



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE OCEANOGRRAFIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM OCEANOGRRAFIA



LUCAS CAVALCANTI DE MENDONÇA

**MIGRAÇÃO DE UM SISTEMA DE DESEMBOCADURA PROTEGIDO POR
RECIFES (RIO MAMUCABAS E RIO ILHETAS/PE)**

Recife
2021

LUCAS CAVALCANTI DE MENDONÇA

**MIGRAÇÃO DE UM SISTEMA DE DESEMBOCADURA PROTEGIDO POR
RECIFES (RIO MAMUCABAS E RIO ILHETAS/PE)**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Oceanografia
da Universidade Federal de Pernambuco,
como requisito parcial para a obtenção do
grau de Bacharel em Oceanografia.

Orientadora: Profa. Dra. Mirella Borba Santos Ferreira Costa.

Recife

2021

Catálogo na fonte:
Bibliotecária Sandra Maria Neri Santiago, CRB-4 / 1267

M539m Mendonça, Lucas Cavalcanti de.
Migração de um sistema de desembocadura protegido por Recifes (Rio Mamucabas e Rio Ilhetas/PE) / Lucas Cavalcanti de Mendonça. – 2021.
51 f.: il., fig., tabs.

Orientadora: Profa. Dra. Mirella Borba Santos Ferreira Costa.
TCC (Graduação) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG.
Departamento de Oceanografia, Recife, 2021.
Inclui referências, apêndices e anexos.

1. Oceanografia. 2. Dinâmica de desembocadura. 3. Morfologia de esporões. 4. Sensoriamento remoto. 5. Esporões opostos. 6. Pressão antrópica. I. Costa, Mirella Borba Santos Ferreira (Orientadora). II. Título.

UFPE

551.46 CDD (22. ed.)

BCTG/2022-137

LUCAS CAVALCANTI DE MENDONÇA

**MIGRAÇÃO DE UM SISTEMA DE DESEMBOCADURA PROTEGIDO POR
RECIFES (RIO MAMUCABAS E RIO ILHETAS/PE)**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Oceanografia
da Universidade Federal de Pernambuco,
Centro de Tecnologia e Geociências,
como requisito parcial para a obtenção do
grau de Bacharel em Oceanografia.

Aprovado em: 22/12/2021.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Mirella Borba Santos Ferreira Costa (Orientadora)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Antonio Vicente Ferreira Junior (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Paulo Henrique Gomes de Oliveira Sousa (Examinador Externo)
Universidade Federal do Ceará

AGRADECIMENTOS

À minha família que me disponibilizou sempre a melhor educação que foi possível, todo o amor, carinho e apoio independente de minhas escolhas e por sempre terem estado lá em todos os momentos que precisei.

À professora Mirella que sempre me auxiliou e abriu diversas portas que eu jamais pensei que seriam possíveis de serem abertas, pelas grandes contribuições como professora, passando os melhores direcionamentos e caminhos.

A André que sempre buscou me ajudar fazendo o possível, sendo um grande pilar no departamento mostrando sempre um trabalho impecável e muito dedicado a ajudar todos os alunos.

A todos aqueles da turma de 2015.1 os que restaram e aos que foram embora também.

A meus colegas do DOCEAN que foram os bons momentos de descontração que encontramos na correria do dia-a-dia que ajudaram a chegar até aqui.

A meus amigos de fora da faculdade também que foram de fundamental importância, pois sem eles as madrugadas viradas para fazer atividades e tudo mais seriam impossíveis de se fazer.

A todos os professores do DOCEAN por todos os ensinamentos passados.

À Isaías, Tiago e Sara que fizeram os campos realizados muito bons e toda a ajuda e ensinamentos que trocamos.

À todos os demais funcionários do DOCEAN

RESUMO

Desembocaduras são ambientes muito dinâmicos podendo apresentar intensas mudanças em um curto espaço de tempo, modificando outros ambientes associados a elas, *spits* (esporões), linhas de costa, ilhas deltaicas. Uma vez que tais mudanças ocorrem numa velocidade relativamente alta, dados de sensores remotos orbitais são bastante úteis para este tipo de ambiente devido a periodicidade em que são obtidos os dados e boa resolução espacial. No Nordeste do Brasil, desembocaduras protegidas por recifes são bastante comuns, sendo estes recifes os principais moldadores da morfologia costeira naquela região, uma vez que a sua presença tem a capacidade de atenuar a ação as ondas gerando assim uma zona de sombra. A praia de Tamandaré, localizada no litoral sul de Pernambuco é protegida por estes recifes de coral. Em sua zona de sombra existe um sistema de desembocadura formada pelos Rios Mamucabas e Ilhetas. O objetivo desse trabalho foi realizar um estudo das mudanças morfológicas na linha de costa e migração de um sistema duplo de esporões associados a uma desembocadura protegida por recifes (rio Mamucabas e Ilhetas/PE). Uma vez que este tipo de trabalho pode fornecer informações relevantes a respeito das modificações que ocorrem na costa e nos entornos de desembocaduras de rios, ele se torna uma ferramenta importante para realizar um gerenciamento costeiro que melhor atenda às necessidades daquele ambiente. Foram analisadas imagens obtidas de cinco satélites diferentes, com diferentes resoluções de imagem os LandSat-5, LandSat-7, LandSat-8 possuindo uma resolução de 30 m/pixel, Sentinel-2 e que possui uma resolução de 15 m/pixel e *Google Earth Pro* (GEP) que são satélites de alta resolução. O *software* ArcGis foi utilizado para fazer as medições e em conjunto com uma extensão, o DSAS, foram medidas as LCs a partir das imagens providas pelo GEP. Os resultados mostraram que os esporões associados a esta desembocadura conjunta sofrem processos de erosão e Acreção ao longo do tempo estudado, sendo verificada uma correlação inversa entre os esporões. Quanto a diferença de resolução dos satélites, eles apresentaram medidas semelhantes quando comparadas as medições. A dinâmica local é bastante elevada, ficando claro quando um dos esporões rompe-se quase completamente durante o tempo de estudo e depois volta ao seu tamanho original. Pelas medições realizadas com o DSAS foram encontradas taxas de máxima Acreção de quase 50 m/ano e uma taxa

de erosão de 2,2 m/ano. Este estudo mostrou que mesmo após eventos mais energéticos, de rompimento e erosão do esporão, este sistema de desembocadura tem uma alta capacidade de se recuperar. Isto fica evidente ao observar a rápida taxa na qual o esporão sul volta a crescer depois de ser erodido.

Palavras-chave: dinâmica de desembocadura; morfologia de esporões; sensoriamento remoto; esporões opostos; pressão antrópica.

ABSTRACT

River mouths are very dynamic environments that can present intense changes in a short period of time, modifying other environments associated with them, spits, coastlines, deltaic islands. Since such changes occur at a relatively high speed, data from orbital remote sensors are quite useful for this type of environment due to the periodicity in which the data are obtained and good spatial resolution. In Northeastern Brazil, mouths protected by reefs are quite common, and these reefs are the main shapers of coastal morphology in that region, since their presence has the ability to attenuate the action of waves, thus generating a shadow zone. Tamandaré beach, located on the southern coast of Pernambuco, is protected by these coral reefs. In its shadow zone there is a system of mouth formed by the Mamucabas and Ilhetas Rivers. The objective of this work was to carry out a study of the morphological changes in the coastline and migration of a double system of spits associated with a mouth protected by reefs (Rio Mamucabas and Ilhetas/PE). Once this type of work can provide relevant information about the changes that occur on the coast and in the surroundings of river mouths, it becomes an important tool for carrying out coastal management that best meets the needs of that environment. Images obtained from five different satellites with different image resolutions were analyzed: LandSat-5, LandSat-7, LandSat-8 having a resolution of 30 m/pixel, Sentinel-2 and which has a resolution of 15 m/pixel and Google Earth Pro (GEP) which are high resolution satellites. The ArcGis software was used to make the measurements and together with an extension, the DSAS, the SLs were measured from the images provided by the GEP. The results showed that the spits associated with this joint mouth undergo erosion and accretion processes over the time studied, with an inverse correlation between the spits being verified. As for the difference in resolution of the satellites, they showed similar measurements when it was compared. The local dynamics are quite high, being clear when one of the spits breaks up almost completely during the study time and then returns to its original size. From measurements carried out with the DSAS, maximum accretion rates of almost 50 m/year and an erosion rate of 2.2 m/year were found. This study showed that even after catastrophic events of spit rupture and erosion, this outflow system has a high capacity to recover. This is evident when looking at the rapid rate at which

the southern spit grows back after being eroded. Showing the resilience of this environment.

Keywords: mouth dynamics; spit morphology; remote sensing; opposite spits.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - (a) Localização da área de estudo no Brasil. (b)Localização do município de Tamandaré, Litoral sul de Pernambuco. (c) Área de estudo, com destaques para as principais feições estudadas.	15
Figura 2 - Posição das desembocaduras dos anos 2000 e 2001.	23
Figura 3 - Gráfico do comprimento do esporão sul ao longo do tempo. ...	24
Figura 4 - Gráfico do comprimento do esporão norte ao longo do tempo.	24
Figura 5 - Gráfico do comprimento do esporão Norte entre 1984 e 2001.	25
Figura 6 - Gráfico do comprimento do esporão sul até entre 1984 e 2001.	25
Figura 7 - Mapa das desembocaduras nos anos 2004 e 2005.	26
Figura 8 - Gráfico da largura do esporão sul entre 1984 e 2005, quando ocorreu o seu rompimento.	26
Figura 9 - Gráfico do comprimento do esporão sul até 2005.	27
Figura 10 - Gráfico do comprimento do esporão sul a partir de 2005.	27
Figura 11 - Mapa das localizações das desembocaduras de 1984 a 2020.	28
Figura 12 - Gráfico da área da ilha dentro do canal norte.	30
Figura 13 - Mapa da fusão da ilha ao norte anos de 2000 e 2001.	30
Figura 14 - Mapa gerado pelo DSAS para o esporão norte.	32
Figura 15 - Mapa gerado pelo DSAS para o esporão Sul.	33
Figura 16 - Transectos Norte completos.	34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Datas, satélites e banco de dados das quais as imagens foram baixadas.	19
Tabela 2 - Opções de estatísticas que podem ser utilizadas ao trabalhar com o DSAS.....	21
Tabela 3 - Comparação entre as larguras medidas pelos satélites Landsat 8 e Sentinel 2, para o esporão sul.	29

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	OBJETIVOS	14
2	METODOLOGIA	15
2.1	ÁREA DE ESTUDO.....	15
2.2	DADOS DE SENSORES REMOTOS.....	17
2.2.2	Google Earth Engine (GEE)	17
2.2.3	Google Earth Pro (GEP)	20
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
3.1	MIGRAÇÃO DO SISTEMA DE DESEMBOCADURA.....	22
3.2	VARIAÇÃO DA LINHA DE COSTA	31
4	CONCLUSÃO	36
	REFERÊNCIAS	37
	APÊNDICE A – ROTINAS (SCRIPTS) UTILIZADAS PARA BAIXAR AS IMAGENS DO GOOGLE EARTH ENGINE	40
	APÊNDICE B –TABELA QUE CONTÉM INFORMAÇÕES SOBRE O COMPRIMENTO E A LARGURA DOS SPITS	43
	APÊNDICE C –IMAGENS DOS SATÉLITES DE 1984 A 2020, A SETA VERDE INDICA A LOCALIZAÇÃO DAS DESEMBOCADURAS NAQUELE ANO	45

1 INTRODUÇÃO

A atenuação das ondas por obstáculos próximos e ao longo da costa, como os recifes, resultam em zonas de sombras relativamente protegidas da incidência de ondas as quais favorecem a sedimentação e progradação da linha de costa (COSTA *et al.*, 2019). Nas zonas de sombra dos recifes a energia da onda pode ser menos que 90% da energia inicial das ondas (FERRARIO *et al.*, 2014), fazendo com que a linha de costa se molde de acordo com a geometria dos recifes e modulação das ondas exercida pelas marés (COSTA *et al.*, 2016). Contudo, mudanças a longo-prazo, causadas pelo aumento do nível do mar ou na própria geometria dos recifes podem resultar no aumento da energia da onda dentro das zonas protegidas, implicando em processos erosivos (COSTA *et al.*, 2016), (COSTA *et al.*, 2019).

A zona de sombra gerada pela proteção destes recifes é capaz de alterar diretamente não somente a morfologia local como também o fluxo de vazão de uma desembocadura, uma vez que as ondas passarão a interagir com menos energia com a foz destes rios elas terão menos capacidade de interferir na sua vazão (KUPFER *et al.*, 2021).

A dinâmica da desembocadura de rios é bastante complexa e muitos são os fatores que tendem a altera-la, seja o regime de chuvas, profundidade do canal, entre outros (LEANDRO *et al.*, 2017). A foz de um rio é normalmente um local onde acumulam-se sedimentos e também partículas orgânicas como folhas, o acúmulo destas partículas pode formar pequenas ilhas alterando assim ainda mais a dinâmica daquela região (COSTANZA *et al.*, 2008).

Uma feição morfológica comumente encontrada associada a desembocadura de rios são os *spits* (esporões) (HOAN *et al.*, 2011), podendo ser classificados como uma forma de acumulação de sedimentos ligado em uma das extremidades a terra, enquanto a outra extremidade tem como limite a água (PETERSEN *et al.*, 2008). O mecanismo primário para o desenvolvimento de esporões ocorre por Acreção devido ao transporte de sedimentos longitudinal em zonas protegidas por um promontório, estrutura ou ilhas (HOAN *et al.*, 2011). Dependendo da magnitude e direção do transporte longitudinal resultante, um esporão pode ser formar em um dos lados, ou em ambos os lados de uma desembocadura. Em conjunto com as ondas,

responsáveis por gerar o transporte longitudinal, as marés exercem grande influência sobre os esporões e quando estes esporões ocorrem em locais de baixa hidrodinâmica, com poucas ondas, fracas correntes e um transporte que não é capaz de compensar o balanço de sedimentos que estão sendo depositados, eles possuem uma tendência a fechar o canal ao qual estão associados (HOAN *et al.*, 2011).

Os esporões podem variar consideravelmente em sua forma e complexidade de acordo com as condições do clima de ondas e a configuração geológica do local, exemplos em ((SCHOU, 1945), (STEERS, 1965), (RUSSELL *et al.*, 1968), (STEERS, 1971),(KING, 1961)).Os esporões que se desenvolvem em zonas protegidas por estruturas, tais como recifes, crescem primariamente pela deposição de sedimentos fornecida pelo transporte longitudinal e podem formar um ângulo com as ondas incidentes em formato de gancho em sua extremidade (PETERSEN *et al.*, 2008). Quando associados a desembocaduras de rios, os esporões acabam formando uma barreira que evita a ação direta das ondas no canal e servem de depósito para os sedimentos que acabariam adentrando no estuário. Este tipo de ação promove o seu crescimento longitudinal. Sendo que os esporões mais recentes, ou seja, formados logo após um evento de rompimento, possuem uma taxa de crescimento mais elevada durante no seu estágio inicial de desenvolvimento (UDA, 2005).

Muitos estudos são realizados no sentido de obter melhor conhecimento sobre a evolução desses sistemas complexos, uma vez que as mudanças morfológicas de esporões implicam em impactos diretos ou indiretos na população e na ecologia costeira por afetar a posição e dinâmica da troca de água entre o ambiente marinho e estuarino e por desempenhar importante papel na manutenção do equilíbrio sedimentar da zona costeira (COSTA, 2009). Considerando a dinâmica e a expressiva velocidade das alterações que se processam nas desembocaduras e esporões, bem como a carência de documentação cartográfica sistemática e atualizada que registre as modificações ocorridas, os produtos de sensoriamento remoto orbital são extremamente úteis para estudo desses ambientes (COSTA 2009). Este estudo foca nas modificações decadais a partir de dados orbitais, ocorrida em um sistema duplo de esporões associados a uma desembocadura protegida por recifes no litoral sul de Pernambuco.

1.1 OBJETIVOS

O presente trabalho teve como objetivo geral realizar um estudo das mudanças morfológicas na linha de costa e migração de um sistema duplo de esporões associados a uma desembocadura protegida por recifes (rio Mamucabas e Ilhetas/PE).

A partir do objetivo geral foram traçados os seguintes objetivos específicos:

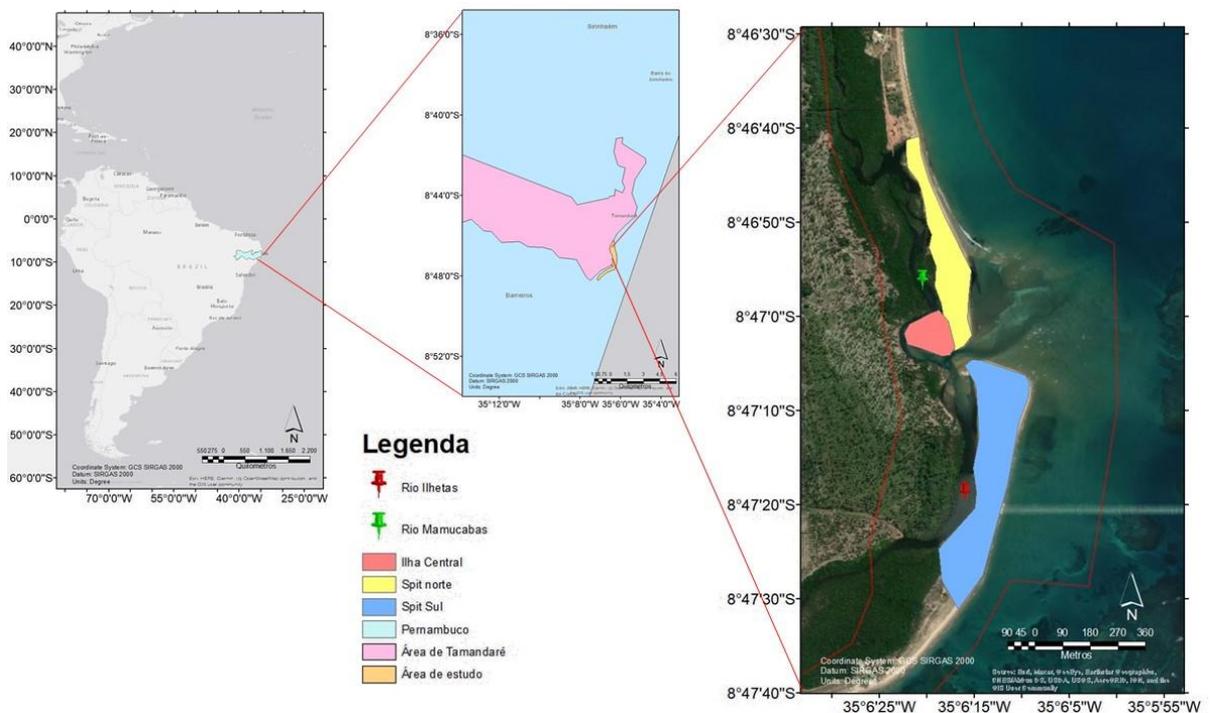
- Medição das taxas de crescimento e erosão dos esporões tanto ao norte como ao sul da desembocadura dos rios.
- Análise das mudanças morfológicas da linha de costa.

2 METODOLOGIA

2.1 ÁREA DE ESTUDO

A Região estudada compreende o sistema de desembocaduras do Rio Mamucabas e Rio Ilhetas, pertencentes ao município de Tamandaré no litoral sul de Pernambuco, Brasil (Figura 01). Este trecho apresenta 4,4 km de linha de costa, composto por praias protegidas por recifes de coral semi-submersos.

Figura 1- (a) Localização da área de estudo no Brasil. (b) Localização do município de Tamandaré, Litoral sul de Pernambuco. (c) Área de estudo, com destaques para as principais feições estudadas.



Fonte: O autor (2021)

A desembocadura do Rio Mamucabas faz parte da Região da Mata Sul e Microrregião da Mata Meridional Pernambucana sendo o mais importante centro de cultivo de cana de açúcar do estado. Sua nascente está localizada a oeste da Reserva Biológica (REBIO) de Saltinho. Ele adentra a REBIO de Saltinho onde é represado para formar o reservatório que abastece quase que completamente a cidade de Tamandaré, se tornando assim o principal Rio que abastece a cidade (CPRH, 2001a).

O rio Ilhetas nasce na porção sudoeste do município de Rio formoso, próximo à divisa com o município de Tamandaré, desde a sua nascente o Rio Ilhetas toma a

direção sudeste, ao aproximar-se do litoral muda sua direção para nordeste encontrando-se assim com o Rio Mamucabas (CPRH, 2001b)

Na região da desembocadura, eles formam o complexo ambiental Ilhetas-Mamucabas onde correm paralelamente ao longo do litoral e são separados do oceano por um estreito cordão arenoso (*spit*) (CPRH, 2001b). O ponto comum a estes rios é a sua desembocadura conjunta formando assim uma região chamada localmente de Boca da Barra (MAIDA, 1997).

O complexo ambiental Ilhetas/Mamucabas está também inserido na APA de Guadalupe, área de grande relevância ecossistêmica por incluir uma grande área de mangue e mata atlântica notoriamente preservada, por conta da baixa ocupação humana na região próxima a sua desembocadura (CPRH, 1998). A boca da Barra, região formada pelo encontro das desembocaduras dos Rios Mamucabas e Ilhetas é uma importante região para os moradores locais por ser um conhecido ponto de pesca de crustáceos e moluscos (BOTELHO *et al.*, 1999), também é um importante ponto turístico para o município de Tamandaré devido a sua grande beleza cênica

No ano de 2019 houve o derrame de óleo nas praias do nordeste Brasileiro, foram mais de 800 localidades afetadas ao longo de mais de 130 municípios em 11 estados. A praia de Tamandaré está incluída como uma dessas áreas que sofreu deste derrame (ARAÚJO *et al.*, 2020). Após estes eventos foram feitas análises nas desembocaduras destes rios a fim de saber o quão afetados eles foram. Ambos os rios, Mamucabas e Ilhetas foram considerados livres de compostos químicos derivados deste derrame (CPRH, 2019).

O clima da região é litorâneo úmido, influenciado por massas tropicais marítimas, a região possui uma temperatura média anual de 25,5 °C, o período mais quente do ano vai de Dezembro até Março, enquanto o período menos quente vai de Junho até Setembro (MANSO *et al.*, 2018).

A precipitação anual média da região é de 2200mm. A região possui duas estações bem definidas, mais chuvoso e menos chuvoso, a primeira englobando os meses de Março a Agosto, sendo o trimestre mais chuvoso de Maio a Julho, concentrando 47% do total anual, e a segunda compreendendo os meses de Setembro a Fevereiro (MANSO, V. *et al.*, 2018). O regime de ventos é bastante

regular, soprando em 90% do tempo do setor E-SE com velocidades médias de 3 à 5 m/s (MANSO, V. *et al.*, 2018).

A altura média das ondas locais varia de 1,5 a 2 m, com um período de 8 e 9 s. Com altura máxima de 4,8 m de ondas vindas de sudeste e altura mínima de 0,21 m de ondas vindas de sul, em costas protegidas as ondas são atenuadas pela presença dos recifes (PEREIRA *et al.*, 2016). A região possui um regime de mesomaré, possuindo as forçantes astronômicas como principal mecanismo de resposta das marés, com períodos semi-diurnos (duas preamares e duas baixamares por dia) (MANSO, V. *et al.*, 2018).

2.2 DADOS DE SENSORES REMOTOS

Com o intuito de analisar e quantificar a dinâmica da desembocadura do Rio Mamucabas e Rio Ilhetas, foram obtidas imagens de satélites de diversos sensores através do banco de imagem do GEE (Google Earth Engine) e do Google Earth Pro (GEP) (Tabela 1).

2.2.1 Google Earth Engine (GEE)

O Google Earth Engine constitui um vasto banco de dados com diversos satélites e sensores disponíveis para aquisição a partir de (1972) ao presente. Neste trabalho foram utilizados os dados dos satélites LANDSAT 5, LANDSAT 7, LANDSAT 8 e SENTIEL-2. As imagens foram obtidas a partir do ano de 1984 sendo selecionada uma por ano até o ano de 2020.

As imagens foram obtidas através de um script escrito em linguagem *Javascript* utilizada pelo GEE. Através deste script (anexo 1) pôde-se controlar qual a percentagem de cobertura de nuvens das imagens, qual o intervalo de tempo ou datas e também qual a região que as imagens serão extraídas, além das bandas de cores utilizadas para compor a imagem final a ser baixada.

Neste trabalho foram baixadas imagens cuja cobertura de nuvens fosse inferior a 40% para as imagens dos satélites: LANDSAT 5, LANDSAT 7 e LANDSAT 8, para o Sentinel-2 a cobertura de nuvens foi avaliada manualmente pelo autor de maneira que as imagens contivessem a menor quantidade possível de nuvens sob a

área de estudo. O intervalo de imagens utilizado para o LANDSAT-5 foi de 1984 a 2012, que compreende todo o seu tempo de funcionamento, contudo não foram obtidas imagens de qualidade satisfatória para os anos de 2009 e 2012, por isso foi-se utilizado o LANDSAT-7, como complemento apenas para estes dois anos, o LANDSAT-8 ficou somente disponível para ser utilizado a partir de abril de 2013 e após esta data foi utilizado até o final do tempo de estudo.

As bandas utilizadas na composição das imagens foram infra-vermelho, verde e vermelho. A composição das bandas se deu de maneira diferente entre os satélites pois cada satélite possui sua própria ordem para a disposição das bandas, para o LANDSAT-5 utilizou-se a RGB432, para o LANDSAT-7 a RGB432 e para o LANDSAT-8 a RGB534. Esta composição facilita a medição e a visualização do limite seco e molhado, o espectro real de cores, vermelho, verde e azul não foi utilizado pois a visualização das imagens não fica tão nítida por causa da baixa resolução dos satélites utilizados e também por se tratar de um canal estreito, próximo a foz, o que dificultaria muito caso a cor azul fosse utilizada em conjunto com a verde. Para compor as bandas utilizadas na criação das imagens do Sentinel-2 utilizou-se a RBG432 que compõe o espectro real de cores, isto se deu pois o Sentinel-2 não dispõe de uma banda infra-vermelho.

Numa primeira análise foram utilizadas apenas as imagens dos satélites LANDSAT 5, LANDSAT 7, LANDSAT 8. Contudo devido à baixa resolução de imagem (30 m por pixel), foram utilizadas imagens adicionais do Satélite Sentinel-2 (15 m por pixel) a fim de verificar a qualidade e viabilidade das imagens LANDSAT's para identificação dos parâmetros desejados. Esta verificação ocorreu por meio da medição de um mesmo trecho nas imagens dos dois satélites, para o mesmo ano, esta comparação foi feita para os anos de 2018, 2019 e 2020 pois apenas foi possível obter imagens do Sentinel-2 para estes anos. O trecho escolhido foi o mesmo utilizado na medição da largura do esporão sul, pois é uma região de menor tamanho e requisita mais precisão quanto a seus dados. A maré não foi levada em consideração quando realizadas as análises, pois pelos satélites não possuírem alta resolução os efeitos da maré na região não seriam notados. Por se tratar de uma região de meso-maré (MANSO, V. *et al.*, 2018)

Foi utilizado o *software* ArcGis 10.5 para medição da largura e o comprimento dos esporões tanto norte quanto sul, a fim de se criar gráficos que nos possibilitem ter uma melhor visibilidade dos dados. Para uma análise com maior resolução espacial, foram utilizadas como complemento, imagens do banco de dados do Google Earth PRO, tendo como início o ano de 2003. As imagens utilizadas neste trabalho estão listadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Datas, satélites e banco de dados das quais as imagens foram baixadas

Data	Satélite	Banco de Dados
10/06/1984; 05/02/1985; 15/05/1986; 02/05/1987; 30/12/1988; 15/01/1989; 18/01/1990; 23/12/1991; 03/08/1992; 07/09/1993; 13/01/1994; 22/04/1995; 30/08/1996; 02/09/1997; 26/12/1998; 13/12/1999; 24/07/2000; 24/05/2001; 08/03/2002; 03/09/2003; 10/02/2004; 03/05/2005; 26/08/2006; 09/05/2007; 05/02/2008; 11/12/2010; 25/09/2011	LANDSAT 5	Google Earth Engine
14/04/2009; 28/04/2012	LANDSAT 7	Google Earth Engine
26/06/2013; 22/12/2014; 04/09/2015; 18/06/2016; 28/11/2017; 23/05/2018; 15/09/2019; 17/09/2020.	LANDSAT 8	Google Earth Engine
29/12/2018; 27/07/2019; 14/09/2020.	SENTINEL-2	Google Earth Engine
07/2003; 11/2006; 09/2007; 09/2009; 10/2012; 12/2012; 05/2014; 02/2015; 04/2015; 03/2016; 09/2016; 02/2017;	Maxar Technologies	Google Earth Pro

08/2017; 09/2017; 10/2017; 11/2017; 12/2017; 08/2018; 12/2018; 08/2019; 12/2020.		
--	--	--

Fonte: O autor (2021)

Imagens baixadas pelo GEE foram analisadas mais detalhadamente e nelas foram feitas medições dos comprimentos dos esporões norte e sul, e largura do esporão sul local onde há uma mudança abrupta onde ocorre o seu rompimento e também na área existe uma pequena ilha dentro do curso do rio, que teve sua área medida.

2.2.2 Google Earth Pro (GEP)

A partir das imagens obtidas pelo GEP foram criadas linhas de costa (LCs) utilizando como indicador o limite seco/molhado (KRAUS, 1997). Para ter-se uma melhor ideia do desenvolvimento da região estudada, essas linhas de costa foram exportadas para o ArcGis e analisadas através de uma extensão do próprio *Software*, o DSAS (*Digital Shoreline Analysis System*). As LCs foram traçadas de maneira a separar o esporão norte do esporão sul, pois já é sabido que eles possuem comportamentos distintos.

Através do DSAS é possível analisar a taxa de variação da LC ao longo do tempo (HIMMELSTOSS *et al.*, 2018). O DSAS é comumente utilizado como ferramenta de monitoramento da erosão e deposição nas linhas de costas em praias desde sua criação em 1990 (MISHRA *et al.*, 2020).

O DSAS foi aplicado as imagens de maior resolução espacial obtidas do banco de dados do GEP, onde é possível distinguir com maior a precisão o indicador da LC. Foi utilizado um conjunto de 21 imagens obtidas entre o ano de 2003 a 2020 (Tabela 1). Como medida estatística dentro de toda a gama de opções providas pelo DSAS, utilizou-se o EPR (*End Point Rate*), pois após testes realizados pelo autor, verificou-se que esta medida estatística proveu melhores resultados para os dados deste trabalho, quando comparados com outras medidas estatísticas como o LRR (*Linear Regression Rate*) e o NSM (*Net Shoreline Movement*), pois para este trabalho o intervalo de valores obtidos por estas medidas não se mostraram

eficientes em explicitar os dados e poderiam causar erros e uma má visualização dos dados.

O EPR é calculado através da divisão da distância da LC pelo tempo, tomando como referência a LC mais antiga e as mais novas, é válido ressaltar que o DSAS nos dá como unidade de reposta sempre metro/ano. Foram gerados dois conjuntos separados de LCs, sendo um para a região do esporão do Rio Ilhetas (esporão sul) e outro para a região do esporão do Rio Mamucabas (esporão norte).

Tabela 2 - Opções de estatísticas que podem ser utilizadas ao trabalhar com o DSAS

DSAS statistics	Descrição
NSM	Net Shoreline Movement
SCE	Shoreline Change Envelope
EPR	End Point Rate
EPRunc	Uncertainty of the End Point Rate
LRR	Linear Regression Rate
LSE	Standard Error of Linear Regression
LCI	Confidence Interval of Linear Regression
LR2	R-squared of Linear Regression
WLR	Weighted Linear Regression Rate
WSE	Standard Error of Weighted Linear Regression
WCI	Confidence Interval of Weighted Linear Regression
WR2	R-squared of Weighted Linear Regression

Fonte: Himmelstoss et al. (2018).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção os resultados obtidos no estudo são descritos, analisados e discutidos. Esta seção foi dividida em dois tópicos, num primeiro tópico foram analisados dados sobre a migração das desembocaduras, desenvolvimento dos esporões utilizando dados baixados do GEE numa série temporal de 37 anos. No segundo tópico desta seção são apresentados os resultados medidos e calculados para as LC's ao longo de 17 anos de imagens de alta resolução obtidas através do GEP e analisadas através do ArcGis e suas extensões.

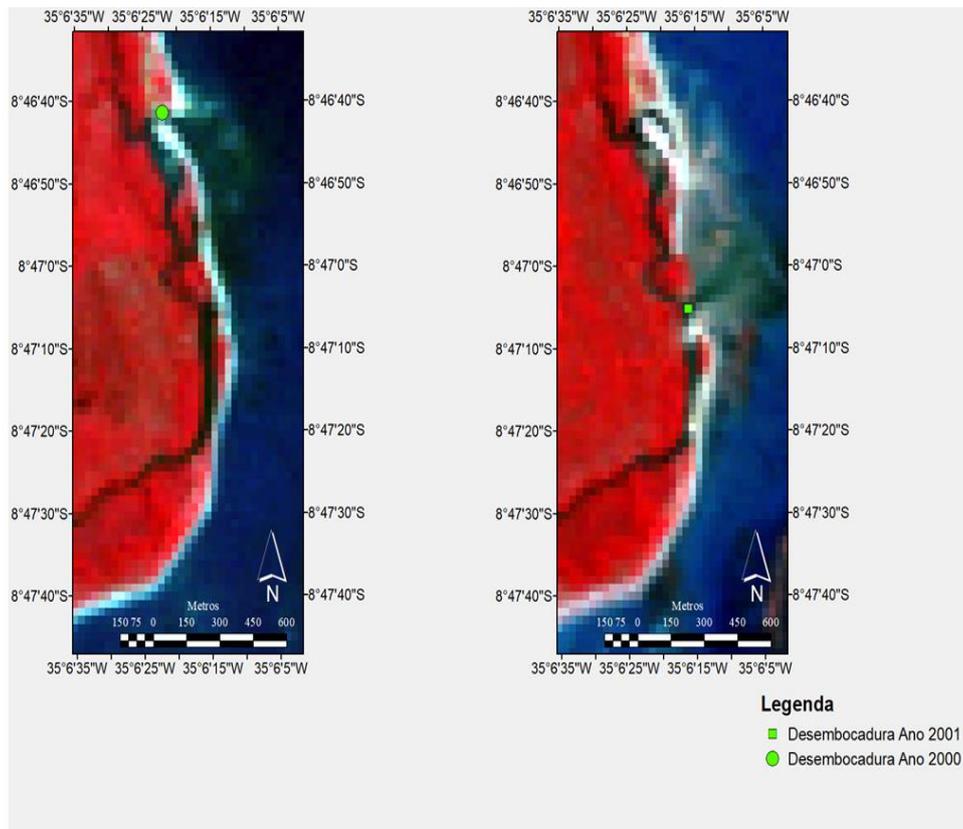
3.1 MIGRAÇÃO DO SISTEMA DE DESEMBOCADURA

Foram obtidas 37 imagens do GEE (anexo 3) e extraídas informações à cerca da posição da desembocadura do Rio Mamucabas e Ilhetas, do comprimento dos esporões norte e sul, largura do esporão sul, assim como a área de uma ilha dentro do canal norte, permitindo uma análise decadal das alterações da região entre 1984 e 2020. Estes resultados estão apresentados na Tabela do anexo 2.

Os resultados obtidos com a análise da série temporal das imagens de satélite mostraram grandes variações na posição da desembocadura e morfologia dos esporões. Foi possível identificar três principais estágios ao longo do período estudado: (1) antes do fechamento do canal norte, (2) antes do rompimento do esporão sul e (3) após este rompimento. Foram observadas taxas de erosão máxima de 78 m/mês em um destes estágios, e apesar disto retornando ao seu estágio inicial, mostrando que o sistema tende a se recuperar após eventos de mudanças bruscas, evidenciando a forte dinâmica local.

Os dados presentes no anexo 2 mostram que existem grandes alterações temporais no comprimento dos esporões. Foi observada uma Acreção máxima de 169 m para o esporão norte e erosão máxima de 176 m para o esporão sul. Contudo os esporões possuem comportamentos diferentes que estão relacionados a eventos de rompimento que ocorreram no decorrer do tempo de estudo. Destacam-se os anos de 2001 e 2005 quando grandes modificações resultaram no fechamento do canal ao norte referente a desembocadura do Rio Mamucabas (2001), seguido por um rompimento e erosão do esporão sul (2005).

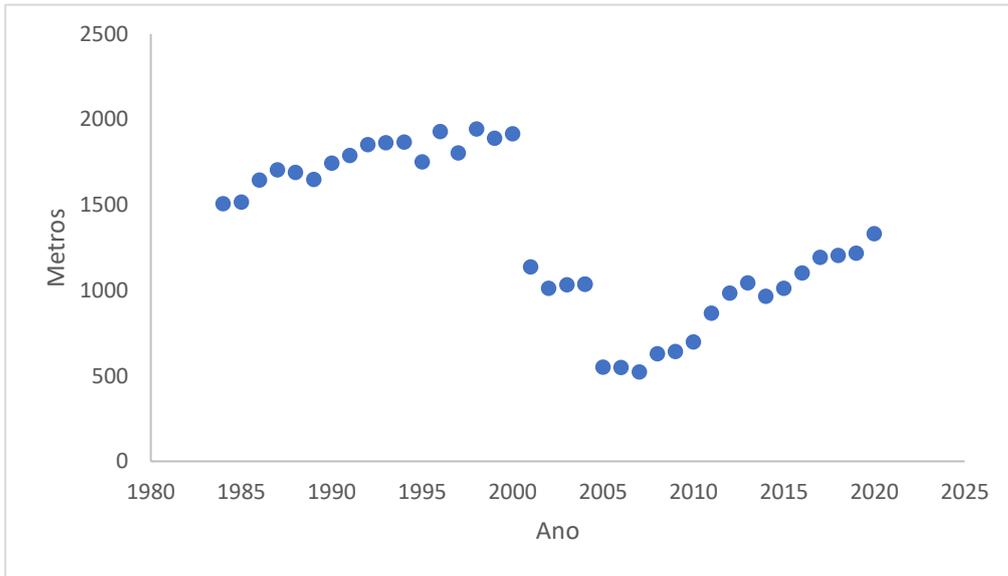
Figura 2- Posição das desembocaduras dos anos 2000 e 2001



Fonte: O autor (2021)

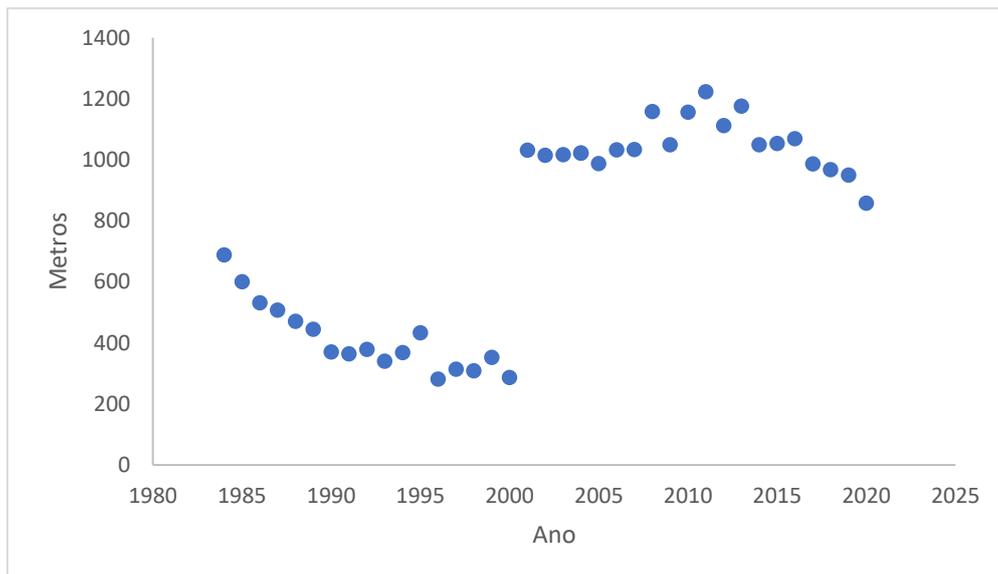
O crescimento dos esporões ocorre de maneira inversamente proporcional, ou seja, quando há um crescimento do esporão sul, há uma resposta de diminuição do esporão norte, Fenômeno também relatado por (AUBREY, 1982) no qual relata esta como sendo uma das três principais relações entre esporões, uma relação de resposta entre esporões opostos. Este crescimento segue acontecendo mesmo depois da degradação quase completa do esporão sul (Figura 3). Através do teste estatístico do (coeficiente de correlação de Pearson $P= -0,932$) foi comprovada a correlação inversamente proporcional entre os dois esporões.

Figura 3- Gráfico do comprimento do esporão sul ao longo do tempo de estudo.



Fonte: O autor (2021)

Figura 4- Gráfico do comprimento do esporão norte ao longo do tempo.

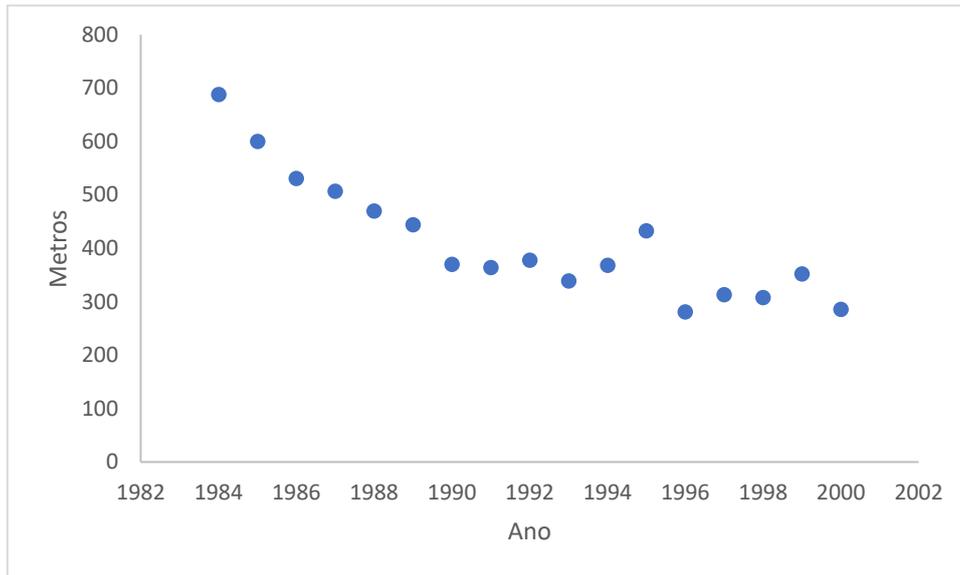


Fonte: O autor (2021)

Entre 1984 e 2001 o esporão norte vinha sendo erodido numa taxa média de 23 m/ano (Figura 4). Foi observado uma clara mudança no seu tamanho no ano de 2001. Isto ocorre devido ao fechamento da desembocadura norte (Figura 2) quando seu comprimento passa de 286 m a 1031 m, indicando que houve uma mudança na localização da desembocadura norte. O decréscimo anterior ao seu fechamento é bem constante e muito semelhante ao crescimento que vem ocorrendo no mesmo

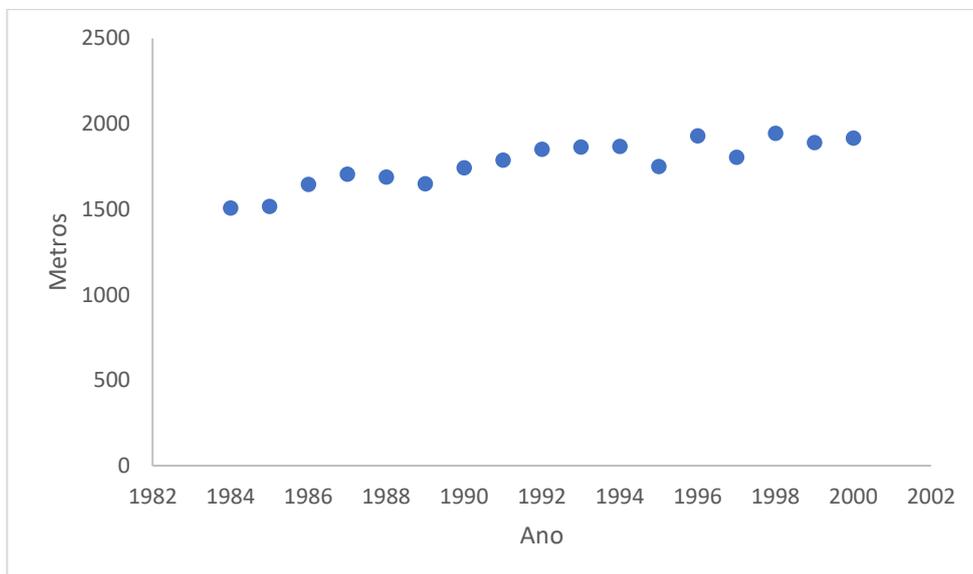
período no esporão sul, que vinha crescendo numa taxa de aproximadamente 24 m/ano conforme visualizado nas figuras 5 e 6.

Figura 5- Gráfico do comprimento do esporão Norte entre 1984 e 2001.



Fonte: O autor (2021)

Figura 6- Gráfico do comprimento do esporão sul até entre 1984 e 2001.

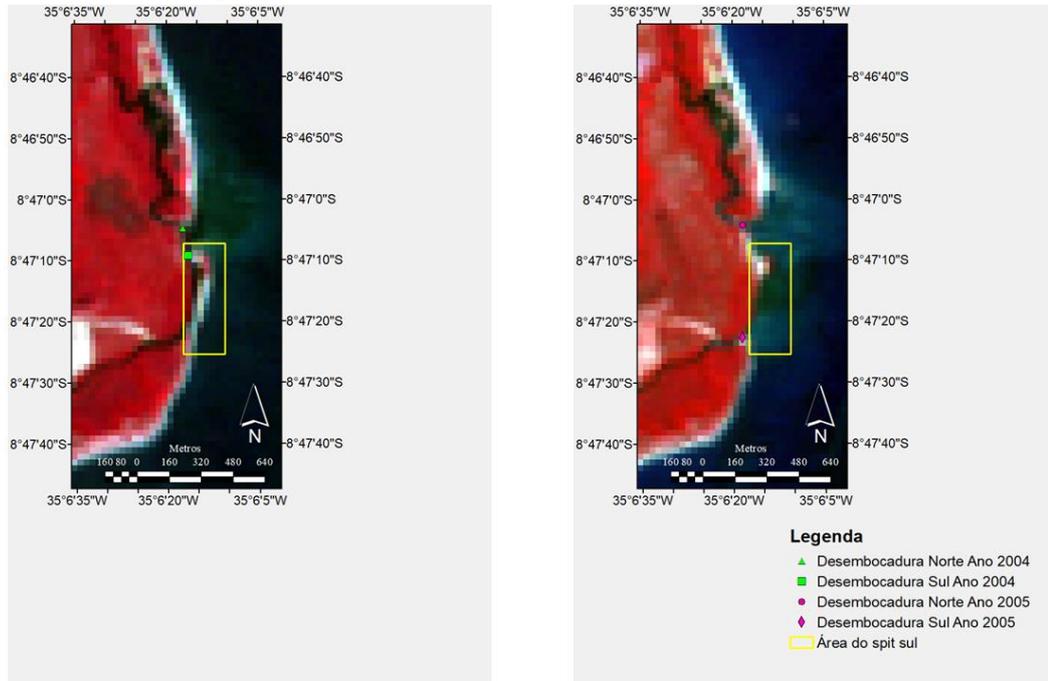


Fonte: O autor (2021)

O esporão sul rompe-se completamente no ano de 2005, e até este rompimento, ele vinha mostrando uma erosão gradual da sua largura numa taxa de 3,6 m/ano. Sua largura variou de 136 m e até romper-se completamente no ano de

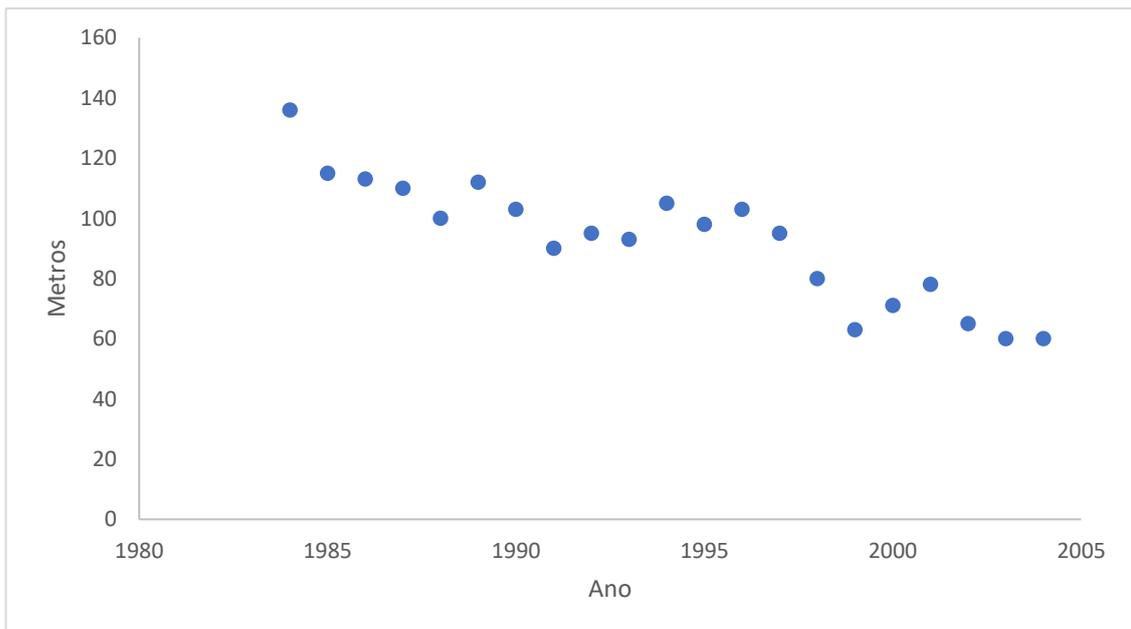
2005 quando possuía uma largura de 60 m, tendo já possuído uma largura máxima de 136 m no ano de 1984, ano no qual o estudo começou.

Figura 7 - Mapa das desembocaduras nos anos 2004 e 2005.



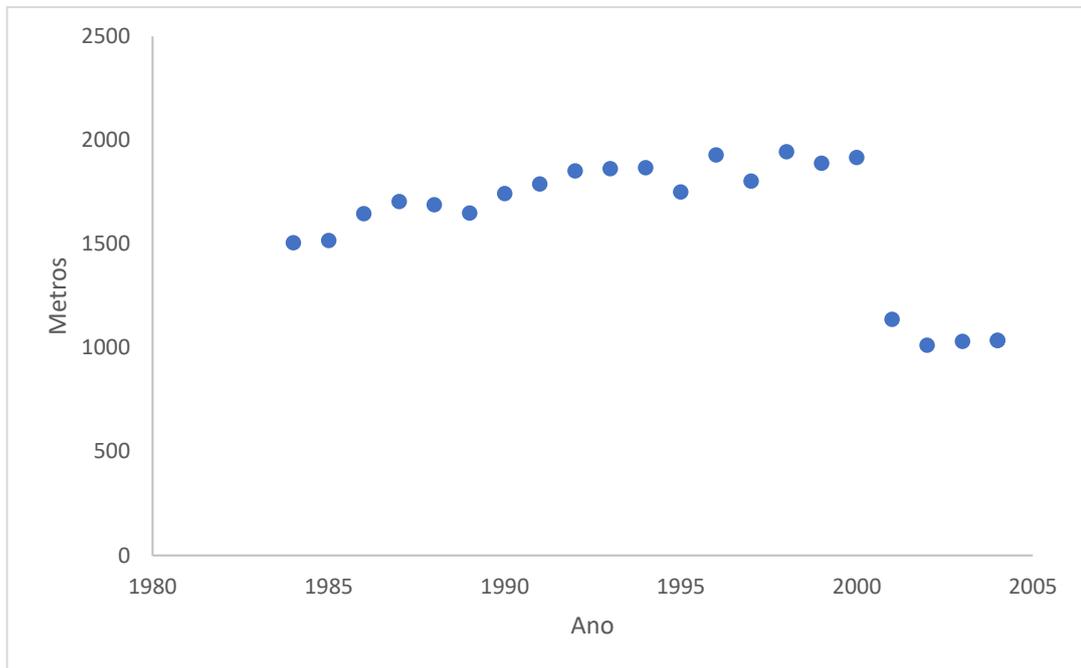
Fonte: O autor (2021)

Figura 8 - Gráfico da largura do esporão sul entre 1984 e 2005, quando ocorreu o seu rompimento.



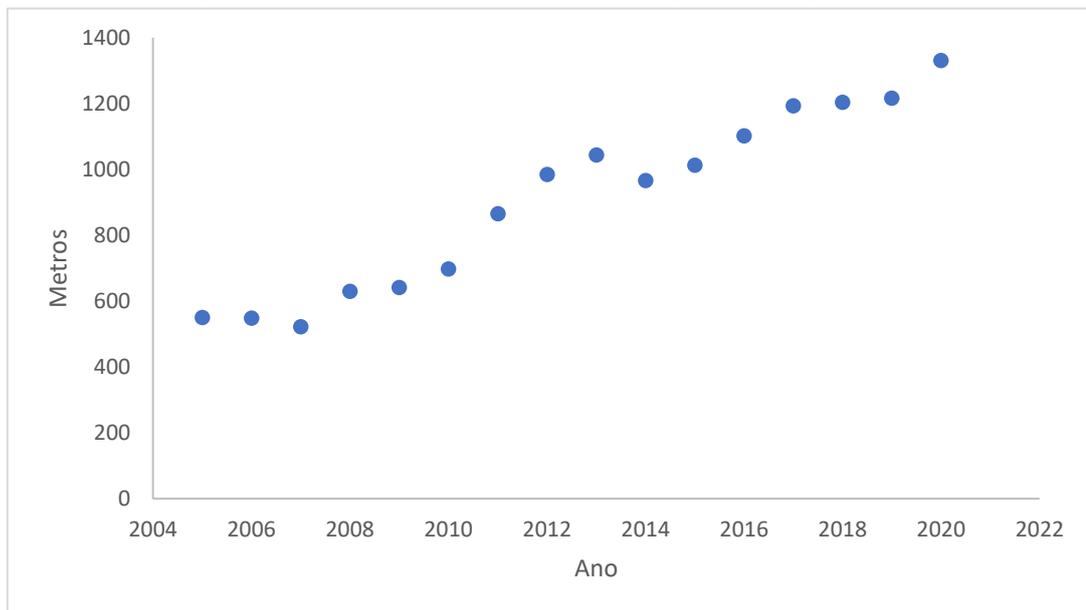
Fonte: O autor (2021)

Figura 9 - Gráfico do comprimento do esporão sul até 2005



Fonte: O autor (2021)

Figura 10 - Gráfico do comprimento do esporão sul a partir de 2005



Fonte: O autor (2021)

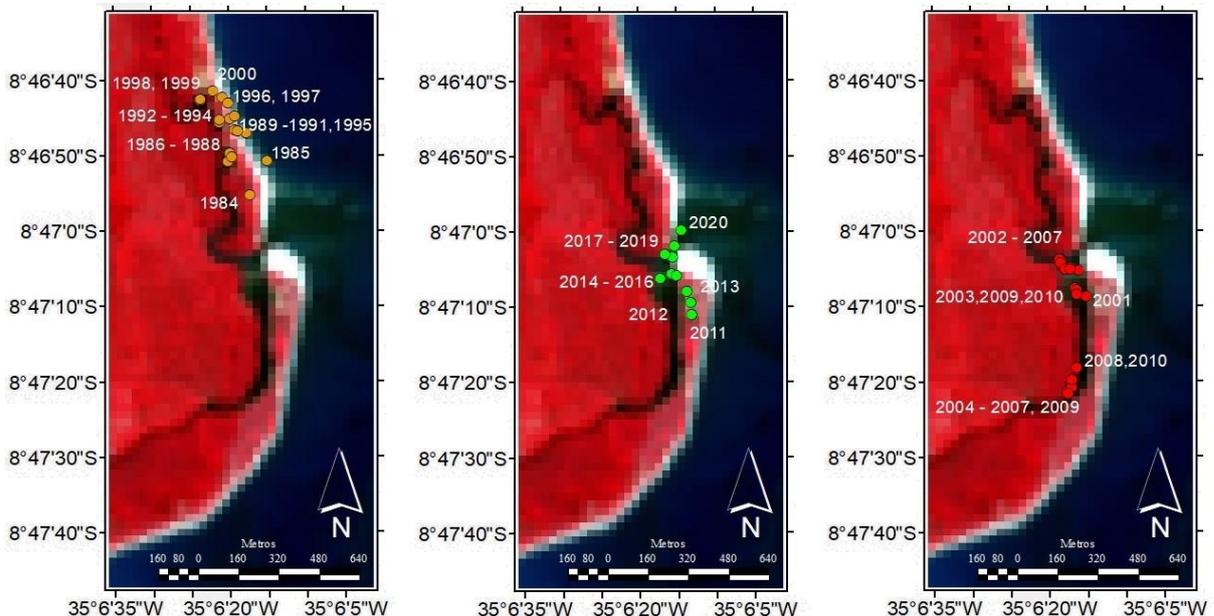
Durante o período de 1984 a 2004, até o rompimento do esporão sul em 2005, ele vinha crescendo de maneira constante com uma taxa de 24m/ano desde 1984. Após o rompimento ele volta a crescer de maneira constante porém com uma taxa duas vezes mais elevada, de 48 m/ano, como mostrado na Figura 10. De

acordo com (UDA, 2005) est tipo de padrão, de ter um crescimento elevado em seus estágios iniciais é típico de esporões mais novos.

Isto mostra que após eventos mais energéticos este estuário tem uma tendência a recuperar-se rapidamente. Tal condição pode estar relacionada a baixa urbanização que o local possui pois está inserido dentro da APA de Guadalupe (CPRH, 1998), o que acaba limitando drasticamente a pressão antrópica no local, que passa a ser apenas extrativista por parte da população nativa como já descrito por (BOTELHO *et al.*, 1999) e de uso cênico por parte dos turistas, deixando de ser alvo de imóveis de veraneio como casas, hotéis e resorts. A brusca diminuição do comprimento que é vista na figura 9 ocorre devido ao fechamento do canal norte causando assim uma resposta do esporão sul de diminuir seu tamanho.

A Figura 11 apresenta as localizações de todas as desembocaduras ao longo do tempo de estudo, através dela é possível melhor visualizar a sua migração com o decorrer do tempo, momentos nos quais existem duas desembocaduras estão apresentados duas vezes.

Figura 11 – Mapa das localizações das desembocaduras de 1984 a 2020.



Fonte: O autor (2021)

Os satélites testados LANDSAT-5, LANDSAT-7, LANDSAT-8 possuem uma resolução menor e para avaliar a qualidade e a confiabilidade dos dados coletados

foram coletadas também imagens do satélite Sentinel-2 que é mais moderno e possui imagens com uma melhor resolução, através das análises das imagens de cada um dos satélites, chegamos nos resultados exibidos pela tabela 4.

Tabela 3 - Comparação entre as larguras medidas pelos satélites Landsat 8 e Sentinel 2, para o esporão sul.

Ano	Largura do esporão sul (Landsat 8) (m)	Largura do esporão sul (Sentinel-2) (m)
2018	127	122
2019	129	115
2020	122	112

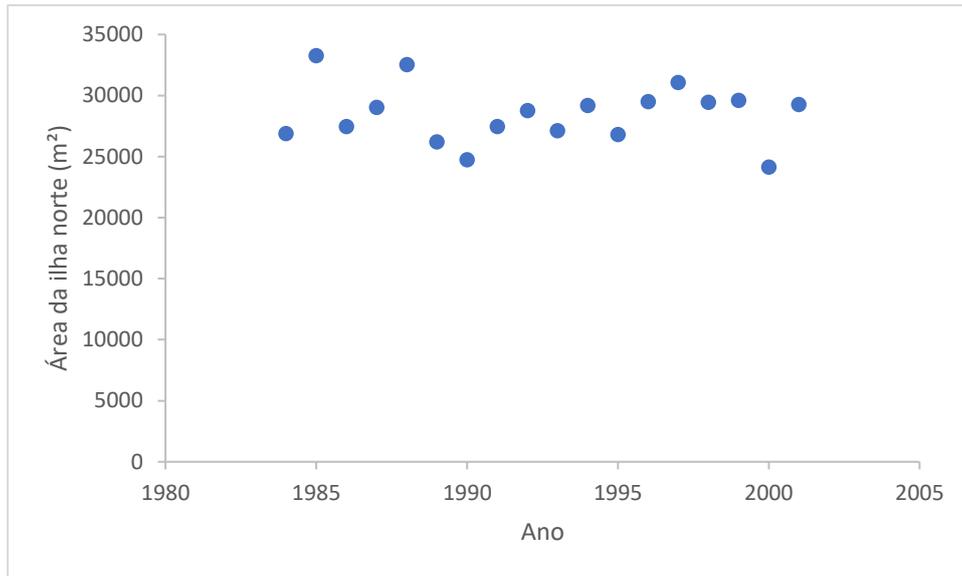
Fonte: O autor (2021)

Ambos os satélites possuem uma qualidade de imagem satisfatória e muito semelhantes entre si, contudo não é possível afirmar se são significativamente diferentes ou não pois não há casos suficientes para aplicar os devidos testes estatísticos.

Mais imagens do Sentinel-2 não estão disponíveis por se tratar de um satélite mais recente, estas comparações feitas com o Sentinel-2 foram feitas apenas para a medição da largura do esporão sul por se tratar de uma área menor e requisitar uma maior confiabilidade nos dados, os comprimentos não foram medidos por não demandarem de uma resolução tão refinada para medi-los.

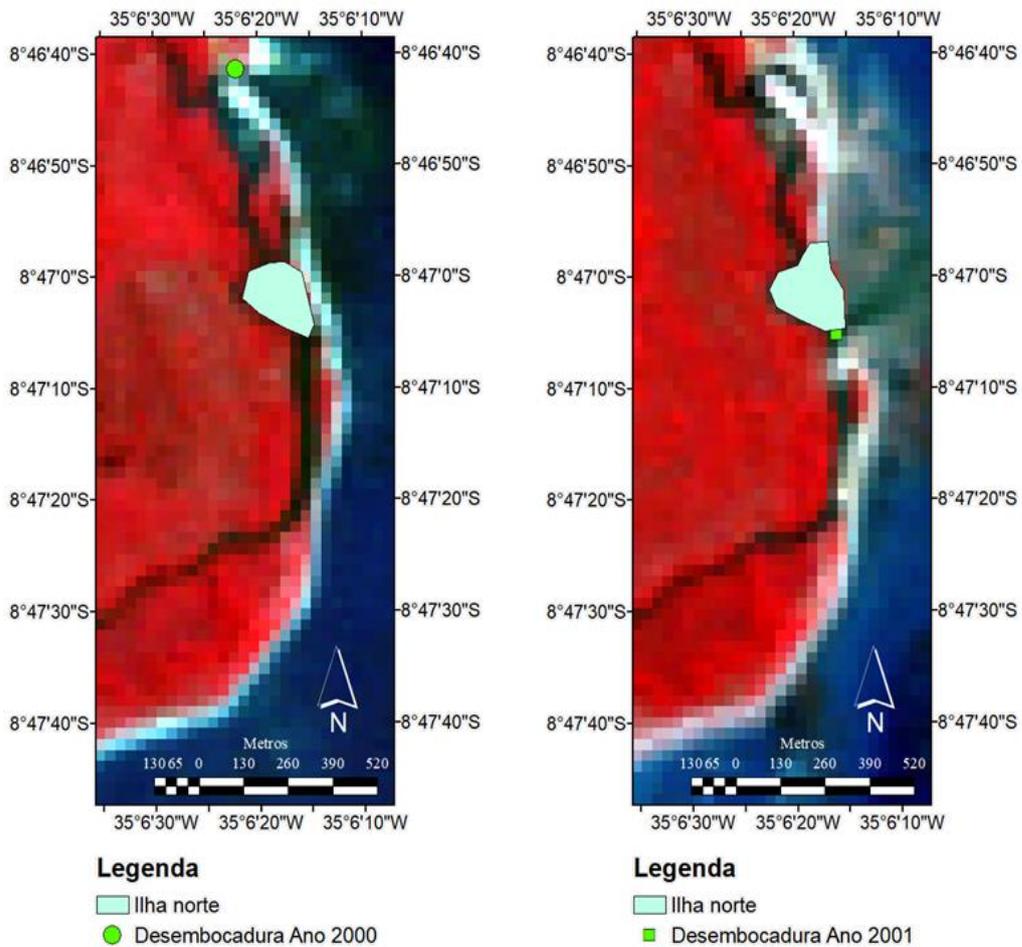
A Figura 12 demonstra a variação temporal da área de uma pequena ilha que se formou dentro do canal ao norte e teve sua área mensurada a fim de perceber como o rio se comporta e também a quantidade de material particulado transportado por ele.

Figura 12 - Gráfico da área da ilha dentro do canal norte.



Fonte: O autor (2021)

Figura 13 - Mapa da fusão da ilha ao norte anos de 2000 e 2001



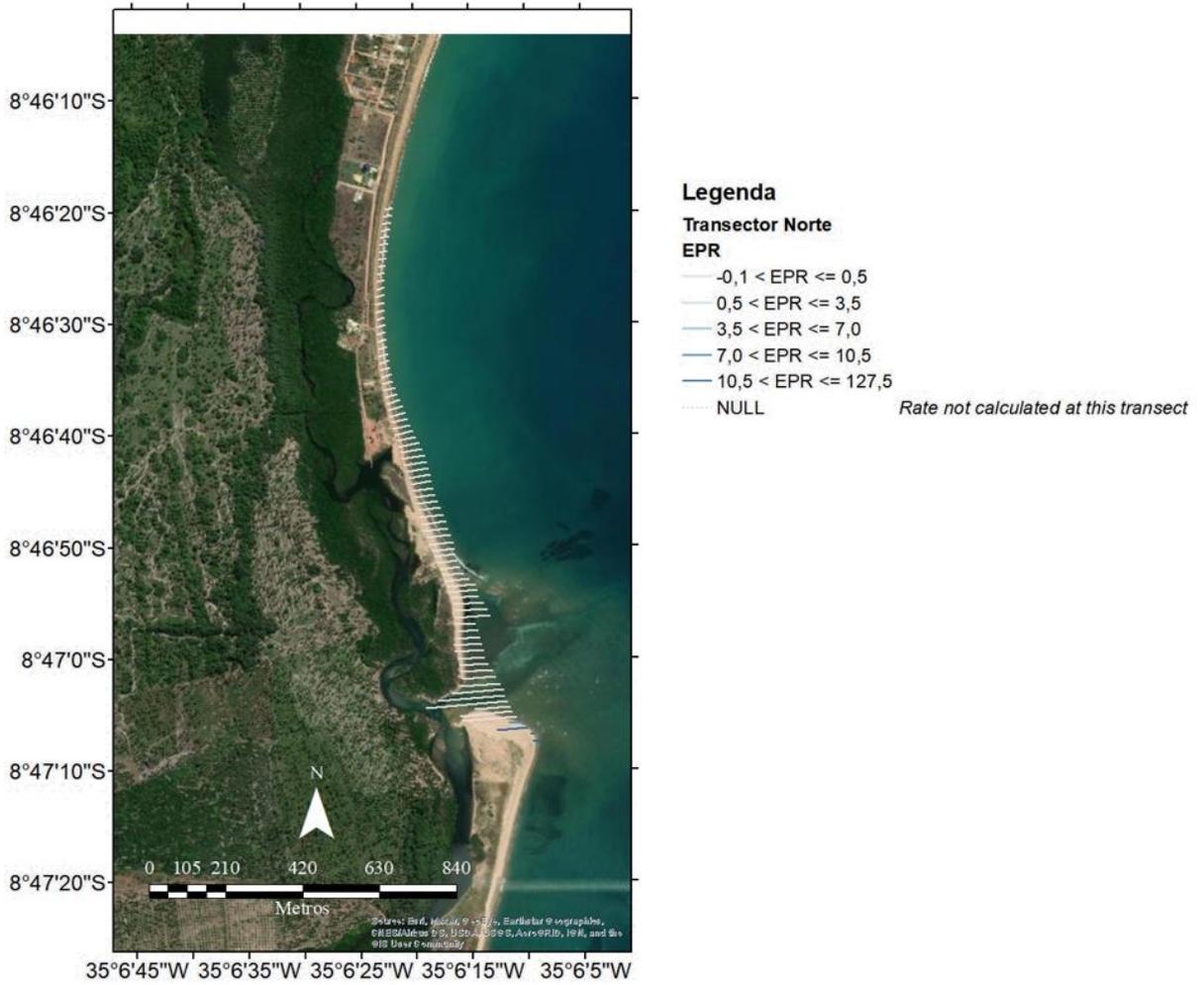
Fonte: O autor (2021)

Com uma análise da figura 12 podemos observar que esta ilha não cresce de maneira constante e possui uma tendência a manter-se estável, sem que ocorra qualquer grande variação em sua área, assim é possível dizer que sua dinâmica não tem relação direta com a dinâmica da região, uma vez que ambos os esporões possuem um comportamento definido e a ilha não segue qualquer padrão. Esta ilha veio a fundir-se com o esporão norte depois do fechamento da desembocadura norte no ano de 2001 como mostrado na figura 13. Após a sua fusão com o esporão norte, esta ilha permanece vinculada a ele até o fim do tempo de estudo.

3.2 VARIAÇÃO DA LINHA DE COSTA

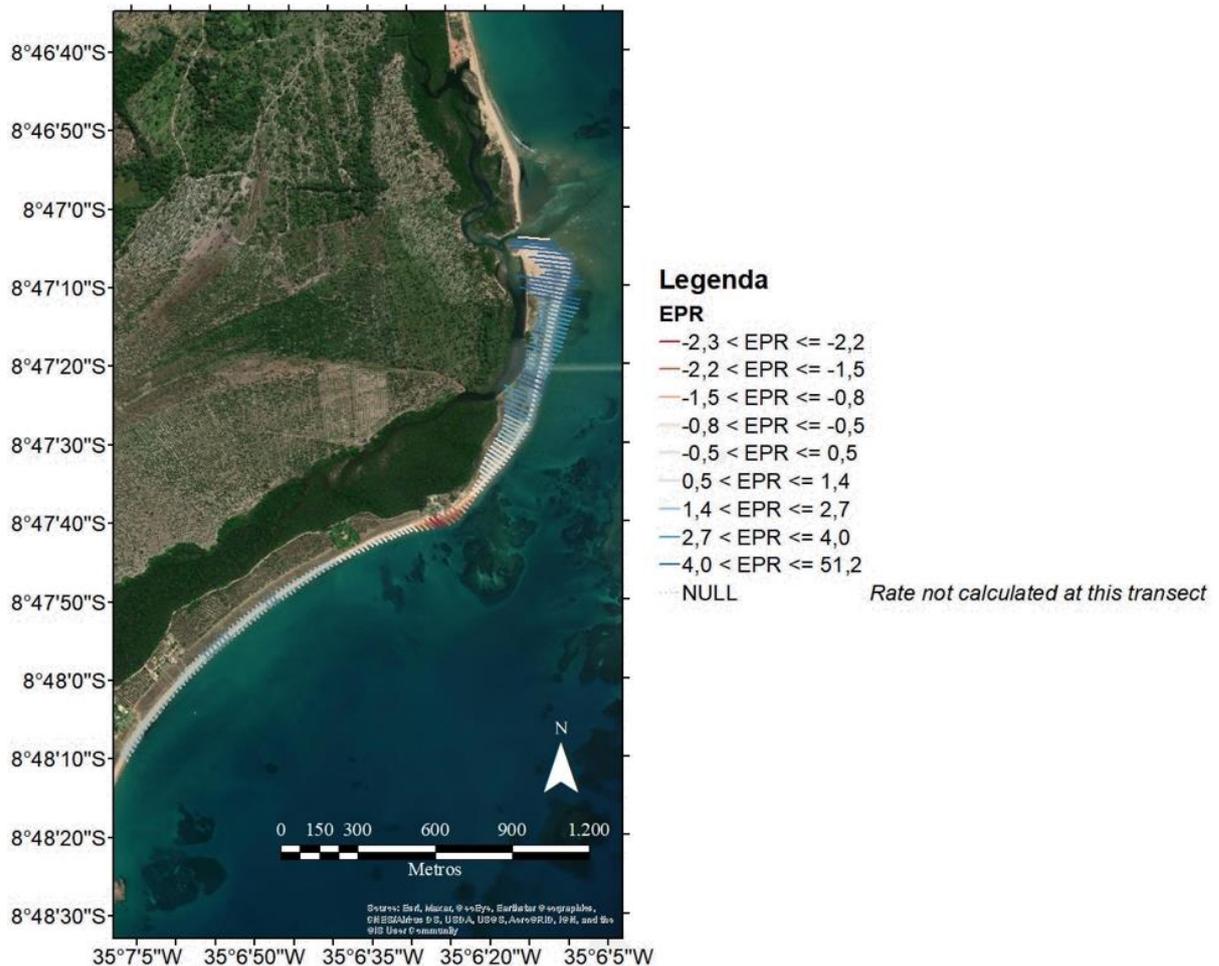
O DSAS é uma ferramenta muito prática e muito eficaz e mesmo sendo uma tecnologia relativamente nova já se mostrou muito eficiente, como demonstrado por (HENS, 2017) ao utiliza-lo para monitorar mudanças que influenciam o aquecimento global e também elevação do nível do mar e por (ALBUQUERQUE *et al.*, 2013) que mostrou que o DSAS é mais eficiente quando utilizado para a medição de LCs enquanto para a medição de áreas e outros fenômenos é mais interessante utilizar outros métodos.

Figura 14 – Mapa gerado pelo DSAS para o esporão norte



Fonte: O autor (2021)

Figura 15 - Mapa gerado pelo DSAS para o esporão Sul.

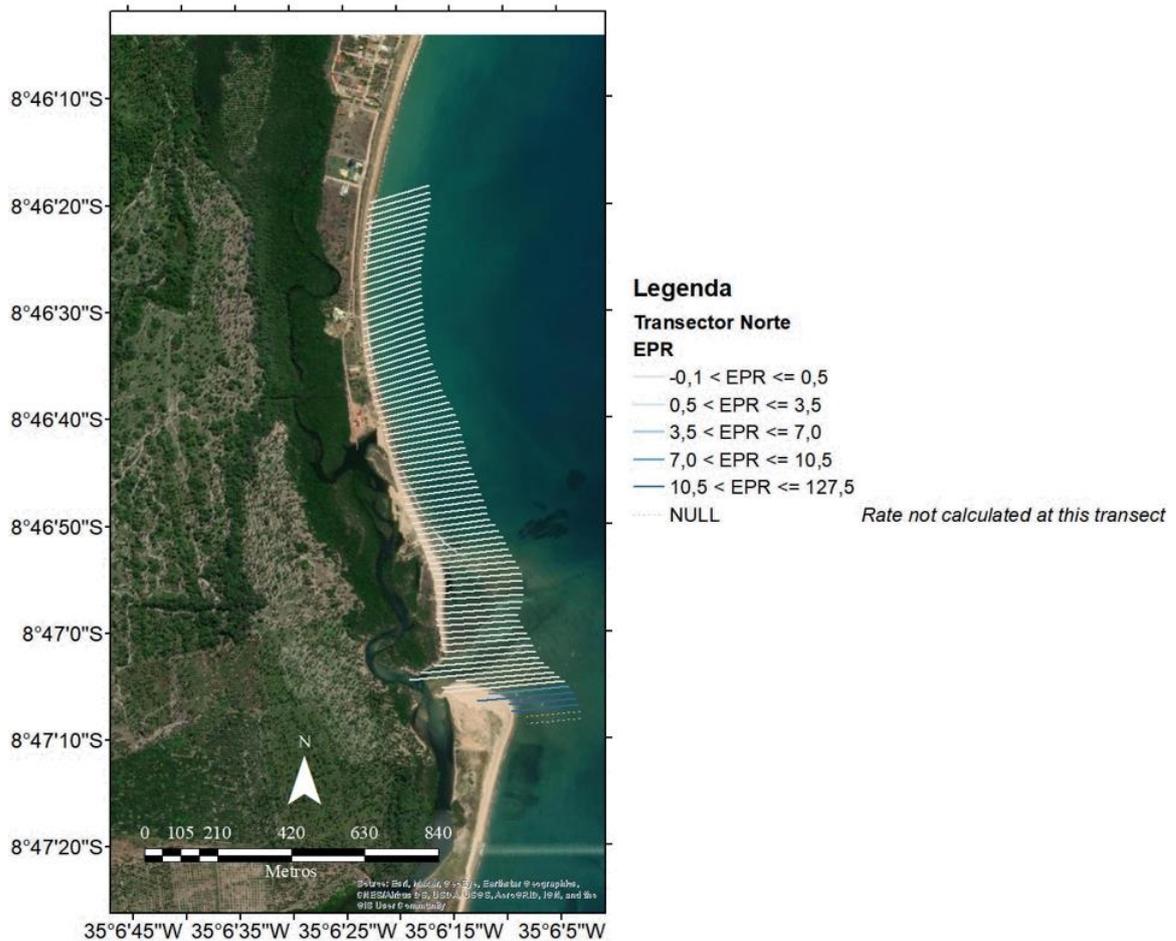


Fonte: O autor (2021)

Analisando os mapas 14 e 15 podemos ver que o esporão norte possui uma maior estabilidade em relação ao esporão sul, uma vez que esta região apresenta taxas de EPR mais próximas a zero, mostrando estabilidade maior em relação a região sul.

Observando as imagens podemos ver que o máximo de variação que o esporão norte possui é de até 127 m/ano, contudo este valor está inserido numa região pertencente ao esporão sul, então pode-se dizer que o valor máximo de EPR do esporão norte é de até 3,5 m/ano e o mínimo é de -0,1 m/ano, Isto fica melhor visível na figura 16.

Figura 16 – Transectos Norte completos.



Fonte: O autor (2021)

O esporão sul sofre uma Acreção de sedimentos, localizada principalmente na desembocadura dos rios, esta taxa de Acreção alcança um máximo de 51 m/ano e uma taxa de erosão de -2,2 m/ano, evidenciando que a região sul possui uma Acreção em uma dada localidade e sofre uma erosão em outra.

A Acreção que acontece no esporão sul também é percebido ao olharmos a tabela 3, o DSAS acaba por confirmar uma relação existente entre a LC e o comprimento dos esporões de forma a deixa-las visíveis através das imagens, fenômeno já observado por (ROSEN, 1975). As mudanças na LC acompanham as mudanças nos esporões. Este tipo de comportamento é observado apenas para a parte mais próxima a desembocadura, por se tratar de uma região de maior dinâmica.

Esta área ao sul da desembocadura, no pontal, não sofre tanta ação da desembocadura dos rios por estar mais distante da mesma, contudo esta região acaba por sofrer ação antrópica mais severamente pois foi construído um pequeno conjunto de flats naquela região. A dinâmica sedimentar local é bastante prejudicada uma vez que as construções feitas encima de locais de restinga acabam por fixar os sedimentos e não deixando a circulação local acontecer da maneira mais eficaz como também relatado por (HOLZER, 2004).

A erosão fica evidente quando observamos na figura 15 que o único local onde há erosão na área de estudo é onde há presença antrópica encima da linha de restinga, a região ao norte da desembocadura não possui uma pressão antrópica tão intensa e por sua vez possui uma modificação em sua LC inferior a 1 m/ano enquanto a região sul sofre de uma erosão de 2,2 m/ano por causa da presença humana, mostrando que a presença antrópica pode ou não causar grandes impactos passando a depender da maneira como é realizada a ocupação humana.

4 CONCLUSÃO

Através de estudos feitos nas imagens ficou evidente que, a migração da desembocadura deste sistema ocorre relacionada diretamente com o comprimento e movimento dos esporões ao norte e ao sul da desembocadura, assim, à medida que eles se modificam, a desembocadura se move em resposta a estas modificações de maneira que os rios passam a ter duas desembocaduras durante o tempo de estudo devido ao encurtamento do esporão sul.

Os resultados mostraram que mesmo após eventos catastróficos de rompimento e erosão os esporões este sistema de desembocadura tem uma alta capacidade de se recuperar. Isto fica evidente ao observar a rápida taxa na qual o esporão sul volta a crescer depois de ser erodido. O inverso foi também observado, mostrando uma relação inversa no crescimento dos dois esporões. Assim, o modelo de desenvolvimento do sistema de esporões Mamucaba/Ilhetas segue o mecanismo de Acreção limitado por desembocadura, onde o crescimento de um esporão é seguido pela erosão do outro. Com a utilização da extensão DSAS do ArcGis foi possível quantificar o quanto a linha de costa se altera com ele foi possível melhor visualizar que está acontecendo uma deposição de sedimentos na desembocadura dos rios, enquanto nas vizinhanças, mais ao sul, sob influência antrópica está ocorrendo uma erosão local e ao norte o ambiente encontra-se estável, sem grandes variações.

Este tipo de estudo é de suma importância pois permitiu verificar como o ambiente vem se modificando nas últimas décadas. Trabalhos futuros podem ser realizados a fim de relacionar as mudanças morfológicas observadas nesse estudo com outras variáveis como séries temporais de ondas e marés, pluviometria, transporte de sedimento longitudinal, fluxo de vazão do rio, entre outras, de forma a entender como os forçantes controlam as variações morfológicas aqui identificadas.

REFERÊNCIAS

- AHLMANN, H. W.; SCHOU, A. Det Marine Forland. **Geografiska Annaler**, 1945. v. 27.
- ALBUQUERQUE, M. *et al.* Erosion or Coastal Variability: An Evaluation of the DSAS and the Change Polygon Methods for the Determination of Erosive Processes on Sandy Beaches. **Journal of Coastal Research**, 2013. v. 165, p. 1710–1714.
- ARAÚJO, M. E. De; RAMALHO, C. W. N.; MELO, P. W. De. Artisanal fishers, consumers and the environment: immediate consequences of the oil spill in Pernambuco, Northeast Brazil. **Cadernos de saude publica**, 2020. v. 36, n. 1, p. e00230319.
- AUBREY, D. G.; A.G. GAINES, J. RAPID FORMATION AND DEGRADATION OF BARRIER SPITS IN AREAS WITH LOW RATES OF LITTORAL DRIFT. 1982. v. 49, n. 5086, p. 257–278.
- BOTELHO, E.; DIAS, A.; IVO, C. **ESTUDO SOBRE A BIOLOGIA DO CARANGUEJO-UÇÁ, *Ucides cordatus cordatus*, (Linnaeus, 1763), CAPTURADO NOS ESTUÁRIOS DOS RIOS FORMOSO (RIO FORMOSO) E ILHETAS (TAMANDARÉ), NO ESTADO DE PERNAMBUCO.**
- COSTA, Mirella. **Estudo da Migração da Desembocadura do Rio Una a partir de Imagens Orbitais e os Conflitos Socioambientais Associados.** Orientadora: Ioná Rameh. 2009. 64 f. Monografia (Graduação) - Tecnologia em Gestão Ambiental. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco. Recife, 2009. Disponível em: <https://www.escavador.com/sobre/4662294/mirella-borba-santos-ferreira-costa>. Acesso: 19/01/2022
- COSTA, M. B.; MACEDO, E. C.; SIEGLE, E. Wave refraction and reef island stability under rising sea level. **Global and Planetary Change**, 2019. v. 172.
- COSTA, M. B. S. F. *et al.* Influence of reef geometry on wave attenuation on a Brazilian coral reef. **Geomorphology**, 2016. v. 253, n. November 2015, p. 318–327. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.geomorph.2015.11.001>>.
- COSTANZA, R. *et al.* The value of coastal wetlands for hurricane protection. **Ambio**, 2008. v. 37, n. 4.
- CPRH. DECRETO N° 21.135. 1998. v. 1998, p. 1998.
- _____. 1.3 Hidrografia. **Diagnóstico Socioambiental do Litoral Sul de Pernambuco**, 2001a. p. 10–12. Disponível em: <http://www.cprh.pe.gov.br/downloads/13_Hidrografia.pdf>.
- _____. Diagnóstico socioambiental - Litoral sul de Pernambuco. 2001b.
- _____. Análise de Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos-HPAs. 2019. p. 4314.
- FERRARIO, F. *et al.* The effectiveness of coral reefs for coastal hazard risk reduction and adaptation. **Nature Communications**, 2014. v. 5, n. May, p. 1–9.
- HIMMELSTOSS, E. A. *et al.* Digital Shoreline Analysis System (DSAS) Version 5.0

User Guide. **Open-File Report 2018-1179**, 2018. p. 126.

HOAN, L. X. *et al.* A mathematical model of spit growth and barrier elongation: Application to Fire Island Inlet (USA) and Badreveln Spit (Sweden). **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, 2011. v. 93, n. 4, p. 468–477. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ecss.2011.05.033>>.

HOLZER, W. SUSTENTABILIDADE DA URBANIZAÇÃO EM ÁREAS DE RESTINGA: UMA PROPOSTA DE AVALIAÇÃO PÓS-OCUPAÇÃO. **Paisagem Ambiente: ensaio**, 2004. v. 25, p. 50–65.

KRAUS, N. And R. J. D. Interpretation of shoreline-position data for coastal engineering analysis. **Coastal Engineering**, 1997. v. CETN II-39, n. December, p. 1–13. Disponível em: <<http://cirpteam.wes.army.mil/pubs/chetns/CETN-II-39.pdf%5Cnhttp://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Interpretation+of+Shoreline+Position+Data+for+Coastal+Engineering+Analysis#0%5Cnhttp://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=>>>.

KUPFER, S. *et al.* Investigating the interaction of waves and river discharge during compound flooding at Breede Estuary, South Africa. **Natural Hazards and Earth System Sciences**, 2021. n. August, p. 1–27.

LAWRENCE, G. R. P.; STEERS, J. A. Applied Coastal Geomorphology. **The Geographical Journal**, 1971. v. 137, n. 3.

LEANDRO, G. R. Dos S.; NASCIMENTO, F. R. Do; SOUZA, C. A. De. Dinâmica das águas no sistema rio-planície de inundação do rio Paraguai em Cáceres – Mato Grosso. **Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento**, 2017. n. c, p. 5979–5990.

MAIDA, M. And; FERREIRA, B. P. Coral Reefs of Brazil : Overview and Field Guide. **Proceedings of the 8th International Coral Reef Symposium vol. 1**, 1997. n. 1, p. 263–274.

MANSO, V. *et al.* PANORAMA DA EROSÃO COSTEIRA NO BRASIL. **Ministério do Meio Ambiente**, 2018. p. 345–381.

MISHRA, M. *et al.* The development and research trend of using dsas tool for shoreline change analysis: A scientometric analysis. **Journal of Urban and Environmental Engineering**, 2020. v. 14, n. 1, p. 69–77.

PETERSEN, D.; DEIGAARD, R.; FREDSSØE, J. Modelling the morphology of sandy spits. **Coastal Engineering**, 2008. v. 55, n. 7–8, p. 671–684.

PRUITT, E. L.; KING, C. A. M. Beaches and Coasts. **Geographical Review**, 1961. v. 51, n. 3.

RANWELL, D. S.; STEERS, J. A. The Coastline of England and Wales. **The Journal of Ecology**, 1965. v. 53, n. 3.

ROSEN, P. S. ORIGIN AND PROCESSES OF CUSPATE SPIT SHORELINES. [S.I.]: [s.n.], 1975. V. 2.

RUSSELL, R. J. *et al.* Processes of Coastal Development. **Geographical Review**,

1968. v. 58, n. 4.

SOUZA PEREIRA, P. DE; ARAÚJO, Tereza Cristina Medeiros DE; MANSO, V. Do A. V. Tropical sandy beaches of Pernambuco state. **Coastal Research Library**, 2016. v. 17, p. 251–279.

THINH*, N. A.; HENS, L. A Digital Shoreline Analysis System (DSAS) applied on mangrove shoreline changes along the Giao Thuy coastal area (Nam Dinh, Vietnam) during 2005-2014. **Vietnam Journal of Earth Sciences**, 2017. v. 39, n. 1.

UDA, T. **Encyclopedia of Earth Sciences Series**. [S.l.]: [s.n.], 2005. V. 14.

APÊNDICE A – ROTINAS (SCRIPTS) UTILIZADAS PARA BAIXAR AS IMAGENS DO GOOGLE EARTH ENGINE

SENTINEL-2:

```

var area =
  /* color: #d63000 */
  /* displayProperties: [
    {
      "type": "rectangle"
    }
  ] */
  ee.Geometry.Polygon(
    [[[-35.10965401215672, -8.775574854295492],
      [-35.10965401215672, -8.796441441677507],
      [-35.10038429780125, -8.796441441677507],
      [-35.10038429780125, -8.775574854295492]]], null, false);

var batch = require('users/fitoprincipe/geetools:batch');
var dataset = ee.ImageCollection("COPERNICUS/S2_SR")
  .select(['B4', 'B3', 'B2'])
  .filterBounds(area)
  .filterDate('2017-04-01', '2021-04-01')
  // .filterMetadata('CLOUD_COVER', 'less_than', 40)
  // .map(function(image){return image.clip(area)});

print('dataset', dataset);

// Get the number of images.
var count = dataset.size();
print('Count: ', count);

batch.Download.ImageCollection.toDrive(dataset, 'ImagensSentinel2',
  {scale: 10,
    region: area,
    type: 'float'});

```

LANDSAT- 5

```

var area =
  /* color: #d63000 */
  /* displayProperties: [
    {
      "type": "rectangle"
    }
  ] */
  ee.Geometry.Polygon(
    [[[-35.10965401215672, -8.775574854295492],

```

```

[-35.10965401215672, -8.796441441677507],
[-35.10038429780125, -8.796441441677507],
[-35.10038429780125, -8.775574854295492]]], null, false);

```

```

var batch = require('users/fitoprincipe/geetools:batch');
var dataset = ee.ImageCollection("LANDSAT/LT05/C01/T1_TOA")
.select(['B4', 'B3', 'B2'])
.filterBounds(area)
.filterDate('1984-01-01', '2012-01-01')
.filterMetadata('CLOUD_COVER','less_than',40)
//.map(function(image){return image.clip(area)});

```

```

print('dataset', dataset);

```

```

// Get the number of images.
var count = dataset.size();
print('Count: ', count);

```

```

batch.Download.ImageCollection.toDrive(dataset,'imagenslandsat',
    {scale: 10,
      region:area,
      type: 'float'});

```

LANDSAT-7

```

var area =
  /* color: #d63000 */
  /* displayProperties: [
    {
      "type": "rectangle"
    }
  ] */
  ee.Geometry.Polygon(
    [[[-35.10965401215672, -8.775574854295492],
      [-35.10965401215672, -8.796441441677507],
      [-35.10038429780125, -8.796441441677507],
      [-35.10038429780125, -8.775574854295492]]], null, false);

```

```

var batch = require('users/fitoprincipe/geetools:batch');
var dataset = ee.ImageCollection("LANDSAT/LE07/C01/T1_TOA")
.select(['B4', 'B3', 'B2'])
.filterBounds(area)
.filterDate('2009-01-01', '2013-01-01')
.filterMetadata('CLOUD_COVER','less_than',40)
//.map(function(image){return image.clip(area)});

```

```

print('dataset', dataset);

// Get the number of images.
var count = dataset.size();
print('Count: ', count);

batch.Download.ImageCollection.toDrive(dataset,'imagenlandsat',
    {scale: 10,
      region:area,
      type: 'float'});

```

LANDSAT- 8

```

var area =
  /* color: #d63000 */
  /* displayProperties: [
    {
      "type": "rectangle"
    }
  ] */
  ee.Geometry.Polygon(
    [[[-35.10965401215672, -8.775574854295492],
      [-35.10965401215672, -8.796441441677507],
      [-35.10038429780125, -8.796441441677507],
      [-35.10038429780125, -8.775574854295492]]], null, false);

var batch = require('users/fitoprincipe/geetools:batch');
var dataset = ee.ImageCollection("LANDSAT/LC08/C01/T1_TOA")
  .select(['B5', 'B4', 'B3'])
  .filterBounds(area)
  .filterDate('2013-04-01', '2020-01-01')
  .filterMetadata('CLOUD_COVER','less_than',40)
  //.map(function(image){return image.clip(area)});

print('dataset', dataset);

// Get the number of images.
var count = dataset.size();
print('Count: ', count);

batch.Download.ImageCollection.toDrive(dataset,'imagenlandsat',
    {scale: 10,
      region:area,
      type: 'float'});

```

**APÊNDICIE B – TABELA QUE CONTÉM INFORMAÇÕES SOBRE O
COMPRIMENTO E A LARGURA DOS SPITS**

ANO	Satélite	Comprimento do spit (Sul) (m)	Comprimento do spit (Norte) (m)	Largura do spit (Sul) (m)
1984	Landsat 5	1507	688	136
1985	Landsat 5	1517	600	115
1986	Landsat 5	1646	531	113
1987	Landsat 5	1705	507	110
1988	Landsat 5	1690	470	100
1989	Landsat 5	1650	444	112
1990	Landsat 5	1744	370	103
1991	Landsat 5	1789	364	90
1992	Landsat 5	1852	378	95
1993	Landsat 5	1864	339	93
1994	Landsat 5	1868	368	105
1995	Landsat 5	1751	433	98
1996	Landsat 5	1930	281	103
1997	Landsat 5	1804	313	95
1998	Landsat 5	1945	308	80
1999	Landsat 5	1890	352	63
2000	Landsat 5	1917	286	71
2001	Landsat 5	1137	1031	78
2002	Landsat 5	1013	1014	65
2003	Landsat 5	1032	1016	60
2004	Landsat 5	1036	1022	60
2005	Landsat	550	987	-

	5			
2006	Landsat 5	548	1032	-
2007	Landsat 5	522	1033	-
2008	Landsat 5	630	1158	32
2009	Landsat 7	642	1049	51
2010	Landsat 5	698	1155	118
2011	Landsat 5	866	1222	152
2012	Landsat 7	985	1112	118
2013	Landsat 8	1044	1175	125
2014	Landsat 8	966	1049	154
2015	Landsat 8	1013	1053	183
2016	Landsat 8	1102	1069	180
2017	Landsat 8	1193	986	120
2018	Landsat 8	1204	967	127
2019	Landsat 8	1217	949	129
2020	Landsat 8	1331	857	122

APÊNDICE C – IMAGENS DOS SATÉLITES DE 1984 A 2020, A SETA VERDE INDICA A LOCALIZAÇÃO DAS DESEMBOCADURAS NAQUELE ANO

