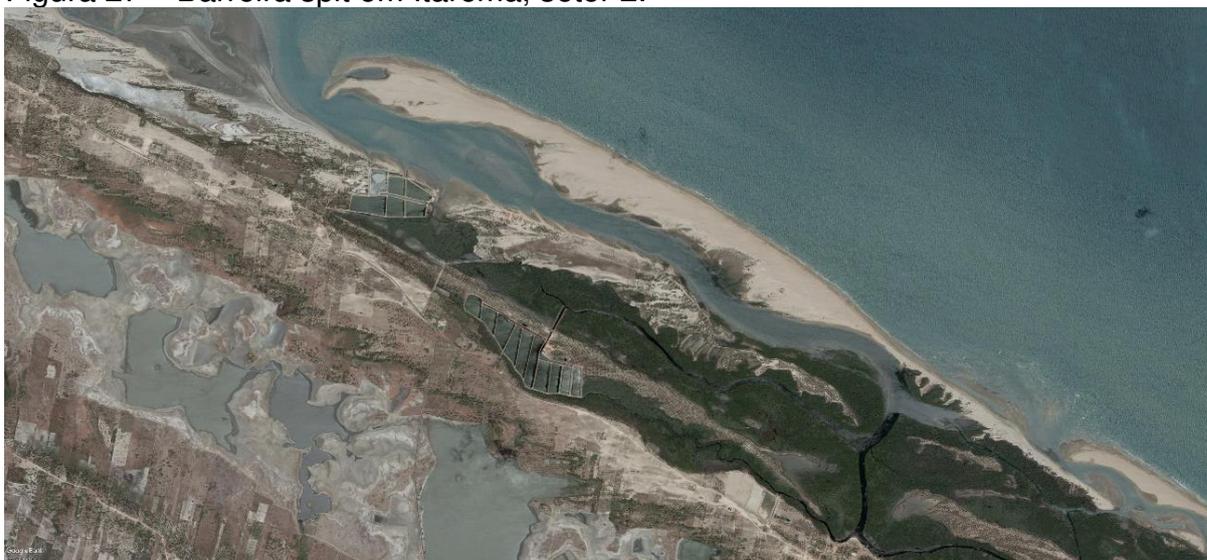
A costa oeste do Ceará é caracterizada pela presença de barreiras progradadas, spits, campos de dunas e manguezais (HESP; MAIA; CLAUDINO-SALES, 2009). Concentra-se aqui a maior parte das barreiras, quase a metade do total dessas estruturas morfológicas, como pode ser evidenciado nas imagens abaixo.

Figura 26 – Barreira spit em Itarema, setor 1.



Fonte: Google Earth (07/2013).

Figura 27 – Barreira spit em Itarema, setor 2.

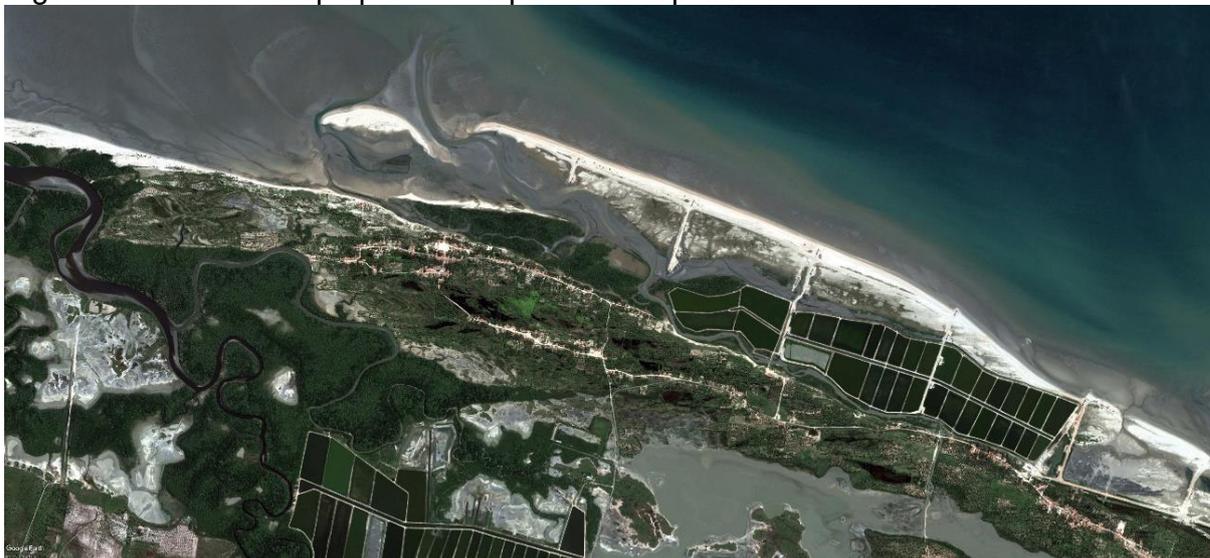


Fonte: Google Earth (10/2016).

Na região ao redor de Itarema, ocorrem spits sucessivos (FIGURAS 26 e 27), algumas vezes medindo até 13 km de comprimento, com larguras de algumas centenas de metros. É provável que o suprimento de areia necessário para a construção deles decorra principalmente da deriva litorânea, uma vez que os spits estão próximos a segmentos costeiros erodidos (HESP; MAIA; CLAUDINO-SALES, 2009).

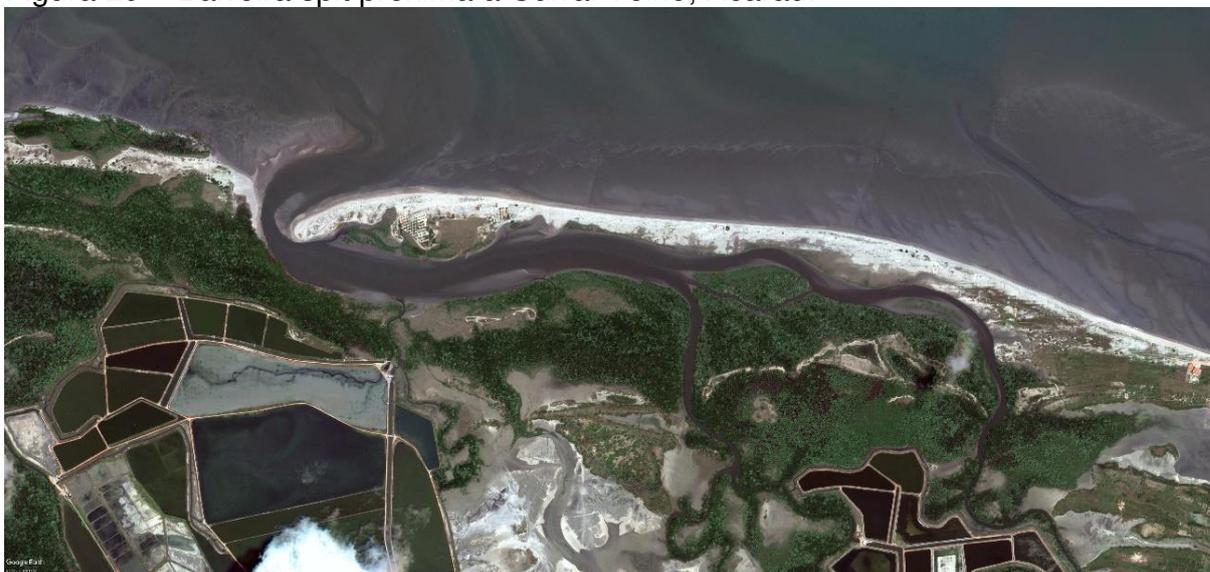
Pode-se notar a presença de aerogeradores instalados na barreira próxima à praia de Espraiado (FIGURA 28) e fazendas de carcinicultura na região de retrobarreira. A pressão antrópica é significativa nessa região.

Figura 28 – Barreira spit próxima à praia de Espraiado.



Fonte: Google Earth (06/2011).

Figura 29 – Barreira spit próxima a Curral Velho, Acaraú.

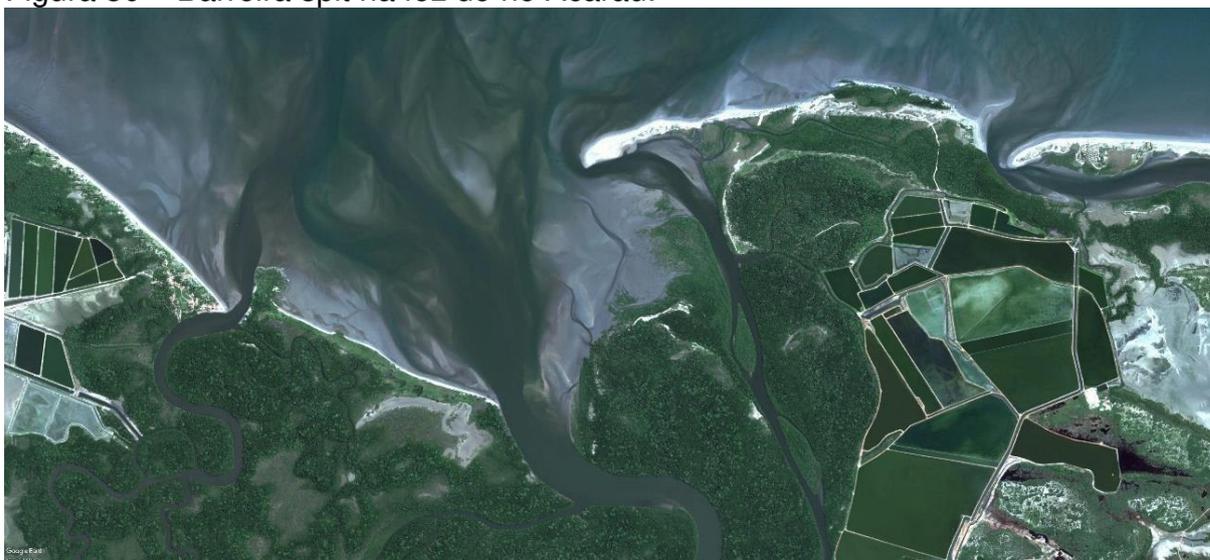


Fonte: Google Earth (08/2009).

Na zona de retrobarreira na Figura 29, nota-se a existência de um ecossistema de manguezal e de fazendas de carcinicultura.

Na margem direita da foz do rio Acaraú, há um spit comum (FIGURA 30), e não spits duplos como em grande parte das desembocaduras de rios cearenses.

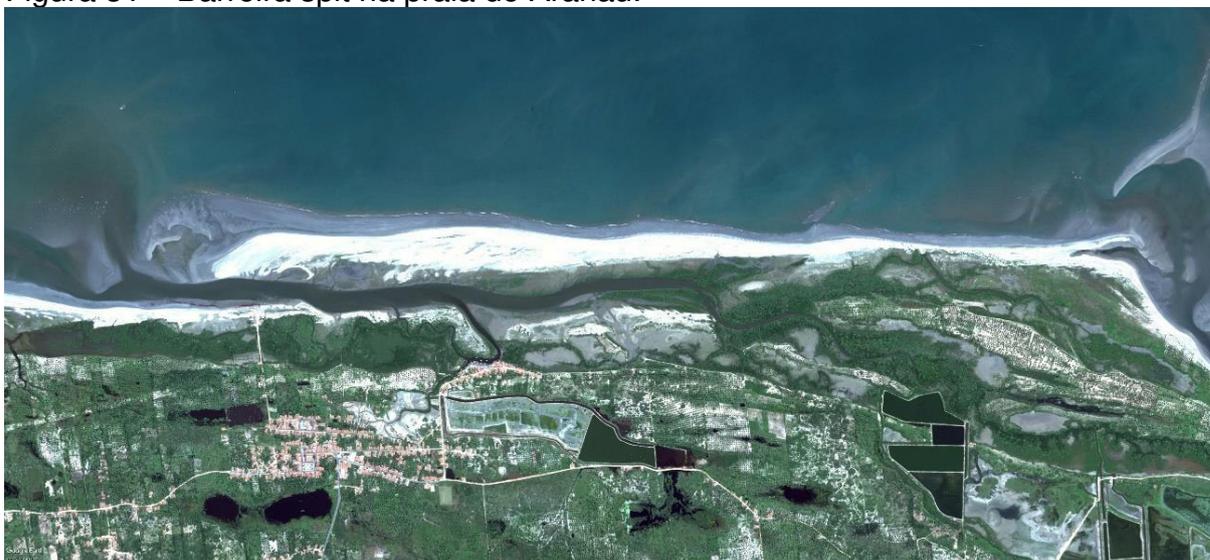
Figura 30 – Barreira spit na foz do rio Acaraú.



Fonte: Google Earth. Na margem direita da figura dá para visualizar o início do spit da região de Curral Velho, Acaraú (06/2011).

Por conta de sua proximidade ao estuário do rio Acaraú, a barreira na praia de Aranaú (FIGURA 31) provavelmente recebe sedimentos de origem fluvial. A corrente longitudinal trabalha na deposição desses sedimentos a oeste do estuário.

Figura 31 – Barreira spit na praia de Aranaú.



Fonte: Google Earth (06/2011).

Figura 32 – Barreira spit na praia do Morgado (imagem mais atual).



Fonte: Google Earth (08/2013).

Utilizando-se da ferramenta de imagens históricas do Google Earth, pôde-se verificar a significativa mudança na morfologia da barreira da praia do Morgado (FIGURAS 32 e 33). Segundo Hesp, Maia e Claudino-sales (2009), entre os anos de 2001 e 2004, a barreira migrou 483 metros para oeste e recuou 28,5 metros em direção à praia, resultando na erosão da linha de costa adjacente.

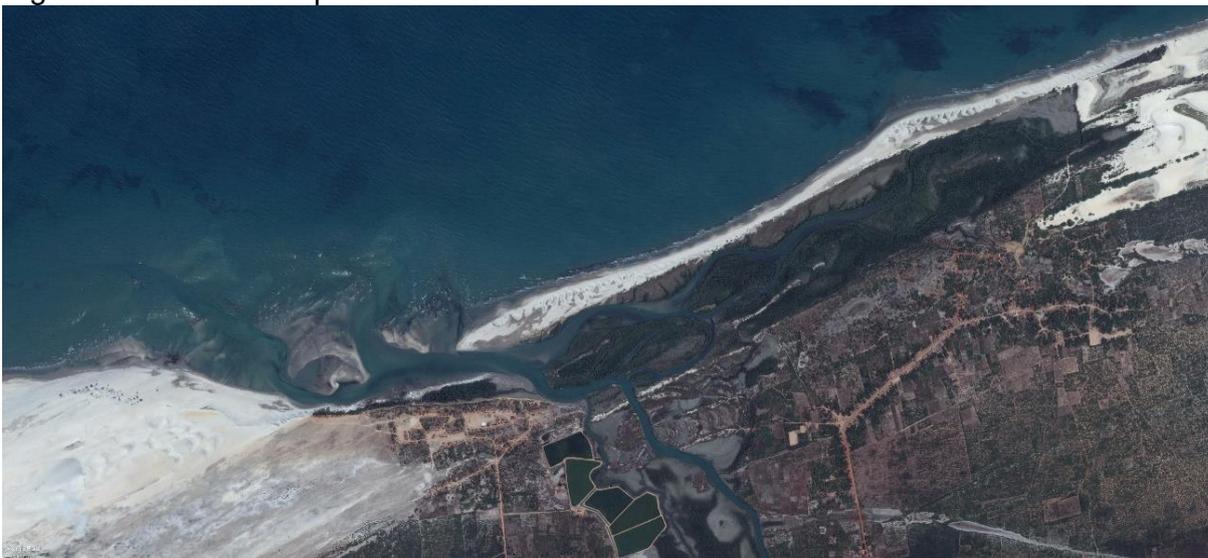
Além disso, na Figura 32, dá para notar a presença de aerogeradores por toda a extensão da barreira.

Figura 33 – Barreira spit na praia do Morgado (imagem menos atual).



Fonte: Google Earth (10/2004).

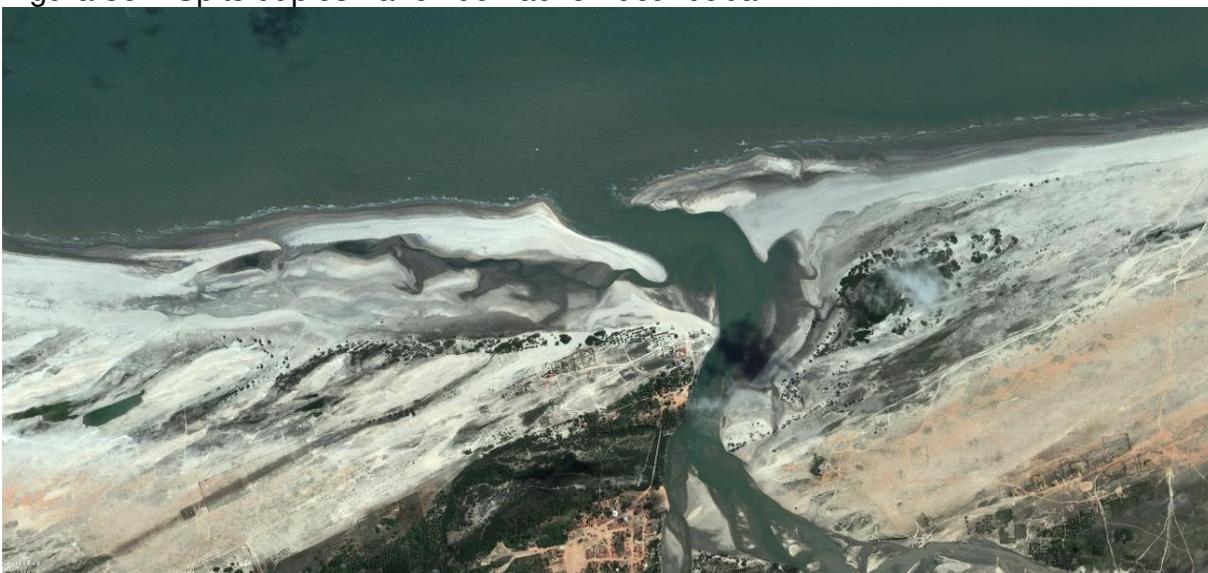
Figura 34 – Barreira spit na desembocadura do rio Guriú.



Fonte: Google Earth (08/2013).

Na Figura 34, evidência de mangues na zona abrigada pela barreira da desembocadura do rio Guriú.

Figura 35 – Spits duplos na foz do riacho Tucunduba.



Fonte: Google Earth (07/2011).

Mesmo perdendo em fluxo e em transporte de sedimentos para um rio de dimensões normais, o riacho do Tucunduba (FIGURA 35) ainda possui uma desembocadura, ambiente propício à deposição de sedimentos pela deriva litorânea e conseqüente formação de bancos arenosos.

Figura 36 – Barreira spit próxima ao distrito de Amarelas, Camocim.



Fonte: Google Earth (10/2009).

Utilizando-se da ferramenta de imagens históricas do Google Earth, pôde-se verificar que a barreira de Amarelas, Camocim (FIGURA 36), trata-se de um sistema em transição, evidenciado pelas falhas na extremidade do spit conectada à costa. É possível que ela futuramente se torne uma ilha-barreira.

Na parte Oeste do litoral cearense, dos 10 sistemas de barreiras apenas 2 encontram-se associados a rios e 1 a um riacho. Além disso, apenas uma das barreiras foi caracterizada como spits duplos, todas as outras são spits comuns compondo grande parte do 62% de barreiras classificadas como spit.

Esse dado pode ser explicado pela presença dominante da corrente longitudinal no transporte e deposição de sedimentos. A linha de costa dessa porção do litoral possui uma orientação mais Leste-Oeste, permitindo que as ondas se aproximem da costa em uma obliquidade adequada para a construção de uma corrente longitudinal favorável à deriva litorânea.

6.2 Sistemas de barreiras associados a manguezais

Analisando as áreas onde se encontram as barreiras através de imagens de satélite no Google Earth, buscou-se identificar quais dessas estruturas ocorrem junto aos ecossistemas de mangues (TABELA 3).

Dos 21 ambientes analisados, 16 encontram-se conectados a manguezais, correspondendo assim, a mais de 75% dos ambientes. Esse valor

expressivo mostra como é alta a ocorrência de mangues na costa cearense e como esses ambientes encontram-se frequentemente associados às áreas abrigadas proporcionadas pelas barreiras.

Tabela 3 – Associação das barreiras com manguezais e rios.

Local	Manguezal	Rio	Setor
Icapuí	SIM	NÃO	Leste
Ponta Grossa	SIM	NÃO	Leste
Rio Pirangi	SIM	SIM	Leste
Rio Choró	SIM	SIM	Leste
Rio Malcozinhado	NÃO	SIM	Leste
Praia de Iguape	SIM	NÃO	Leste
Rio Pacoti	SIM	SIM	Leste
Rio Ceará	NÃO	SIM	Central
Rio Curu	SIM	SIM	Central
Rio Mundaú	SIM	SIM	Central
Rio Aracatiaçu	SIM	SIM	Central
Itarema 1	SIM	NÃO	Oeste
Itarema 2	SIM	NÃO	Oeste
Praia de Espraiado	SIM	NÃO	Oeste
Curral Velho, Acaraú	SIM	NÃO	Oeste
Rio Acaraú	SIM	SIM	Oeste
Praia de Aranaú	SIM	NÃO	Oeste
Praia do Morgado	NÃO	NÃO	Oeste
Rio Guriú	SIM	SIM	Oeste
Riacho Tucunduba	NÃO	NÃO	Oeste
Amarelas, Camocim	NÃO	NÃO	Oeste

Fonte: elaborada pelo autor.

Outro aspecto digno de nota é a existência de manguezais em ambientes sem rios. Ao todo são 8 sistemas com essa característica. Normalmente o suprimento de água doce nessas áreas, necessário para o desenvolvimento dos mangues, é oriundo de pequenos córregos que drenam a região e que proporcionam uma zona de mistura com a água do mar na zona de retrobarreira ou até mais acima

em direção ao continente. Um exemplo desse sistema barreira-manguezal sem influência de rio é a planície litorânea do Icapuí (FIGURA 13).

Contudo, é necessário salientar que somente o uso do software Google Earth se provou não muito adequado para a identificação de manguezais na zona costeira, principalmente para áreas de mangues pequenas. Em alguns ambientes foi difícil a distinção desses ecossistemas de outros com características semelhantes como restingas, coqueirais e matas de tabuleiros.

7 CONCLUSÃO

A zona costeira do Ceará apresenta muitas feições morfológicas características e entre as mais comuns estão as barreiras arenosas. Ao todo, foram identificadas 21 dessas estruturas, cada uma ocorrendo de forma diferente das outras devido suas naturezas morfodinâmicas.

Elas puderam ser reunidas em três grupos distintos de acordo com a tipificação de autores clássicos da literatura científica: barreiras spit, spits duplos e barreiras de energia mista. O presente estudo constatou a existência de apenas uma barreira de energia mista no litoral cearense, enquanto as outras ocorrem com mais frequência, sendo a do tipo spit a mais comum.

Aproximadamente metade das barreiras arenosas do Ceará ocorrem nas desembocaduras de rios e na área de retrobarreira da maioria delas existem manguezais.

O programa de computador Google Earth mostrou-se uma ferramenta eficaz na identificação de feições morfológicas na zona costeira e na obtenção de imagens de alta resolução espacial. Contudo, na identificação de manguezais junto às barreiras, surgiram dúvidas quanto à diferenciação desses ecossistemas de outros similares que também ocorrem no litoral, como as restingas. Possivelmente, a execução de trabalhos em campo seria suficiente para eliminar essas dúvidas.

Nas imagens exibidas nesse trabalho foi possível observar a exposição das barreiras arenosas ao impacto antropogênico, elas são ambientes bastante visados, seja pelo potencial de lazer ou comercial. Dessa forma, ao identificar e caracterizar as barreiras que ocorrem ao longo do litoral cearense, este trabalho colabora para um maior conhecimento da morfologia e da dinâmica envolvidas na formação dessas estruturas costeiras. Com o advento de estudos qualificando a influência causada pelo homem a esses ambientes, seria possível encontrar formas de utilização que não comprometam suas integridades.

REFERÊNCIAS

- BEAUMONT, L. E. de. **Leçons de Géologie pratique**. Paris: Bertrand, 1885. p. 221-252.
- BEZERRA, F. H. R. **Neotectonics in Northeastern Brazil**. 1998. 208 p. PhD thesis, University of London, London, 1998.
- BROWN, A. C.; MCLACHLAN, A. **Ecology of sandy shores**. New York: Elsevier Science Publishers B.V., 1990. 327 p.
- BROWN, J. *et al.* **Waves, Tides and shallow water process**. London: Pergamon Press, 1989. 187 p.
- CEARÁ. **Atlas do Ceará**. Fortaleza: Fundação Instituto de Planejamento do Ceará, 1997.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2. ed. São Paulo: Edgar Blücher, 1980.
- CLAUDINO-SALES, V. **Cenários litorâneos – Lagoa do Papicu: natureza e ambiente na cidade de Fortaleza, CE**. 1993. 349 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993.
- DAVIDSON-ARNOTT, R. G. D. **Introduction to Coastal Processes and Geomorphology**. Cambridge: Cambridge University Press, 2010. 442 p.
- DAVIS JR, R. A. **Barrier Island systems – A geologic overview**. In: DAVIS JR, R. A. (Ed.). *Geology of Holocene Barrier Island Systems*. Berlin: Springer-Verlag, 1994. chap. 1, p. 1-46.
- DAVIS JR, R. A.; FITZGERALD, D. M. **Beaches and Coasts**. United Kingdom: Blackwell Science, 2004, 419 p.
- DAVIS, R. A.; HAYES, M. O. **What is a wave-dominated coast?** *Marine Geology*, v. 60, p. 313–329, 1984.
- DIAS, F. J. S. **Hidrodinâmica das descargas fluviais para o estuário do Rio Jaguaribe (CE)**. 2007. 111 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Marinhas Tropicais) – Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007.
- DIRETORIA DE HIDROGRAFIA E NAVEGAÇÃO (DHN). **Tábua de Marés para 2003**: Costa do Brasil. Brasil: Ministério da Marinha, Rio de Janeiro, 2003. 3 p.
- FORTUNATO, A. B. *et al.* **Dinâmica Fisiográfica da Orla Costeira: Estudos de Reabilitação e Proteção**. *Revista da Gestão Costeira Integrada*, p. 45-63, 2008.

GEOCACHING. **Gold Coast Seaway** – Who Gives a Spit. 21 ago. 2013. Disponível em: < https://www.geocaching.com/geocache/GC4KF9W_gold-coast-seaway-who-gives-a-spit>. Acesso em: 14 jan. 2017.

GILBERT, G. K. **The topographic feature of lake shores**. US Geological Surv, 5th Ann. Rep., p. 69-123, 1885.

GODOY, M. D. P. **Alteração nas áreas de mangue em estuários do Estado do Ceará devido a mudanças nos usos do solo e mudanças climáticas**. 2015. 187 p. Tese (Doutorado em Ciências Marinhas Tropicais) – Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2015.

HESP, P. A.; MAIA, L. P.; CLAUDINO-SALES, V. **The Holocene barriers of Maranhão, Piauí and Ceará States, Northeastern Brazil**. In: DILLENBURG, S. R.; HESP, P. A. (Ed.). *Geology and Geomorphology of Holocene Coastal Barriers of Brazil*. Berlin: Springer, 2009. p. 93-134.

HOYT, J. H. **Barrier islands formation**. Geological Society American Bulletin, v. 78, p. 1125-1135, 1967.

LIMA, R. **Google Earth aplicado a pesquisa e ensino da Geomorfologia**. Revista de Ensino de Geografia, Uberlândia, v. 3, n. 5, p. 17-30, 2012.

MADRUGA FILHO, J. D. **Aspectos ambientais entre as praias do Paiva e Gaibú, município do Cabo de Santo Agostinho** – litoral sul de Pernambuco. 2004. 252 p. Tese (Doutorado em Geociências) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2004.

MAIA, L. P. *et al.* **Estudo das áreas de manguezais do Nordeste do Brasil: Avaliação das áreas de manguezais dos estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco**. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará – Sociedade Internacional para Ecossistemas de Manguezal, 2005. 56 p.

MAIA, L. P. **Procesos costeros y balance sedimentario a lo largo de Fortaleza (NE-Brasil): Implicaciones para una gestión adecuada de la zona litoral**. 1998. 269 p. Tese (Doutorado em ciências do mar) – Universidade de Barcelona, Barcelona, 1998.

MIRANDA, L. B.; CASTRO, B. M.; KJERFVE, B. **Princípios de oceanografia física de estuários**. São Paulo: EDUSP, 2002. 414 p.

MUEHE, D. **Geomorfologia costeira**. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da (Org.). *Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos*. 3. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. IBGE – série recursos naturais e meio ambiente, Rio de Janeiro, n. 4, 1979.

OTVOS, E. G. **Coastal barriers** – nomenclature, processes, and classification issues. *Geomorphology*, v. 139–140, p. 39–52, 2012.

PEULVAST, J. P.; CLAUDINO-SALES, V. **Formas Litorâneas**: Barreiras no litoral do estado do Ceará, Nordeste do Brasil. *In*: SILVA, J. B. da *et al.* (Org.). Litoral e sertão, natureza e sociedade no nordeste brasileiro. Fortaleza: Expressão Gráfica, 2006. p. 383-389.

POTTER, I. C. *et al.* **The concept of an estuary**: A definition that incorporates systems which can become closed to the ocean and hypersaline. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, v. 87, p. 497-500, 2010.

ROSSETI, D. de F. **Ambientes costeiros**. *In*: FLORENZANO, T. G. (Org.). Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. cap. 9.

SOUZA, C. R. de G. **Determination of net shore-drift cells based on textural and morphological gradations along foreshore of sandy beaches**. *Journal of Coastal Research*, Austrália, v. 50 (special issue), 2007.

SUGUIO, K. **Geologia sedimentar**. 1. ed. São Paulo: Edgar Blücher, 2003. p. 270-279.

WRIGHT, L. D. **Sediment transport and deposition at river mouths**: a synthesis. *Geological Society of America Bulletin*, v. 88, p. 857–868, 1977.

XIMENES, D. R. B.; SOUTO, M. V. S.; DUARTE, C. R. **Análise multitemporal da linha de costa para avaliação da evolução costeira na região de Icapuí/CE, Nordeste brasileiro, no período de 1984 a 2011**. *In*: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 16. (SBSR), 2013, Foz do Iguaçu. Anais... São José dos Campos: INPE, 2013. p. 1618-1625.