



Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>



Varição da linha de costa no litoral cearense (1984-2018)

Maykon Targino da Silva¹; Débora Nogueira Lopes²; Iago Silva Rebouças³; Eduardo Viana Freires⁴; Cláudio Ângelo da Silva Neto⁵; Cynthia Romariz Duarte⁶; Michael Vandesteem Silva Souto⁷

¹Doutorando em Geologia da Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Campus do Pici, CEP 60440-554, Fortaleza, CE, Brasil. E-mail: maykontargino@hotmail.com (autor correspondente). ²Doutoranda em Geologia da Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Campus do Pici, CEP 60440-554, Fortaleza, CE, Brasil. E-mail: deboranogueira@hotmail.com.br. ³Bacharelado em Geologia da Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Campus do Pici, CEP 60440-554, Fortaleza, CE, Brasil. E-mail: iago.reboucas@hotmail.com. ⁴Doutorando em Geologia da Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Campus do Pici, CEP 60440-554, Fortaleza, CE, Brasil. E-mail: eduardovgeo@gmail.com. ⁵Mestrando em Geologia da Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Campus do Pici, CEP 60440-554, Fortaleza, CE, Brasil. E-mail: claudioasn@gmail.com; ⁶Professora Doutora do Programa de Pós-Graduação em Geologia da Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Campus do Pici, CEP 60440-554, Fortaleza, CE, Brasil. E-mail: cynthia.duarte@ufc.br. ⁷Professor Doutor do Programa de Pós-Graduação em Geologia da Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Campus do Pici, CEP 60440-554, Fortaleza, CE, Brasil. E-mail: michael.souto@ufc.br.

Artigo recebido em 13/08/2019 e aceito em 24/12/2019

RESUMO

A erosão costeira ocorre em várias partes do mundo. Ela, por vezes, destrói equipamentos e casas próximos da linha de costa causando prejuízos econômicos. No Estado do Ceará existem trechos que estão retrogradando, exemplo clássico é da área próxima do Porto do Mucuripe (Fortaleza). Diante do exposto, o objetivo deste estudo foi analisar a evolução da linha de costa de todo o Estado do Ceará, dentro da escala temporal de 1984 a 2018. Para alcançar esse objetivo foram realizados o processamento digital de imagens de satélite, confecção de mapas de variação da linha de costa e quantificação das áreas de progradação e retrogradação. Em termos matemáticos, na zona costeira do Ceará houve equilíbrio dinâmico entre os processos de acreção e erosão, contudo, existem alguns *hotspots* de erosão nos diferentes setores do litoral. Há necessidade de monitoramento contínuo da zona costeira em diferentes escalas espaciais e temporais para melhor compreensão do comportamento costeiro, bem como políticas que inibam a ocupação deletéria a essa região. Palavras-chave: Zona costeira; Monitoramento; Erosão Costeira.

Shoreline variation in Ceará coastal zone (1984-2018)

ABSTRACT

Coastal erosion occurs in several parts of the world. Sometimes, it destroys structures close to the shoreline causing economic damage. In the state of Ceará, Brazil, there are stretches with retrogradation. A classic example is from the area near the Mucuripe harbor (Fortaleza). From this context, the objective of this paper was to analyze the evolution of the State of Ceará shoreline between 1984 and 2018. To achieve this objective, the digital processing of satellite images was performed, developing maps of shoreline variation and quantification of progradation and retrogradation areas. In mathematical terms, at the coastal zone of Ceará there was a dynamic balance between the processes of accretion and erosion. However, there are some erosion hotspots in different sectors of the state shoreline. There is a need for continuous monitoring of the coastal zone in different spatial and temporal scales to better understand coastal behavior, as well as policies that inhibit the deleterious occupation of this region.

Keywords: Coastal zone; Monitoring; Coastal Erosion.

Introdução

As áreas litorâneas são ambientes dinâmicos e sensíveis. Sobre essas áreas assentam a maior concentração populacional da terra e possuem grande desenvolvimento econômico (Brommer e Bochev-Van Der Burgh, 2009). Um problema, que pode ser de origem antrópica ou natural (Camfield e Morang, 1996), é a erosão costeira que atinge várias praias no mundo (Fairbridge, 2004).

No Brasil, a erosão costeira ocorre em vários trechos de sua costa, na região nordeste cerca de 60 a 65% da linha de costa sofrem com o processo erosivo (Muehe, 2018). No litoral cearense são observados alguns trechos em retrogradação da linha de costa (Morais et al., 2006). Um caso clássico no Ceará é o processo erosivo de praias adjacentes ao Porto do Mucuripe em Fortaleza (Bezerra et al., 2007).

A erosão costeira, por vezes, gera prejuízos econômicos para a população e indústrias que estão localizadas próximas dessa área (Silva et al., 2007; Nascimento et al., 2013; Alexandrakis et al., 2015). Nesse cenário, o estudo do comportamento da linha de costa torna-se relevante para o planejamento e gestão da zona costeira. Uma área propícia para aplicação desse estudo é a costa do Estado do Ceará que possui 573 Km de extensão.

Esse estado possui uma lacuna sobre estudos da dinâmica costeira em longo prazo (Pinheiro et al., 2016). No intuito de contribuir para o preenchimento dessa lacuna, a presente pesquisa teve como objetivo analisar a evolução da linha de costa de todo o Estado do Ceará, dentro da escala temporal de 1984 a 2018. Diante do exposto, o presente estudo é justificado tanto pela ótica científica, por ser uma atualização de informações sobre o comportamento da linha de costa, como social, por subsidiar o poder público e os *stakeholders* com o conhecimento da dinâmica costeira que afeta diretamente o uso e ocupação.

Metodologia

Neste estudo foram utilizados produtos de sensoriamento remoto para obtenção da linha de costa de todo o Ceará. As cenas utilizadas estão listadas na Tabela 1. Os satélites Landsat 5 e 8 foram escolhidos por ter uma abrangência temporal significativa para a área, desde 1984, e também pela possibilidade de trabalhar com a mesma resolução espacial, 30 m. As cenas foram baixadas do sítio eletrônico do Serviço Geológico dos Estados Unidos – USGS.

Essas imagens foram selecionadas com base em dois requisitos básicos: todas elas são do período de verão no Ceará; e, possuem a menor quantidade de nuvens sobre a linha de costa. Os intervalos das datas dos períodos analisados não seguem um padrão fixo, por exemplo, cinco em cinco anos, haja vista a inexistência de imagens que atendam aos requisitos da presente pesquisa no espaço temporal anteriormente mencionado.

Antes de iniciar o mapeamento multitemporal da linha de costa são utilizadas algumas técnicas que auxiliam esse mapeamento. Uma dessas técnicas é o processamento digital de imagens utilizadas foram o realce linear de contraste e razão de bandas mediante NDWI (Normalized Difference Water Index) que é a relação $(\text{verde} - \text{infravermelho}) / (\text{verde} + \text{infravermelho})$ das faixas do espectro eletromagnético (Mcfeeters, 1996). O NDWI utilizado em conjunto com as bandas do verde e do infravermelho (RGB-infravermelho-verde-NDWI) possibilita uma boa distinção da linha de costa pautada nas cores com tons amarelos, para areia, e azuis, para águas oceânicas (Grigio et al., 2005).

Tabela 1- Lista de cenas utilizadas no presente estudo.

Data	Satélite/Sensor	Órbita/Ponto
12/09/1984	Landsat 5-TM	216-063
15/06/1984	Landsat 5-TM	217-062
08/07/1984	Landsat 5-TM	218-062
15/08/1991	Landsat 5-TM	216-063
19/06/1991	Landsat 5-TM	217-062
10/06/1991	Landsat 5-TM	218-062
23/08/2000	Landsat 5-TM	216-063
01/10/2000	Landsat 5-TM	217-062
21/08/2000	Landsat 5-TM	218-062
06/08/2008	Landsat 5-TM	216-063
11/11/2008	Landsat 5-TM	217-062
07/12/2008	Landsat 5-TM	218-062
09/10/2018	Landsat 8-OLI	216-063
19/10/2018	Landsat 8-OLI	217-062
08/09/2018	Landsat 8-OLI	218-062

Já as aplicações dessas técnicas procederam da seguinte forma: foram selecionadas as faixas do verde e do infravermelho; depois, houve aplicação do realce linear de contraste em ambas faixas, o produto desse realce foi utilizado para a execução da razão de bandas onde resultou no NDWI. Na sequência teve aplicação do realce linear de contraste no NDWI e, em seguida, foi feita a composição RGB-4-2-NDWI (Figura 1) para Landsat 5 e RGB-5-3-NDWI para Landsat 8.

Essas imagens serviram de base para a vetorização da linha de costa dos diferentes anos. Após a vetorização foi realizado o cruzamento dos diferentes anos que formaram os períodos, por exemplo, 1984-1991. O processamento digital das

imagens foi executado no software SPRING 5.5.2 (INPE, 2018) e a vetorização e o cruzamento no software ArcGis 10.2 (ESRI, 2014).



Figura 1. Composição RGB-4-2-NDWI, 2018.

Resultados e discussão

A análise dos resultados da evolução da linha de costa do Estado do Ceará pode ser feita a partir da bacia hidrográfica que banha a costa; da geometria da costa, entre outras abordagens, contudo, a análise aqui foi realizada mediante os diferentes setores definidos na legislação, a saber: litoral leste; litoral metropolitano; litoral oeste e litoral extremo oeste (Figura 2) (Ceará, 2006). Essa

escolha foi feita porque, conforme a Lei nº 13.796, de 30 de junho de 2006 determina (Ceará, 2006), a setorização acima mencionada deve ser seguida quando da concepção de planejamento, zoneamento e ordenamento territorial, e considerando que uma das principais contribuições do presente estudo é subsidiar o poder público com informações, nada mais lógico do que seguir o modelo que deve ser utilizado pelo poder público, não que necessariamente seja o mais apropriado.

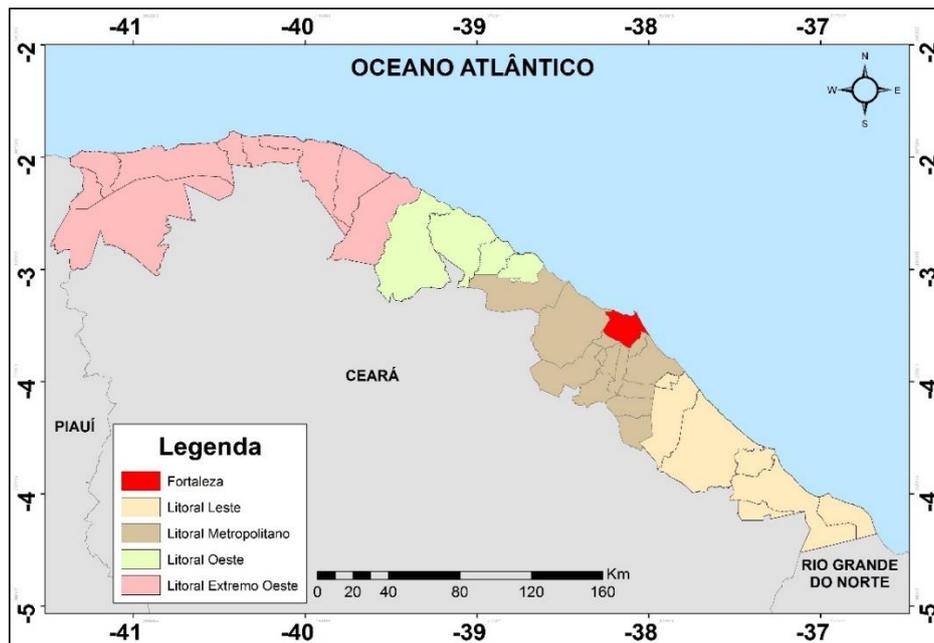


Figura 2. Localização dos diferentes setores do litoral do Ceará

Litoral Leste

A análise evolutiva do litoral leste foi realizada mediante comparações de períodos que consistiram em: 1984-1991; 1991-2000; 2000-2008; e, 2008-2018. A partir dessa análise foram identificados os *hotspots* de erosão. As áreas erodidas foram divididas em três diferentes trechos: **A** e **B**, localizados próximos da foz do Rio Jaguaribe, e **C**, na foz do rio Piranji.

No primeiro período 1984-1991, ocorreu uma situação de estabilidade (Tabela 2). No trecho

A (margem de Aracati) (Figura 3) houve o predomínio da acreção com o crescimento de um esporão arenoso próximo da foz. Já no trecho **B** (margem de Fortim) surgiu uma barra arenosa, contudo, próximo da foz houve intenso processo erosivo com recuo que atingiu o valor máximo de 241 m. Por fim, no trecho **C** (foz do rio Piranji) é observada a ação de ambos processos, acreção dessa foz mediante crescimento do esporão, em 648 m, na direção E-W, na margem direita (Fortim) e erosão na margem esquerda (Praia de Parajuru, Beberibe) com recuo máximo de 240 m.

Tabela 2. Áreas de acreção e erosão, em Km², da linha de costa do litoral leste do Ceará

PROCESSO	1984 - 1991	1991 - 2000	2000 - 2008	2008 - 2018
ACREÇÃO	2,61792	4,28911	3,5	0,89473
EROSÃO	2,35188	1,40895	1,21840	6,43157
RAZÃO	0,26604	2,88016	2,2816	-5,53685

No segundo período 1991-2000, é observado o predomínio da acreção com 4,28 Km² de área ganha e taxa anual de progradação de 0,47 Km² (Tabela 2). No trecho **A** (margem de Aracati) ocorreu a ação dos dois processos, contudo, a erosão abrangeu uma área maior e o recuo alcançou 193 m (Figura 3). A erosão provocou, no trecho **B** (margem de Fortim), o desaparecimento de uma barra arenosa que tinha surgido no período anterior 1984-1991, e teve local que o recuo atingiu 158 m. Semelhante ao período anterior 1984-1990, no trecho **C** (foz do rio Piranji), o esporão continuou a crescer (921 m) na direção E-W, na margem direita (Fortim) dessa foz e a erosão, na esquerda (Praia de

Parajuru, Beberibe), chegou a causar o recuo de 163 m (Figura 3).

Semelhante aos dois primeiros períodos (1984-1991 e 1991-2000) no terceiro 2000-2008, ocorreu a predominância da acreção com 3,5 Km² de área ganha e taxa anual de progradação de 0,43 Km² (Tabela 2). No trecho **A** (margem de Aracati), os dois processos foram atuantes, destaque maior para a acreção que atingiu o valor máximo de 276 m (Figura 4). A tendência erosiva do trecho **B** (margem de Fortim) continua e a retrogradação alcançou o valor de 182 m. Já no trecho **C** (foz do rio Piranji) houve a continuação do crescimento do esporão arenoso em termos de comprimento (540 m) na margem de Fortim, contudo, redução de sua

largura, o recuo na margem esquerda (Praia de Parajuru, Beberibe) chegou a atingir 123 m.

Diferentemente dos dois últimos períodos (1991-2000 e 2000-2008) no comparativo 2008-2018 houve o predomínio da erosão com 6,43 Km² de área perdida e taxa anual de retrogradação de 0,64 Km² (Tabela 2). A erosão atuou ao longo do trecho **A** (margem de Aracati) que retrogradou 239 m (Figura 4). No trecho **B** (margem de Fortim), um ponto retrogradou 188 m. Por fim, no trecho **C** (foz do rio Piranji) há uma ruptura do esporão arenoso que vinha crescendo na margem de Fortim nos períodos anteriores e passa a formar um segundo esporão em contato com a costa na Praia de Parajuru (Beberibe), o maior valor de recuo foi 234 m nessa praia. A tendência erosiva nessa praia foi observada no período de 2004-2016 onde o recuo alcançou 360 m (Barros et al., 2018), já o presente estudo indica uma continuação desse comportamento.

Quando analisado os períodos individuais para o litoral leste é constatado de início uma situação de equilíbrio 1984-1991, depois ocorrem dois períodos com a predominância da acreção (1991-2000 e 2000-2008), e, por último, o predomínio da erosão 2008-2018. Na soma desses períodos é percebida uma situação de relativa estabilidade, 11,3 Km² de acreção e 11,4 Km² de erosão.

A erosão percebida nos pontos acima é ocasionada por um conjunto de fatores como: diminuição da vazão do rio Jaguaribe provocada pela construção de barragens (Morais et al., 2008); interrupção do transporte de sedimentos eólico (Claudino-Sales e Carvalho, 2014); e, “o regime de vazão fluvial, o comportamento do transporte eólico, as barreiras naturais para o by pass das areias, configuração geomorfológica e uso e ocupação do solo” (Morais et al., 2018, p. 280). Vale ressaltar que a interferência do promontório na deriva litorânea pode contribuir para o processo erosivo (Claudino-Sales e Carvalho, 2014), ainda, no litoral leste há a prevalência de praias de estado morfodinâmico refletivo com terraço de baixa mar (Pinheiro et al., 2016) o que confere uma relativa susceptibilidade a erosão.

Litoral Metropolitano

A linha de costa da região metropolitana foi dividida em diferentes trechos para melhor expor o comportamento da dinâmica costeira, para Fortaleza foram estabelecidos os seguintes: **A** (Praia do Futuro), **B** (Porto do Mucuripe-Praia Mansa-Praia do Titanzinho) e **C** (Praia de Iracema-Barra do Ceará); e, para Caucaia, **D** (Praia de Iparana), **E** (Praia do Pacheco-Praia de Icarai) e **F** (Praia de Tabuba).

No período de 1984-1991 houve equilíbrio no balanço sedimentar (Tabela 3). Na costa de Fortaleza (Figura 5), o trecho **A** (Praia do Futuro) teve a predominância da acreção onde o maior valor de progradação foi de 39 m, no trecho **B** (Porto do Mucuripe-Praia Mansa-Praia do Titanzinho) ocorreu erosão onde o recuo atingiu 92 m, no trecho **C** (Praia de Iracema-Barra do Ceará) ambos processos atuaram, os valores máximos foram de 89 m e 37 m, respectivamente, acreção e erosão. Já em Caucaia (Figura 6), no trecho **D** (Praia de Iparana) a erosão provocou o desaparecimento de um esporão próximo a foz do rio Ceará, no trecho **E** (Praia do Pacheco-Praia de Icarai) a erosão foi severa e alcançou 118 m, por fim, no trecho **F** (Praia de Tabuba), ambos os processos atuaram, contudo, os valores foram relativamente baixos tanto para acreção (26 m) como para erosão (52 m).

Diferentemente do período anterior 1984-1991, o de 1991-2000 foi marcado pelo predomínio da acreção com 1,15 Km² de área ganha e taxa anual de progradação de 0,20 Km². Nesse período, em Fortaleza (Figura 5), ocorreu progradação no trecho **A** (Praia do Futuro) atingindo valor máximo de 71 m, no trecho **B** (Porto do Mucuripe-Praia Mansa-Praia do Titanzinho) ocorreu a ação dos dois processos com valores máximos de recuo de 61 m e de acreção de 97 m, no trecho **C** (Praia de Iracema-Barra do Ceará) houve pontos onde a acreção atingiu 55 m e em outros a erosão alcançou 39 m.

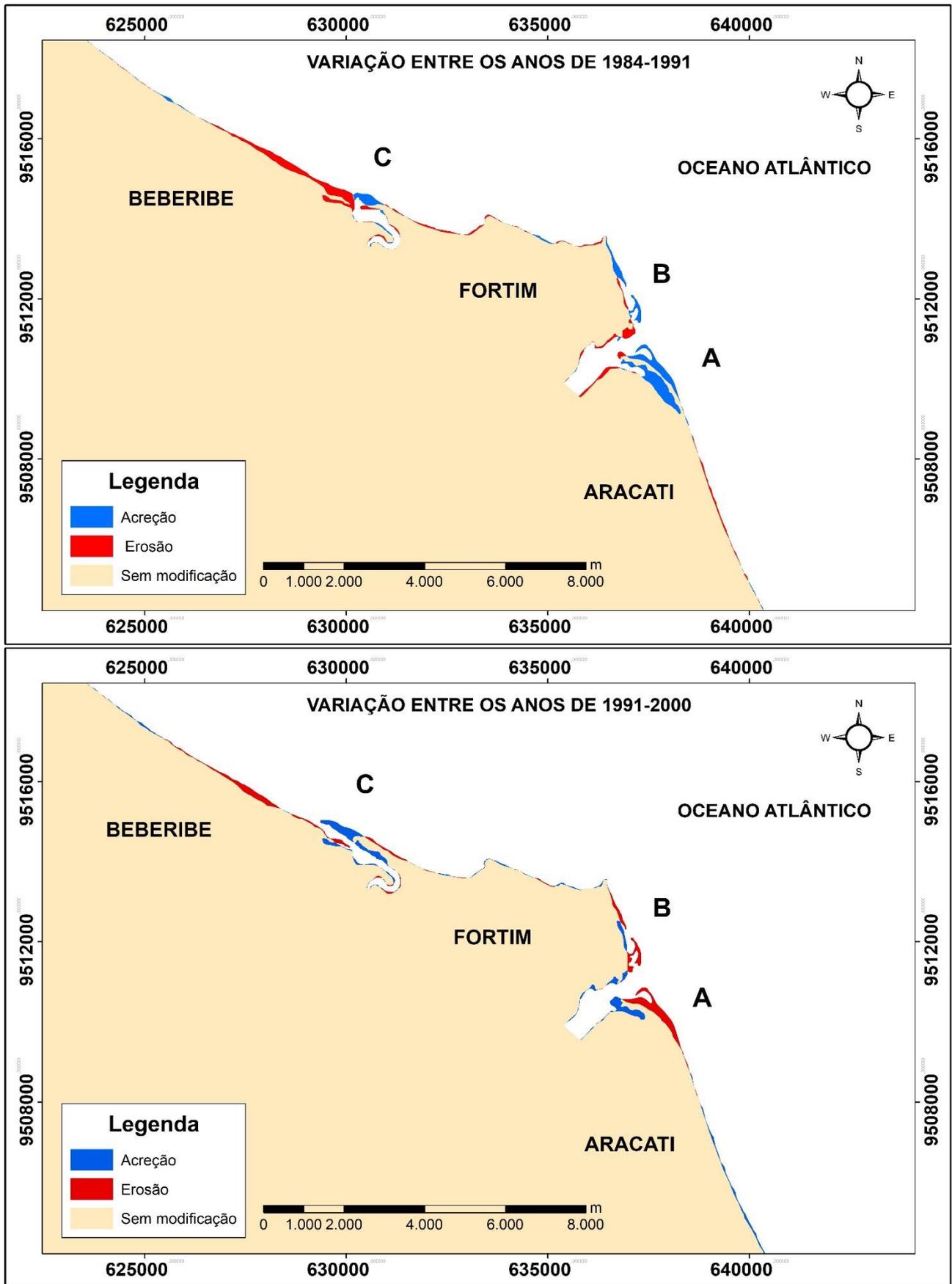


Figura 03. Evolução da linha de costa da Foz do Rio Jaguaribe, entre os períodos de 1984-1991 e 1991-2000.

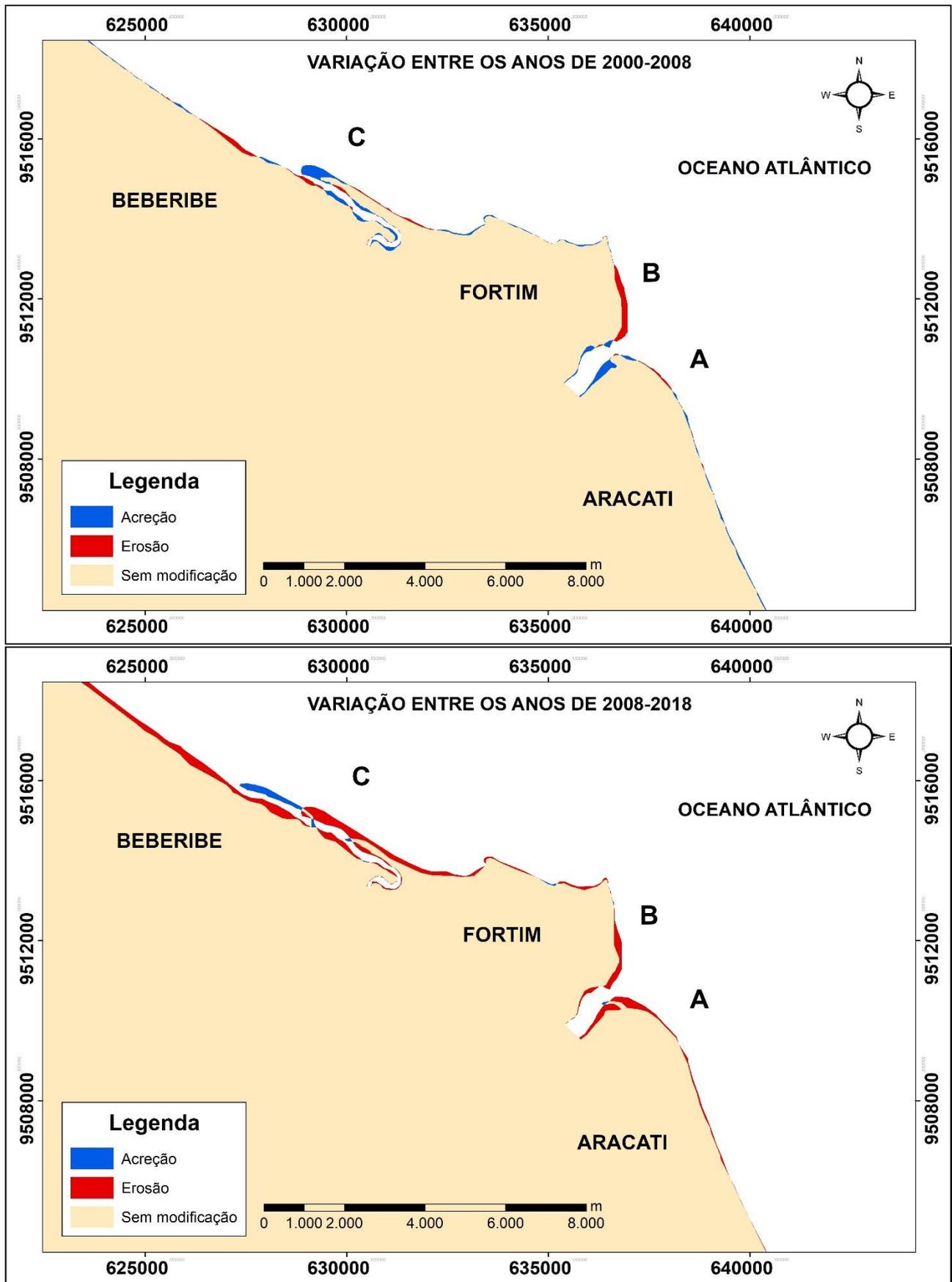


Figura 04. Evolução da linha de costa da Foz do Rio Jaguaribe, entre os períodos de 2000-2008 e 2008-2018.

Tabela 03. Áreas de acreção e erosão, em Km², da linha de costa do litoral metropolitano do Ceará.

PROCESSO	1984 - 1991	1991 - 2000	2000 - 2008	2008 - 2018
ACREÇÃO	1,28989	1,88517	1,34542	1,47391
EROSÃO	1,11632	0,73453	1,73816	1,70606
RAZÃO	0,173568	1,15063	-0,39275	-0,23215

No litoral de Caucaia (Figura 6), no trecho **D** (Praia de Iparana), o esporão que tinha sido erodido no período anterior 1984-1991, foi novamente construído no período de 1991-2000, no trecho **E** (Praia do Pacheco-Praia de Icarai) os dois processos agiram, o valor máximo de acreção foi de 61 m e de erosão foi 70 m, já no trecho **F** (Praia de Tabuba) a acreção predominou e atingiu o valor máximo de 80 m. Em outro estudo nesse litoral, a tendência erosiva já tinha sido observada no intervalo entre os anos de 1974 e 2001 impulsionada pelo transporte eólico (Carvalho e Claudino-Sales, 2016). Maia e Farias 2010, também constataram retrogradação da linha de costa em Caucaia, no período de 1991 e 1999, onde o recuo chegou a alcançar 9,4m/ano.

O período de 2000-2008, semelhante ao período de 1984-1991, é caracterizado pelo equilíbrio dinâmico entre os dois processos. O trecho da Praia do Futuro (**A**) (Figura 7) progradou 55 m, essa praia tem índice de mobilidade alto, ou seja, susceptibilidade alta para processos de acreção ou erosão (Albuquerque et al., 2009). No trecho **B** (Porto do Mucuripe-Praia Mansa-Praia do Titanzinho), novamente, ocorreram os dois processos, o valor máximo de acreção foi de 183 m e o de erosão foi de 76 m, no trecho **C** (Praia de Iracema-Barra do Ceará) tanto a acreção como a erosão atuaram com valores máximos de, respectivamente, 82 m e 75 m. Um estudo anterior, entre os anos de 1972 e 2003, corrobora com o que aqui foi observado, isto é, tendência de recuo da linha de costa no lado oeste do Porto do Mucuripe e acreção no leste (Bezerra et al., 2007).

O período de 2000-2008 é marcado por severa erosão no litoral de Caucaia (Figura 8), no trecho **D** (Praia de Iparana), o esporão que havia sido reconstruído no período anterior 1991-2000, é novamente erodido, no trecho **E** (Praia do Pacheco-Praia de Icarai) o recuo foi de 78 m, já na Praia da Tabuba (trecho **F**) foi de 81 m.

O balanço sedimentar novamente é marcado por um equilíbrio dinâmico, agora para o período de 2008-2018. Na costa de Fortaleza (Figura 7), na Praia do Futuro (trecho **A**), diferentemente do que vinha acontecendo nos

períodos anteriores (1984-1991, 1991-2000 e 2000-2008) que, como corrobora a literatura, foi marcado pela progradação no período de 1972-2010 (Marino e Freire, 2013), no atual 2008-2018, em um pequeno trecho, ocorreu recuo onde atingiu 48 m, no trecho **B** (Porto do Mucuripe-Praia Mansa-Praia do Titanzinho) a acreção atuou e alcançou o valor máximo de 77 m, no trecho **C** (Praia de Iracema-Barra do Ceará) a acreção e a erosão agiram em diferentes pontos, destaque maior para a acreção que fez uma extensão maior da linha de costa e chegou a alcançar 94 m.

Em Caucaia (Figura 8), no período de 2008-2018, no trecho **D** (Praia de Iparana), novamente o esporão próximo da foz do rio Ceará foi reconstruído mediante a acreção, essa feição teve um comportamento cíclico no presente estudo ora erodida (1984-1991 e 2000-2008) ora reconstruída (1991-2000 e 2008-2018), no trecho **E** (Praia do Pacheco-Praia de Icarai) os dois processos atuaram, com valores máximos de acreção de 70 m e de erosão de 70 m, o trecho **F** (Praia de Tabuba) novamente sofre com a erosão com recuo de 62 m.

Na análise dos diferentes períodos o litoral metropolitano tem, inicialmente, uma situação de equilíbrio 1984-1991, no seguinte o predomínio da acreção 1991-2000, depois duas sequências de equilíbrio dinâmico (2000-2008 e 2008-2018). A soma dos processos dos diferentes períodos individuais (acreção, 5,99 Km² e erosão, 5,29 Km²) demonstra uma situação de relativa estabilidade.

Essa tendência erosiva observada no Porto do Mucuripe é resultado da implantação desse porto que não realizou estudos adequados da hidrodinâmica costeira vindo a acarretar a retrogradação da linha de costa (Maia et al., 1998; Bezerra et al., 2007). Para conter a erosão provocada pela instalação do Porto do Mucuripe foram construídos molhes que obstruíram a passagem de sedimentos, por conseguinte, diminuíram o aporte sedimentar e causaram o recuo da linha de costa em Caucaia (Maia e Farias, 2010).

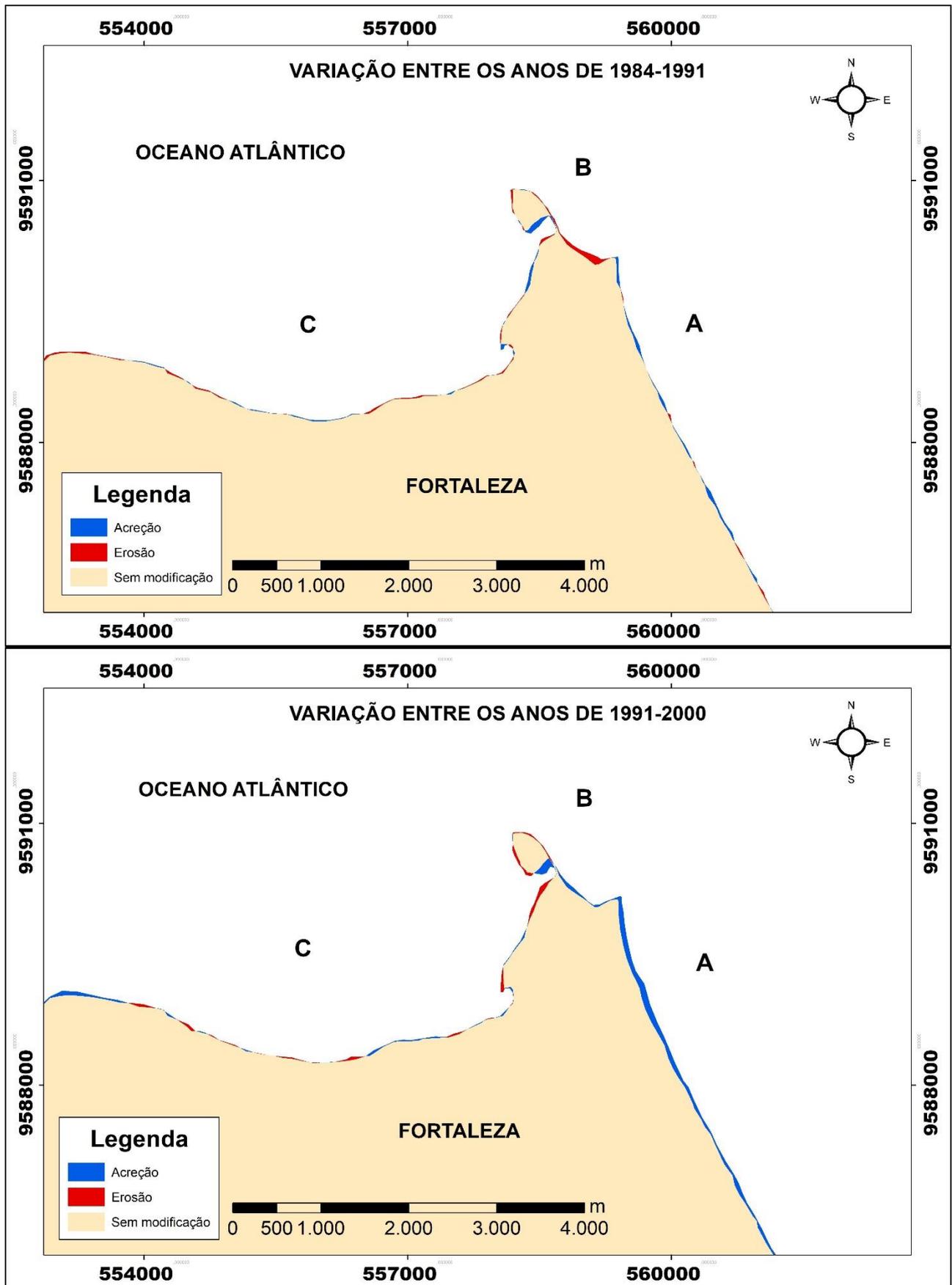


Figura 05. Evolução da linha de costa de Fortaleza entre os períodos de 1984-1991 e 1991-2000.

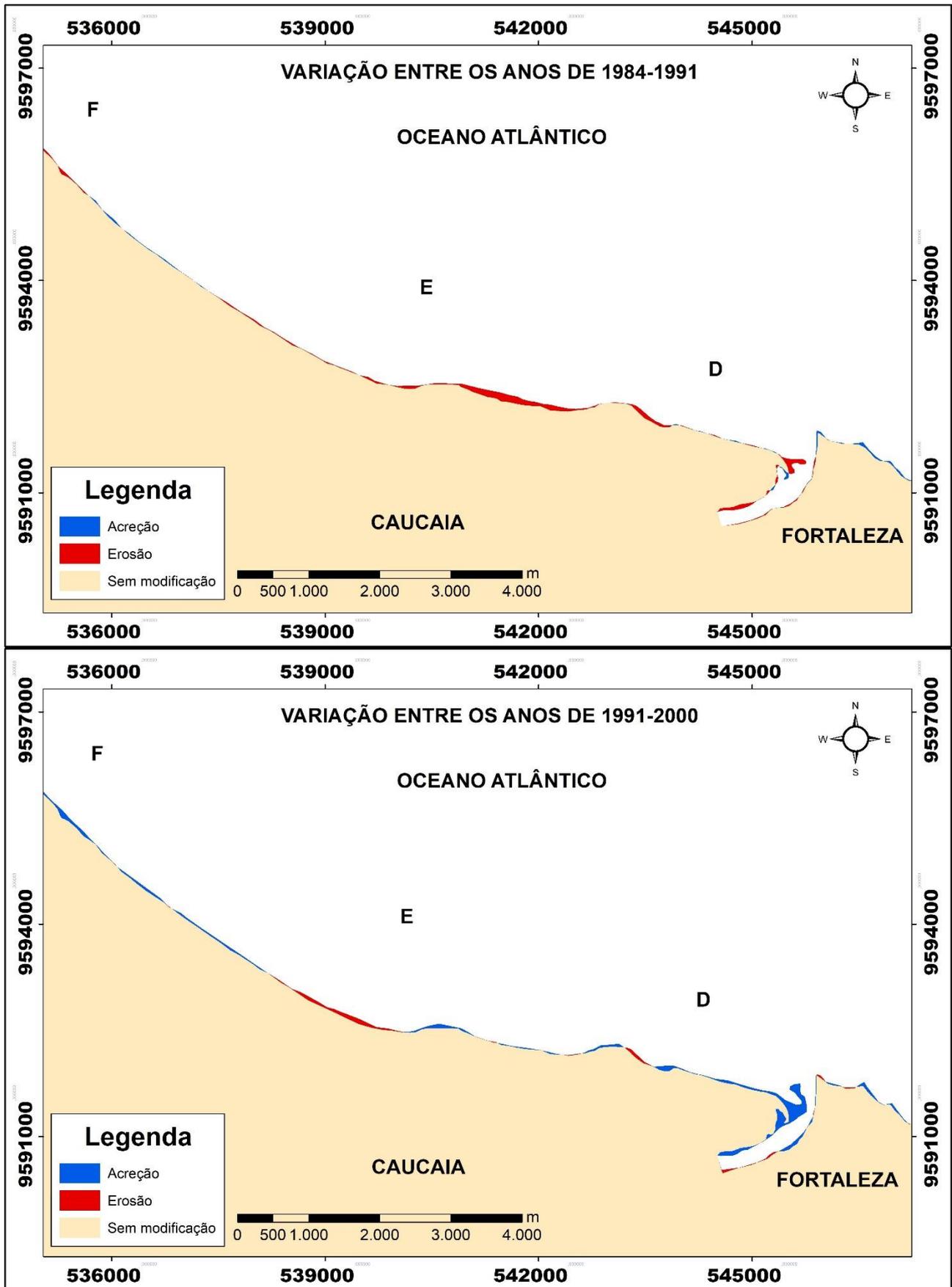


Figura 06. Evolução da linha de costa de Caucaia entre os períodos de 1984-1991 e 1991-2000

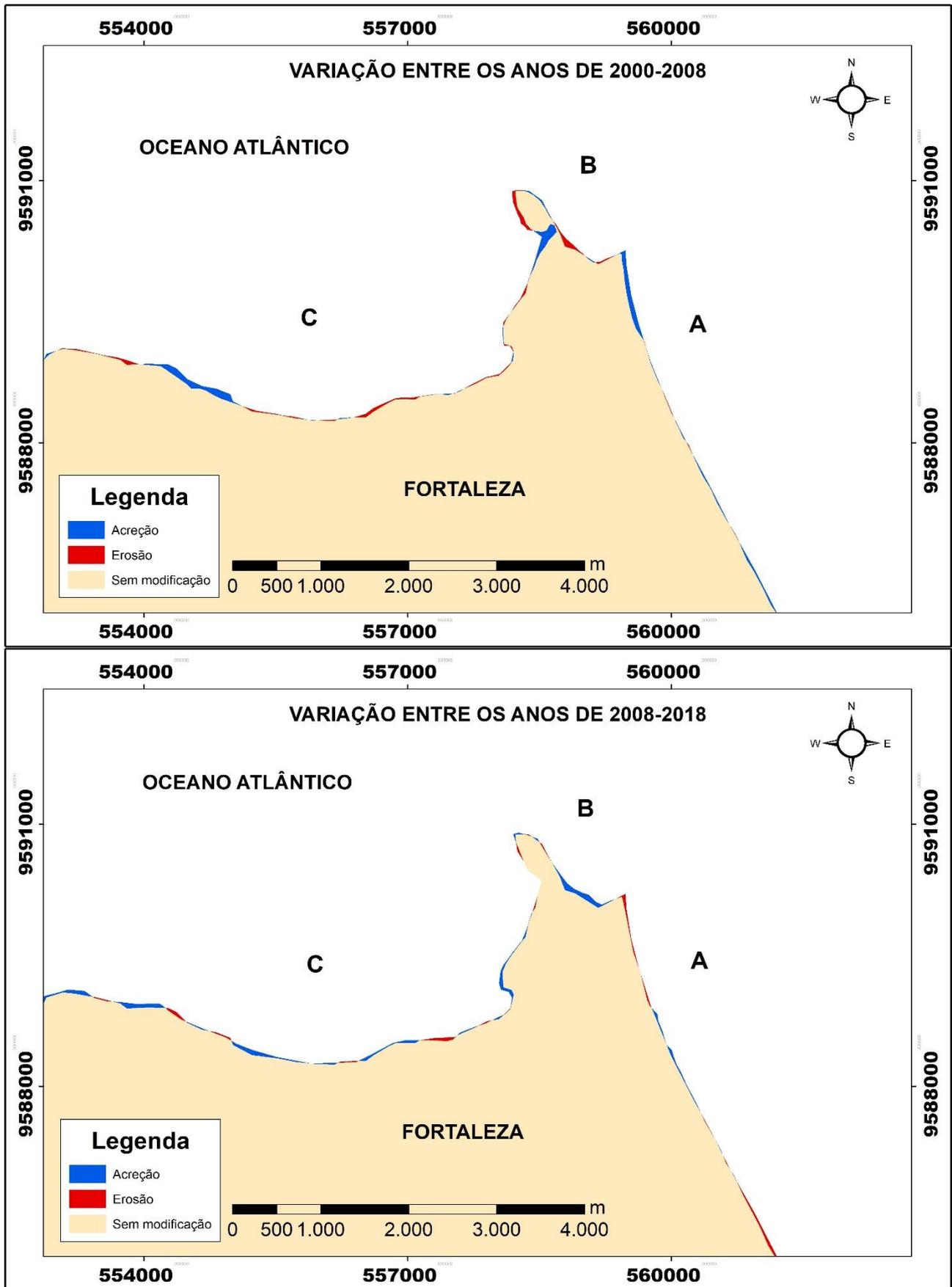


Figura 07. Evolução da linha de costa de Fortaleza entre os períodos de 2000-2008 e 2008-2018.

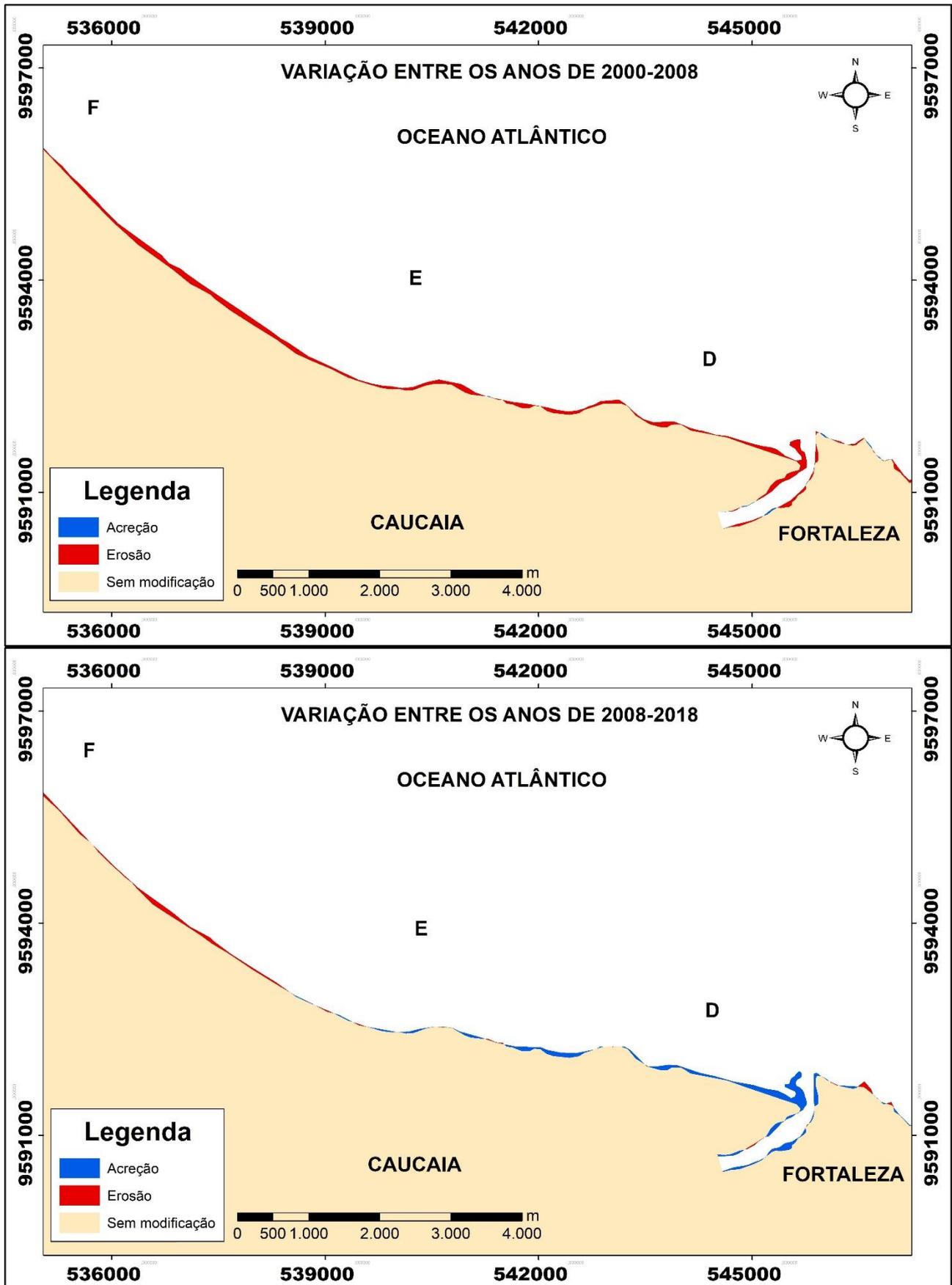


Figura 08. Evolução da linha de costa de Caucaia entre os períodos de 2000-2008 e 2008-2018.

Litoral Oeste

As áreas do litoral oeste que tiveram uma maior dinâmica da linha de costa foram separadas em diferentes trechos, na foz do rio Curú, tem-se os trechos **A** (Paracuru) e **B** (Paraipaba), e, na foz do rio Mundaú, **C** (Trairi) e **D** (Itapipoca).

No período de 1984-1991 foi constatada a prevalência da acreção com 3,02 Km² de área ganha (Tabela 4) e taxa anual de 0,43 Km². No trecho **A** (Paracuru) (Figura 9) teve uma diminuição significativa no tamanho do esporão (861 m) na foz do rio Curú, ainda em um ponto dessa área a acreção agiu e progradou 107 m, já no trecho **B** (Paraipaba) ocorreu aumento do tamanho

do esporão em direção ao centro da foz desse rio, a progradação atingiu 68 m. Na foz do rio Mundaú (Figura 10), no trecho **C** (Trairi), os dois processos agiram, contudo, o destaque maior é para a severa erosão que retrogradou até 324 m e culminou com a retração do esporão próximo da comunidade de Mundaú, já no trecho **D** (Itapipoca), semelhante ao trecho anteriormente citado, a acreção e a erosão promoveram alterações, mas o processo mais intenso foi o primeiro que provocou a progradação de até 172 m em contraposição ao segundo que retrogradou 77 m, a acreção contribuiu com o crescimento do esporão em direção ao “meio” da foz.

Tabela 04. Áreas de acreção e erosão, em Km², da linha de costa do litoral oeste do Ceará.

PROCESSO	1984 - 1991	1991 - 2000	2000 - 2008	2008 - 2018
ACREÇÃO	3,02371	0,41465	1,00187	1,68739
EROSÃO	0,48649	3,07578	0,95223	0,46050
RAZÃO	2,53722	-2,66113	0,04964	1,22688

O período de 1991-2000, diferentemente do período anterior 1984-1991, é caracterizado pelo predomínio da erosão com 3,07 Km² de área perdida e taxa anual de retrogradação de 0,34 Km². Na foz do rio Curú (Figura 9), no trecho **A** (Paracuru) ocorreu forte erosão com recuo de até 263 m, ainda na mesma foz, contudo, no trecho **B** (Paraipaba) tanto a acreção quanto a erosão agiram com valores máximos de até, respectivamente, 118 m e 241 m, a retrogradação atingiu de modo

significativo o esporão. A foz do rio Mundaú (Figura 10) sofreu com o forte processo erosivo tanto na margem direita (trecho **C**, Trairi), como na esquerda (trecho **D**, Itapipoca), os recuos foram de, respectivamente, 155 m e 126 m. Essa erosão, no trecho **C** (Trairi), ocorreu, novamente, próximo da comunidade de Mundaú, já no trecho **D** (Itapipoca) ocasionou a diminuição do esporão que tinha crescido no período anterior 1984-1991.

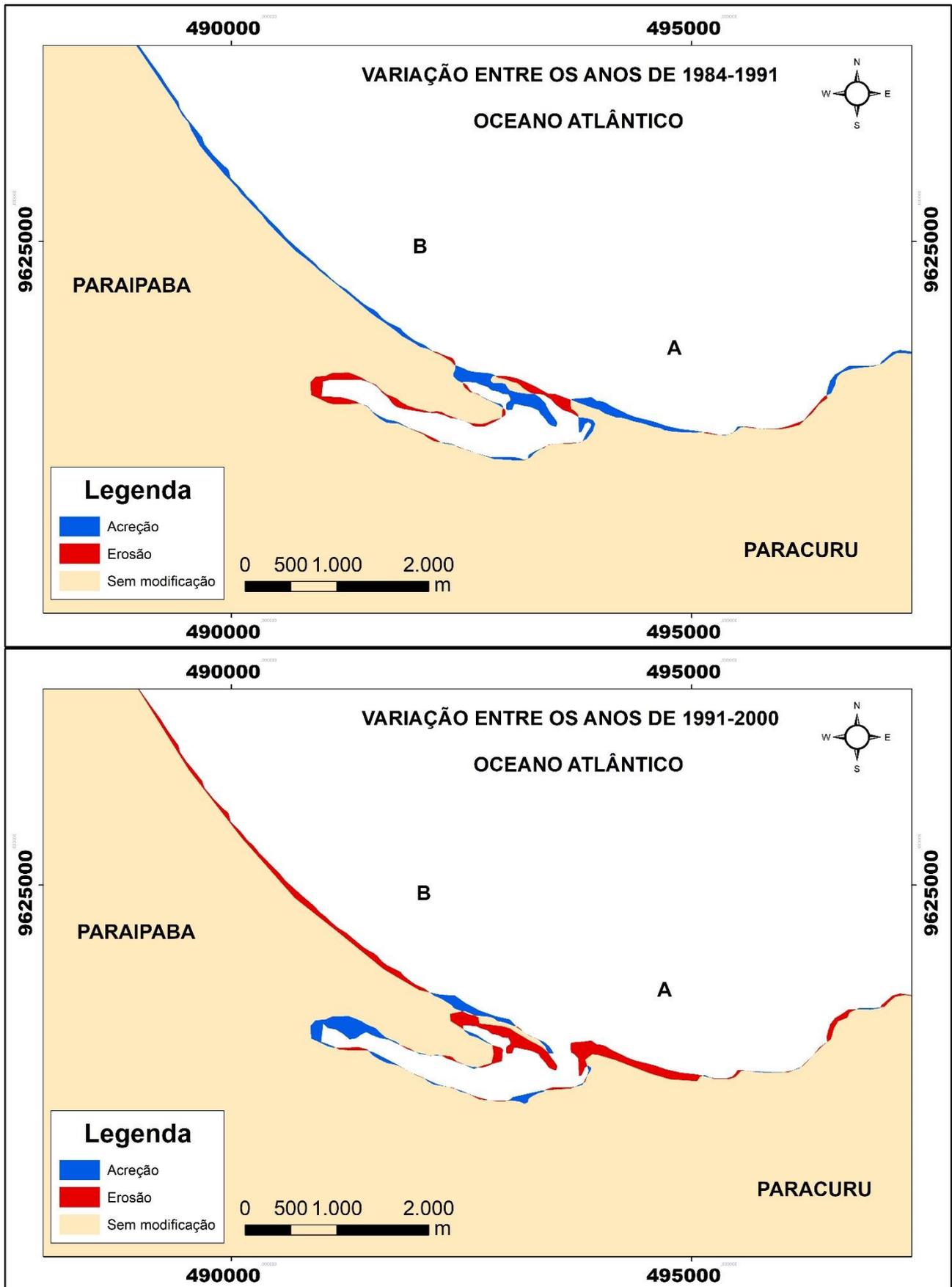


Figura 09. Evolução da linha de costa da foz do rio Curú entre os períodos de 1984-1991 e 1991-2000.

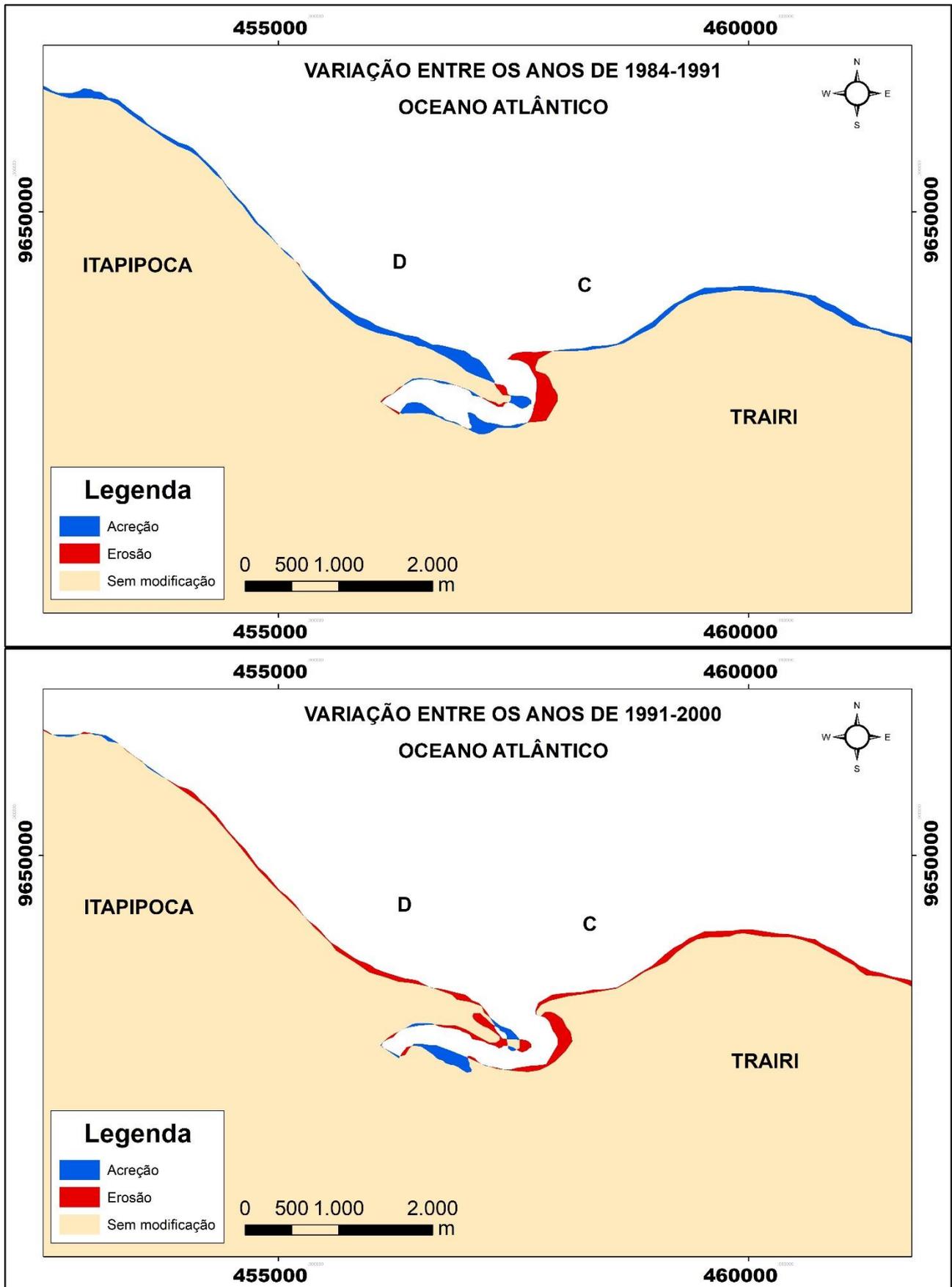


Figura 10. Evolução da linha de costa da foz do rio Mundaú entre os períodos de 1984-1991 e 1991-2000.

Diferentemente dos dois períodos anteriores (1984-1991 e 1991-2001) o de 2000-2008 é marcado por equilíbrio no balanço sedimentar. Na foz do rio Curú (Figura 11), no trecho **A** (Paracuru) os dois processos atuaram, a acreção promoveu o crescimento do esporão nessa margem, contudo, destaque maior para a severa erosão que promoveu o recuo de até 128 m da linha de costa. Semelhante ao trecho anterior, no trecho **B** (Paraipaba), a acreção e erosão agiram, a progradação teve o valor máximo de 148 m, a retrogradação provocou a diminuição do tamanho do esporão e o recuo de até 131 m. Para essa região, Quintela-Falção et al. 2011, tinham constatado, no período entre 2001-2007, uma retração da costa de Paraipaba de 470,26 m e um aumento do esporão, em termos de comprimento, e redução da sua largura, no lado de Paracuru. Esse comportamento, observado por Falção-Quintela et al. 2011, continua até 2008 conforme exposto no presente estudo.

No período de 2000-2008, na foz do rio Mundaú (Figura 12), no trecho **C** (Trairi), semelhante aos trechos anteriores (**A**, Paracuru, e **B**, Paraipaba) tanto a acreção como a erosão provocaram alterações na linha de costa, valores máximos de progradação e retrogradação foram, respectivamente, 88 m e 97 m, a erosão provocou, novamente, o recuo do esporão próximo da comunidade de Mundaú. Ainda nessa foz, no trecho **D** (Itapipoca), os dois processos também atuaram, a acreção teve o valor máximo de 209 m e provocou o crescimento do esporão em direção ao “meio” da foz, já a erosão ocasionou o recuo da linha de costa de até 78 m.

O período de 2008-2018 é marcado pelo predomínio da acreção com 1,68 Km² de área ganha e taxa anual de progradação de 0,16 Km². Na foz do rio Curú (Figura 11), no trecho **A** (Paracuru) houve o deslocamento do esporão em direção ao interior da foz e aumento da sua largura em 274 m, já no trecho **B** (Paraipaba), os dois processos agiram, a acreção e a erosão tiveram valores máximos de, respectivamente, 98 m e 44 m. Na foz do rio Mundaú (Figura 12), no trecho **C** (Trairi), os

dois processos atuaram, a linha de costa progradou 30 m, contudo, o valor do recuo foi de 63 m próximo da comunidade de Mundaú (Trairi). Essa tendência erosiva, na foz do Rio Mundaú, já tinha sido observada anteriormente, no período de 1958-2010, onde o recuo em Trairi foi de 415 m (Mendes, 2012). Já o trecho **D** (Itapipoca) também teve a ação dos dois processos, a acreção promoveu, semelhante ao período anterior 2000-2008, o crescimento do esporão em direção ao centro da foz com o avanço de 84 m, a erosão agiu em um trecho pequeno e recuou a linha de costa em até 47 m.

Na análise dos diferentes períodos o litoral oeste tem, inicialmente, a predominância da acreção 1984-1991, depois a prevalência da erosão 1991-2000, uma situação de equilíbrio dinâmico 2000-2008 e, na sequência, o domínio da acreção 2008-2018. A soma dos processos dos diferentes períodos demonstra uma pequena vantagem da acreção (6,12 Km²) sobre a erosão (4,97 Km²), esse valor baixo pode indicar uma situação de relativa estabilidade.

Um importante fator que contribui na retrogradação da linha de costa, na área da foz do rio Curú, é a existência de convergência de ondas, por conseguinte, aumento na intensidade da deriva litorânea que potencializa a ação do processo erosivo (Carvalho et al., 2007). Em Paracuru, a ocupação do topo da falésia inibe o fluxo de sedimentos do tabuleiro em direção ao litoral e, por conseguinte, intensifica a abrasão marinha no local (Magalhães e Meireles, 2016). Semelhante ao que ocorre em Paracuru, na foz do rio Mundaú uma das causas da retrogradação é a ocupação da zona de *bypass* (Meireles et al., 2006). A fisiografia da linha de costa do litoral oeste é dominada por promontórios e é considerada estável, em termos de balanço sedimentar, mediante um equilíbrio dinâmico onde o *bypass* contribui nesse balanço impedindo a aceleração da erosão (Carvalho et al., 2004; Carvalho e Sales, 2016). Essa estabilidade observada na literatura foi endossada com os dados da presente pesquisa que constataram um pequeno domínio da acreção nesse segmento costeiro.

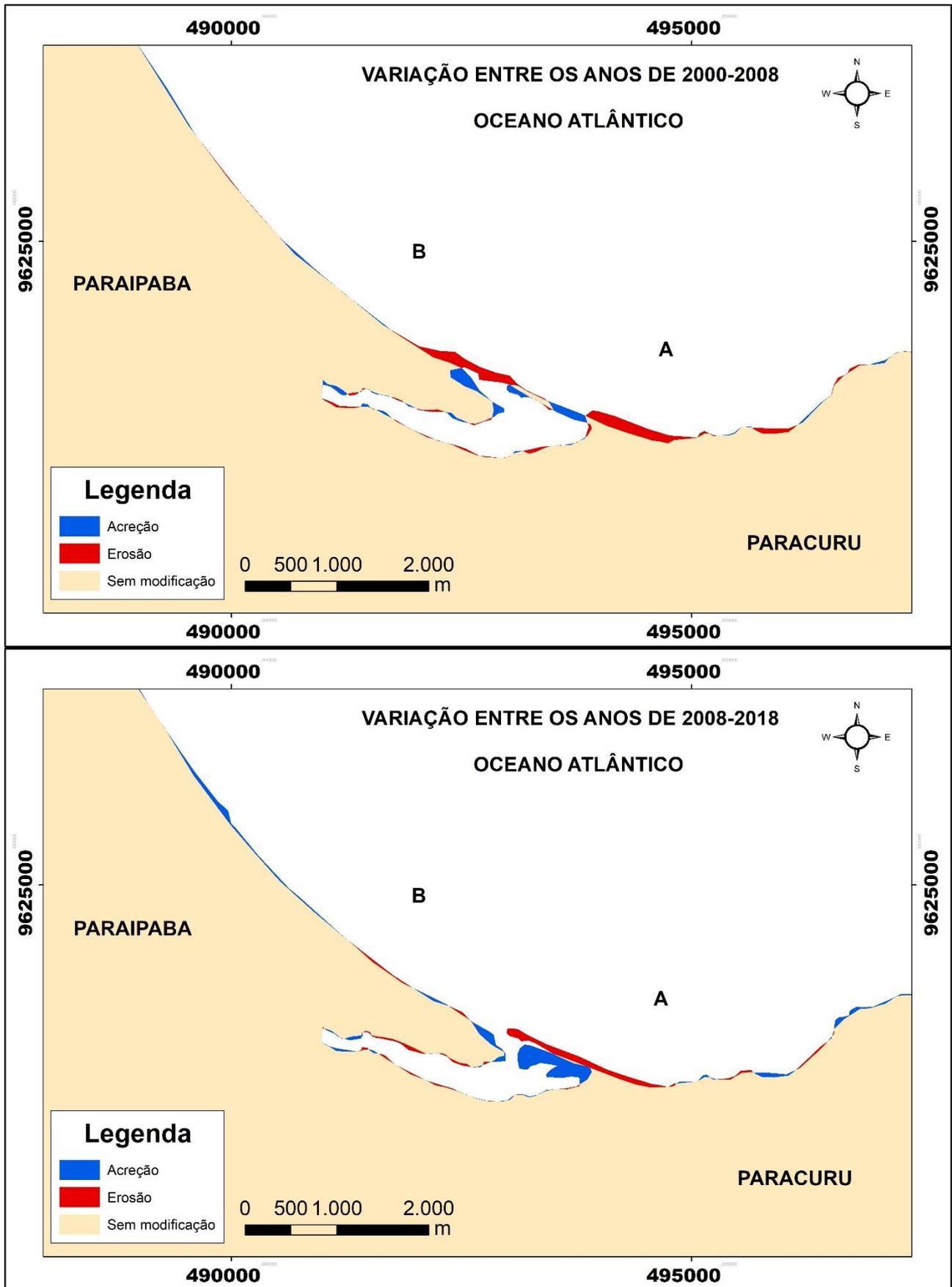


Figura 11. Evolução da linha de costa da foz do rio Curú entre os períodos de 2000-2008 e 2008-2018.

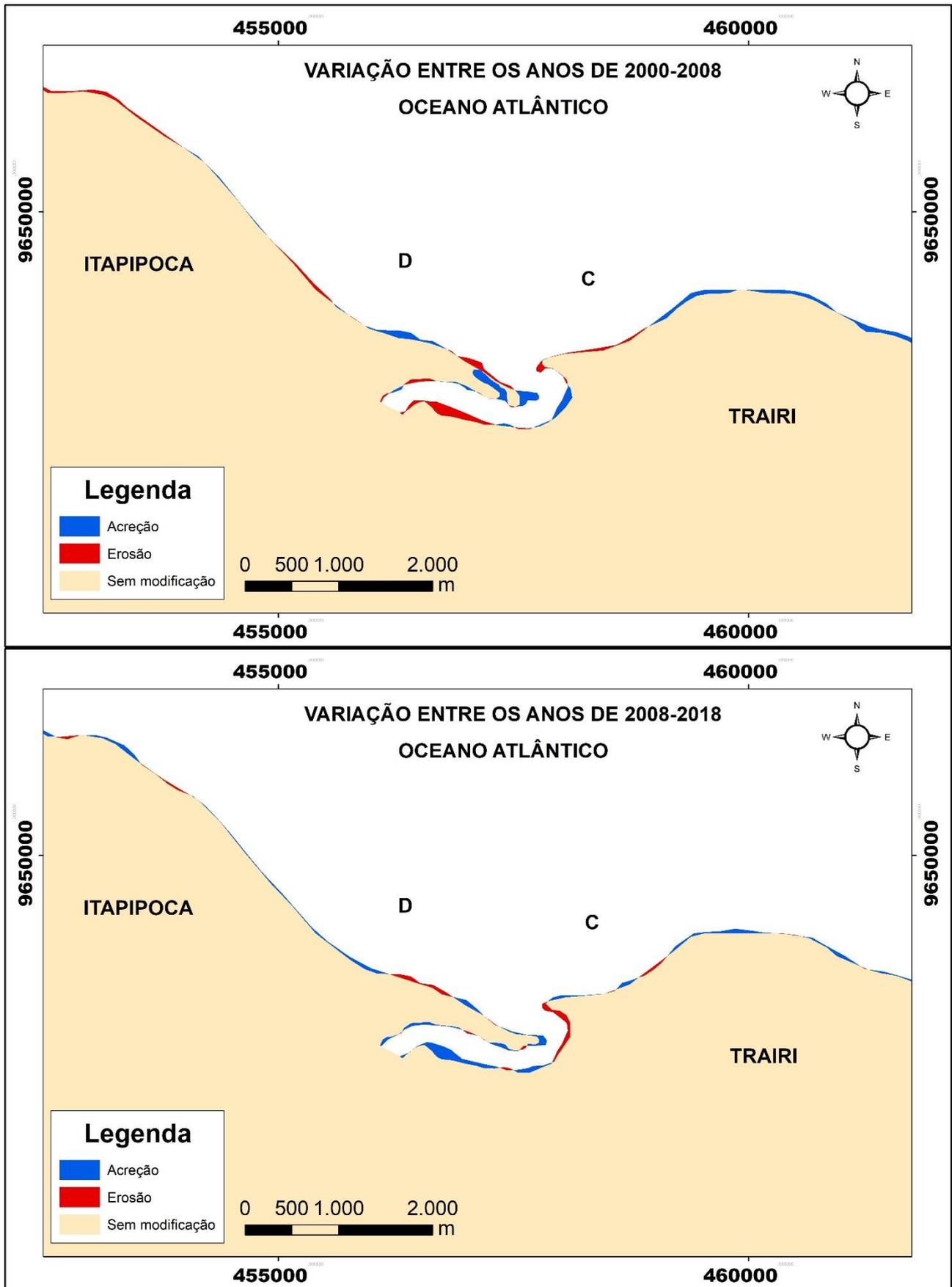


Figura 12. Evolução da linha de costa da foz do rio Mundaú entre os períodos de 2000-2008 e 2008-2018.

Litoral Extremo Oeste

Foram identificados os seguintes trechos que tiveram uma dinâmica mais intensa da linha de costa: na foz do rio Aracatiaçu, trechos **A** (Amontada) e **B** (Itarema); em Itarema, trechos **C** (foz do rio Aracatimirim), **D** (Praia de Almofala), **E** (Praia do Porto) e **F** (Ilha do Guajiru); em Acaraú, trecho **G** (Praias de Espraiado e Volta do Rio); trecho **H**, entre Mangue Seco (Jijoca de Jericoacoara) e Guriú (Camocim); e, trecho **I**, foz do riacho Tucunduba (Camocim).

O período de 1984-1991 é caracterizado pela acreção onde foi constatado um aumento de 14,76 Km² (Tabela 5) de área ganha com taxa anual de 2,10 Km². Na foz do rio Aracatiaçu (Figura 13),

no trecho **A** (margem pertencente a Amontada), foi observada a erosão que provocou o rompimento do esporão e recuo de até 170 m, no **B** (margem pertencente a Itarema), a acreção promoveu o surgimento de um esporão, ainda, um pequeno trecho teve erosão com recuo de até 189 m. Em Itarema, no trecho **C** (foz do rio Aracatimirim), a erosão provocou o rompimento do esporão na sua margem direita, já a acreção construiu um esporão na margem esquerda, houve também retrogradação com recuo de 188 m, para essa região, Aguiar et al. (2012) identificaram recuo de até 410 m, entre 1958 e 1988, e o rompimento do esporão em 1988; no trecho **D** (Praia de Almofala), a erosão agiu e o provocou a retrogradação de 70 m.

Tabela 05. Áreas de acreção e erosão, em Km², da linha de costa do litoral extremo oeste do Ceará.

PROCESSO	1984 - 1991	1991 - 2000	2000 - 2008	2008 - 2018
ACREÇÃO	14,7634	5,81507	8,99317	4,57653
EROSÃO	4,72899	13,3025	5,67224	11,9604
RAZÃO	10,03443	-7,4874	3,32092	-7,38392

Ainda em Itarema (Figura 14), no período de 1984-1991, no trecho **E** (Praia do Porto), a acreção promoveu o crescimento do esporão, na direção E-W, em 785 m, o processo erosivo agiu em poucas áreas e o recuo foi de até 94 m. No trecho **F** (Ilha do Guajiru, Itarema), a deposição ocasionou o crescimento do esporão da “ilha” na direção E-W, em 605 m, o pequeno esporão que estava na frente da “ilha” foi deslocado na direção E-W, já a erosão ocorreu em algumas pequenas áreas onde o recuo alcançou 93 m. Souza et al. 2016 também observaram o crescimento do esporão da “ilha” na direção E-W, no período de 1984-1994. Em Acaraú, no trecho **G** (Praias de Espraiado e Volta do Rio), a acreção ocorreu em mais áreas, a progradação máxima foi de 348 m, já o processo erosivo ocasionou o recuo de 198 m. Para a localidade de Espraiado (Acaraú), Moraes et al. 2015 observaram uma tendência de acreção no período de 1987-1991, esse resultado ratifica o que aqui foi constatado. Para a mesma área da costa de Acaraú, Souza et al. 2016 também identificaram o predomínio da acreção, contudo, com erosão pontual em alguns trechos, principalmente, na localidade de Espraiado no período de 1984-1994. Conforme o observado, os dois estudos indicam as mesmas tendências ao aqui constado.

Para o trecho **H** (Figura 15), no período de 1984-1991, é observada a acreção na praia de Mangue Seco (Jijoca de Jericoacoara) que promoveu o crescimento do esporão em 415 m na direção E-W, a erosão nessa praia foi em uma

pequena área com recuo de 80 m; ainda no trecho **H**, a erosão foi severa na praia de Guriú (Camocim) e esculpiu/formou uma barra arenosa, o valor de retrogradação máxima foi de 371 m. No trecho **I**, foz do riacho Tucunduba (Camocim), os dois processos atuaram, a erosão provocou o desaparecimento do esporão na margem direita e o recuo de 262 m, ainda nessa margem, a deposição promoveu o aumento linear de 78 m, na margem esquerda, surgiram dois esporões e progradação de 153 m, já a erosão ocasionou o recuo de 102 m.

Diferentemente do período anterior (1984-1991) no de 1991-2000 ocorreu o predomínio da erosão onde a área perdida foi de 13,3 Km² (Tabela 4) com taxa anual de recuo de 1,47 Km². Na foz do rio Aracatiaçu (Figura 13), no trecho **A** (Amontada), a acreção iniciou a reconstrução do esporão erodido no período anterior 1984-1991 onde o crescimento foi de 304 m, ainda, teve retrogradação em um pequeno trecho com recuo de 72 m; no trecho **B** (Itarema), houve o deslocamento e crescimento do esporão na direção E-W, a linha de costa recuou até 271 m. Em Itarema, no trecho **C** (foz do rio Aracatimirim), a erosão atuou nas duas margens do rio, na direita, ocasionou o recuo de 207 m, na esquerda, ela fez desaparecer o esporão que tinha surgido no período anterior 1984-1991, em um pequeno trecho, na margem esquerda, teve progradação de até 210 m. Já no trecho **D** (Praia de Almofala), os dois processos atuaram, a acreção alcançou o valor máximo de 94 m e a erosão de 148 m.

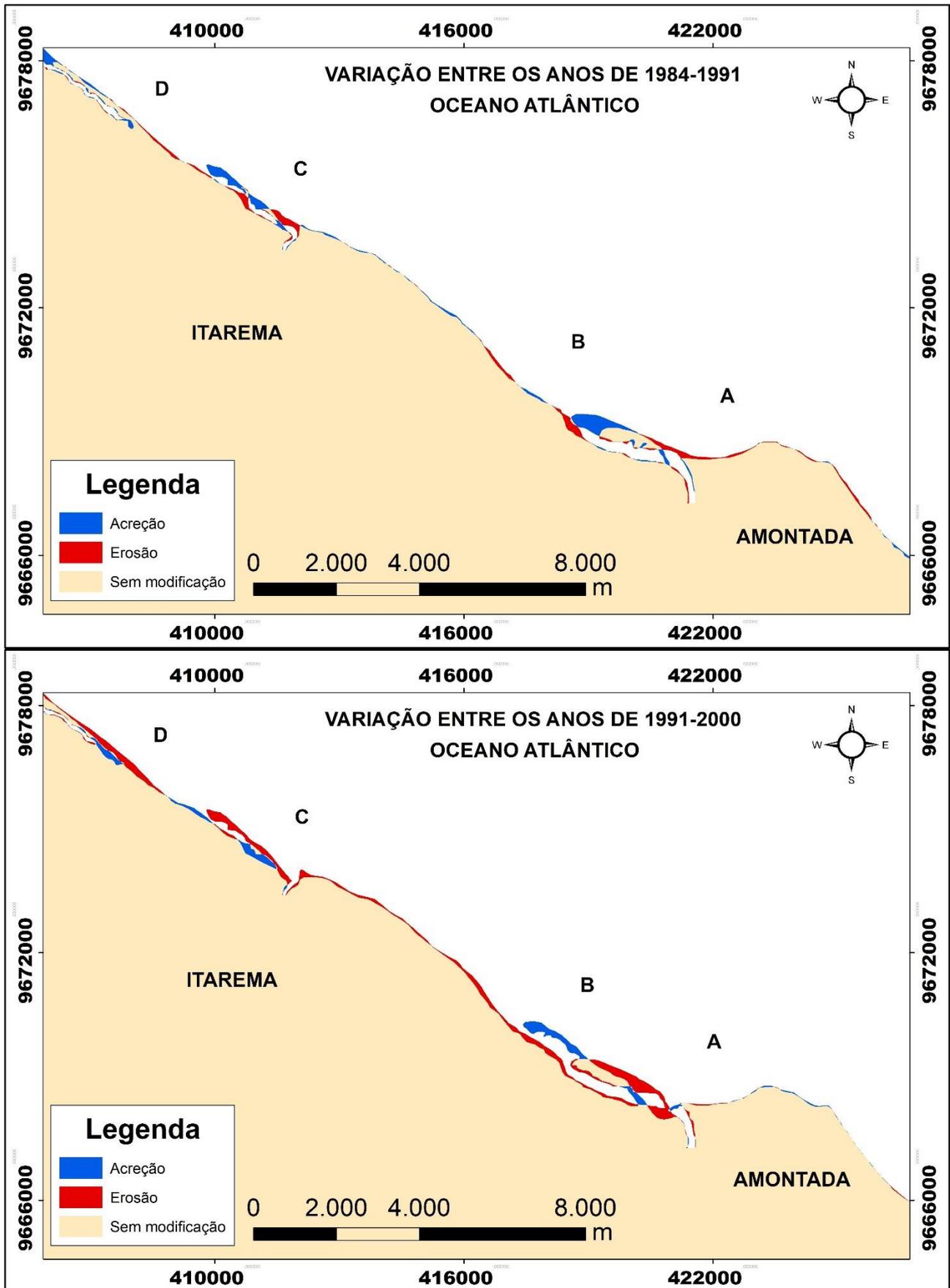


Figura 13. Evolução da linha de costa da região entre Amontada e Itarema para os períodos de 1984-1991 e 1991-2000.

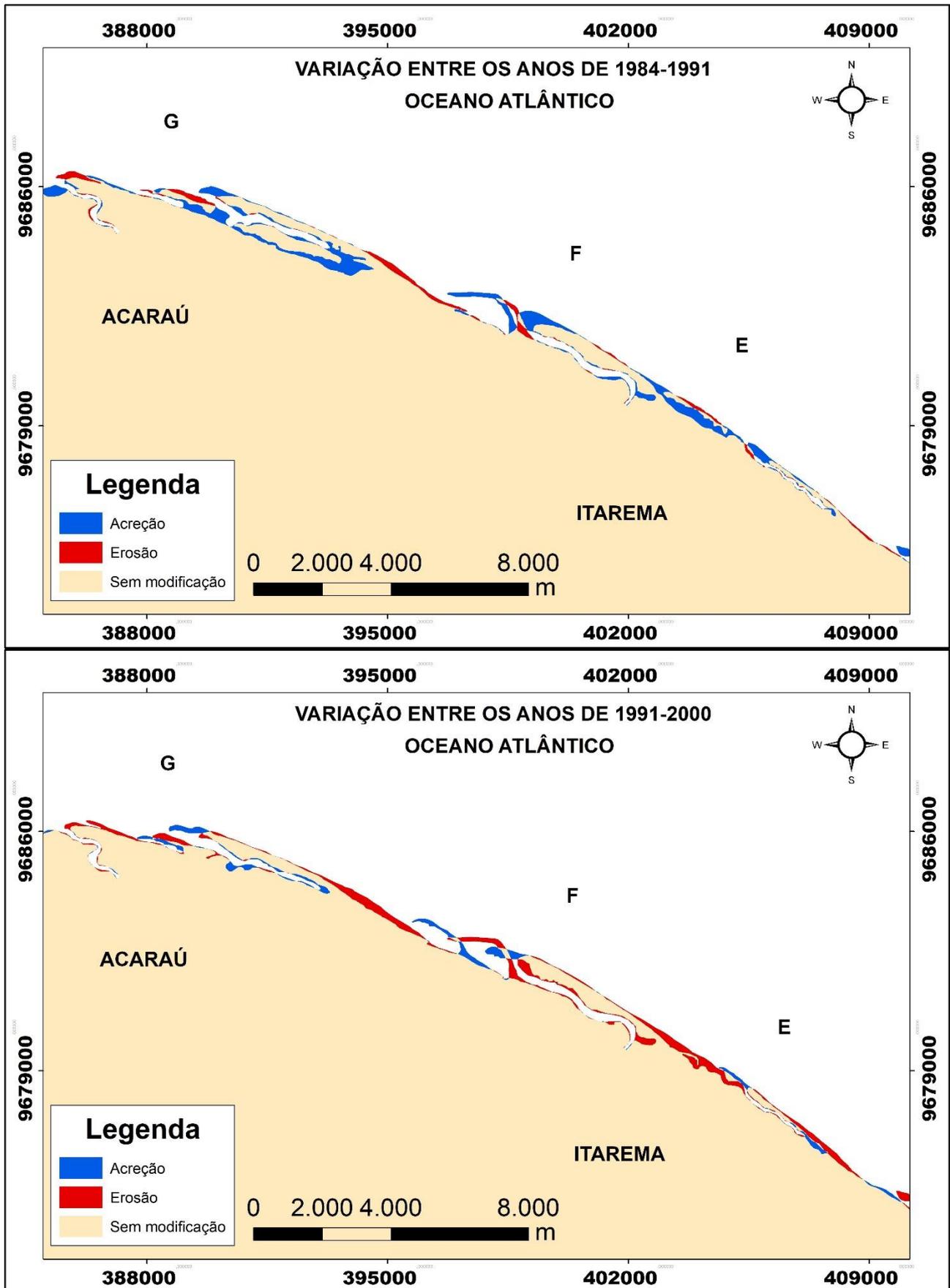


Figura 14. Evolução da linha de costa da região entre Itarema e Acaraú para os períodos de 1984-1991 e 1991-2000.

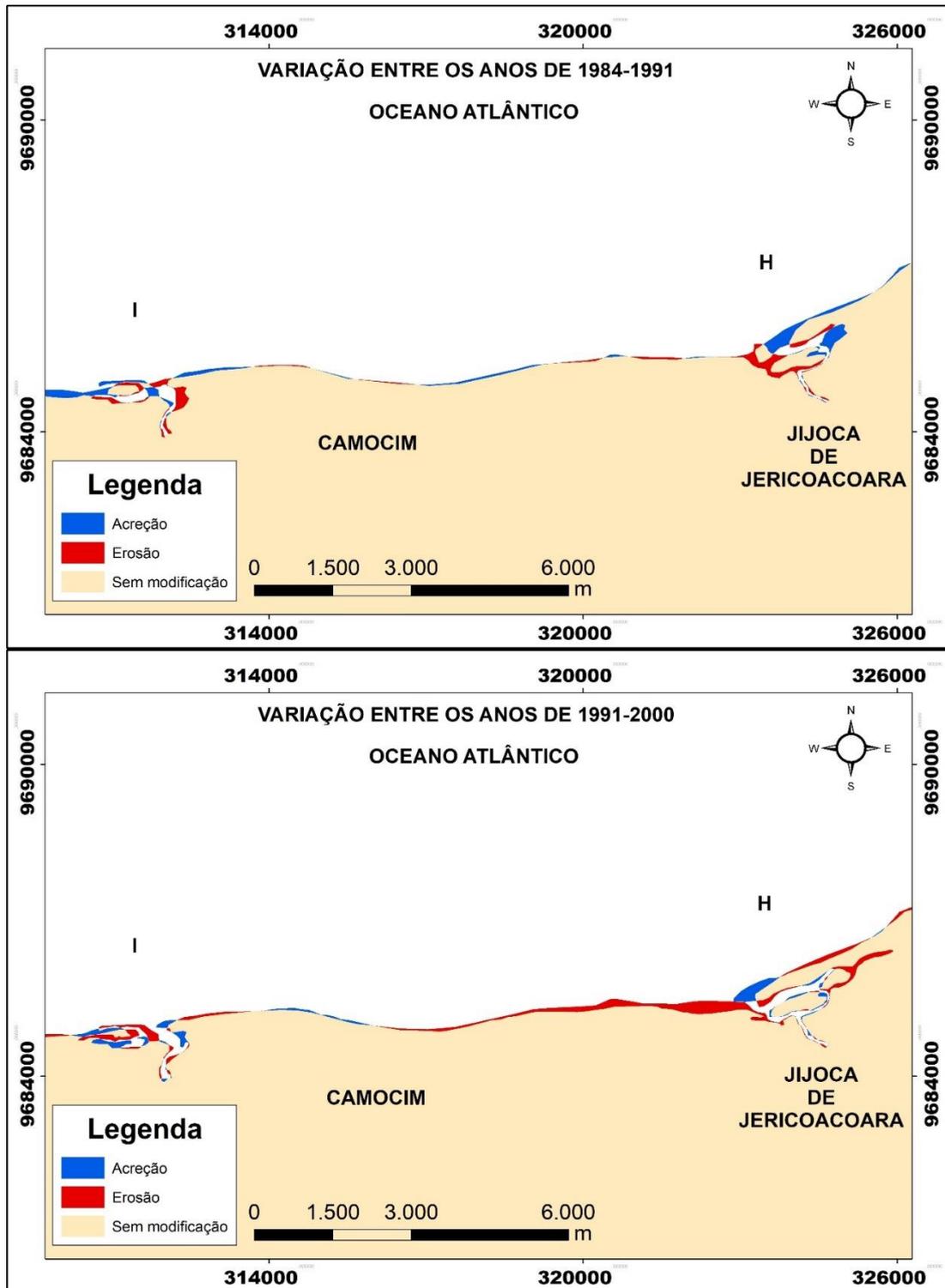


Figura 15. Evolução da linha de costa da região entre Jijoca de Jericoacoara e Camocim para os períodos de 1984-1991 e 1991-2000.

Para o período de 1991-2000, há aumento das áreas que sofreram com a erosão, no trecho E (Praia do Porto, Itarema) (Figura 14), teve retrogradação de 173 m e diminuição da largura do esporão, ainda, esse mesmo esporão aumentou seu comprimento na direção E-W, em 1.048 m. Para a região da praia anteriormente mencionada, Farias e

Maia 2010, constataram tendência de erosão com 8,8 m/ano, no período de 1991-2005. Na Ilha do Guajiru (Itarema), trecho F, o processo erosivo promoveu a redução de sua largura em alguns pontos, a área que faz a ligação dessa região com o continente teve um forte recuo de 618 m, ainda, ocorreu aumento do comprimento dela em 1.036

m. Em Acaraú, no trecho **G** (Praias de Espraiado e Volta do Rio), os dois processos atuaram, a acreção promoveu o crescimento de um esporão em até 1.054 m, apesar disso, houve aumento das áreas com erosão com recuos de até 268 m. Moraes et al. 2015 e Souza et al. 2016, observaram o aumento do processo de erosão para os períodos de 1991-1999 e 1994-2003, respectivamente, para as regiões de Espraiado e Volta do Rio (Acaraú) e Ilha do Guajiru (Itarema).

No trecho **H** (Figura 15), no período de 1991-2000, a acreção, na praia de Mangue Seco (Jijoca de Jericoacoara), provocou o crescimento do esporão em 439 m na direção E-W, a erosão esculpiu/formou outra barra arenosa, em alguns pontos do esporão houve recuo de 135 m; ainda no trecho anteriormente mencionado, na praia de Guriú (Camocim), a erosão foi severa, a retrogradação máxima foi de 250 m. Para o trecho **I**, foz do riacho Tucunduba (Camocim), a deposição formou um esporão na margem direita, o aumento linear máximo nessa margem foi de 216 m, já na margem esquerda, a acreção formou dois pequenos esporões ao passo que a erosão fez sumir um esporão que existia no período anterior (1984-1991).

A acreção novamente prevalece, agora para o período 2000-2008 com 8,99 Km² de área ganha e taxa anual de progradação de 1,12 Km². Na foz do rio Aracatiaçu (Figura 16), no trecho **A** (Amontada), o processo de reconstrução do espigão iniciado no período anterior 1991-2000, continua onde o aumento foi de 644 m, ainda, um pequeno trecho teve recuo de 96 m; nessa mesma foz, no trecho **B** (margem pertencente a Itarema), o esporão, semelhante ao período anterior (1991-2000), continua a crescer no sentido E-W, contudo, ele rompe a ligação com o continente, há também o surgimento de outro esporão em contato com a costa. Em Itarema, no trecho **C** (foz do rio Aracatimirim), os dois processos atuaram, a acreção teve os valores de 28 m, na margem direita, e 32 m, na esquerda, já a erosão ocasionou os recuos de 55 m, na margem direita, e 36 m, na margem esquerda. Aguiar et al. 2012, observaram uma relativa estabilidade na foz do rio Aracatiaçu, no período de 1988-2004, no presente estudo, foi percebida uma diminuição do processo de erosão e aumento da acreção no intervalo de 2000-2008, o que pode indicar uma tendência parecida com a apontada no trabalho anteriormente mencionado. No trecho **D** (Praia de Almofala), ocorreu uma

diminuição tanto da progradação (29 m) como da retrogradação (75 m), em comparação ao período anterior (1991-2000).

No período de 2000-2008, no trecho **E** (Praia do Porto, Itarema) (Figura 17), novamente o esporão aumentou seu comprimento na direção E-W, em 1.395 m, a erosão agiu em poucas áreas e o recuo alcançou 167 m. No trecho **F** (Ilha do Guajiru, Itarema), a erosão provocou o rompimento da ligação dessa “ilha” ao continente em uma dada área, contudo, a acreção construiu outra ligação, mas com uma largura menor, o processo deposicional ainda aumentou o comprimento dessa “ilha” na direção E-W em 609 m. Em Acaraú, no trecho **G** (Praias de Espraiado e Volta do Rio), a acreção promoveu o aumento de um esporão em 334 m na direção E-W, já a erosão causou o desaparecimento de um esporão que estava conectado a costa, o recuo alcançou 143 m.

Para o trecho **H** (Figura 18), no período de 2000-2008, a acreção promoveu o crescimento das barras arenosas e do esporão na praia de Mangue Seco (Jijoca de Jericoacoara), o crescimento do esporão foi na direção E-W em 192 m; ainda no trecho **H**, na praia de Guriú (Camocim), a erosão provocou o recuo de 168 m. Na localidade de Guriú (Camocim), Farrapeira Neto e Morais 2014, entre 2003 e 2010, observaram retrogradação de até 93,83 m. Para o trecho **I**, foz do riacho Tucunduba (Camocim), a erosão causou a diminuição do esporão na margem direita, em 342 m, e o desaparecimento de dois esporões que tinham surgidos na margem esquerda no período anterior (1991-2000).

O período de 2008-2018, semelhante ao de 1991-2000, registrou o predomínio da erosão com 11,96 Km² de área perdida e taxa anual de recuo de 1,19 Km². Na foz do rio Aracatiaçu (Figura 16), no trecho **A** (Amontada), o esporão que vinha crescendo nos dois períodos anteriores rompe e é conduzido para na direção E-W; ainda nessa foz, no trecho **B** (Itarema), houve uma ruptura do esporão que surgiu no período anterior (2000-2008) e estava em contado com a costa, e diminuição da sua largura. Semelhante ao período de 1991-2000, no de 2008-2018, a erosão agiu de forma severa no trecho **C** (foz do rio Aracatimirim, Itarema), os valores nas margens direita e esquerda foram de 78 m e 106 m, respectivamente. O trecho **D** (Praia de Almofala), sofreu com a erosão com recuo de 70 m.

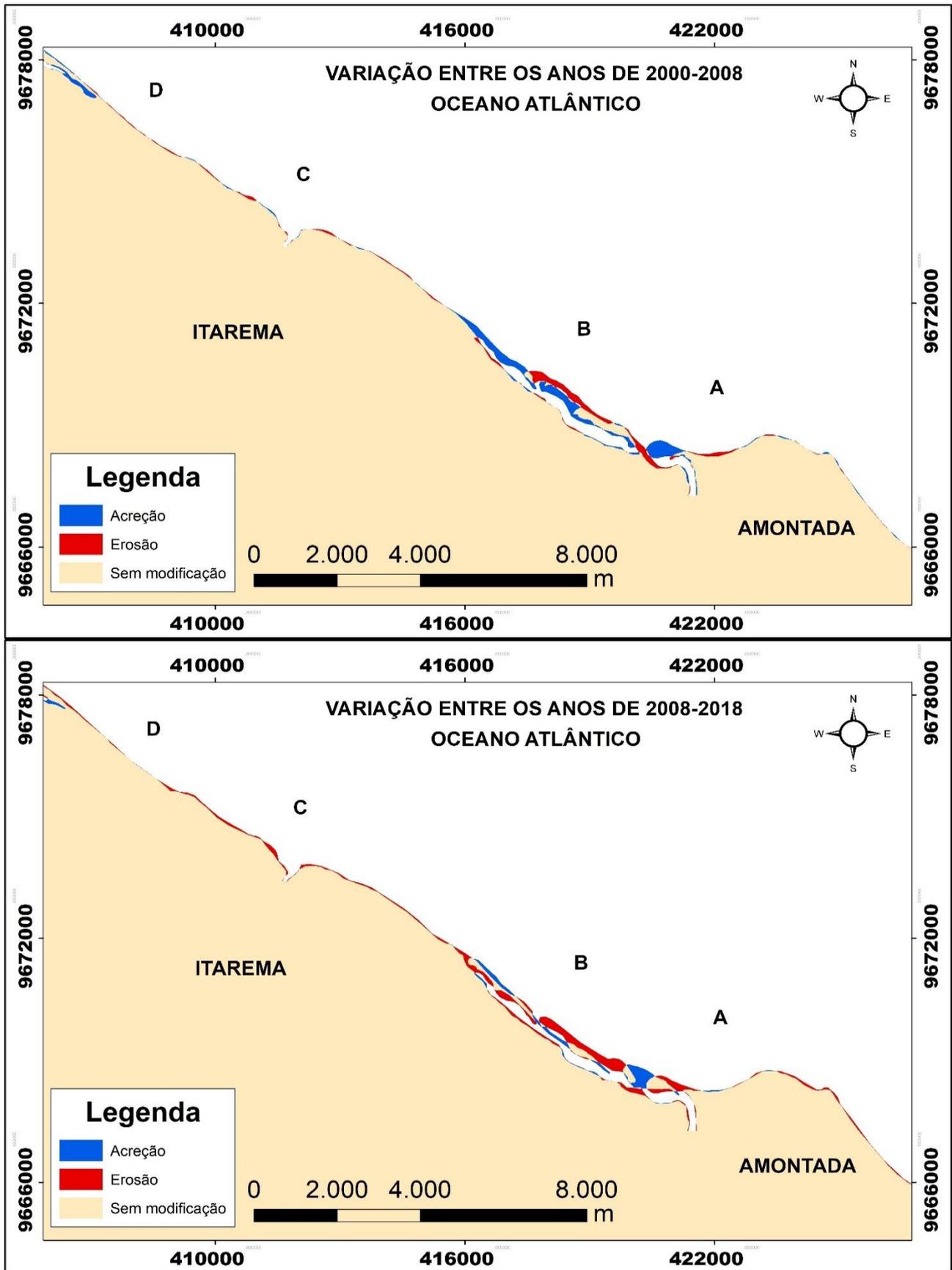


Figura 16. Evolução da linha de costa da região entre Amontada e Itarema para os períodos de 2000-2008 e 2008-2018.

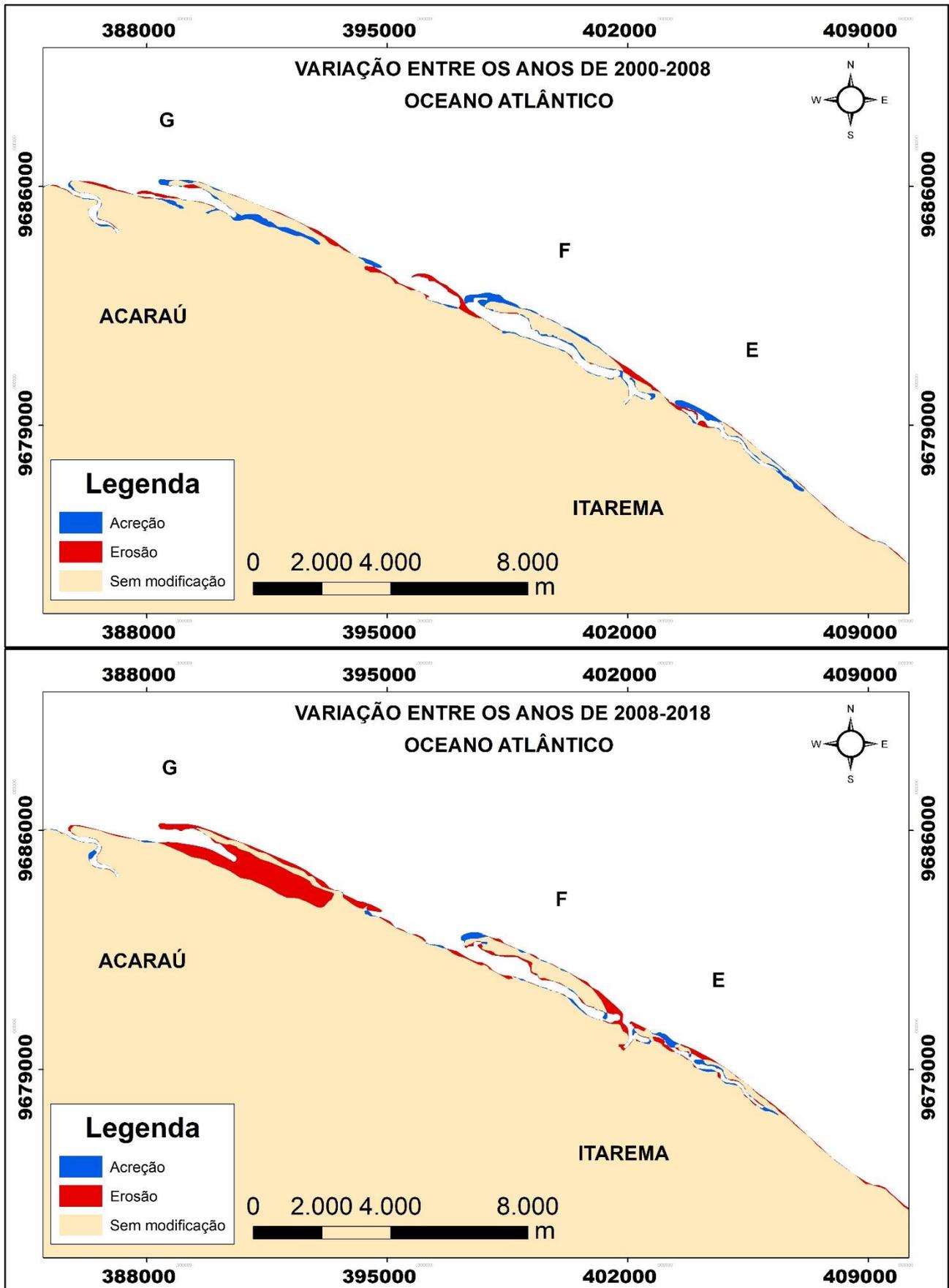


Figura 17. Evolução da linha de costa da região entre Itarema e Acaraú para os períodos de 2000-2008 e 2008-2018.

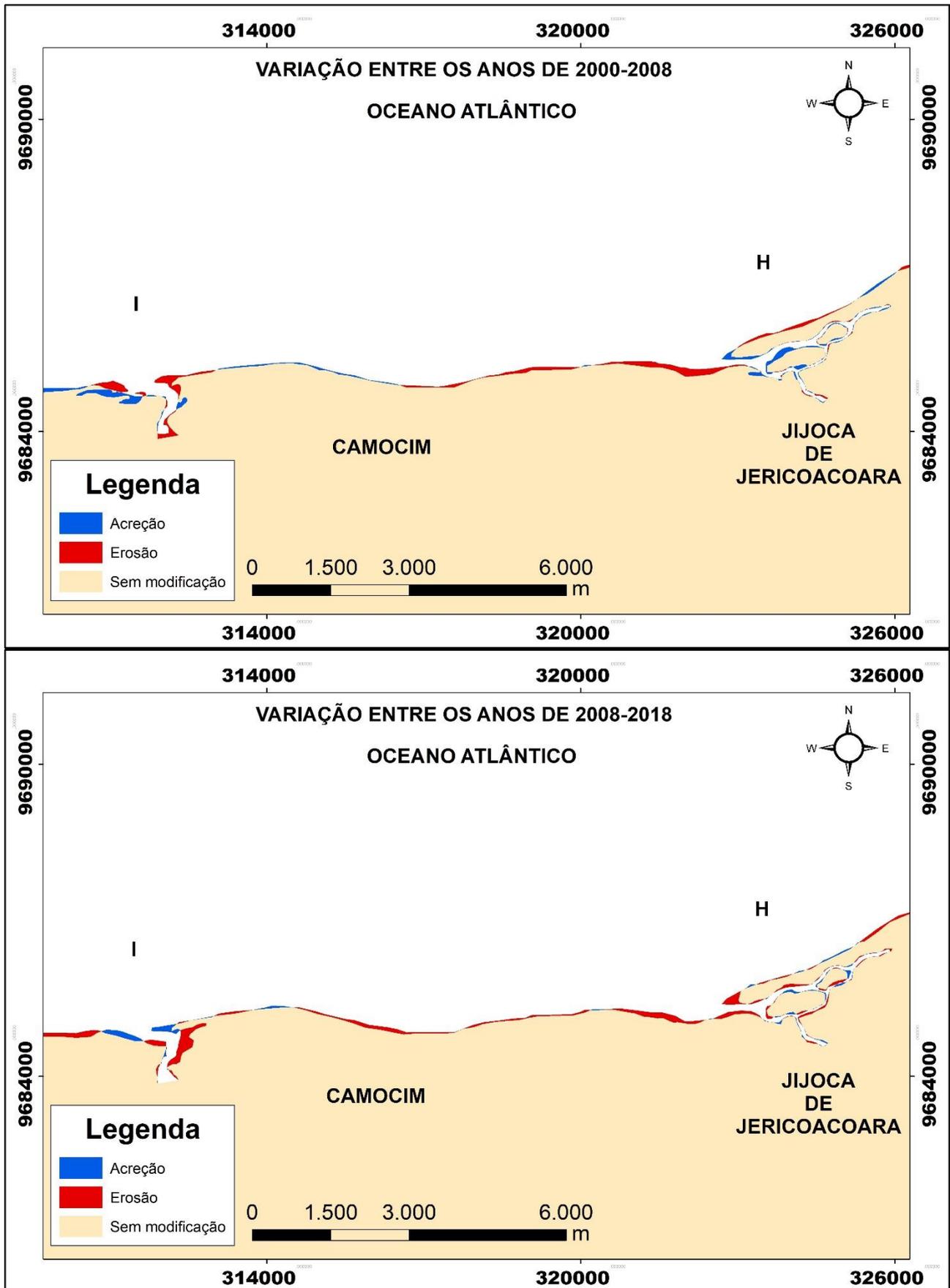


Figura 18. Evolução da linha de costa da região entre Jijoca de Jericoacoara e Camocim para os períodos de 2000-2008 e 2008-2018.

No período de 2008-2018, no trecho **E** (Praia do Porto, Itarema) (Figura 17), a erosão provocou o rompimento do esporão que vinha crescendo nos períodos anteriores, a parte desprendida do esporão maior se liga a costa, o recuo máximo foi de 500 m, já a progradação máxima foi de 294 m. No trecho **F**, o esporão que era ligado ao continente é rompido e passar a formar uma barra arenosa, a Ilha do Guajiru (Itarema), o recuo máximo nessa região foi de 132 m, a deposição atuou em alguns pontos, o maior valor de progradação foi na ilha anteriormente mencionada com 188 m. O trecho **G** (Praias de Espraiado e Volta do Rio, Acaraú), é marcado por severa erosão, ela provocou a diminuição do comprimento do esporão em 1.143 m. Essa mesma tendência erosiva foi observada por Souza et al. 2016, no período de 2003-2013.

No trecho **H** (Figura 18), no período de 2008-2018, a erosão causou a diminuição do esporão na praia de Mangue Seco (Jijoca de Jericoacoara) em 331 m, a acreção ocorreu em poucos pontos com ganhos de até 53 m; na praia de Guriú (Camocim), a deposição promoveu ganhos de até 50 m, já a erosão foi mais intensa com recuos de até 132 m. Para o trecho **I**, foz do riacho Tucunduba (Camocim), a acreção aumentou o esporão na margem direita na direção E-W em 382 m, na esquerda houve ganho de até 111 m, já a erosão foi severa com recuos de 512 m, na margem direita, e 104 m, na esquerda.

A análise dos diferentes períodos do litoral extremo oeste explicita um comportamento cíclico nos processos que predominaram, conforme observado: 1984-1991 (acreção); 1991-2000 (erosão); 2000-2008 (acreção); e, 2008-2018 (erosão). A soma dos processos dos diferentes períodos demonstra uma pequena predominância da erosão (35,6 Km²) sobre a acreção (34,1 Km²).

Na foz do rio Aracatiaçu, semelhante ao que acontece na foz do rio Curú, há uma convergência de ondas (concentração de energia), por conseguinte, aumento na intensidade da deriva litorânea que contribui para a erosão (Carvalho et al., 2007). Esse recuo da linha de costa em Guriú (Camocim) pode ser consequência da ação do promontório de Jijoca de Jericoacoara, que age como uma barreira natural à deriva litorânea e reduz o aporte sedimentar, por conseguinte, provocando erosão (Claudino-Sales e Carvalho, 2014). O estado morfodinâmico praias desses hotspots é o refletivo, o que confere um grau de

susceptibilidade maior a erosão costeira (Pinheiro et al., 2016).

Conclusão

A soma dos processos de acreção e erosão dos diferentes períodos de todos os litorais explicita uma alternância entre os processos que predominaram: 1984-1991 (acreção), 1991-2000 (erosão), 2000-2008 (acreção) e 2008-2018 (erosão). No todo foi observada uma situação de estabilidade (acreção (57,68 Km²) e erosão (57,62 Km²)), isso em termos matemáticos.

Apesar da situação de estabilidade, foram identificados trechos com uma grande dinâmica, são eles: no litoral leste, foz do rio Jaguaribe e foz do rio Piranji; no litoral metropolitano, em Fortaleza, as Praias do Futuro, de Porto do Mucuripe, a Mansa, do Titanzinho, de Iracema e Barra do Ceará, em Caucaia, as Praias de Iparana, Pacheco, Icarai e Tabuba; no litoral oeste, a foz do rio Curú e a foz do rio Mundaú; no litoral extremo oeste, na foz do rio Aracatiaçu, em Itarema, na foz do rio Aracatimirim, nas Praias de Almofala, do Porto e Ilha do Guajiru; em Acaraú, nas Praias de Espraiado e Volta do Rio; na Praia de Mangue Seco (Jijoca de Jericoacoara); na Praia de Guriú (Camocim); e, na foz do riacho Tucunduba (Camocim).

Para uma melhor compreensão da dinâmica costeira do Ceará existe a necessidade de estudos mais detalhados que englobem diversas variáveis e escalas espaciais e temporais. Deve ser dada atenção aos hotspots de erosão. Portanto, há necessidade de monitoramento contínuo da zona costeira cearense, bem como são necessárias políticas públicas efetivas que inibam o uso e ocupação prejudicial ao ambiente costeiro.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – código de financiamento 001.

Referências

- Aguiar, P.F., El-Robrini, M., Freire, G.S.S., Carvalho, R.G., 2012. Análise multitemporal da Praia de Torrões (Itarema, Ceará, Brasil) em médio período (1958-2004) utilizando imagens Quickbird e fotografias aéreas. *Revista Geonorte* 2, 1279-1290.
- Albuquerque, M.G., Calliari, L.J., Correa, I.C.S.,

- Pinheiro, L.S., 2009. Morfodinâmica da praia do futuro, Fortaleza-CE: uma síntese de dois anos de estudo. *Quaternary and Environmental Geosciences* 1, 49-57.
- Alexandrakis, G., Manasakis, C., Kampanis, N.A., 2015. Valuating the effects of beach erosion to tourism revenue. A management perspective. *Ocean & Coastal Management* 111, 1–11.
- Barros, E.L., Guerra, R.G.P., Pinheiro, J.O., Morais, J.O., 2018. Erosão costeira no litoral leste do Ceará: tendência natural e reflexos dos impactos antropogênicos. In: XII Simpósio Nacional de Geomorfologia- SINAGEO, 2018, Crato. Paisagem e Geodiversidade: A Valorização do patrimônio Geomorfológico Brasileiro. Crato: UGB., 1-10.
- Bezerra, M.O., Pinheiro, L., Morais, J.O., 2007. Shoreline Change of the Mucuripe Harbour Zones (Fortaleza-Ceará, Northeast of Brazil) 1972 - 2003. *Journal of Coastal Research* 50, 1163-1167.
- Brommer, M.B., Bochev-Van Der Burgh, L., 2009. Sustainable coastal zone management: a concept for forecasting long-term and large-scale coastal evolution. *Journal of Coastal Research* 25, 181-188.
- Camfield, F.E., Morang, A., 1996. Defining and interpreting shoreline change. *Ocean & Coastal Management* 32, 129-151.
- Carvalho, A.M., Dominguez, J.M.L., Maia, L.P., 2004. Interação entre deriva litorânea e potencial de formação de dunas na morfogênese costeira do NW do Ceará. *Mercator (UFC)* 3, 79-94.
- Carvalho, A.C., Claudino-Sales, V., 2016. Contribuição do transporte eólico no processo de evolução da linha de costa. *Mercator (UFC)* 15, 105-115.
- CEARÁ, 2006. Lei Estadual nº 13.796, de 30 de junho.
- Claudino-Sales, V., Carvalho, A.M., 2014. Dinâmica costeira controlada por promontórios no Estado do Ceará, Nordeste do Brasil. *Geociências (São Paulo. Online)* 33, 579-595.
- ESRI Environmental Systems Research Institute. 2014. Software ArcGis Desktop, license type Arcinfo, version 10.2
- Fairbridge, R.W., 2004. Classification of coasts. *Journal of Coastal Research* 20, 155-165.
- Falcão-Quintela, T.O., Morais, J.O., Pinheiro, L.S., 2011. Morphodynamics of the Curu Estuary Inlet - Brazil. *Journal of Coastal Research* 64, 805-808.
- Farias, E.G.G., Maia, L.P., 2010. Uso de técnicas de geoprocessamento para a análise da evolução da linha de costa em ambientes litorâneos do Estado do Ceará, Brasil. *Revista da Gestão Costeira Integrada* 10, 521-544.
- Farrapeira Neto, C.A., Morais, J.O., 2014. Evolução da linha de costa do município de Camocim, Ceará, Brasil. *Revista da Casa da Geografia de Sobral* 16, 101-114.
- Grigio, A.M., Amaro, V.E., Vital, H., Diodato, M.A., 2005. A method for coastline evolution analysis using GIS and Remote Sensing: a case study from the Guamaré City, Northeast Brazil. *Journal of Coastal Research* 42, 412–421.
- INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais 2018, Software SPRING 5.5
- Magalhães, D.C., Meireles, A.J.A., 2016. Dinâmica geoambiental associada à ponta litorânea em Paracuru – Ceará – Brasil. *Revista da Casa da Geografia de Sobral* 18, 145-162.
- Maia, L.P., Jimenez, J.A., Serra, J., Morais, J.O., 1998. The coastline of Fortaleza city. A product of environmental impacts caused by the mucuripe harbor. *Arquivos de Ciências do Mar* 31, 93-100.
- Marino, M.T.R.D., Freire, G.S.S., 2013. Análise da evolução da linha de costa entre as Praias do Futuro e Porto das Dunas, região metropolitana de Fortaleza (RMF), estado do Ceará, Brasil. *Journal of Integrated Coastal Zone Management* 13, 113-129.
- Mcfeters, S.K., 1996. The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features. *International Journal of Remote Sensing* 17, 1425-1432.
- Meireles, A.J.A., Silva, E.V., Thiers, P.R.L., 2006. Os campos de dunas móveis: fundamentos dinâmicos para um modelo integrado de planejamento e gestão da zona costeira. *GEOUSP* 10, 101-119.
- Mendes, J.S., 2012. Dinâmica das paisagens da APA do estuário do Rio Mundaú: evolução espaço-temporal e potencialidades ambientais. Dissertação (Mestrado). Fortaleza, UFC.
- Morais, J.O., Pinheiro, L., Cavalcante, A.A., Paula, D.P., Silva, R.L., 2008. Erosão costeira em praias adjacentes às desembocaduras fluviais: o caso de Pontal de Maceió, Ceará, Brasil. *Revista de Gestão Costeira Integrada* 8, 61-76.
- Morais, J.O., Pinheiro, L.S., Pessoa, P.R.S., Freire, G.S.S., Carvalho, A. M., Guerra, R.G.P., Barros, E.L., 2018. CEARÁ, In: Muehe, D. (Org.), *Erosão e Progradação do Litoral Brasileiro*, Editora do MMA, Rio de Janeiro, pp. 261-287.

- Moraes, M.V.A.R., Freire, G.S.S., Manso, V.A.V., Costa, S.S.L., Portela, J.P., 2015. Variações temporais da linha de costa do município de Acaraú – Ceará – Brasil. *Revista Brasileira de Geografia Física* 8, 981-989.
- Muehe, D., (Org.), 2018. Erosão e progradação do litoral brasileiro. Editora do MMA, Rio de Janeiro.
- Nascimento, L., Bittencourt, A.C.S.P., Santos, A.N.; Dominguez, J.M.L., 2013. Potencial de prejuízos econômicos em função da densidade de urbanização e da sensibilidade à erosão costeira na Costa do Cacau – Bahia. *Revista Brasileira de Geomorfologia* 14. 261-270.
- Pinheiro, L.S., Morais, J.O., Maia, L.P., 2016. The beaches of Ceará. In: Short, A.D., & Klein, A.H.F. (Org.), *Brazilian beach systems*. Editora Springer, pp. 175-199.
- Silva, I.R., Bittencourt, A.C.S.P., Dominguez, J.M.L., Mello e Silva, S.B., 2007. Potencial de danos econômicos face à erosão costeira relativo às praias da Costa do Descobrimento – litoral sul do Estado da Bahia. *Revista Pesquisas em Geociências* 34, 35–44.
- Souza, C.D., Silva, R.M.N., Rodrigues, L.I.C., Mororó, E.A.A., Duarte, C.R., Souto, M.V.S., Sabadia, J.A.B., 2016. Emprego de imagens Landsat na análise temporal da linha de costa da porção Oeste do Estado do Ceará. *Revista de Geologia* 29, 181-194.