UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM OCEANOGRAFIA

JOÃO MARCELLO RIBEIRO DE CAMARGO

GEODIVERSIDADE E PAISAGENS SUBMERSAS DE UMA PLATAFORMA CONTINENTAL TROPICAL NO NORDESTE DO BRASIL

Recife
2016

JOÃO MARCELLO RIBEIRO DE CAMARGO

GEODIVERSIDADE E PAISAGENS SUBMERSAS DE UMA PLATAFORMA CONTINENTAL TROPICAL NO NORDESTE DO BRASIL

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Oceanografia (PPGO) do Centro de Tecnologia e Geociências (CTG) da Universidade Federal de Pernambuco, orientada pela Profª Tereza Cristina Medeiros de Araújo e co-orientada pelo Profº Mauro Maida, como preenchimento parcial dos requisitos para a obtenção do grau de Doutor em Oceanografia, área de concentração Oceanografia Abiótica / Geológica

ORIENTADORA: TEREZA CRISTINA MEDEIROS DE ARAÚJO

CO-ORIENTADOR: MAURO MAIDA

Recife
2016

Catalogação na fonte
Bibliotecária Margareth Malta, CRB-4 / 1198

C149t Camargo, João Marcello Ribeiro de.
Geodiversidade e paisagens submersas de uma plataforma continental tropical no nordeste do Brasil / João Marcello Ribeiro de Camargo. - 2016.
171 folhas, il., gráfs., tabs.

Orientadora: Profa. Dra. Tereza Cristina Medeiros de Araújo.
Coorientador: Prof. Dr. Mauro Maida
Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Oceanografia, 2016.
Inclui Referências e Anexos.

1. Oceanografia. 2. Bacias hidrográficas. 3. Geodiversidade. 4. Canais submersos. 5. Oscilações do nível do mar. 6. Paisagens submersas. 7. Indicador substituto. 8. Ambientes recifais. I. Araújo, Tereza Cristina Medeiros de. (Orientadora). II. Maida, Mauro. (Coorientador). III. Título.

UFPE

551.46 CDD (22. ed.) BCTG/2016-316

GEODIVERSIDADE E PAISAGENS SUBMERSAS DE UMA PLATAFORMA CONTINENTAL TROPICAL NO NORDESTE DO BRASIL

Tese defendida e aprovada em: 25/08/2016

JOÃO MARCELLO RIBEIRO DE CAMARGO

_____

TEREZA CRISTINA MEDEIROS DE ARAÚJO

_____

ROBERTO LIMA BARCELLOS

_____

JESSER FIDELIS DE SOUZA FILHO

_____

VENERANDO EUSTÁQUIO AMARO

_____

MIRELLA BORBA SANTOS FERREIRA COSTA

Recife
25 de agosto de 2016

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos professores Tereza Cristina Medeiros de Araújo, Mauro Maida e Beatrice Padovani Ferreira, pela oportunidade de desenvolver a pesquisa aqui apresentada e fruto de muitos esforços coletivos.

Agradeço ao Centro Nacional de Pesquisa e Conservação da Biodiversidade Marinha do Nordeste (CEPENE/ICMBio), pelo apoio logístico, na forma de alojamento, laboratórios e oficina. Em especial a todos os que fizeram parte da tripulação do *R/V Velella* e que ajudaram em sua reforma, Inho, Loia, Selado, Sérgio, Edson, Carlos, Nemésio, Roberval, Alberto, e ao Profº Mauro Maida pelo incentivo constante nas práticas de marcenaria, pintura, elétrica e eletrônica.

Aos docentes, discentes e funcionários do Departamento de Oceanografia (DOCEAN) pelo convívio sempre amistoso.

Ao mergulhador técnico Henrique Maranhão, pelas fotografias gentilmente cedidas e sua amizade sincera.

Ao FUNBIO pelo apoio financeiro ao projeto PRÓ ARRIBADA. À CAPES pelo apoio financeiro aos projetos CIÊNCIAS DO MAR I e II e a concessão de minha bolsa, bem como ao CNPq, pelo mesmo motivo.

Finalmente, agradeço a minha pequena grande família que mesmo à distância, se fez presente durante toda a trajetória do curso.

Se não existisse o Sol, como seria pra Terra se aquecer?
Se não existisse o mar, como seria pra natureza sobreviver?
Se não existisse o luar, o mundo viveria na escuridão.
Mas, como existe tudo isso meu povo, eu vou guarnecer o meu batalhão de novo.
Chagas, Boi da Maioba

RESUMO

A geodiversidade de uma plataforma continental se refere à heterogeneidade de feições geológicas e geomorfológicas e determinam a ocorrência de paisagens submersas e hábitats bentônicos específicos. Muitas vezes, aspectos abióticos do assoalho marinho são usados como indicadores substitutos de hábitats bentônicos e subsidiam iniciativas em prol de sua conservação e manejo. No sentido de investigar a geodiversidade e as paisagens submersas da Plataforma Continental Sul de Pernambuco (PCSPE), as bacias hidrográficas costeiras e o assoalho marinho, entre as profundidades de 10 e 120 metros, foram analisadas através de técnicas de geoprocessamento, levantamentos batimétricos e videográficos. A tese buscou identificar os padrões espaciais da geodiversidade e paisagens submersas e contribuir para a conservação da biodiversidade local, em especial, àquela relacionada aos substratos consolidados. O MDE da porção emersa da área (9.085 km^2) permitiu a identificação de feições topográficas, como o Planalto da Borborema e o Lineamento Pernambuco. Além disto, subsidiou a caracterização morfométrica das bacias hidrográficas, evidenciando as do Rio Una e Rio Sirinhaém, como as maiores e mais importantes. No tocante à porção submersa da área, a compilação de 559.365 pontos batimétricos permitiu a geração de um MDE (971 km^2), revelando a presença marcante de três canais submersos e de degraus nas faixas de profundidade de 16-20, 20-23, 25-30, 35-40 e 50-55 m. 287 seções transversais realizadas no MDE permitiram identificar e descrever setores topograficamente distintos ao longo dos canais submersos. Tal heterogeneidade provavelmente está relacionada com períodos de estabilização, durante as oscilações do nível do mar. 64 amostras de sedimentos com teores de cascalho, areia, silte e argila, 49 amostras com teores de carbonato de cálcio, bem como a localização de 29 fundos consolidados registrados em sonogramas permitiram a caracterização da cobertura sedimentar da PCSPE. A mesma, mostrou-se predominantemente carbonática, com maiores contribuições de areias e cascalhos biogênicos, demonstrando a importância dos organismos secretores de carbonato de cálcio, bem adaptados a águas rasas, quentes e iluminadas. A integração de dados de topografia e de variações eustáticas do nível do mar possibilitou a proposição de um modelo paleogeográfico para a plataforma continental leste brasileira, que apresentou potencial para a ocorrência de pelo menos 15 canais submersos, entre os estados da PB, PE e AL, diante das características morfométricas entre as bacias hidrográficas, influenciadas pelo Planalto da Borborema. A análise da distribuição de declividade na PCSPE demonstrou que a área é predominantemente plana, salvo junto às topografias acidentadas dos canais submersos e da borda da plataforma, e pontualmente na plataforma continental interna. Através da análise de 03 vídeo-transectos, em dois setores distintos do Canal da Zieta, foi evidenciada a vocação da declividade, como indicador substituto de substratos consolidados. Aparentemente, os relevos ondulados da PCSPE indicam a ocorrência de paisagens submersas dominadas por este tipo de substrato. Um número maior e diverso de vídeo-transectos, bem como a integração com dados biológicos, são altamente recomendados, para que, através de análises mais robustas, a relação da declividade do terreno, como indicador substituto de ambientes recifais, seja consolidada. A localização restrita dos relevos acidentados forneceu uma visão da provável reduzida distribuição desses ambientes, podendo contribuir para o desenho mais adequado de Áreas Marinhas Protegidas. O potencial de ocorrência de canais submersos na plataforma continental leste brasileira sugere a replicação dos esforços aqui reunidos. Com dezenas de quilômetros de extensão, profundidades de até 40 metros, e aparentemente, concentrando biodiversidade, os canais submersos devem ser considerados importantes feições topográficas da região, não apenas por suas dimensões, mas também por sua importância ambiental e socioeconômica.

Palavras-chaves: Bacias hidrográficas. Geodiversidade. Canais submersos. Oscilações do nível do mar. Paisagens submersas. Indicador substituto. Ambientes recifais.

ABSTRACT

The geodiversity of a continental shelf refers to the heterogeneity of geological and geomorphological features and determine the occurrence of specific seascapes and benthic habitats. Often, abiotic aspects of the seafloor are used as surrogate of benthic habitats and subsidize initiatives for their conservation and management. In order to investigate the geodiversity and seascapes of the South Continental Shelf of Pernambuco (PCSPE), the coastal watersheds and the seafloor, between depths of 10 and 120 meters, were analyzed by geoprocessing techniques, bathymetric and videographic surveys. The thesis sought to identify the spatial patterns of geodiversity and seascapes and contribute to the conservation of local biodiversity, in particular to that related to consolidated substrates. A DEM of the emerged portion of the study area (9,085 km^2) allowed the identification of topographic features, such as the Borborema Plateau and the Pernambuco Lineament. In addition, it subsidized the morphometric characterization of the coastal watersheds, evidencing those of Una and Sirinhaém rivers, as the largest and most important. As for the submerged portion of the study area, the compilation of 559.365 bathymetric points allowed the generation of an DEM (971 km^2), revealing the remarkable presence of three submerged channels and of steps in the depth ranges of 16-20, 20-23 , 25-30, 35-40 and 50-55 m. 287 cross sections performed in the DEM allowed to identify and describe 11 topographically distinct sectors along the submerged channels. Such heterogeneity is probably related to periods of stabilization during sea level oscillations. 64 sediment samples with gravel, sand, silt and clay contents, 49 samples with calcium carbonate contents, as well as the location of 29 consolidated substrates recorded in sonograms allowed the characterization of the sedimentary cover of the PCSPE. It was predominantly carbonatic, with a higher contribution of biogenic sands and gravel, demonstrating the importance of calcium carbonate secreting organisms, well adapted to shallow, warm and illuminated tropical waters. The integration of topography data and eustatic variations of the sea level allowed the proposal of a paleogeographic model for the East Brazilian Continental Shelf, which presented potential for the occurrence of at least 15 submerged channels, among the states of PB, PE and AL, due to the morphometric similarities between the watersheds, influenced by the Borborema Plateau. The analysis of the slope distribution in the PCSPE showed that the area is predominantly flat except for the rugged topographies of the submerged channels and the shelf edge, and occasionally on the internal continental shelf. Through the analysis of 03 video-transects, in two distinct sectors of the Zieta Channel, the vocation of slope was evidenced as a surrogate of consolidated substrates. Apparently, the wavy reliefs of PCSPE indicate the occurrence of submerged landscapes dominated by this type of substrate. A larger and diverse number of video transects, as well as integration with biological data, are highly recommended, so that, through more robust analyzes, the relationship of the terrain slope as a surrogate of reef environments would been consolidated. The restricted location of the rugged reliefs provided an insight into the likely reduced distribution of these environments and could contribute to the most appropriate design of Protected Marine Areas. The potential of submerged channels in the East Brazilian Continental Shelf suggests the replication of the efforts gathered here. The submerged channels, with tens of kilometers of depth, depths of up to 40 meters, and apparently concentrating biodiversity, should be considered important topographic features of the region, not only because of their size, but also because of their environmental and socioeconomic importance.

Keywords: Watersheds. Geodiversity. Submarine channels. Sea level fluctuations. Seascapes. Reef environments.

LISTA DE FIGURAS

Capítulo 1

Figura 01: Mapa hipsométrico da porção emersa da área de estudo, com destaque para o Lineamento Pernambuco, o Planalto da Borborema, os Rios Una e Sirinhaém, a APA Costa dos Corais, os recifes costeiros e a área submersa mapeada. 6
Figura 02: Mapa com as unidades geológicas da porção emersa da área de estudo. 8
Figura 03: Relevo emerso da área de estudo. 9
Figura 04: Unidades geológicas da zona costeira sul de Pernambuco. 12

Capítulo 2

Figura 01: Hipsometria e estruturas geológicas da bacia hidrográfica do Rio Una. 19
Figura 02: Curva hipsométrica da bacia hidrográfica do Rio Una. 19
Figura 03: Distribuição de cotas altimétricas, em termos de área percentual, na bacia hidrográfica do Rio Una. 20
Figura 04: Declividade da bacia hidrográfica do Rio Una. 21
Figura 05: Distribuição de classes de relevo da bacia hidrográfica do Rio Una. 21
Figura 06: Hipsometria e estruturas geológicas da bacia hidrográfica dos Rios Ilhetas e Mamucabas. 22
Figura 07: Curva hipsométrica da bacia hidrográfica dos Rios Ilhetas e Mamucabas. 22
Figura 08: Distribuição de cotas altimétricas, em termos de área percentual, na bacia hidrográfica dos Rios Ilhetas e Mamucabas. 23
Figura 09: Declividade da bacia hidrográfica dos Rios Ilhetas e Mamucabas. 23
Figura 10: Distribuição de classes de relevo da bacia hidrográfica dos Rios Ilhetas e Mamucabas. 23
Figura 11: Hipsometria e Estruturas geológicas da bacia hidrográfica do Rio Formoso. 24
Figura 12: Curva hipsométrica da bacia hidrográfica do Rio Formoso. 25
Figura 13: Distribuição de cotas altimétricas, em termos de área percentual, na bacia hidrográfica do Rio Formoso. 25
Figura 14: Declividade da bacia hidrográfica do Rio Formoso. 26
Figura 15: Distribuição de classes de relevo da bacia hidrográfica do Rio Formoso. 26
Figura 16: Hipsometria e estruturas geológicas da bacia hidrográfica do Rio Sirinhaém. 27
Figura 17: Curva hipsométrica da bacia hidrográfica do Rio Sirinhaém. 27
Figura 18: Distribuição de cotas altimétricas, em termos de área percentual, na bacia hidrográfica do Rio Sirinhaém. 28
Figura 19: Declividade da bacia hidrográfica do Rio Sirinhaém. 28
Figura 20: Distribuição de classes de relevo da bacia hidrográfica do Rio Sirinhaém. 29
Figura 21: Bacias hidrográficas do litoral sul de Pernambuco. 32

Capítulo 3

Figura 01: Localização dos pontos batimétricos compilados. 36
Figura 02: *RV/Velella*, embarcação utilizada nas coletas dos dados batimétricos. 38

Figura 03: Localização das 62 amostras de teores de cascalho, areia, silte e argila, das 48 amostras de teores de carbonato de cálcio e dos 29 registros de fundos consolidados. 40
Figura 04: Mapa batimétrico da PCSPE, evidenciando os canais submersos e degraus intercalados por terraços. 41
Figura 05: Integração das falhas geológicas e topografia da PCSPE 42
Figura 06: Localização da porção distal do Canal das Campas, indicando a inflexão do canal. 43
Figura 07: Localização da porção distal do Canal da Zieta, indicando a inflexão do canal. 43
Figura 08: Localização das seções transversais efetuadas na superfície do MDE. 44
Figura 09: Perfis topográficos A, B, C e D, extraídos do MDE, indicando a presença dos três canais submersos: Canal das Campas (C), Canal do Meio (M) e Canal da Zieta (Z). 45
Figura 10: Aspecto do conjunto das 107 seções transversais ao Canal da Zieta, indicando os quatro setores topograficamente distintos (Camargo *et al.*, 2015). 46
Figura 11: Aspecto do conjunto das 60 seções transversais ao Canal do Meio, indicando os três setores topograficamente distintos. 48
Figura 12: Aspecto do conjunto das 120 seções transversais ao Canal das Campas, indicando os quatro setores topograficamente distintos. 49
Figura 13: Detalhe do setor I do Canal da Zieta. 50
Figura 14: Detalhe do setor II do Canal da Zieta. 51
Figura 15: Detalhe do setor III do Canal da Zieta. 52
Figura 16: Detalhe do setor IV do Canal da Zieta. 52
Figura 17: Detalhe do setor I do Canal do Meio. 53
Figura 18: Detalhe do setor II do Canal do Meio. 54
Figura 19: Detalhe do setor III do Canal do Meio. 55
Figura 20: Detalhe do setor I do Canal das Campas. 56
Figura 21: Detalhe do setor II do Canal das Campas. 57
Figura 22: Detalhe do setor III do Canal das Campas. 58
Figura 23: Detalhe do setor IV do Canal das Campas. 59
Figura 24: Localização dos degraus, indicando níveis de estabilização, marcadas pelas isóbatas de 50, 40 e 30 e 20 metros. 62
Figura 25: Distribuição das amostras analisadas por Kempf (1969), indicando a predominância de fundos compostos por algas calcárias nas plataformas continental média e externa, bem como a restrita distribuição de material terrígeno na plataforma continental interna. 63
Figura 26: Distribuição dos teores de areia da cobertura sedimentar da PCSPE. 64
Figura 27: Distribuição dos teores de cascalho da cobertura sedimentar da PCSPE. 65
Figura 28: Distribuição dos teores de lama da cobertura sedimentar da PCSPE. 66
Figura 29: Distribuição dos teores de carbonato de cálcio da cobertura sedimentar da PCSPE, indicando as 04 amostras com maior representatividade de material terrígeno, ou seja, baixos teores de carbonato de cálcio. 67
Figura 30: Localização dos substratos consolidados registrados em sonogramas analógicos e digitais, indicando prováveis antigas linhas de costa nas profundidades de 16-20 e 20-23 metros, bem como o provável caráter consolidado das bordas do Canal da Zieta. 68
Figura 31: Modelo paleogeográfico da PCSPE frente às oscilações do nível do mar na PCSPE, indicando a posição do nível há 120 mil anos, segundo Hanebuth (2003). 69

Figura 32: Modelo paleogeográfico da PCSPE frente às oscilações do nível do mar na PCSPE, indicando a posição média do nível entre110 e 80 mil anos, segundo Hanebuth (2003). 70
Figura 33: Modelo paleogeográfico da PCSPE frente às oscilações do nível do mar na PCSPE, indicando a posição média do nível entre 80 e 12 mil anos, segundo Hanebuth (2003). 71
Figura 34: Modelo paleogeográfico da PCSPE frente às oscilações do nível do mar na PCSPE, indicando a posição média do nível há 10 mil anos, segundo Hanebuth (2003). 72
Figura 35: Localização das 15 principais bacias hidrográficas do trecho de costa analisado, indicando áreas com alto potencial de ocorrência de canais submersos nas porções média e externa da plataforma continental leste brasileira 74
Figura 36: Integração entre parte emersa e submersa, indicando as conexões entre as atuais bacias hidrográficas e os canais submersos da PCSPE. 77

Capítulo 4

Figura 01: Aspecto do dispositivo estanque com três câmeras de segurança, rebocado pela embarcação *RV/Velella*, durante a execução dos vídeo-transectos. 83
Figura 02: Localização dos vídeo-transectos no Canal da Zieta. 84
Figura 03: Distribuição dos valores de declividade na PCSPE. 87
Figura 04: Contribuições, em termos de área, das classes de relevo relacionadas à declividade na PCSPE. 88
Figura 05: Padrão espacial da declividade na porção norte da área de estudo, localizando os relevos mais acidentados das bordas dos Canais das Campas e do Meio, bem como da própria PCSPE. 89
Figura 06: Detalhe do padrão espacial da declividade, junto ao setor IV do Canal das Campas, localizando os relevos forte ondulados, que marcam as íngremes bordas do canal. 89
Figura 07: Padrão espacial da declividade junto a Canal da Zieta. 90
Figura 08: Detalhe do padrão espacial da declividade junto ao setor II do Canal da Zieta. 91
Figura 09: Detalhe do padrão espacial da declividade junto ao setor IV do Canal da Zieta. 91
Figura 10: Detalhe do padrão espacial da porção interna da PCSPE. 92
Figura 11: Localização dos trechos da borda da PCSPE com maior definição topográfica. 93
Figura 12: Detalhe do padrão espacial da declividade no setor sul da borda da PCSPE. 93
Figura 13: Detalhe do padrão espacial da declividade no setor norte da borda da PCSPE. 94
Figura 14: Localização dos vídeo-transectos I e II, junto à borda do setor II do Canal da Zieta 95
Figura 15: Localização do vídeo-transecto III, junto à borda do setor IV do Canal da Zieta. 97
Figura 16: Estrutura com projeção em coluna, com topo expandido lateralmente, sugerindo uma origem biológica. 100
Figura 17: Estrutura com projeção em coluna, com topo expandido lateralmente, sugerindo uma origem biológica. 100
Figura 18: Estrutura maciça, sugerindo uma origem geológica. 101

Figura 19: Estrutura com projeção em coluna, com topo expandido lateralmente, sobreposta a uma estrutura maciça, sugerindo estruturas com origens distintas. 101
Figura 20: Estrutura com projeção em coluna, com topo expandido lateralmente, sobreposta a uma estrutura maciça, sugerindo estruturas com origens distintas. 102
Figura 21: Detalhe do padrão espacial da declividade no setor II do Canal das Campas. 104

LISTA DE TABELAS

Capítulo 1

Tabela 01: Reservatórios da bacia hidrográfica do Rio Una, com capacidade máxima acima de 1 milhão de m^3. Fonte: Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC). 10

Tabela 02: Reservatório da bacia hidrográfica do Rio Sirinhaém, com capacidade máxima acima de 1 milhão de m^3. Fonte: Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC). 11

Capítulo 2

Tabela 01: Parâmetros, variáveis, equações e classes relacionados ao sistema fluvial e topografia das bacias hidrográficas analisadas. 17

Tabela 02: Classes de relevo quanto à sua declividade, segundo a EMBRAPA (1979). 18

Tabela 03: Parâmetros morfométricos das bacias hidrográficas do litoral sul de Pernambuco. 30

Capítulo 3

Tabela 01: Detalhes sobre os levantamentos batimétricos primários e secundários na PCSPE. 57

Tabela 02: Parâmetros espaciais e morfométricos dos setores dos canais submersos da PCSPE. 60

Tabela 03: Parâmetros das bacias hidrográficas 75

Capítulo 4

Tabela 01: Localização, profundidades iniciais e finais e comprimento dos vídeo-transectos. 84

Tabela 02: Parâmetros aplicados na classificação das paisagens submersas e hábitats associados. Modificado de Schlacher *et al*. (2010). 85

Tabela 03: Aparentes relações entre a declividade do terreno e as paisagens associadas, inferidas a partir dos vídeo-transectos. 98

Geodiversidade e paisagens submersas de uma plataforma continental tropical no nordeste do Brasil

SUMÁRIO

Capítulo 1: Introdução Geral	01
1. Introdução	01
2. Motivação	03
3. Objetivos	04
3.1 Objetivo Geral	04
3.2 Objetivos Específicos	05
4. Área de Estudo	05
1 Porção emersa	07
4.2 Porção submersa	11
Capítulo 2: Caracterização Morfométrica das Bacias Hidrográficas do Litoral Sul de Pernambuco	15
1. Introdução	15
2. Material e métodos	16
3. Resultados	18
3.1 Bacia Hidrográfica do Rio Una	18
3.2 Bacia Hidrográfica dos Rios Ilhetas e Mamucabas	21
3.3 Bacia Hidrográfica do Rio Formoso	24
3.4 Bacia Hidrográfica do Rio Sirinhaém	27
4. Discussão	31
5. Conclusões	34
Capítulo 3: Topografia e Sedimentologia da Plataforma Continental Sul de Pernambuco	35
1. Introdução	35
2. Material e métodos	36
3. Resultados e Discussão	41
3.1 Topografia	41
3.1.1 Canais submersos	43
3.1.1.1 Canal da Zieta	51
3.1.1.2 Canal do Meio	54
3.1.1.3 Canal das Campas	56
3.1.2 Degraus	62
3.2 Cobertura sedimentar	63
3.2.1 Teores de cascalho, areia, silte e argila	64
3.2.2 Teores de carbonato de cálcio	67
3.2.3 Fundos consolidados	68
3.3 Modelo paleogeográfico da plataforma continental leste brasileira	69
3.4 Análise do potencial de canais submersos na plataforma continental leste brasileira	73
4. Conclusões	79
Capítulo 4: Paisagens Submersas (*Seascapes*) da Plataforma Continental Sul de Pernambuco	81
1. Introdução	81
2. Material e métodos	84
3. Resultados e Discussão	88
3.1 Distribuição espacial de declividade na PCSPE	88
3.1.1 Canal das Campas e Canal do Meio	90
3.1.2 Canal da Zieta	92

Plataforma Continental Interna 94
Borda da plataforma continental 94
3.2 Paisagens submersas 97
3.2.1 Vídeo-transectos 97
3.2.1.1 Vídeo-transectos I e II 97
3.2.1.2 Vídeo-transecto III 98
3.2.2 Outros registros 101
3.2.2.1 Imagens acústicas digitais 101
3.2.2.2 Fotografias subaquáticas 101
4..Conclusões 106
Capítulo 5: Considerações finais e Conclusões 108
1. Considerações finais 108
2. Conclusões gerais 110
Referências 112
Anexos 129

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO GERAL

1. Introdução

As plataformas continentais são definidas como "uma zona adjacente a um continente e que se estende a partir da linha de baixa-mar a uma profundidade na qual, normalmente, há um acentuado aumento de declividade em direção às profundezas oceânicas" (IHO, 2008). Reconhecidas como feições fisiográficas associadas às margens dos continentes, as plataformas constituem regiões aproximadamente planas, de baixa declividade e que bordejam o continente (Friedman *et al.*, 1992). Apesar da predominância de relevos monótonos, feições topográficas positivas e negativas podem ser observadas, intercalando superfícies com declividade típica de 1:1000 (Baptista Neto *et al.*, 2004).

As plataformas continentais representam apenas 8,91% do assoalho marinho (Harris *et al.*, 2014), contudo são palco de muitas atividades humanas como: a pesca industrial e artesanal; o turismo e lazer; o transporte de carga e passageiros; a exploração de petróleo, gás e conglomerados; a pesquisa científica; e a conservação da biodiversidade marinha.

Em margens continentais passivas, como no caso do Brasil, as áreas ocupadas pelas plataformas continentais respondem às variações eustáticas do nível do mar, ou seja, aumentam com sua subida e diminuem com sua descida. Em períodos glaciais, as plataformas continentais foram total ou parcialmente expostas à erosão subaérea e fluvial (Conti & Furtado, 2009; Blum *et al.*, 2013; Harris *et al.*, 2014). Durante o Último Máximo Glacial (UMG), as geleiras continentais atingiram seu volume máximo, o que resultou num declínio do nível do mar de cerca de 120 metros abaixo do atual (Yokoyama *et al.*, 2000; Clark *et al.*, 2009).

Estima-se que após o Último Máximo Glacial (UMG), num intervalo de aproximadamente 20 mil anos, o nível do mar tenha sofrido um acelerado aumento até atingir o nível atual (Droxler & Jorry, 2013). O fim da última glaciação marcou o início do Holoceno e, apesar de estarem atualmente submersas, as plataformas continentais podem revelar os efeitos das mudanças climáticas e variações eustáticas do nível do mar (Wagle & Veerayya, 1996; Gardner *et al.*, 2005; Gardner *et al.*, 2007; Weschenfelder *et al.*, 2008; Conti & Furtado, 2009; Blum *et al.*, 2013; Salzmann *et al.*, 2013; Harris *et al.*,

2014; Gomes *et al.*, 2015). No tocante ao passado recente, as plataformas continentais podem, inclusive, revelar vestígios de humanos ancestrais e sítios arqueológicos (Stright, 1986; Harris *et al.*, 2013). As plataformas continentais foram habitadas por *Homo sapiens* durante o UMG e muitas teorias antropológicas sugerem a ocorrência de antigos adensamentos humanos no litoral de outrora, ou seja, na atual plataforma continental externa (Hetherington *et al.*, 2008).

As plataformas continentais são, portanto, espaços dinâmicos, cuja extensão é variável no tempo geológico e correlacionada aos períodos glaciais e conseqüentes oscilações eustáticas do nível do mar. O caráter dinâmico das plataformas continentais é extremo ao ponto de desaparecem em casos em que, durante uma regressão marinha, o nível do mar ultrapasse os limites da quebra da plataforma. Dessa maneira, sua topografia atual é resultado do efeito cumulativo de erosão e sedimentação, relativo a numerosas oscilações do nível médio dos oceanos (Kennett, 1982). Já no tocante à sedimentologia, as plataformas continentais geralmente são recobertas por um complexo mosaico de sedimentos recentes e antigos, exposto ao retrabalhamento, durante essas oscilações (Freire, 2006).

A natureza submersa das plataformas continentais impõe um grande desafio para o reconhecimento e mapeamento de seu assoalho. A plataforma continental brasileira é alvo de estudos desde o fim do século XX, contudo, em termos de escala e recobrimento, o conhecimento ainda é esparso e desigual (Figueiredo, 2008). A plataforma continental de Pernambuco compõe o setor Leste da plataforma continental brasileira (Baptista Neto *et al.*, 2004), portanto com largura de até 50 km, e a quebra da plataforma, entre 40 e 80 metros de profundidade.

A plataforma continental de Pernambuco é reconhecida como um ambiente sedimentar predominantemente carbonático e, devido ao baixo aporte de material sedimentar de fontes terrígenas, pode ser considerada uma plataforma tropical tipicamente faminta (Dominguez 2009; Muehe, 2010; Camargo *et al.*, 2015; Copertino *et al.*, 2016). Outra característica marcante desta plataforma é a ocorrência de arenitos de praia, ou seja, sedimentos litificados na zona entre marés, cimentados por carbonato de cálcio, geralmente dispostos paralelamente à linha de costa e com forma alongada e estreita (Ferreira Júnior, 2010).

Dessa forma, as águas claras e quentes, bem como a oferta de substratos consolidados propiciaram condições favoráveis à ocorrência de ambientes recifais explorados pela pesca artesanal de pequena escala. Vale ressaltar que o conceito de

ambientes recifais, aplicado neste trabalho, refere-se aos hábitats bentônicos associados a substratos consolidados de quaisquer origem, representados por relevos positivos e negativos. Nesse contexto, o trabalho pretendeu avançar no reconhecimento de padrões espaciais da geodiversidade da Plataforma Continental Sul de Pernambuco (PCSPE), em especial àquela associada aos canais submersos explorados pela pesca artesanal, bem como às paisagens submersas (*seascapes*) dominadas por substratos consolidados.

A tese partiu das premissas de que as variações eustáticas do nível do mar e a drenagem continental representaram os principais processos modeladores da PCSPE, e de que a heterogeneidade do assoalho marinho implicou em uma suposta maior biodiversidade local, através da oferta de hábitats com diferentes níveis de complexidade estrutural. A investigação aqui descrita envolveu, de forma integrada, a porção emersa compreendida pelas bacias hidrográficas do litoral sul de Pernambuco e, entre as profundidades de 10 a 120 metros, a plataforma continental e a transição para o talude superior.

A tese foi dividida em 05 capítulos, onde o primeiro tratou da introdução geral ao tema, com a motivação e objetivos do trabalho, e também uma descrição da área de estudo; o segundo abordou uma análise morfométrica das bacias hidrográficas do litoral sul de Pernambuco; o terceiro tratou sobre a topografia e sedimentologia da PCSPE, e apresentou um modelo paleogeográfico e análise do potencial de ocorrência de canais submersos na plataforma continental leste brasileira; o quarto discutiu o padrão espacial de distribuição de declividade, paisagens submersas e ambientes recifais associados na PCSPE; e o quinto reuniu uma discussão acerca das implicações do mapeamento aqui apresentado e as conclusões finais. Por fim, os anexos reuniram: i. tabelas com dados das amostras sedimentológicas; e ii. pranchas com *frames* dos vídeo-transectos e imagens acústicas digitais.

2. Motivação

Geralmente, o mapeamento da geodiversidade e ambientes bentônicos associados é impulsionado por demandas relacionadas ao manejo pesqueiro, ao desenho de reservas marinhas, às avaliações sobre impactos ambientais frente ao desenvolvimento de atividades *offshore*, e ao manejo do descarte de material proveniente de dragagens (Baker & Harris, 2011).

Kempf (1969) realizou o primeiro estudo relacionado à natureza dos fundos na plataforma continental de Pernambuco. Esta iniciativa pioneira, provavelmente, foi

motivada pela política de prospecção pesqueira e incentivos fiscais, no período de 1968 a 1974 (Abdallah & Bacha, 1999), visto que a natureza dos fundos foi atrelada aos recursos pesqueiros, como lagostas e camarões, com elevado valor unitário e uma produção quase toda voltada ao mercado externo (Giulietti & Assumpção, 1995).

Nos últimos 46 anos, pouco se avançou em relação ao refinamento das informações sistematizadas por Kempf (1969). Atualmente a produção pesqueira sinaliza uma tendência de estabilidade dos estoques, após uma relativa queda entre os anos de 1986 e 1990, contudo, os níveis de produção atingidos entre os anos de 1980 e 1984 ainda não foram recuperados (MPA, 2012). Diante da importância do setor pesqueiro, esse contexto gera demandas por iniciativas de manejo, de criação de Áreas Marinhas Protegidas e execução de planos espaciais marinhos, num enfoque ecossistêmico e adaptativo (Sale *et al.*, 2014).

A execução desta pesquisa representou um reconhecimento em maior detalhe da geodiversidade e paisagens submersas da Plataforma Continental Sul de Pernambuco (PCSPE), considerando-o estratégico para a economia, ciência, conservação da biodiversidade marinha e segurança alimentar. Além disto, foi uma oportunidade para adaptar tecnologias e métodos de baixo custo a um protocolo replicável, no sentido de superar prováveis limitações operacionais, frente aos altos custos de levantamentos oceanográficos em alto-mar.

Nesse sentido, esta tese buscou levar luz aos seguintes questionamentos:

#1. Quais as características das bacias hidrográficas do litoral sul de Pernambuco?

#2. Quais são os padrões espaciais de distribuição de profundidade, declividade, teores de carbonato de cálcio, cascalho, areia e lama; além das paisagens submersas e ambientes recifais na PCSPE?

#3. A partir da distribuição espacial de feições topográficas submersas, que inferências podem ser obtidas sobre o passado recente da PCSPE?

#4. Há potencial de que estas feições topográficas controlem/determinem processos oceanográficos e a distribuição de paisagens e espécies?

#5. Com base nessas informações é possível identificar áreas prioritárias para a conservação?

3. Objetivos

3.1 Objetivo Geral:

- Identificar os padrões espaciais da geodiversidade e paisagens submersas da PCSPE, no sentido de contribuir para a conservação da biodiversidade local, em especial àquela relacionada aos canais submersos, substratos consolidados e ambientes recifais associados.

3.2 Objetivos específicos:

- Efetuar uma caracterização morfométrica da rede hidrográfica que flui em direção `plataforma continental leste brasileira;

- Descrever: i) as feições topográficas localizadas entre 10 e 120 metros de profundidade; ii) a distribuição espacial de teores de cascalho, areia, silte, argila e carbonato de cálcio da cobertura sedimentar; e iii) as paisagens submersas e ambientes bentônicos associados;

- Com base na distribuição espacial dos componentes descritos, inferir acerca dos prováveis processos de erosão subaérea e oscilações do nível do mar, considerado-os os principais modeladores/controladores da geodiversidade local;

- Discutir acerca da relação entre a declividade e a distribuição de paisagens dominadas por substratos consolidados e ambientes recifais associados, no sentido de contribuir para a conservação dos mesmos.

4. Área de Estudo

A área de estudo compreendeu uma porção emersa e outra submersa do sul do estado de Pernambuco. Sua porção submersa foi representada pela plataforma continental e talude superior, entre 10 e 120 metros de profundidade, ao largo do trecho de litoral entre a foz do Rio Una e a foz do Rio Sirinhaém. Já a porção emersa foi representada pela área coberta pela rede de drenagem que flui em direção a este mesmo trecho de litoral (Figura 01). Desta forma, a área de estudo envolveu milhares de quilômetros quadrados, incluindo o agreste, a zona da mata, o litoral e a Plataforma Continental Sul de Pernambuco (PCSPE).

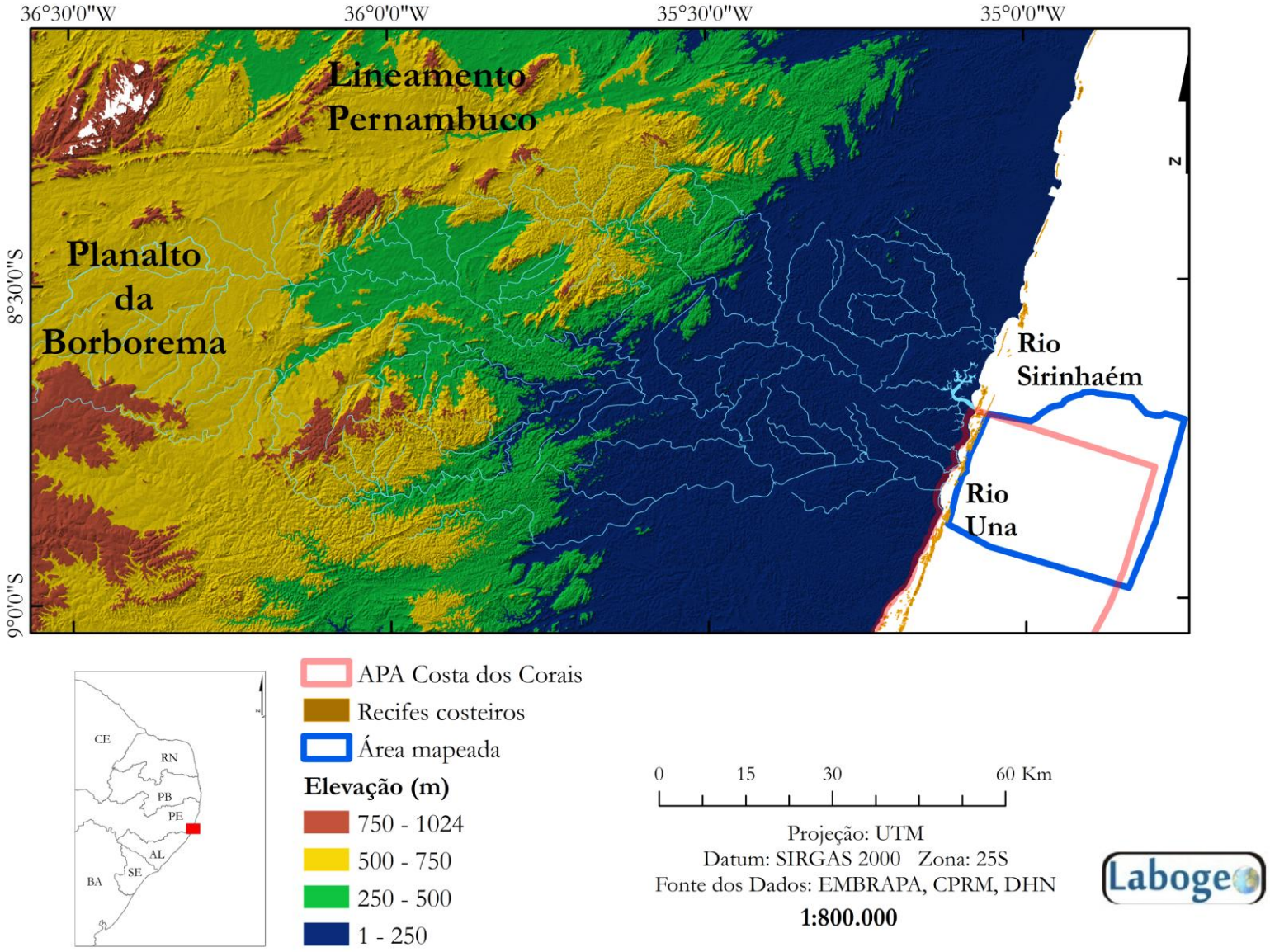


Figura 01: Mapa hipsométrico da porção emersa da área de estudo, com destaque para o Lineamento Pernambuco, o Planalto da Borborema, os Rios Una e Sirinhaém, a APA Costa dos Corais, os recifes costeiros e a área submersa mapeada.

4.1. Porção emersa

A porção emersa da área de estudo está geologicamente inserida na Província Borborema, o conjunto de unidades geológicas estabilizadas ao final da orogênese brasiliana (Almeida *et al.*, 1977). Como principais feições topográficas, destacam-se o Lineamento Pernambuco e o Planalto da Borborema. O Lineamento Pernambuco e seu entorno situam-se em uma das mais ativas áreas da província em questão, sendo descrito como uma zona de cisalhamento de escala continental, com mais de 700 quilômetros de extensão, e com evidente expressão na superfície (Dayvison *et al.*, 1995).

Já o Planalto da Borborema é considerado a principal unidade do relevo nordestino brasileiro (Corrêa *et al.*, 2010). Segundo esses autores, o Planalto da Borborema corresponde ao conjunto de terras altas e contínuas que se distribuem ao longo da fachada do Nordeste oriental do Brasil, ao norte do rio São Francisco, acima da cota de 200 metros, cujos limites são marcados por uma série de desnivelamentos topográficos, cuja gênese epirogênica está ligada ao quebramento de Gondwana e ao magmatismo intraplaca atuante ao longo do Cenozóico. Como litotipos cristalinos, destacam-se os maciços arqueanos remobilizados, os sistemas de dobramentos brasilianos e as intrusões ígneas neoproterozóicas sin, tardi e pós-orogênicas.

O Planalto da Borborema influencia a área de drenagem continental, ocupada pelas bacias hidrográficas do Rio Una e Rio Sirinhaém e que abrangem quatro microrregiões do estado de Pernambuco: i. a Mata Meridional Pernambucana; ii. o Brejo Pernambucano; iii. a Microrregião de Garanhuns; e iv. a Microrregião do Vale do Ipojuca (www.teritoriosdacidadania.gov.br). A Microrregião da Mata Meridional Pernambucana, situada em altitudes mais baixas, é o mais importante centro de cultivo de cana-de-açúcar do estado, e inclui grande parte da área de estudo. As Microrregiões de Garanhuns, Vale do Ipojuca e o Brejo Pernambucano já fazem parte do Agreste Pernambucano e situam-se nas altitudes mais elevadas do interior do estado de Pernambuco, o Planalto da Borborema. Dessa maneira, a drenagem continental abrange as regiões altas do agreste pernambucano, a zona da mata e o litoral, influenciando também a plataforma continental interna (0-20m) (Strenzel, 2002; Manso *et al.*, 2003; Macedo, 2009).

De acordo com a idade das rochas que compõem as unidades geológicas da área de estudo, são identificados dois grupos distintos: um primeiro constituído por rochas de

idades pré-cambrianas e o segundo por rochas sedimentares, vulcânicas e sedimentos recentes, com idades variando do Cretáceo ao Quaternário (Nascimento *et al.*, 2012). As rochas mais antigas do embasamento cristalino apresentam idades entre 2,10 bilhões de anos até 542 milhões de anos e são principalmente representadas por litotipos dos complexos Belém do São Francisco e Cabrobó e por suítes magmáticas. O grupo de unidades geológicas mais recentes é composto por rochas com idade entre 120 milhões de anos aos dias atuais e são representadas pelas formações Cabo, Ipojuca, Algodoais, Estiva e Barreiras, além dos depósitos aluvionares, flúvio-marinhos e litorâneos (Figura 02).

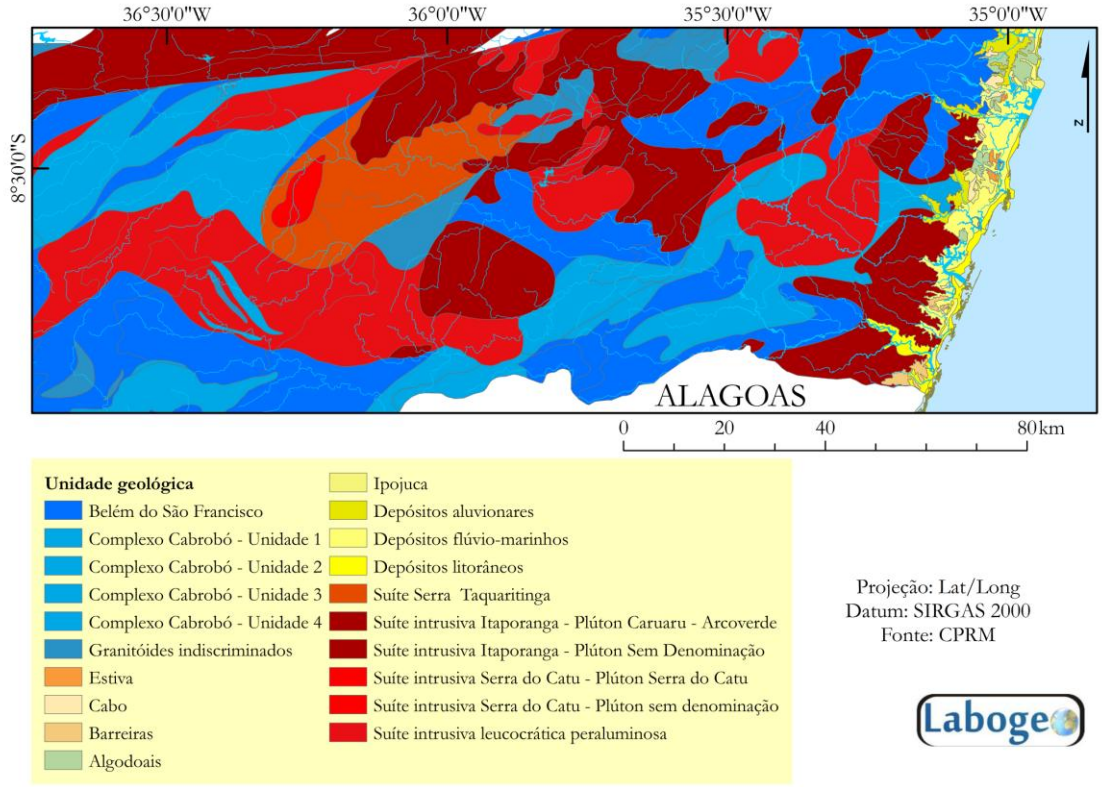


Figura 02: Mapa com as unidades geológicas da porção emersa da área de estudo.

Segundo Lima (2007), a área de estudo engloba três zonas fitogeográficas: litoral, mata e caatinga. A zona do litoral, de acordo com a localização, altitude, tipo de solo e maior ou menor concentração salina, é subdividida em subzonas: marítimas, praias, restingas e mangues, cada uma destas, com flora própria e caracterização fisionômica bem definida. A mata pernambucana divide-se em três subzonas, definidas pelos índices de pluviosidade e pela altitude de ocorrência: mata úmida, mata seca e

matas serranas. Já a caatinga constitui uma transição para o sertão, com a ocorrência de uma vegetação mais adaptada às condições semi-áridas.

Em relação ao relevo, na área de estudo são verificados nove classes (CPRM, 2014), desde as planícies costeiras até o domínio montanhoso junto ao Planalto da Borborema (Figura 03). Na porção mais interior se concentram o domínio montanhoso, chapadas, platôs e planaltos. Na zona costeira, por sua vez, se concentram os tabuleiros dissecados e as planícies fluviais, flúvio-marinhas e costeiras. Na porção central da área se distribuem o domínio de morros e de serras baixas, além do domínio das colinas dissecadas e morros baixos.

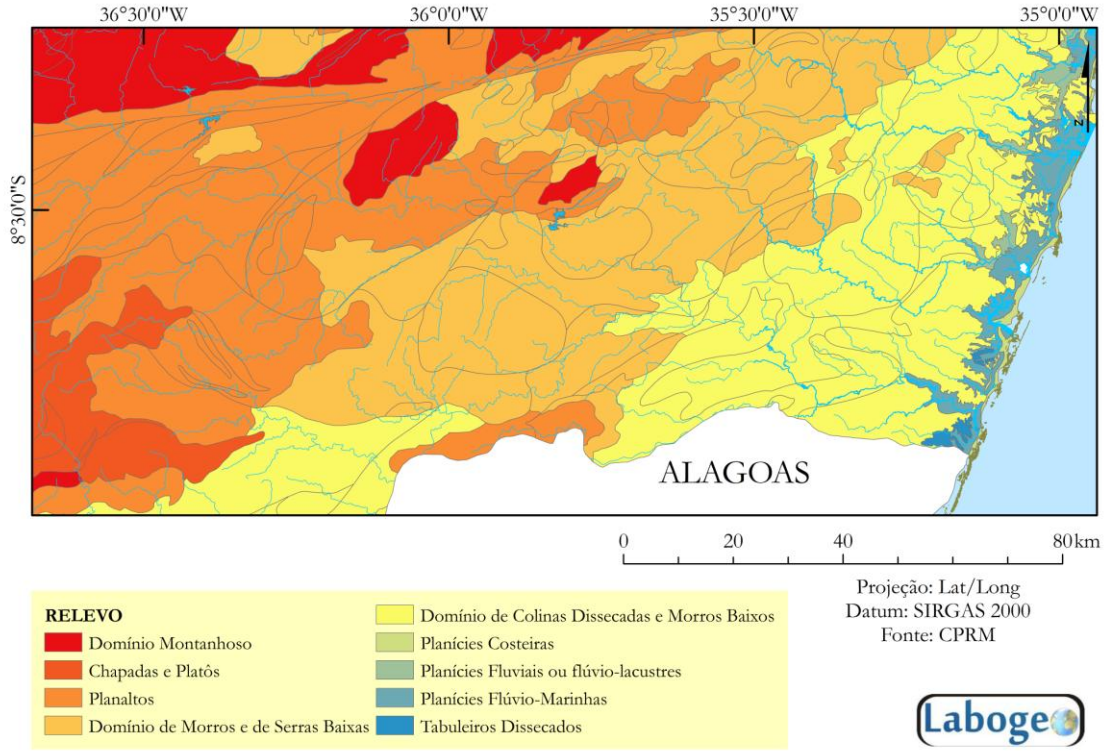


Figura 03: Relevo emerso da área de estudo.

O clima na área é considerado como tropical úmido, onde ocorrem as estações seca e chuvosa. O período seco se estende de setembro a março, quando mais de 95% da precipitação fica abaixo dos 400 mm (Araújo, 2003). Já o período chuvoso se estende de abril a agosto, onde ocorrem 70 a 75% das chuvas totais (Lima, 2001). A temperatura média anual é de 24ºC, com precipitação média de 1309,9 mm (CPRH, 2003).

Em relação à hidrografia, a área continental emersa é recortada por duas principais redes de drenagem: a do Rio Una e a do Rio Sirinhaém. A nascente do Una se

localiza no município de Capoeiras, no Vale do Ipojuca, apresentando-se intermitente até aproximadamente à cidade de Altinho, no Brejo Pernambucano, quando se torna perene (http://www.apac.pe.gov.br). Possui uma extensão de cerca de 290 km, tendo como principais afluentes, pela margem direita, o Riacho Quatis, o Rio da Chata, o Rio Pirangi, o Rio Jacuípe e o Rio Caraçu. Pela margem esquerda, destacam-se o Riacho Riachão, o Riacho Mentirosas, o Riacho do Sapo, o Rio Camevô e o Rio Preto. Segundo Carvalho Neto *et al.* (2014), a vazão média registrada na estação fluviométrica do município de Capivara, no Agreste Pernambucano, para o período entre 1977 a 2006, foi de 3,45 m^3*s^{-1}, enquanto que a vazão média registrada na estação fluviométrica do município de Palmares, na Mata Meridional Pernambucana, no período de 1967 a 2006, foi de 31,6 m^3*s^{-1}. Contudo, durante evento extremo ocorrido em 2000, a estação de Capivara registrou uma vazão de 404 m^3*s^{-1} e a de Palmares 1.134 m^3*s^{-1} (Carvalho Neto *et al.*, 2014) A bacia do Rio Una ainda possui seis reservatórios, todos com capacidade superior a 01 milhão de metros cúbicos (Tabela 01).

Tabela 01: Reservatórios da bacia hidrográfica do Rio Una, com capacidade máxima acima de 01 milhão de m^3. Fonte: Agência Pernambucana de Águas e Clima - APAC (http://www.apac.pe.gov.br).

Reservatório	**Capacidade (m^3)**	**Município**	**Microrregião**
Brejo do Buraco	1.070.000	Altinho	Brejo Pernambucano
Caianinha	1.361.340	São Joaquim do Monte	Brejo Pernambucano
Gurjão	3.897.000	Capoeiras	Vale do Ipojuca
Pau Ferro	12.175.000	Quipapá/Jurema	Mata Meridional Pernambucana/Garanhuns
Poço de Areia	2.300.000	Bezerros	Vale do Ipojuca
Prata	42.147.000	São Joaquim do Monte/Belém de Maria	Brejo Pernambucano/Mata Meridional Pernambucana

Em relação à bacia do Rio Sirinhaém, o rio homônimo é o principal curso d'água da bacia, tendo sua nascente no município de Camocim de São Félix. Sua extensão é de aproximadamente 158 km, com sentido noroeste-sudeste, no qual atravessa as sedes municipais de Cortês e Gameleira. Os principais afluentes do rio Sirinhaém são: na margem esquerda, os Riachos do Sangue e os Rios Amaraji, Camaragibe, Tapiruçu e Sibiró; e, na margem direita, os Riachos Seco, Tanque de Piabas e Várzea Alegre, Córrego Sabiá e Rio Cuiambuca (http://www.apac.pe.gov.br). Variações sazonais das

vazões observada no rio Sirinhaém indicam a ocorrência de um período úmido, compreendido entre maio a outubro, sendo julho, com vazão média de 59 m^3*s^{-1}, o mês onde geralmente ocorrem os maiores deflúvios com vazões máximas de até 122 m^3*s^{-1}. O período de estiagem vai de novembro e abril, com valores mínimos observados no mês de dezembro, onde são registrados valores médios da ordem de 14 m^3*s^{-1} e mínimos da ordem de 4,7 m^3*s^{-1} (ITEP, 2011). A bacia do Rio Sirinhaém possui apenas um reservatório com capacidade máxima acima de 1 milhão de metros cúbicos (Tabela 02).

Tabela 02: Reservatório da bacia hidrográfica do Rio Sirinhaém, com capacidade máxima acima de 1 milhão de m^3. Fonte: Agência Pernambucana de Águas e Clima - APAC (http://www.apac.pe.gov.br).

Reservatório	Capacidade (m^3)	Município	Microrregião
Brejão	1.625.000	Sairé	Brejo Pernambucano

4.2. Porção submersa

A Plataforma Continental Sul de Pernambuco (PCSPE) está localizada no domínio marginal distensivo da Bacia Sedimentar Marginal de Pernambuco, uma das bacias da margem leste do nordeste do Brasil, sendo considerado a última ligação entre a África e a América do Sul (Rand & Mabesoone, 1982). A Bacia de Pernambuco está relacionada ao Maciço Pernambuco-Alagoas e é delimitada, ao sul pelo Alto de Maragogi, e ao norte pelo Lineamento Pernambuco.

A porção submersa da área de estudo engloba 934 km^2 da plataforma continental , ao largo do trecho de litoral delimitado ao sul pelo estuário do Rio Una e ao norte pelo estuário do Rio Sirinhaém (Figura 04). Parte da área de estudo inclui a Área de Proteção Ambiental Costa dos Corais, Unidade de Conservação de Uso Sustentável marinha federal, criada com o objetivo de preservar o caráter social, econômico e cultural da pesca artesanal e para proteger os manguezais, recifes de coral e espécies ameaçadas como o peixe-boi marinho (*Trichechus manatus*).

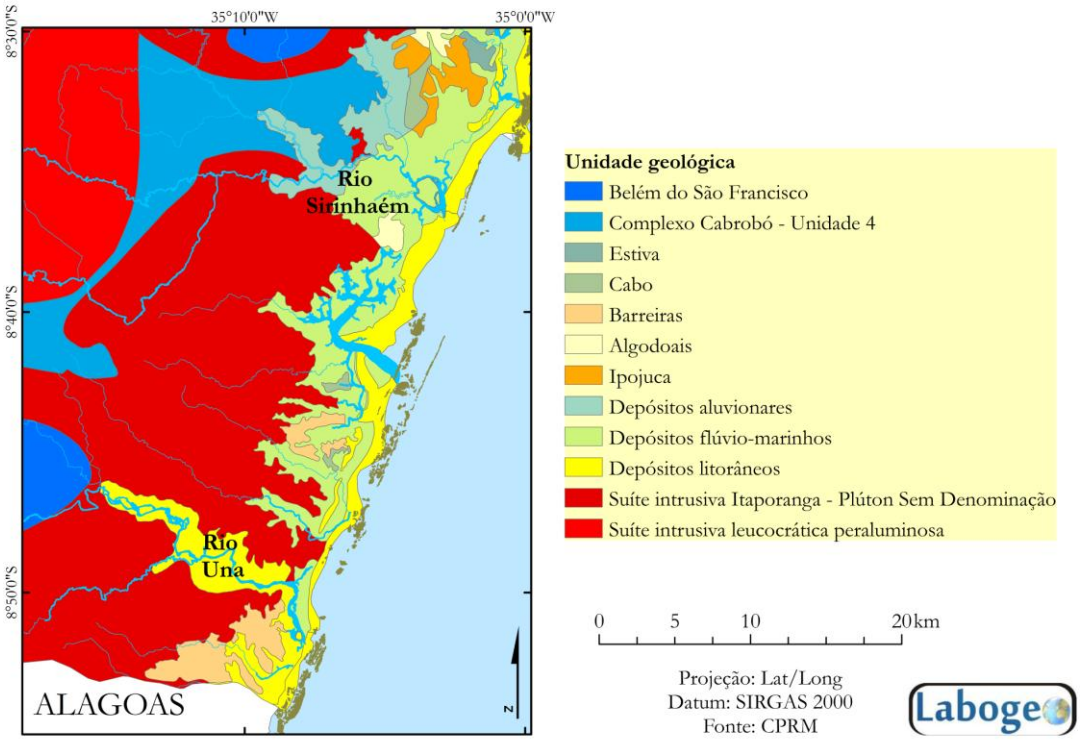


Figura 04: Unidades geológicas da zona costeira no sul do estado de Pernambuco.

Segundo Freire *et al.* (2009), de modo geral, a plataforma continental pode ser dividida em três setores distintos: a plataforma interna (0-20 m), média (20-40 m) e externa (>40 m). A plataforma interna é caracterizada por um relevo irregular e suave declive, com cobertura sedimentar composta, predominantemente, por areias quartzosas. A fauna é constituída de moluscos, com ou sem foraminíferos bentônicos. Na plataforma média, o relevo também apresenta irregularidades e a cobertura sedimentar é dominada por areias e cascalhos de algas, com significativos teores de carbonato de cálcio. Na plataforma externa, o relevo também apresenta irregularidades e a cobertura sedimentar é dominada por cascalhos, areias e lamas biodetríticas.

Desde a segunda metade do século XX, a plataforma continental de Pernambuco tem sido descrita como uma superfície sedimentar de declividade suave e reduzida largura, localizada em águas rasas, quentes e com alta salinidade (Kempf, 1969; Manso *et al.*, 2003; Araújo *et al.*, 2004). A plataforma continental é coberta predominantemente por sedimentos carbonáticos biogênicos, já que as condições são favoráveis à ocorrência de organismos secretores de carbonato, especialmente as algas do gênero *Melobesia*, *Lithothamnium*, *Halimeda* e *Udotea* (Coutinho & Moraes, 1968; Kempf, 1969).

Os ventos alísios exercem grande influência local, devido ao caráter raso da plataforma, e suas velocidades médias variam de 3,1 a 4,7 $m*s^{-1}$, com direções predominantes de E-SE, entre abril e setembro, e de E-NE, de outubro a março (Araújo, 2003). Nesta região costeira ocorrem mesomarés (Araújo, 2003). As ondas de gravidade que atingem o litoral de Tamandaré apresentam alturas médias de 0,66 metro, sendo, portanto, consideradas de baixa intensidade, face aos cordões de recifes que amortecem a força das mesmas (Farias, 2002).

Na porção mais rasa da PCSPE, os arenitos de praia são um elemento marcante na paisagem costeira (Guimarães *et al.*, 2016). Essas rochas sedimentares situam-se na zona entre marés e ficam expostas durante as marés baixas, enquanto que linhas mais distantes da costa, permanecem completamente submersas (Mabesoone, 1964; Laborel, 1970; Maida & Ferreira, 1997). Nesta região, as condições são favoráveis ao desenvolvimento de ambientes recifais sobre tais substratos consolidados e, também, como pináculos individuais que se estendem lateralmente no topo (Laborel, 1970; Maida & Ferreira, 1997; Castro & Pires, 2001).

A área apresenta canais e recifes submersos, consideradas feições topográficas correlacionadas com as recentes oscilações do nível eustático do mar (Michelli *et al.*, 2001; Camargo *et al.*, 2007; Camargo *et al.*, 2015). Estas feições são pesqueiros, bem conhecidos pelos pescadores locais, e a produtividade da pesca junto a elas, provavelmente, deve-se à presença de substratos duros tridimensionais, capazes de promover ambientes com maior complexidade estrutural que, por sua vez, suportam uma maior biodiversidade (Reaka-Kudla, 1997).

As porções do assoalho marinho compostas por substratos consolidados com declividade mais acentuadas são áreas exploradas por pescadores artesanais em embarcações motorizadas ou a vela, que operam ao longo da plataforma continental e talude superior (Silva, 1993; Ferreira & Maida, 2007). Tal pesca comercial de pequena escala representa uma importante fonte de renda para a população local (Ferreira *et al.*, 1998). A frota pesqueira é composta por embarcações com menos de 12 metros de comprimento, e com pouca ou nenhuma tecnologia para a navegação e localização de cardumes (IBAMA, 2008). Portanto, os pescadores tendem a explorar sempre os mesmos pesqueiros, localizados por marcas em terra. Outra modalidade da pesca comercial de pequena escala é a pesca de camarões, que explora pequenos bolsões de lama na plataforma continental interna, em profundidade média de 20 metros (Coelho & Santos, 1993; Santos, 1996; Tischer & Santos, 2002; Tischer & Santos, 2003; Silva &

Santos, 2007; Santos & Freitas, 2007). Por fim, vale citar a pesca de armadilha (covos), que explora fundos compostos por cascalhos e recifes submersos nas plataformas média e externa (Ribeiro, 2000; Ribeiro, 2004; Marques & Ferreira, 2010).

CAPÍTULO 2 - CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DO LITORAL SUL DE PERNAMBUCO

1. Introdução

Segundo Christofoletti (1980), os rios funcionam como canais de escoamento, e constituem os agentes mais importantes no transporte dos materiais intemperizados das áreas elevadas para as mais baixas, e dos continentes para o mar. Ademais, constituem o processo morfogenético dos mais ativos na esculturação da paisagem terrestre. Os rios são um extraordinário fenômeno natural, que imprime profundos traços físicos, culturais e psicológicos nas sociedades humanas, sendo capazes de trazer a vida e a morte, a civilização e a devastação, a oportunidade e o risco (Sadoff & Grey, 2002).

Desde 1997, a Política Nacional de Recursos Hídricos (Brasil, 1997) adotou o conceito de bacias hidrográficas, definidas, por Lima & Zakia (2000), como sistemas abertos, que ganham energia através de agentes climáticos e a perdem através do deflúvio. Desde então, a caracterização morfométrica de uma bacia hidrográfica é um dos primeiros e mais comuns procedimentos executados em análises hidrológicas e ambientais, e tem como objetivo, elucidar as várias questões relacionadas ao entendimento da dinâmica ambiental local e regional (Teodoro *et al*., 2007).

A dinâmica ambiental de regiões costeiras envolve a ação dos rios, das marés e ondas, e geralmente a drenagem continental influencia as porções mais rasas de uma plataforma continental. Tal influência está relacionada à carga sedimentar transportada pelos rios, considerada um dos fatores responsáveis pelo desenvolvimento de ambientes costeiros deposicionais, tais como deltas e bancos arenosos (Kennett, 1982).

Em relação ao litoral sul pernambucano, estudos já indicaram que a influência da drenagem continental se restringe aos limites da plataforma continental interna, em torno de 20 a 25 metros de profundidade (Kempf, 1969; Strenzel, 2002; Manso *et al*., 2003; Macedo, 2009). Na área, a descarga sedimentar das bacias hidrográficas é responsável pela ocorrência de pequenos e isolados bolsões de lama, que são explorados pela pesca de camarões (Coelho & Santos, 1993; Santos, 1996; Tischer & Santos, 2002; Tischer & Santos, 2003; Silva & Santos, 2007; Santos & Freitas, 2007). Contudo, esta mesma descarga sedimentar, representa um risco ambiental para colônias de coral, uma

vez que a turbidez e qualidade da água oriunda das bacias hidrográficas, podem desencadear fenômenos localizados de branqueamento e mortalidade (Macedo, 2009).

Atualmente, as bacias hidrográficas do litoral sul de Pernambuco são limitadas a leste pela linha de costa. Todavia, se considerarmos que a Plataforma Continental Sul de Pernambuco (PCSPE) esteve completamente exposta na maior parte do tempo nos últimos 01 milhão de anos (Lea *et al.*, 2002; Waelbroeck *et al.*, 2002; Berger, 2008; Blum & Hattier-Womack, 2009), as bacias hidrográficas em questão, já se estenderam até o talude superior, onde localizava-se a linha de costa durante o Último Máximo Glacial (UMG).

Durante períodos de regressão marinha, a conseqüente exposição subaérea da plataforma continental implicou na ampliação da área da drenagem continental e, portanto, da influência erosiva das bacias hidrográficas. Os canais submersos, que foram mapeados nesta tese (Capítulo 03), são o registro desta ampliação. Nesse sentido, a tese propõe uma análise integrada da hidrografia atual e canais submersos na plataforma continental adjacente, como meio de facilitar a compreensão dos processos modeladores das paisagens terrestres e submersas. Neste capítulo, a topografia, declividade e hidrografia da porção emersa adjacente à PCSPE são apresentados no âmbito de uma caracterização morfométrica das bacias hidrográficas que fluem em direção ao litoral sul de Pernambuco.

2. Material e métodos

A análise espacial das bacias hidrográficas foi baseada em um Modelo Digital de Elevação (MDE), gerado a partir dos dados do Projeto TOPODATA (Instituto de Pesquisas Espaciais - INPE), com cobertura nacional e disponíveis na rede mundial de computadores (http://www.webmapit.com.br/inpe/topodata/). Segundo Valeriano & Rosseti (2010), os dados disponíveis do TOPODATA foram corrigidos e submetidos a um refinamento no tamanho de célula (*pixel*) para 30 metros, através de interpolação pelo método de krigagem. Portanto, trata-se dos dados mais acurados de altimetria por satélite para o território nacional, em comparação com os dados ASTER GDEM e SRTM, com resolução horizontal de 30 metros e vertical de 1 metro (Landau & Guimarães, 2011; Marques *et al.*, 2011; Araújo *et al.*, 2014).

Os dados TOPODATA foram adquiridos, integrados em um mosaico e submetidos a técnicas de geoprocessamento, que permitiram a delimitação das bacias hidrográficas, bem como obter a topografia e declividade de cada bacia e os valores

morfométricos de área, perímetro, fator de forma, índice de circularidade, coeficiente de compacidade e amplitude altimétrica (Spanghero *et al.*, 2015).

A rotina de geoprocessamento utilizada foi aquela descrita por Gonzáles (2014), executada no ambiente do *software ArcMap 10.1*, e que envolveu recursos dos pacotes *Spatial Analist Tools, Analysis Tools, Conversion Tools, Data Management Tools*. A delimitação das bacias hidrográficas considerou a topografia do MDE e foi executada através do conjunto de ferramentas *Hidrology*, incluindo a definição da direção e acúmulo de fluxo, bem como da localização do encontro das bacias com a linha de costa. Os limites de cada bacia subsidiaram a definição dos parâmetros morfométricos (Tabela 01).

Tabela 01: Parâmetros, variáveis, equações e classes relacionados ao sistema fluvial e topografia das bacias hidrográficas analisadas.

CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA FLUVIAL	
Área superficial (km^2)	A
Perímetro (km)	P
Fator de Forma	$F=A/L^2$
Índice de circularidade	$IC=(12,57*A)/P^2$
Coeficiente de compacidade	$Kc=0,28*(P/\sqrt{A})$
CARACTERÍSTICAS DA TOPOGRAFIA	
Padrão de drenagem	Dendrítica, em treliça, retangular, paralela, radial, anelar ou irregular
Amplitude altimétrica	Altitude máxima - altitude mínima

Em ambiente SIG, a hipsometria de cada bacia também foi sobreposta às estruturas geológicas de falhas da Província Borborema (CPRM, 2008), no sentido de verificar a ocorrência de controle estrutural no sistema fluvial, evidenciado pelo alinhamento entre os cursos d'água e as falhas estruturais na bacia hidrográfica.

Com os recursos de geoprocessamento do *ArcMap 10.1*, as curvas hipsométricas e a contribuição das cotas de altitude, em termos de percentual de área de cada bacia, foram geradas. Por fim, a partir dos dados de altitudes, a declividade do terreno foi

calculada, bem como a contribuição relativa de cada categoria de relevo, segundo a classificação da EMBRAPA (1979) (Tabela 02).

Tabela 02: Classes de relevo quanto à sua declividade, segundo a EMBRAPA (1979).

Declividade	**Tipo de Relevo**
0 a 3°	Plano
3° a 8°	Suave ondulado
8° a 20°	Ondulado
20° a 45°	Forte ondulado
45° a 75°	Montanhoso
> 75°	Escarpado

3. Resultados

3.1. Bacia Hidrográfica do Rio Una

A bacia hidrográfica do Rio Una é a maior da área de estudo, e conecta o Planalto da Borborema ao mar, influenciando o agreste, a zona da mata e o litoral pernambucano. Seu ponto mais ao interior do continente se localiza a aproximadamente 170 km de distância em relação ao mar. O padrão de drenagem é paralelo o que, segundo Christofoletti (1980), sugere a presença de vertentes, onde existem controles estruturais que motivam a ocorrência de espaçamento regular, quase paralelo, das correntes fluviais, sendo comum sua presença em áreas de lineamentos topográficos e falhas paralelas.

A altitude máxima do modelo gerado para a bacia hidrográfica do Rio Una é de 1.026 metros, nas regiões mais elevadas do Planalto da Borborema (Figura 01). A altitude média foi de 460 metros e a coincidência de orientação entre falhas de cisalhamento e segmentos fluviais sugere controle estrutural sobre a hidrografia dessa bacia.

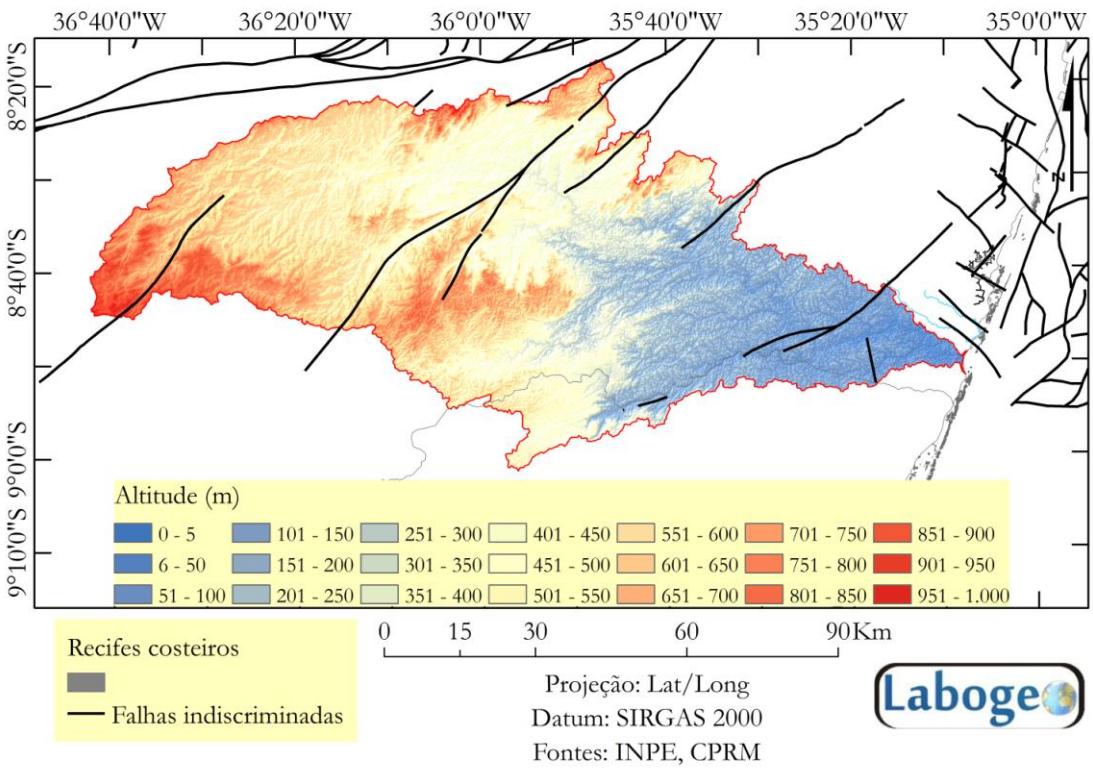


Figura 01: Hipsometria e estruturas geológicas da bacia hidrográfica do Rio Una.

A curva hipsométrica desta bacia é influenciada pelo Planalto da Borborema, que impõe um padrão caracterizado por dois patamares (Figura 02), um relativo às cotas do planalto propriamente dito, com valores superiores a 400 metros, e outro relativo à zona da mata, com valores inferiores a 200 metros.

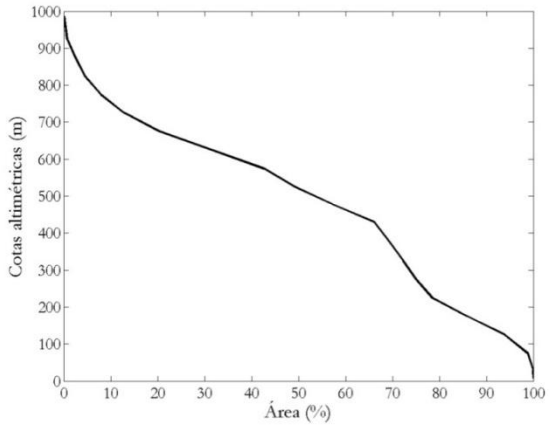


Figura 02: Curva hipsométrica da bacia hidrográfica do Rio Una.

Em termos de área percentual, esta expressão do Planalto da Borborema se torna ainda mais evidente, principalmente para cotas de 600-650 e 650-700 metros de altitude

(Figura 03). A contribuição dessas áreas mais altas, bem como a das cotas de 150-200 metros de altitude, impõe um aspecto bimodal para a distribuição das cotas de altitude, em termos de área percentual da bacia.

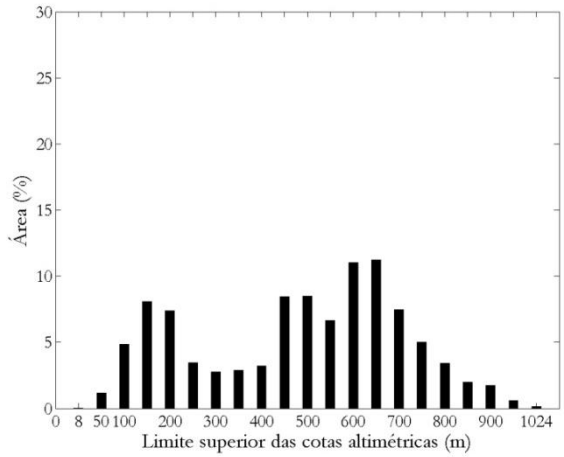


Figura 03: Distribuição de cotas altimétricas, em termos de área percentual, na bacia hidrográfica do Rio Una.

Em relação à declividade da Bacia Hidrográfica do Rio Una, também é notável a presença do Planalto da Borborema limitado por suas escarpas. As declividades mais acentuadas ocorrem na porção central da bacia, numa zona situada entre falhas de cisalhamento. Já na porção mais a jusante, o curso do rio é bem marcado pela baixa declividade, típica de várzeas. A declividade média da bacia é de 8°, apresentando um valor máximo de 52° (Figura 04). Em relação aos tipos de relevo da bacia, registrou-se uma contribuição equilibrada entre os relevos planos, suave ondulados e ondulados, bem como uma pequena contribuição de relevos forte ondulados e montanhoso (Figura 05).

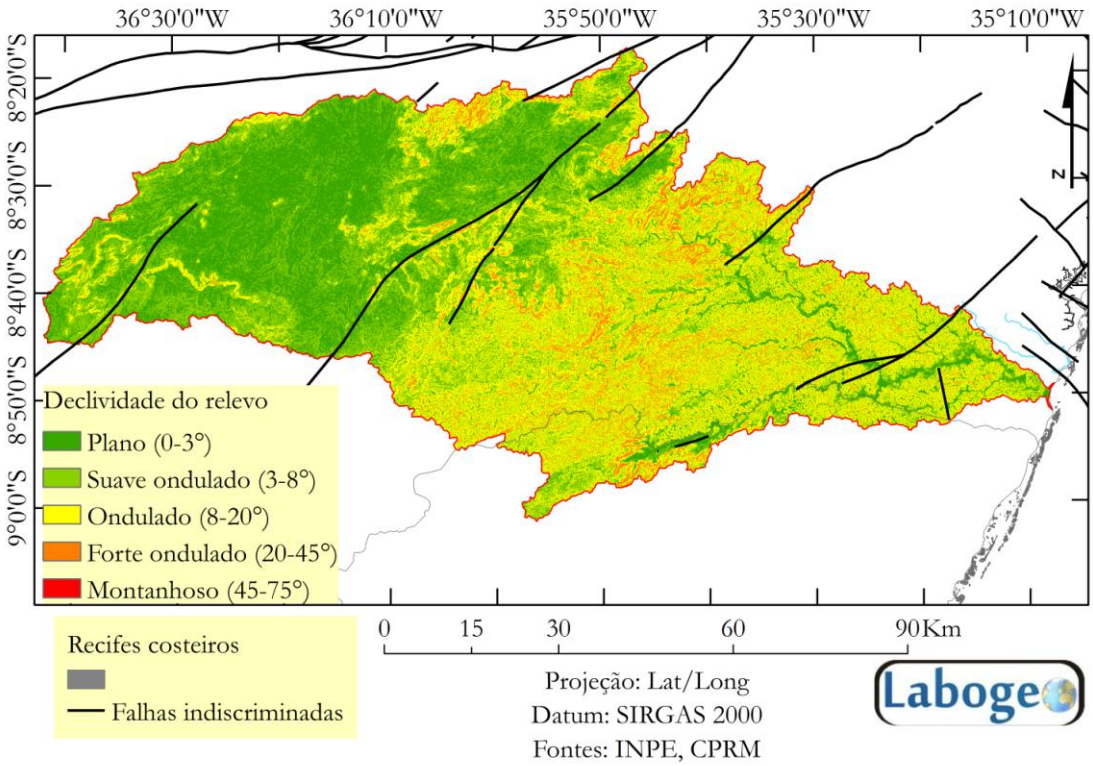


Figura 04: Declividade da bacia hidrográfica do Rio Una.

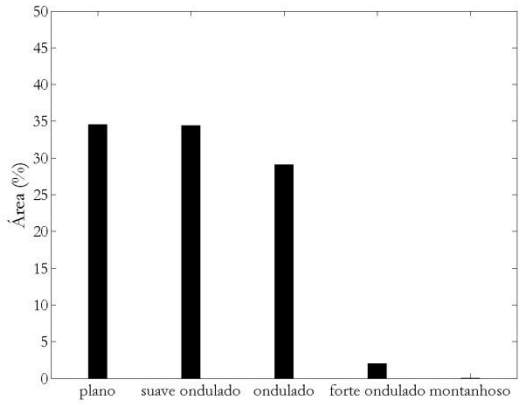


Figura 05: Distribuição de classes de relevo na bacia hidrográfica do Rio Una.

3.2. Bacia hidrográfica dos Rios Ilhetas e Mamucabas

A bacia dos Rios Ilhetas e Mamucabas é essencialmente litorânea, distante a apenas 21 quilômetros da linha de costa, com altitude máxima de 154 metros e com valor médio de 59,9 metros. Quando integrados às estruturas geológicas mapeadas, os valores de altitude apresentam clara relação com duas falhas paralelas que controlam as drenagens dos cursos d'água (Figura 06). Sua curva hipsométrica aponta um certo equilíbrio entre as cotas de altitude, já que ela se desenvolve de forma aproximadamente

retilínea (Figura 07). Entretanto, percebe-se o predomínio da cota de 10 a 20 metros (Figura 08).

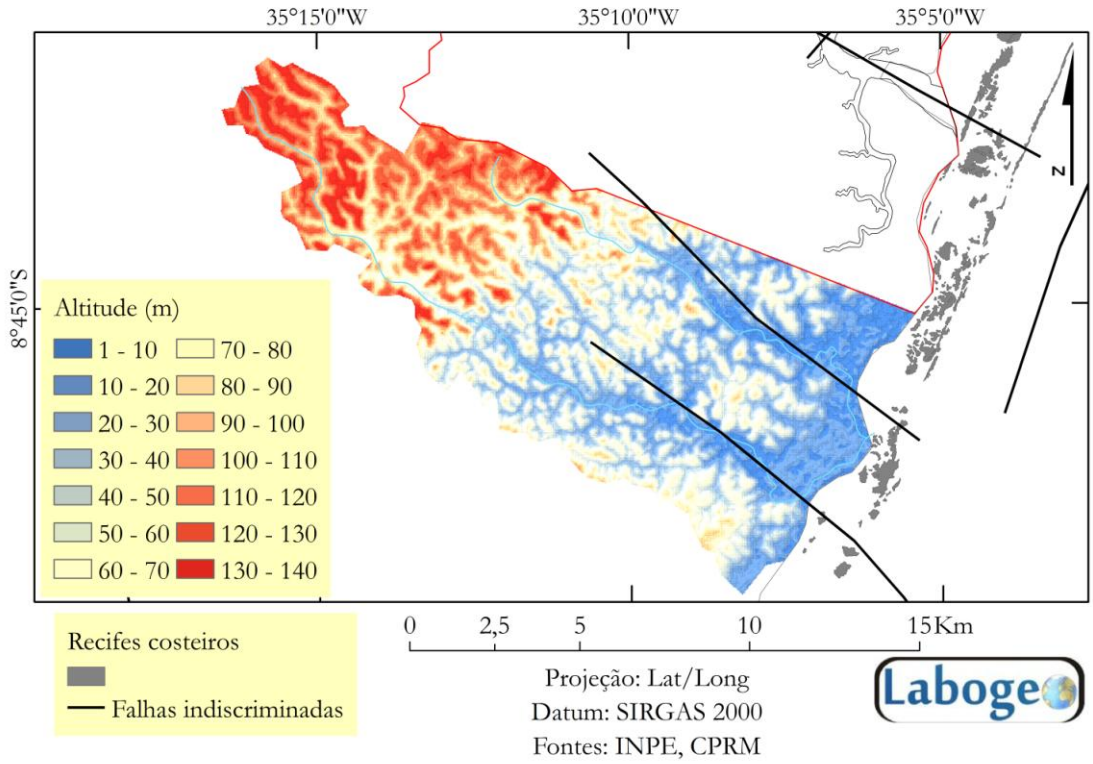


Figura 06: Hipsometria e estruturas geológicas da bacia hidrográfica dos Rios Ilhetas e Mamucabas.

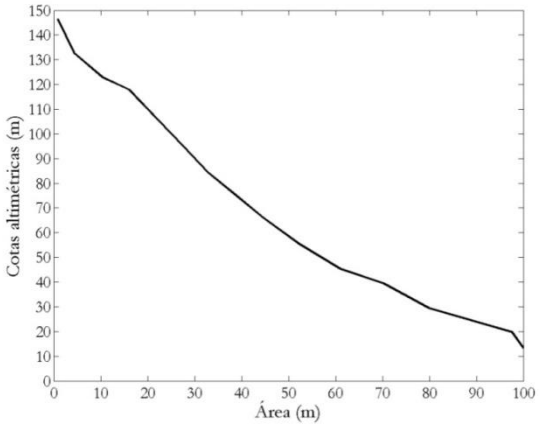


Figura 07: Curva hipsométrica da bacia hidrográfica dos Rios Ilhetas e Mamucabas.

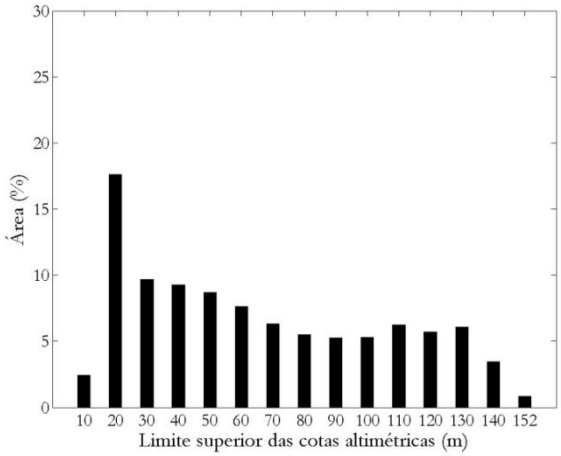


Figura 08: Distribuição de cotas altimétricas, em termos de área percentual, na bacia hidrográfica do Rio Ilhetas e Mamucabas.

Em relação à declividade, no sentido oeste-leste, percebe-se um padrão de declividade típico de colinas dissecadas e morros baixos. A área plana equivalente à planície flúvio-marinha é relativamente restrita. A declividade máxima é de 32,9°, com média de 8° (Figura 09).

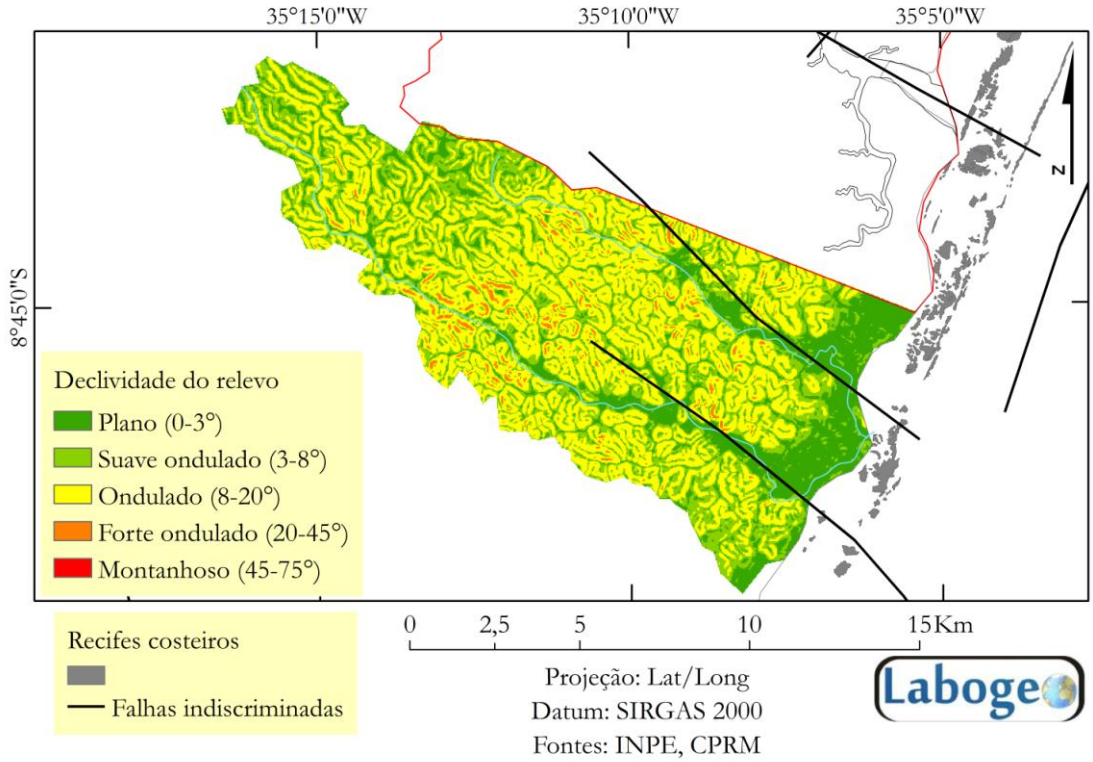


Figura 09: Declividade da Bacia Hidrográfica dos Rios Ilhetas e Mamucabas.

Em termos de área percentual, o relevo suave ondulado predomina, seguido dos relevos ondulado e plano, e com quase nenhuma contribuição do relevo forte ondulado (Figura 10).

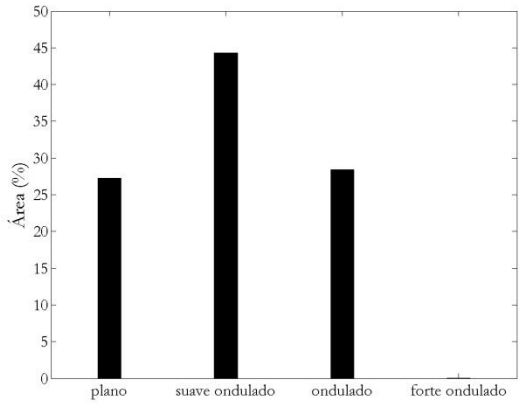


Figura 10: Distribuição das classes de relevo na bacia hidrográfica dos Rios Ilhetas e Mamucabas.

3.3 Bacia hidrográfica do Rio Formoso

Como a dos Rios Ilhetas e Mamucabas, a bacia hidrográfica do Rio Formoso também é essencialmente litorânea, com seu ponto mais a montante a apenas 15 km do mar. O valor máximo de altitude é de apenas 151 metros, com valor médio de 46,3 e sua planície flúvio-marinha está situada ao longo de falhas geológicas (Figura 11).

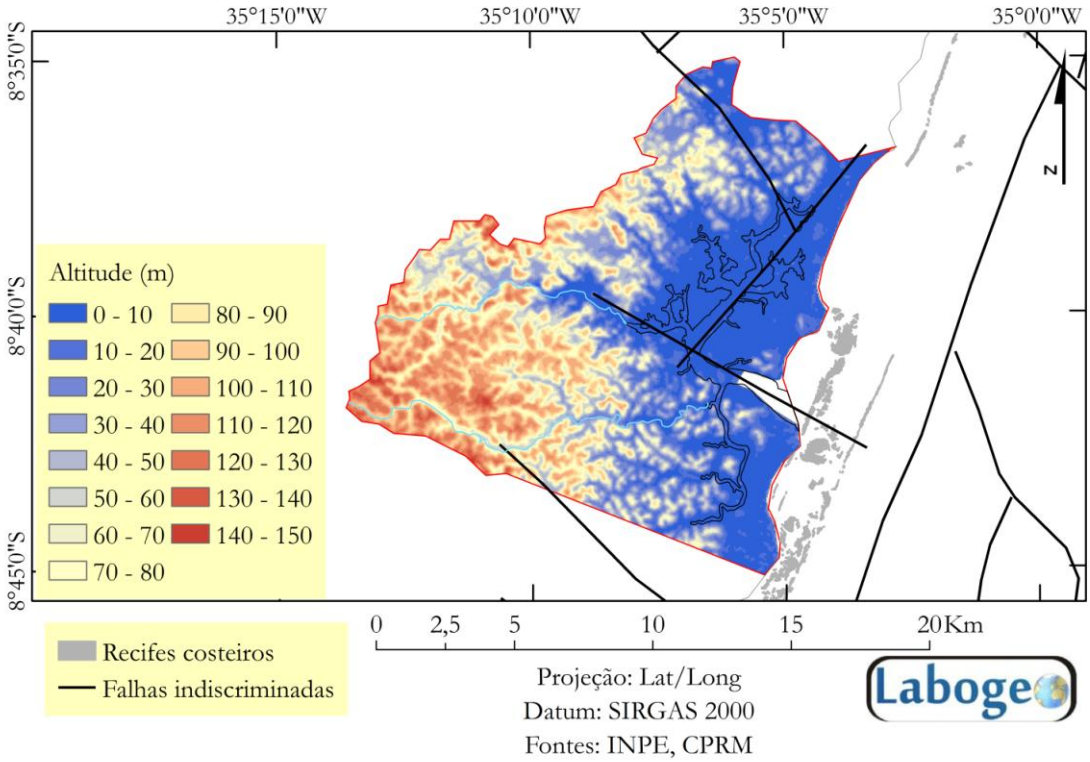


Figura 11: Hipsometria e Estruturas geológicas da Bacia hidrográfica do Rio Formoso.

A expressiva área ocupada pela planície flúvio-marinha influencia a curva hipsométrica dessa bacia e a distribuição de suas cotas de altitude, através do predomínio de valores abaixo de 10 metros (Figuras 12 e 13). A presença desta planície ainda é mais evidente no mapa de declividade (Figura 14), cujos valores máximo e médio são de 37,1° e 6,6°, respectivamente, e os relevos plano e suave ondulados são predominantes (Figura 15).

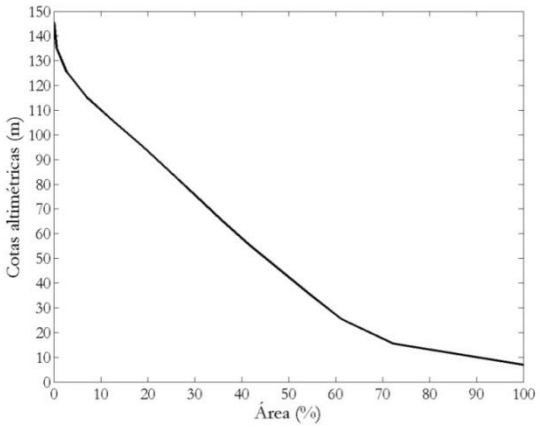


Figura 12: Curva hipsométrica da bacia hidrográfica do Rio Formoso.

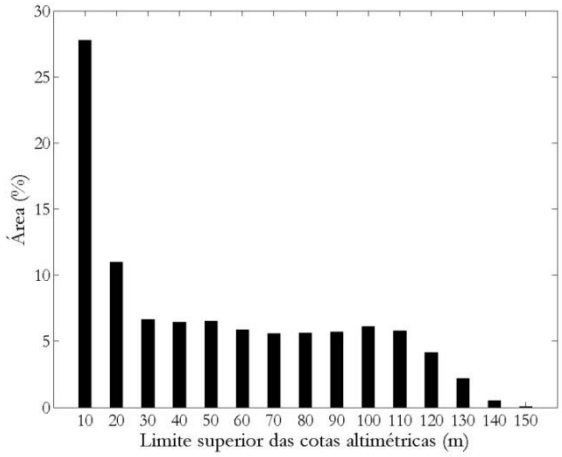


Figura 13: Distribuição de cotas altimétricas, em termos de área percentual, na bacia hidrográfica do Rio Formoso.

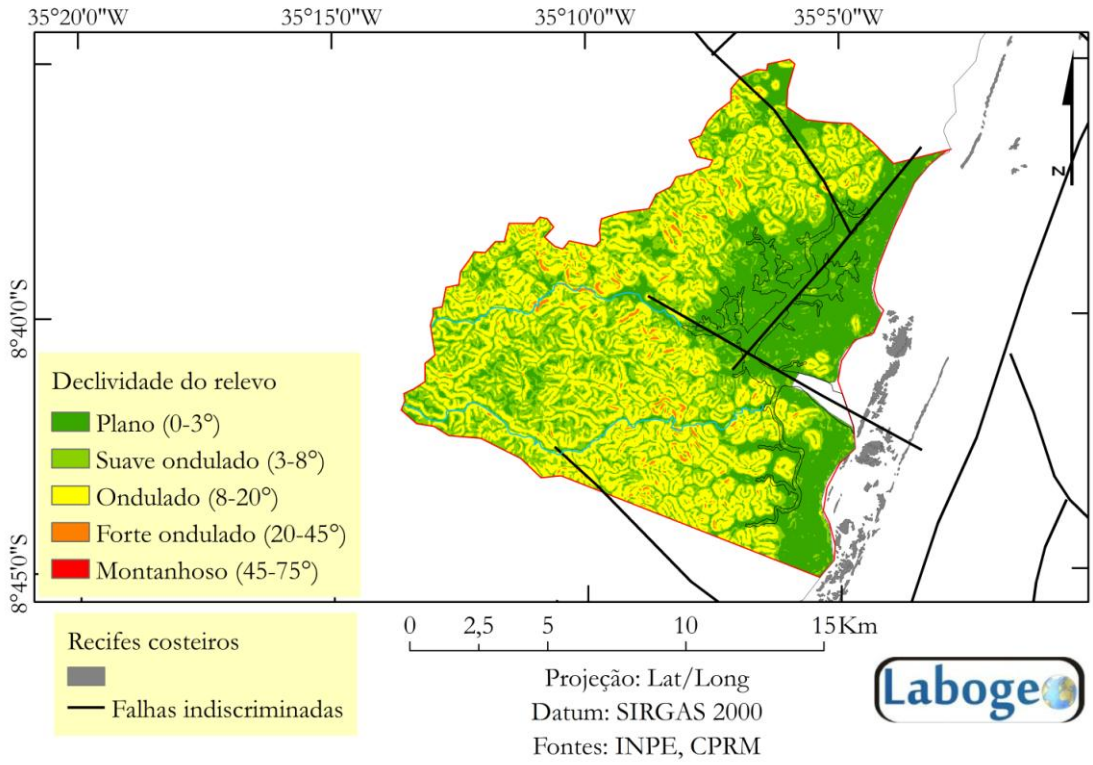


Figura 14: Declividade da bacia hidrográfica do Rio Formoso.

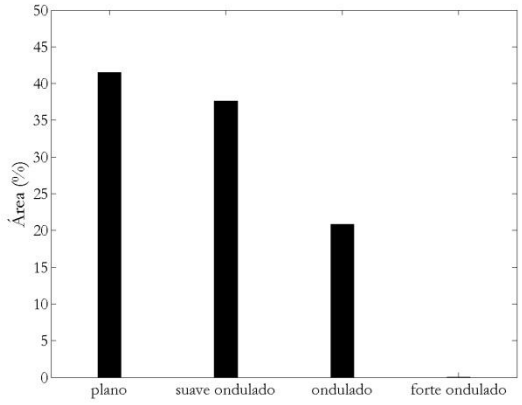


Figura 15: Distribuição das classes de relevo na bacia hidrográfica do Rio Formoso.

3.4. Bacia hidrográfica do Rio Sirinhaém

A bacia hidrográfica do Rio Sirinhaém é a segunda maior da área de estudo e seu ponto mais distante da linha de costa se localiza a 88 km. O padrão de drenagem também é paralelo, sugerindo controle estrutural. A altitude máxima do modelo de terreno gerado para a bacia hidrográfica do Rio Sirinhaém é de 861 metros, junto ao extremo leste do Planalto da Borborema, enquanto que a altitude média é de 262,8. A disposição das falhas geológicas e cursos de água também indica controle estrutural (Figura 16).

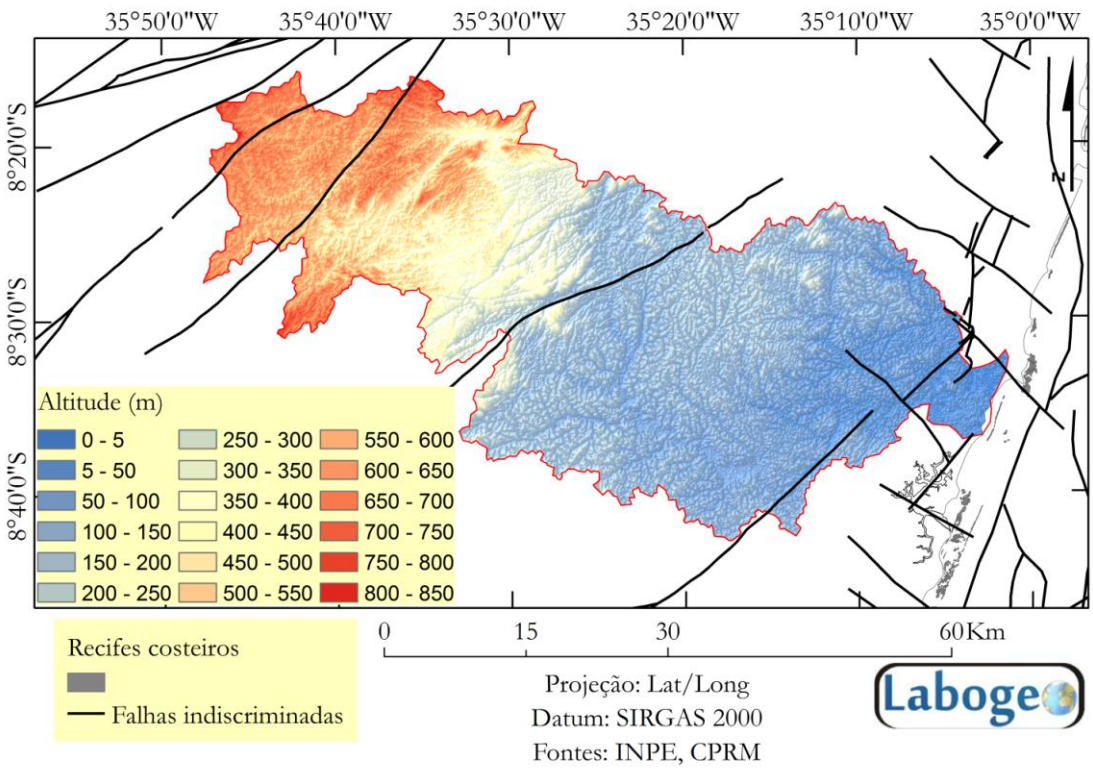


Figura 16: Hipsometria e estruturas geológicas da bacia hidrográfica do Rio Sirinhaém.

A curva hipsométrica dessa bacia sugere uma baixa capacidade erosiva, bem como uma predisposição à sedimentação, devido à maior contribuição areal de altitudes relativamente baixas (Figura 17). As cotas inferiores a 200 metros são predominantes na bacia e cobrem 60% de sua área (Figura 18).

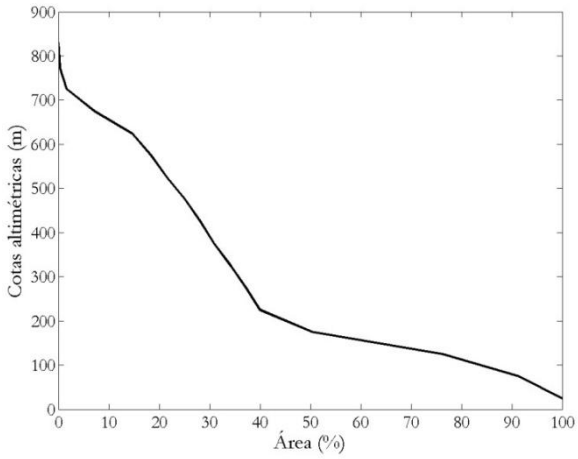


Figura 17: Curva hipsométrica da bacia hidrográfica do Rio Sirinhaém.

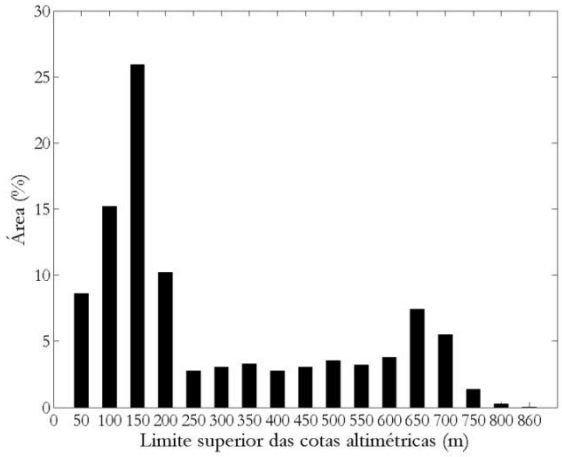


Figura 18: Distribuição de cotas altimétricas, em termos de área percentual, na bacia hidrográfica do Rio Sirinhaém.

O máximo valor de declividade é de 47,2° e o valor médio é de 9,7°. Na região mais interior da bacia, as maiores declividades ocorrem entre duas falhas geológicas, enquanto que as regiões mais planas se distribuem ao longo do curso dos rios e junto à planície flúvio-marinha (Figura 19). Em relação aos tipos de relevo, destacam-se os suave ondulados, os ondulados e, em menor proporção, os relevos planos. Os relevos forte ondulado e montanhoso são restritos a porção mais interior da bacia (Figura 20).

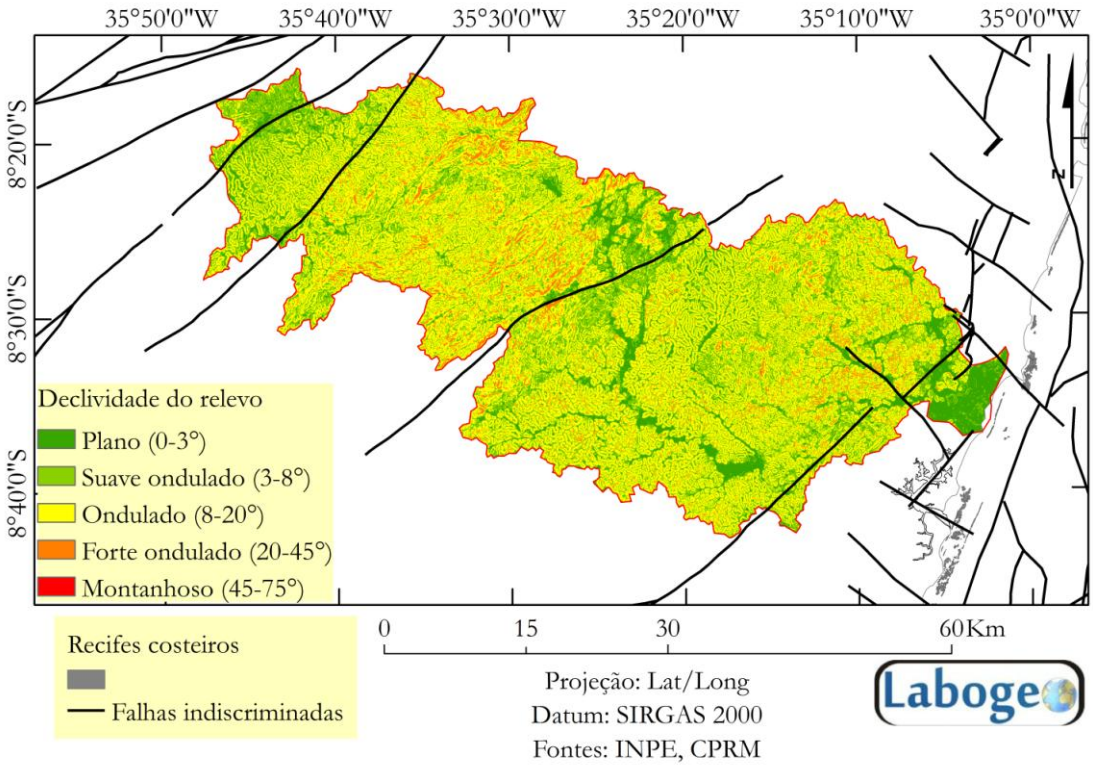


Figura 19: Declividade da bacia hidrográfica do Rio Sirinhaém.

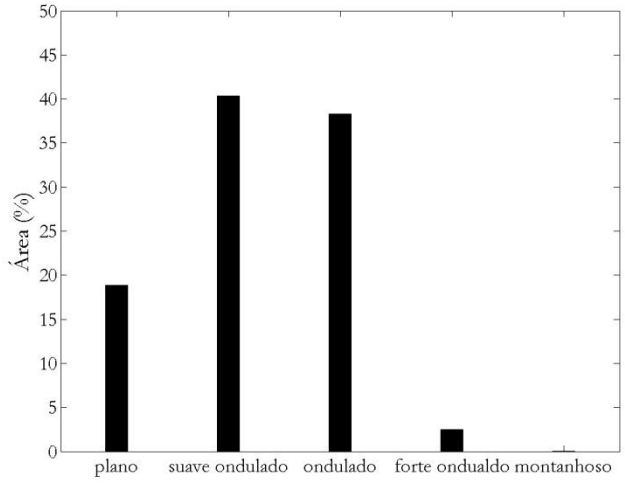


Figura 20: Distribuição das classes de relevo na bacia hidrográfica do Rio Sirinhaém.

Em termos de área superficial, as bacias hidrográficas somam 9.085 km^2, e as dos Rios Una e Sirinhaém se destacam, pois representam 73,8% e 22,7% deste valor, respectivamente (Tabela 03). O fator de forma, o índice de circularidade e o coeficiente de compacidade foram obtidos a partir dos valores de área, perímetro e largura de cada bacia. Estes parâmetros buscam verificar se as mesmas aproximam-se a um formato circular e, portanto, possui potencial para inundações (Christofoletti, 1980).

Tabela 03: Parâmetros morfométricos das bacias hidrográficas do litoral sul de Pernambuco.

Características do sistema fluvial	**Rio Una**	**Rios Ilhetas e Mamucaba**	**Rio Formoso**	**Rio Sirinhaém**
Área superficial (km^2)	**6.707,7**	128,6	186	**2.062,7**
Perímetro (km)	**628,9**	63,1	69,2	**364,6**
Largura da bacia (km)	**170**	21,2	14,8	**84,6**
Coeficiente de compacidade (Kc)	2,15	1,55	1,42	2,248
Fator de forma (F)	0,232	0,286	0,849	0,288
Índice de circularidade (IC)	0,213	0,199	0,488	0,195
Características	**Rio**	**Rios Ilhetas e**	**Rio**	**Rio**

topográficas	Una	Mamucaba	Formoso	Sirinhaém
Padrão de drenagem	paralelo	paralelo	paralelo	paralelo
Altitude máxima (m)	**1.024**	152	150	**861**
Altitude média (m)	**460,6**	61,2	46,9	**262,8**

4. Discussão

As bacias hidrográficas são, fisicamente, áreas cujo perímetro é determinado por divisores de água que limitam a captação natural da água da chuva e seu escoamento superficial para um canal principal (Marques *et al.*, 2011). No litoral sul de Pernambuco, as bacias hidrográficas foram classificadas como exorreicas, já que o escoamento das águas se faz de modo contínuo até o mar (Christofoletti, 1980). Segundo a Agência Pernambucana de Águas e Clima (Apac), as bacias aqui definidas como dos Rios Ilhetas e Mamucabas e do Rio Formoso estão inseridas oficialmente no Grupo de Bacias de Pequenos Rios Litorâneos 04 - GL4.

Os valores obtidos na caracterização morfométrica das bacias do Rio Una e Rio Sirinhaém são compatíveis com os de bacias alongadas: valores próximos de zero para o fator de forma, e valores distantes de 1 para os coeficientes de compacidade e índice de circularidade. As pequenas bacias litorâneas apresentaram resultados semelhantes entre si, sendo a bacia do Rio Formoso aquela com o maior valor de fator de forma, sugerindo uma maior propensão à enchentes, fato justificável pela grande contribuição de relevos planos relacionados à planície flúvio-marinha do complexo estuarino do Rio Formoso. O padrão de drenagem de todas as bacias estudadas é paralelo, e pode-se afirmar, que as mesmas são muito condicionadas pela estrutura geológica, sendo notadamente influenciadas por falhas estruturais da região.

O formato alongado das bacias sugere baixa propensão a chuvas intensas e simultâneas, ao longo de toda sua superfície. Contudo, na área equivalente ao Brejo Pernambucano da bacia do Una, a drenagem é mais vulnerável a eventuais torrentes. Em caso de chuvas intensas nessa microrregião do estado, há o risco de enchentes, principalmente da porção mais a jusante da bacia, ou seja, a porção leste da Mata Meridional Pernambucana (Bernardes *et al.*, 2011; Gomes *et al.*, 2012).

Diante dos últimos eventos de chuvas intensas e cheias, Albuquerque & Galvíncio (2010) simularam as possíveis mudanças sobre os recursos hídricos superficiais da Bacia hidrográfica do Una utilizando, como entrada no modelo hidrológico, os cenários futuros de aquecimento da temperatura do ar do modelo

PRECIS. O trabalho indicou uma tendência de aumento da vazão da bacia, o que pode significar uma intensificação da sua influência na geodiversidade da porção mais rasa da PCSPE.

De modo geral, pode-se afirmar que a PCSPE sofre maior influência das bacias hidrográficas do Una e do Sirinhaém, cujas drenagens atingem as altitudes relativas ao Planalto da Borborema e cruzam toda a Mata Meridional Pernambucana (Figura 21). Estas duas bacias se destacam por suas dimensões, que justificaria a ocorrência de canais submersos ao longo da PCSPE, tendo em vista que em períodos de nível do mar mais baixo que o atual, estas drenagens estendiam-se até a borda da plataforma, recortando localmente formações recifais carbonáticas (Kowsmann & Costa, 1979).

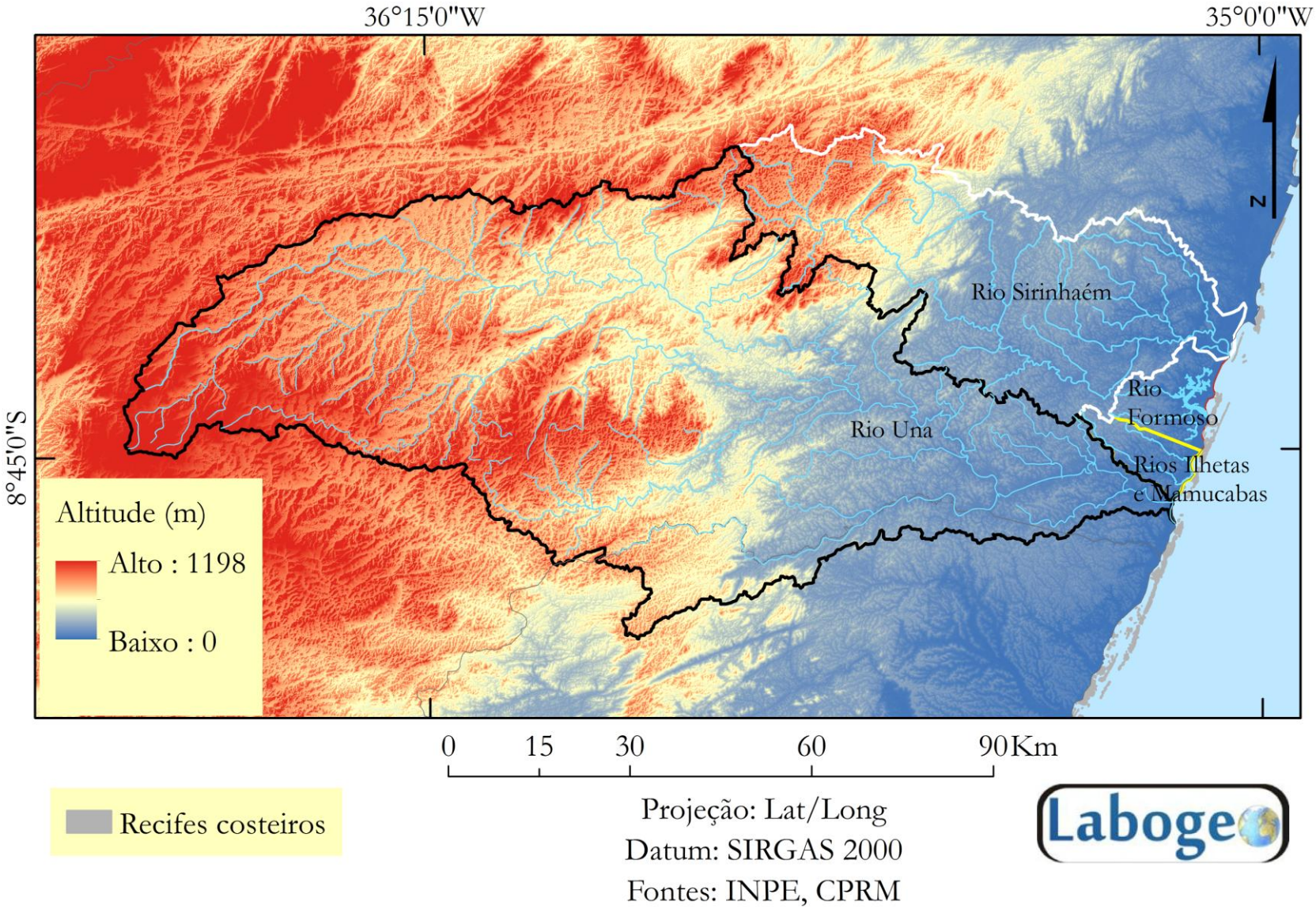


Figura 21: Bacias hidrográficas do litoral sul de Pernambuco.

5. Conclusões

A drenagem continental que influencia a Plataforma Continental Sul de Pernambuco (PCSPE) apresenta uma área superficial de 9.085 km^2 e envolve duas principais bacias: a Bacia Hidrográfica do Rio Una e do Rio Sirinhaém, que se estendem-se do litoral ao agreste pernambucano, interligando o Planalto da Borborema ao mar.

Todas as bacias aqui analisadas apresentaram algum controle estrutural, uma vez que seus cursos d'água coincidem com falhas geológicas, e pouca tendência a inundações, devido ao formato alongado, salvo em situações de chuvas intensas no Brejo Pernambucano.

Em períodos chuvosos, a vazão das bacias aumenta e disponibiliza uma maior carga sedimentar transportada para as porções mais rasas da PCSPE. Dessa forma, feições deposicionais são alimentadas por tal suprimento de sedimentos, o que influencia a geodiversidade da área. Num cenário de mudanças climáticas, há a possibilidade de aumento da vazão dos rios, diante de eventos extremos de precipitação.

Em períodos de nível do mar mais baixo que o atual, essas bacias se prolongavam até atingirem o talude superior e, provavelmente, os rios litorâneos (Ilhetas, Mamucabas e Formoso) uniam-se à drenagem da bacia do Rio Una. No próximo capítulo, a topografia e sedimentologia da PCSPE são discutidas, considerando-se o papel das bacias hidrográficas na modelação dos canais submersos que cruzam a plataforma continental.

CAPÍTULO 3 - TOPOGRAFIA E SEDIMENTOLOGIA DA PLATAFORMA CONTINENTAL SUL DE PERNAMBUCO

1. Introdução

Durante períodos glaciais, as plataformas continentais estiveram total ou parcialmente expostas à erosão fluvial e subaérea, e canais fluviais puderam ser esculpidos, conforme as bacias hidrográficas se estendiam em direção à planície costeira, que foi paulatinamente exposta durante períodos de regressão marinha (Conti & Furtado, 2009; Blum *et al.*, 2013; Harris *et al.*, 2014). Através destes canais, os sedimentos eram então transportados para áreas mais próximas aos limites entre a plataforma e o talude superior. Em alguns casos, o suprimento de sedimento permitiu o desenvolvimento de feições deposicionais típicas de águas costeiras, como deltas e cordões arenosos, nas atuais plataformas média e externa (Wagle & Veerayya, 1996; Gardner *et al.*, 2005; Gardner *et al.*, 2007; Weschenfelder *et al.*, 2008; Salzmann *et al.*, 2013).

Ao longo de períodos de intensificação de um período glacial e da conseqüente progressiva regressão marinha, as plataformas continentais podem deixar de existir, no seu sentido literal (IHO,2008), caso o nível do mar ultrapasse a quebra da plataforma e se posicione junto ao talude superior. A partir deste momento, esta mudança no nível de base é capaz de desencadear o desenvolvimento de ravinas e cânions na margem da plataforma e talude superior, através de incisões causadas pelo fluxo de sedimento em direção às maiores profundidades e também por erosão retrogradante (Koss *et al.*, 1994).

Ravinas e cânions na plataforma externa são feições erosivas caracterizadas por incisões profundas (Harris & Whiteway, 2011), e seu desenvolvimento e evolução também podem estar relacionados com fluxos de turbidez erosivas vindas de fontes fluviais, da própria plataforma ou do talude superior, bem como com falhas no talude e outros eventos de movimentação de massa (Pratson & Coakley, 1996; Ridente *et al.*, 2007; Piper & Normark, 2009).

Nesse sentido, a ocorrência de canais, vales incisos, ravinas e cânions em plataformas continentais está relacionada ao clima e regime fluvial durante períodos regressivos do nível do mar, bem como ao tempo durante o qual o nível do mar

permaneceu abaixo da quebra da plataforma. Durante o Último Máximo Glacial (UMG), as geleiras continentais atingiram sua máxima extensão, sendo responsáveis por um declínio no nível do mar para profundidades de aproximadamente 120 metros abaixo do seu nível atual (Yokoyama *et al.*, 2000; Clark *et al.*, 2009).

O período posterior ao UMG foi caracterizado pelo derretimento e colapso das geleiras continentais, resultando em uma massiva introdução de água doce nas bacias oceânicas, e em uma acentuada elevação do nível eustático do mar. Esse súbita aumento do nível do mar tem sido documentado em testemunhos obtidos em sedimentos de mar profundo, gelo, recifes de coral e pântanos salgados (Salzmann *et al.*, 2013). Tais registros revelaram um padrão de aumento no nível do mar a longo prazo, pontuado por intervalos de estabilização e rápidos aumentos, associados aos chamados *meltwater pulses* (Yokoyama *et al.*, 2000; Hanebuth *et al.*, 2000; Lambeck *et al.*, 2002; Peltier & Fairbanks, 2006).

Logo, a recentes oscilações do nível do mar não ocorreram em uma taxa constante. Nos últimos aproximadamente 120 mil anos, houve períodos de moderados ou rápidos aumentos do nível do mar, intercalados por períodos de relativa estabilização do nível do mar ou lento aumento. Terraços e degraus são feições topográficas, que também estão correlacionadas às oscilações no nível do mar, e podem revelar a localização de linhas de costa formadas durante esses períodos de estabilização ou lento aumento do nível do mar (Corrêa, 1996; Wagle & Veerayya, 1996; Gardner *et al.*, 2007; Salzmann *et al.*, 2013, Reis *et al.*, 2013).

A Plataforma Continental Sul de Pernambuco (PCSPE), objeto deste capítulo, é um exemplo típico de uma plataforma tropical e faminta por sedimentos (Dominguez 2009; Muehe, 2010; Camargo *et al.*, 2015; Copertino *et al.*, 2016). Estas plataformas geralmente estão inseridas em regiões com baixas taxas de precipitação e sedimentação e, portanto, com alto potencial para a preservação de feições topográficas como os degraus, canais, vales incisos, ravinas e cânions, principalmente após períodos de rápido aumento no nível do mar. Nesse sentido, este capítulo apresenta uma compilação de dados batimétricos e sobre a cobertura sedimentar, como um esforço para detalhar a topografia da PCSPE, sua sedimentologia e suas conexões com as recentes mudanças no nível médio do mar. Acredita-se que uma visão mais refinada da geodiversidade da PCSPE possa auxiliar na compreensão do padrão espacial de distribuição da biodiversidade e, portanto, subsidiar medidas voltadas à sua conservação, uso e manejo.

2. Material e métodos

A topografia da PCSPE foi investigada com base em um Modelo Digital de Elevação (MDE), que foi gerado a partir da compilação de dados primários e secundários de batimetria (Figura 01). Os dados em questão foram coletados por

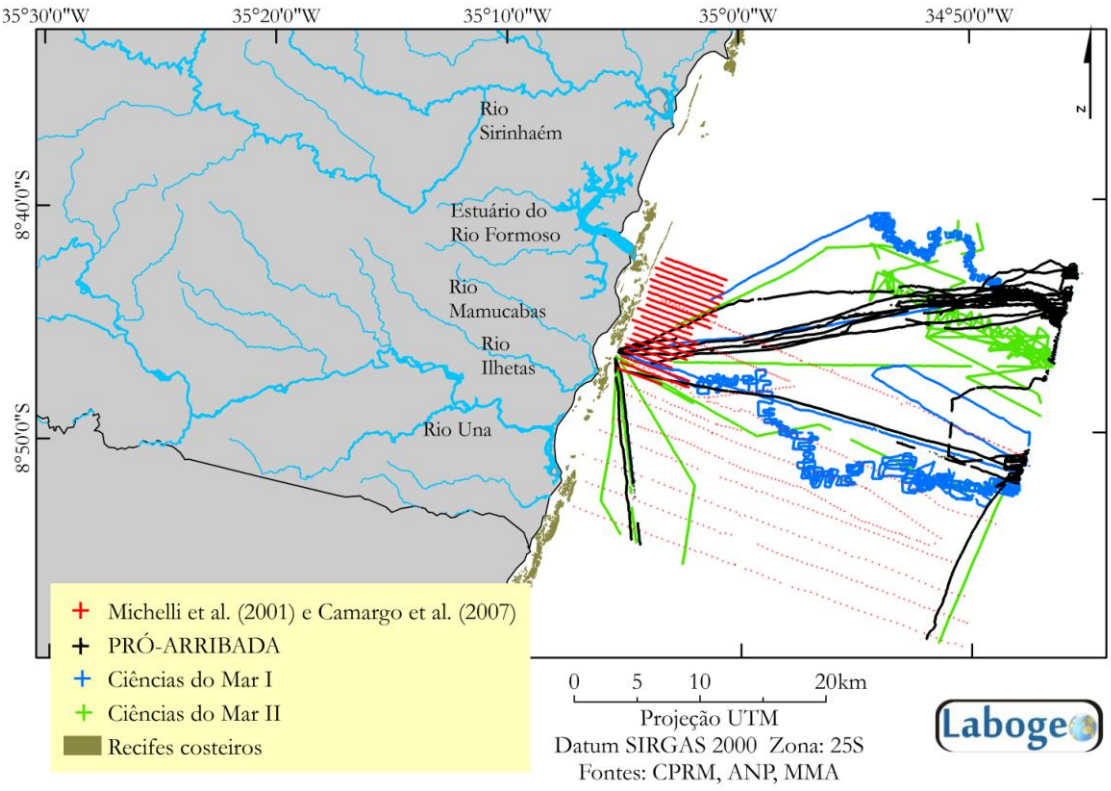


Figura 01: Localização dos pontos batimétricos compilados.

Michelli *et al.* (2001) forneceram informações sobre a topografia da PCSPE com base em 740 pontos batimétricos, distribuídos ao longo de 12 perfis, dispostos com um espaçamento de 2 a 3 quilômetros. Dentre estes perfis, 4 atingiram a quebra da plataforma, 4 se estenderam até a isóbata de 45 metros e outros 4 mapearam a plataforma interna. Durante esse levantamento, os dados hidroacústicos foram coletados através de uma ecossonda Odom Hydrographic Systems HYDROTRAC, operando numa freqüência de 200 kHz. Os dados de posicionamento geográfico foram manualmente registrados a cada três minutos de navegação, usando um GPS GARMIN 48. Sonogramas analógicos foram também interpretados, no sentido de classificar o assoalho marinho e identificar estruturas como recifes afogados e linhas de arenito de praia.

Camargo *et al.* (2007) investigaram a topografia da plataforma interna ao largo do município de Tamandaré, através de 20 perfis batimétricos, com um espaçamento de 500 metros entre eles. Durante o levantamento, os dados hidroacústicos foram coletados usando uma ecossonda GARMIN GPSMAP 185 (200 kHz) integrada ao sistema *Sea Scan® PC,* operando em 600 kHz, que também gerou imagens acústicas digitais do assoalho marinho (Camargo, 2005).

Os novos dados batimétricos aqui apresentados foram coletados entre os anos de 2011 e 2016 (Tabela 01), ao longo de expedições junto aos sítios de agregação reprodutiva de peixes recifais na Plataforma Sul de Pernambuco e Norte de Alagoas, bem como junto a canais submersos conhecidos como áreas de pesca da frota comercial de pequena escala. Nestes levantamentos, os dados batimétricos foram coletados com uma ecossonda monofeixe GARMIN GPSMAP 526 (200/50 kHz) integrada ao *software SonarWizMap*, bem como com uma ecossonda monofeixe DFF1 FURUNO, integrada ao sistema NavNet3D FURUNO.

A localização dos canais submersos e, portanto seu mapeamento em detalhe, contou com a colaboração de pescadores experientes que, durante levantamentos pretéritos de Conhecimento Ecológico Local (CEL), indicaram a ocorrência e denominações dos canais explorados pela pesca artesanal de linha e mão. Este mapeamento em detalhe foi executado num formato em espiral ou zigue-zague, no sentido de cruzar os canais e delimitar suas bordas.

Tabela 01: Detalhes sobre os levantamentos batimétricos primários e secundários na PCSPE.

Projeto/Autor	**Datas de coleta**	**Equipamento**	**N° de dias**	**Amostras**
Michelli *et al.* (2001)	12, 13, 14, 15 e 16/02/2001 19 e 20/07/2001	Ecossonda Odom Hydrographic Systems HYDROTRAC (200kHz)	07	740
Camargo *et al.* (2007)	09/07/2004 18, 19 e 24/11/2004	Ecossonda GARMIN GPSMAP 185 (200 kHz) integrada ao sistema *Sea Scan® PC* (600 kHz)	04	5.518
PRÓ-ARRIBADA	15,16 e 18/03/2011 16 e 17/02/2013 01, 27 e	Ecossonda GARMIN GPSMAP 526 (200/50 kHz) integrada ao *software SonarWizMap*	12	135.042

	28/03/2013 01/04/2013 15, 16 e 17/02/2014			
Ciências do Mar I	24,25 e 26/05/2013 22 e 23/03/2014	Ecosonda GARMIN GPSMAP 526 (200/50 kHz) integrada ao *software SonarWizMap*	05	85.672
Ciências do Mar II	29/02/2016 01/03/2016 12, 13 e 14/05/2016	Ecossonda DFF1 FURUNO, integrada ao sistema NavNet3D FURUNO	05	326.024
TOTAL			**33**	**552.996**

O tratamento dos dados envolveu: i. a conversão dos mesmos para o *datum* SIRGAS 2000; ii. a exclusão de dados espúrios; e iii. a correção dos valores de profundidade, de acordo com as tábuas de maré calculadas para o Porto de SUAPE, e disponibilizadas no sítio eletrônico da Diretoria de Hidrografia e Navegação da Marinha do Brasil (http://www.mar.mil.br/dhn/chm/box-previsao-mare/tabuas/). Com base nas informações de data e horário de coleta dos dados, o método de aproximação dos "12 avos" foi utilizado para corrigir os dados de profundidade. Ademais, a distância em metros entre o transdutor localizado no casco da embarcação *RV/Velella* (Figura 02) e a superfície também foi acrescentada aos valores de profundidade. Por fim, todos os dados batimétricos (552.996 pontos) foram reunidos e submetidos ao método de interpolação vizinho natural, com o uso dos recursos do *software ArcMap 10.1*, gerando o Modelo Digital de Elevação (MDE) com resolução espacial de 10 metros.

Figura 02: *RV/Velella*, embarcação utilizada nas coletas dos dados batimétricos.

A ferramenta *3D Anayst* permitiu a realização de seções transversais nesta superfície modelada. Quatro seções foram realizadas paralelamente à linha de costa, entre as profundidades de 35 e 50 metros e 287 seções foram realizadas ao longo dos canais submersos da área, conhecidos como áreas de pesca da frota comercial de pequena escala.

Os perfis topográficos foram então tratados no ambiente do *MatLab*, cuja função *ginput* permitiu a extração dos valores de largura e profundidade dos canais, utilizados numa análise de suas variações topográficas ao longo da plataforma continental. No caso dos canais submersos, os perfis foram plotados de forma centralizada, para a extração de parâmetros morfométricos (profundidade do talvegue, largura do canal e profundidade da borda do canal), e para uma análise visual de agrupamento, que definiu os limites de setores topograficamente distintos.

Através do pacote de ferramentas *Spatial Analyst Tools*, foram geradas linhas de contorno, com intervalos de 5 e 2 metros, com o intuito de facilitar a identificação de degraus ao longo da plataforma, considerados indicativos de períodos de estabilização do nível do mar e prováveis paleolinhas de costa. Por fim, a batimetria da área foi confrontada, em mapa, com as estruturas geológicas do mar (CPRM, 2008), no sentido de verificar a ocorrência de controle estrutural nas feições topográficas mapeadas.

Por sua vez, a cobertura sedimentar foi investigada através da compilação de dados sedimentológicos e sonográficos coletados por Michelli *et al.* (2001) e Camargo (2005), bem como dados disponíveis no Banco Nacional de Dados Oceanográficos (BNDO). Os dados sedimentológicos foram referentes a 62 amostras de teores de cascalho, areia, silte e argila e a 48 amostras de teores de carbonato de cálcio, enquanto que os dados sonográficos foram referentes a 29 registros de fundos consolidados (Figura 03). As informações sobre os teores de carbonato de cálcio, cascalho, areia, silte e argila foram interpoladas através do método inverso da distância, no sentido de verificar o padrão de distribuição destas variáveis na PCSPE.

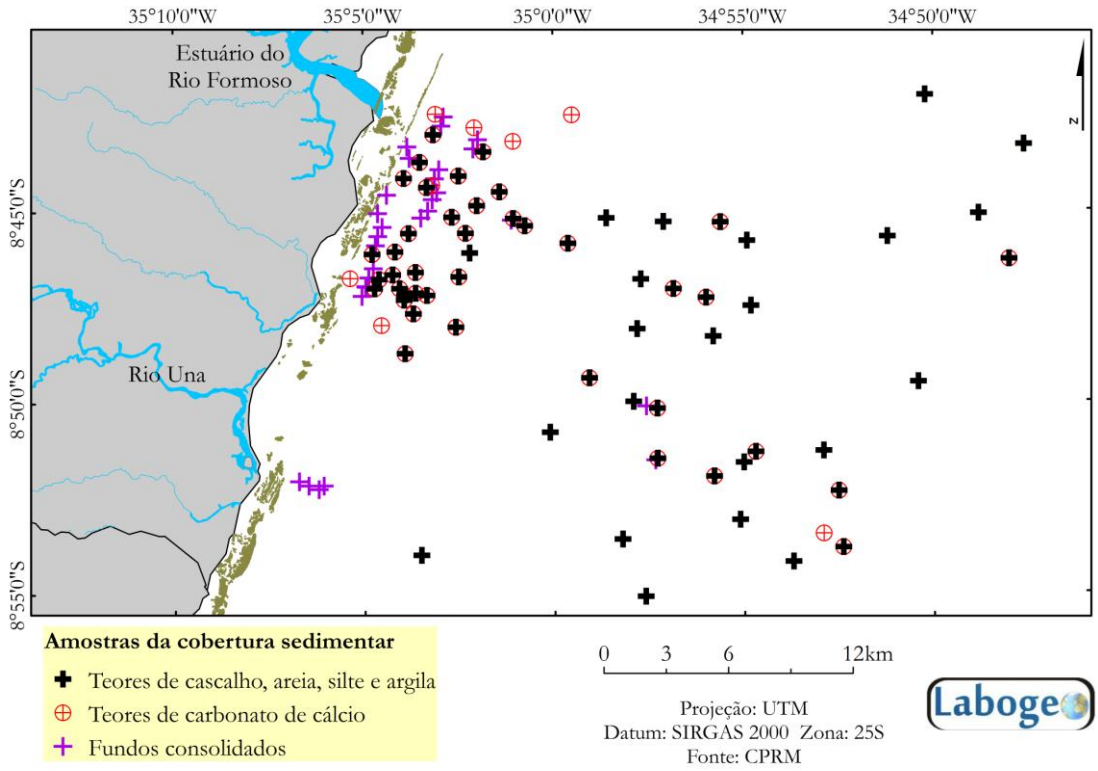


Figura 03: Localização das 62 amostras de teores de cascalho, areia, silte e argila, das 48 amostras de teores de carbonato de cálcio e dos 29 registros de fundos consolidados.

3. Resultados e Discussão

3.1 Topografia

A Plataforma Continental Sul de Pernambuco (PCSPE) apresentou uma largura de aproximadamente 35 quilômetros, com sua quebra localizada a aproximadamente 60 metros de profundidade. O MDE cobriu uma área de 971 km^2 e revelou a presença marcante de três canais submersos que cortam a plataforma (Figura 04), bem como degraus, marcados pela proximidade das isóbatas de 25–30, 40-45 e 50-55 metros, intercalados por terraços.

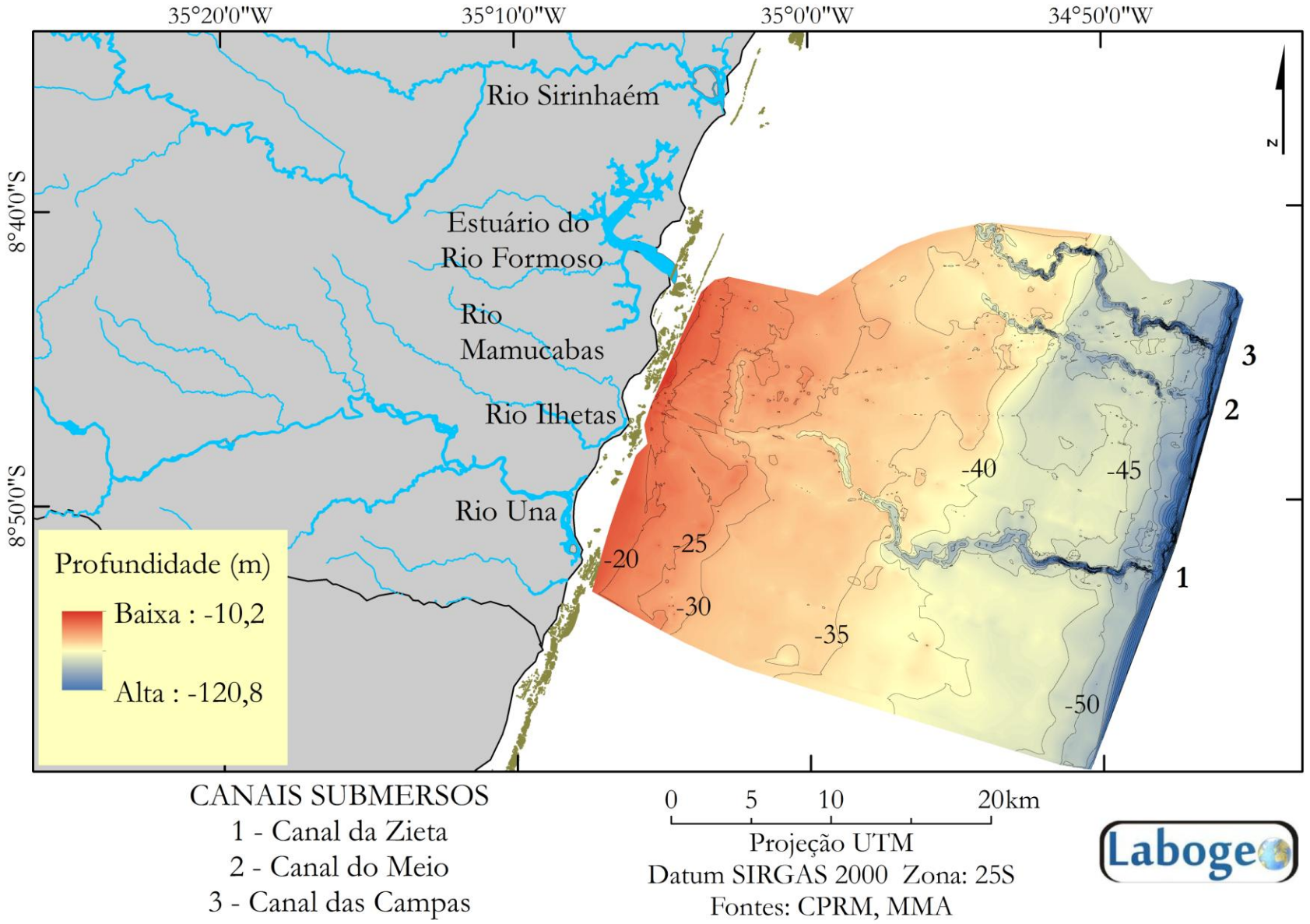


Figura 04: Mapa batimétrico da PCSPE, evidenciando os canais submersos e degraus intercalados por terraços.

3.1.1 Canais submersos

Três canais submersos são claramente identificados no mapa batimétrico da PCSPE. Aquele situado ao sul é localmente conhecido pelos pescadores artesanais como Canal da Zieta e representa a provável extensão da bacia hidrográfica do Rio Una. Em relação aos outros dois canais mapeados, o situado mais a norte é conhecido como Canal das Campas, enquanto que o outro foi denominado como Canal do Meio. Ambos parecem estar associados à drenagem da bacia hidrográfica do Rio Sirinhaém, contudo, os dados obtidos até o momento não permitem afirmar se os canais foram contemporâneos ou não. Para tanto, torna-se necessária a execução de levantamentos de sismoestratigrafia, coleta de material em testemunhos e sua datação. Manso *et al.* (2003) definiram o alto estrutural de Santo Aleixo (rochas vulcânicas, riolitos) como feição importante junto à foz do Rio Sirinhaém. Portanto, é provável que este relevo mais pronunciado tenha desempenhado a função de divisor de águas, determinando assim a ocorrência de dois canais submersos relacionados a uma mesma bacia hidrográfica, em períodos de regressão marinha.

Dados espaciais sobre as falhas geológicas, disponibilizados pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM, 2008), foram integrados ao mapa batimétrico, o que indicou uma provável relação entre falhas extensionais do embasamento com inflexões dos Canais das Campas e da Zieta, em torno da isóbata de 40 metros (Figura 05).

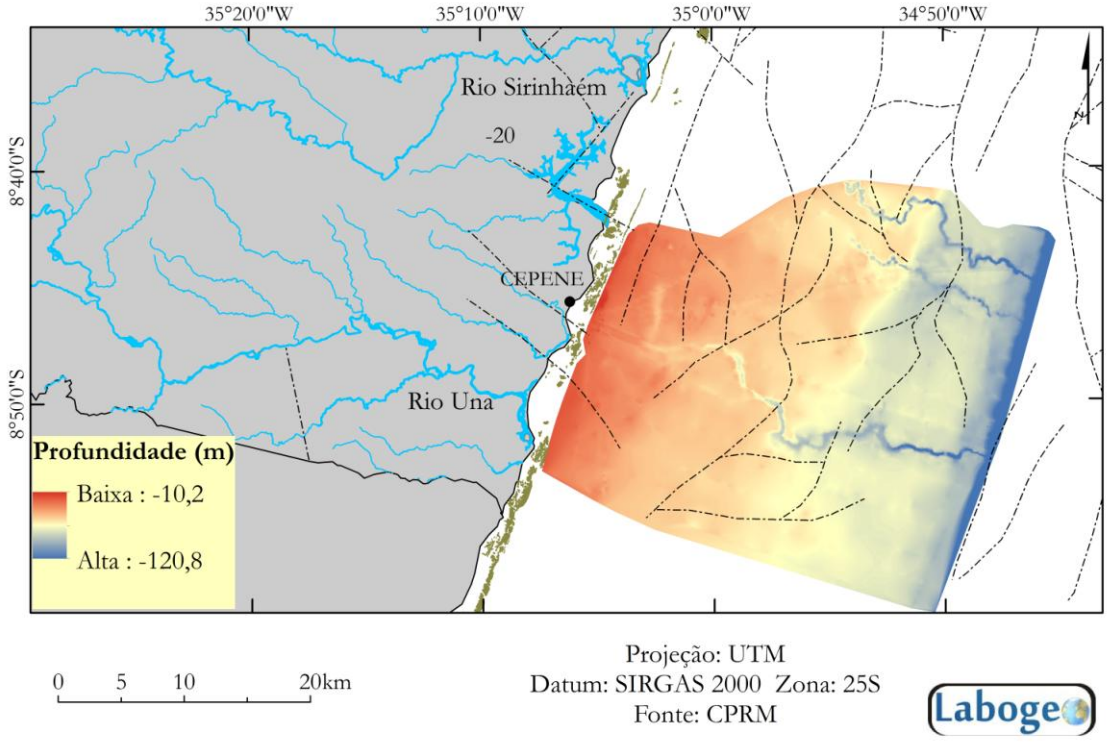


Figura 05: Integração das falhas geológicas e topografia da PCSPE.

Além destas duas inflexões mais evidentes, e numa escala mais detalhada, vale notar as inflexões dos canais submersos em suas porções mais externas (Figuras 06 e 07). Mudanças bruscas nas orientações dos canais são indícios de um provável controle estrutural, contudo, a relação entre as falhas geológicas e a geometria dos canais necessita de comprovação mais robusta, através de levantamentos geofísicos (Gomes *et al.*, 2014).

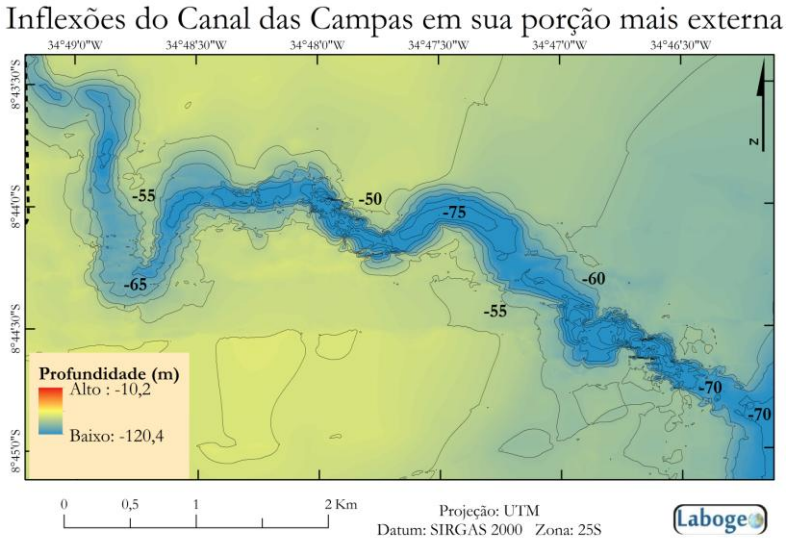


Figura 06: Localização da porção distal do Canal das Campas, indicando a inflexão do canal.

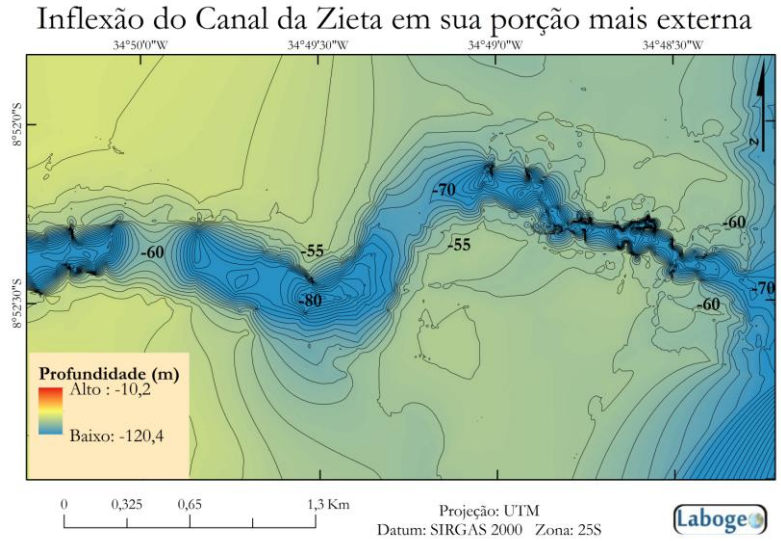


Figura 07: Localização da porção distal do Canal da Zieta, indicando a inflexão do canal.

A figura 08 indica a localização das 287 seções transversais efetuadas junto aos Canais da Zieta (n=107), do Meio (n=60) e das Campas (n=120), bem como das 04 seções paralelas à linha de costa (A, B, C e D) (Figura 08).

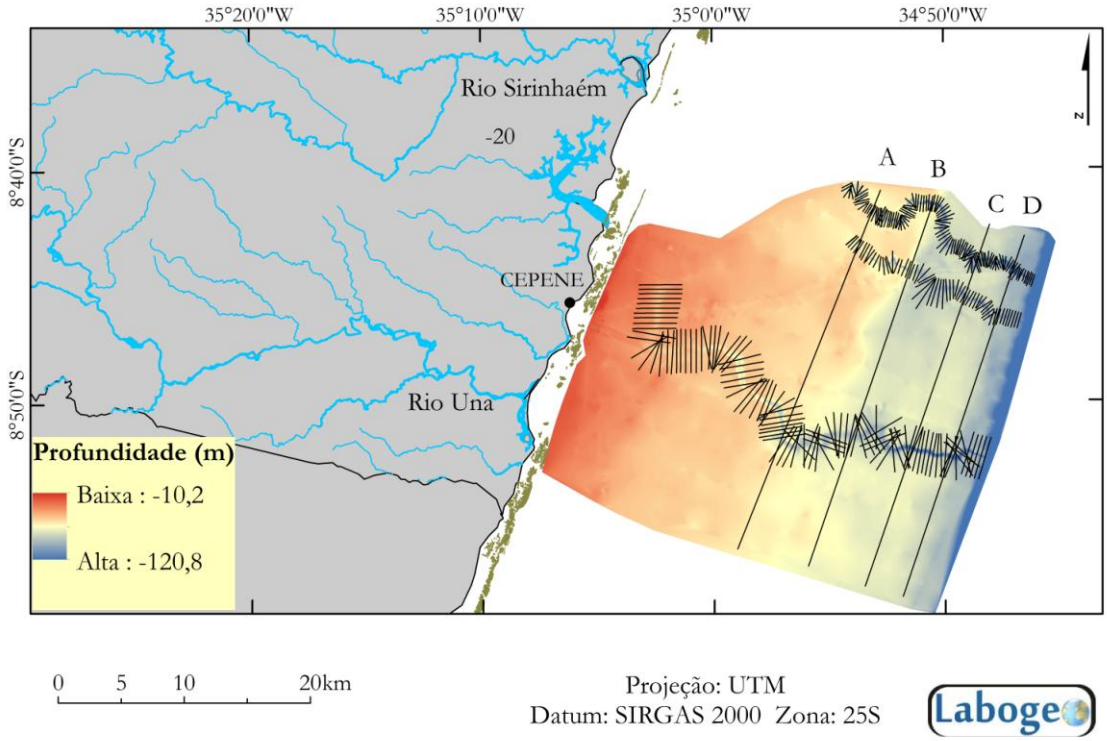


Figura 08: Localização das seções transversais efetuadas na superfície do MDE.

Em relação às seções paralelas à costa (Figura 09), a seção A (≈35 m) apresentou os canais submersos com padrões topográficos semelhantes e profundidades do talvegue entre 8 e 12 metros. Na seção B (≈40 m), notou-se uma expressiva incisão, com 34,5 metros de profundidade, no Canal das Campas. Este profundo trecho localiza-se junto à forte inflexão que esse canal apresenta junto à isóbata de 40 metros. Nesta mesma seção, os demais canais foram marcados por padrões topográficos semelhantes e profundidades do talvegue em torno de 10 metros. Nas seções C (≈45 m) e D (≈50 m), todos os canais passam a apresentar maiores dimensões. Na seção C, os Canais das Campas, do Meio e da Zieta apresentaram valores de profundidade do talvegue de 14, 20 e 34 metros, respectivamente. Já na seção D, esses valores foram de 16, 9 e 25 metros, respectivamente. Vale notar a expressiva incisão que marca a porção final do Canal da Zieta. Vale ressaltar que as o relevo íngreme junto às bordas dos canais sugere uma natureza consolidada do assoalho marinho.

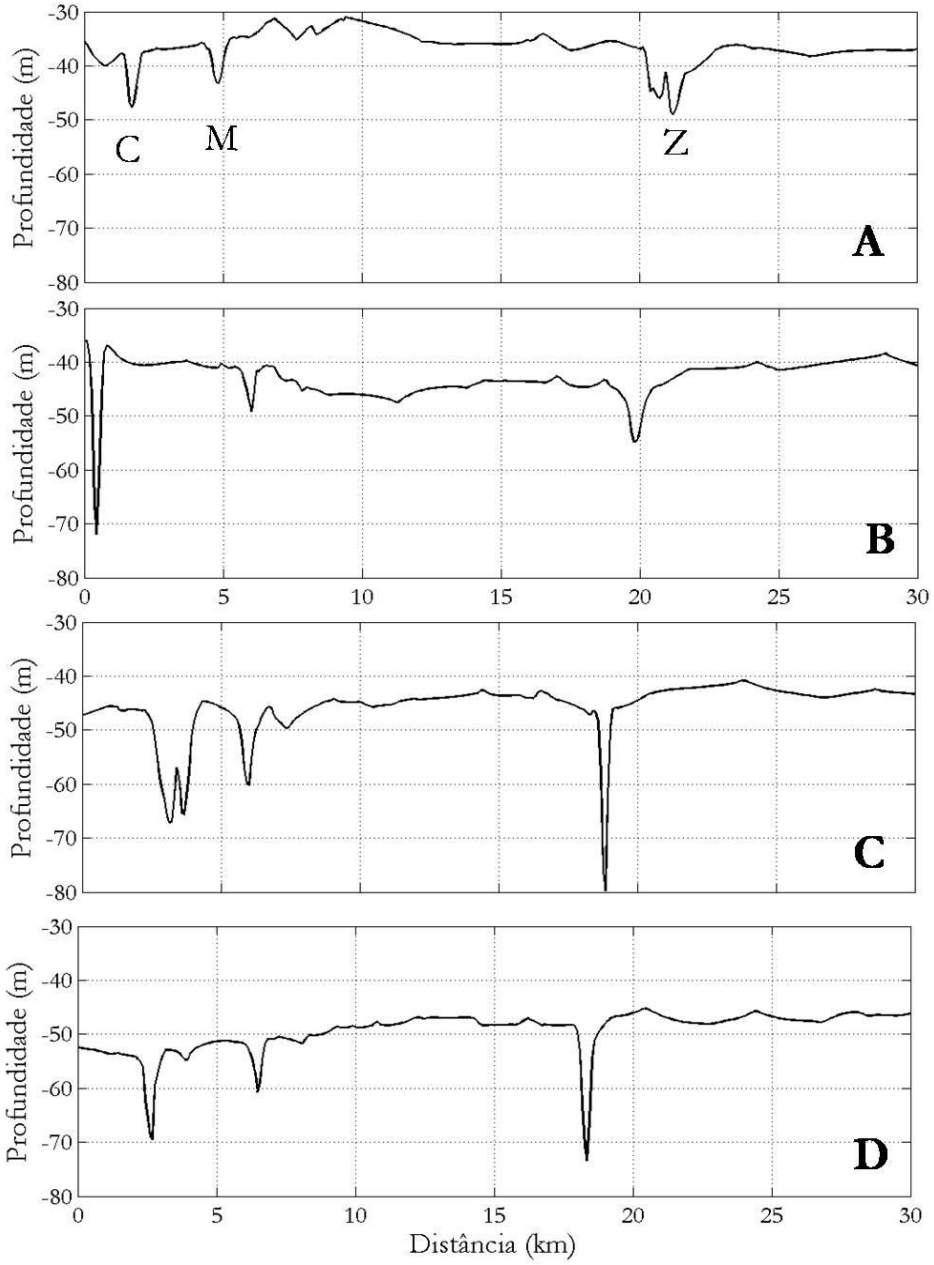


Figura 09: Perfis topográficos A, B, C e D, extraídos do MDE, indicando a presença dos três canais submersos: Canal das Campas (C), Canal do Meio (M) e Canal da Zieta (Z).

Em relação às 107 seções transversais ao Canal da Zieta, estas foram objeto de análise das variações topográficas ao longo da PCSPE (Camargo *et al.*, 2015). Através da interpretação visual do conjunto centralizado das seções transversais, foram identificados 04 setores distintos, no que diz respeito à profundidade das bordas, profundidade do talvegue, largura do canal, bem como o seu formato (Figura 08).

//

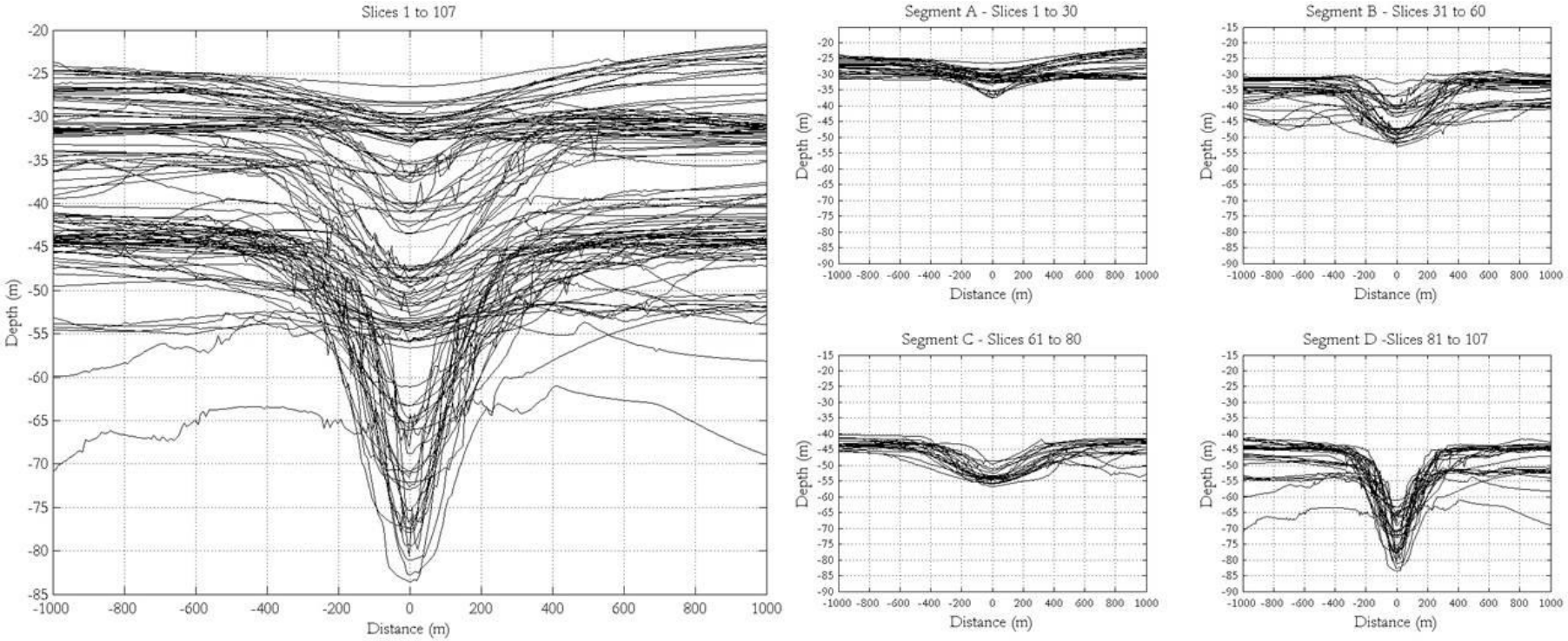


Figura 10: Aspecto do conjunto das 107 seções transversais ao Canal da Zieta, indicando os quatro setores topograficamente distintos (Camargo *et al.*, 2015).

A aplicação da mesma rotina de análise para as seções transversais ao longo dos Canais do Meio e das Campas, resultou na identificação de 03 setores topograficamente distintos no primeiro canal (Figura 09), e 04 no segundo (Figura 10). Logo, a topografia da PCSPE permitiu definir a extensão de 11 setores, cortados por canais submersos e que apresentam padrões topográficos distintos. A seguir, cada um dos 11 setores identificados ao longo dos canais submersos são descritos, num sentido sul para norte.

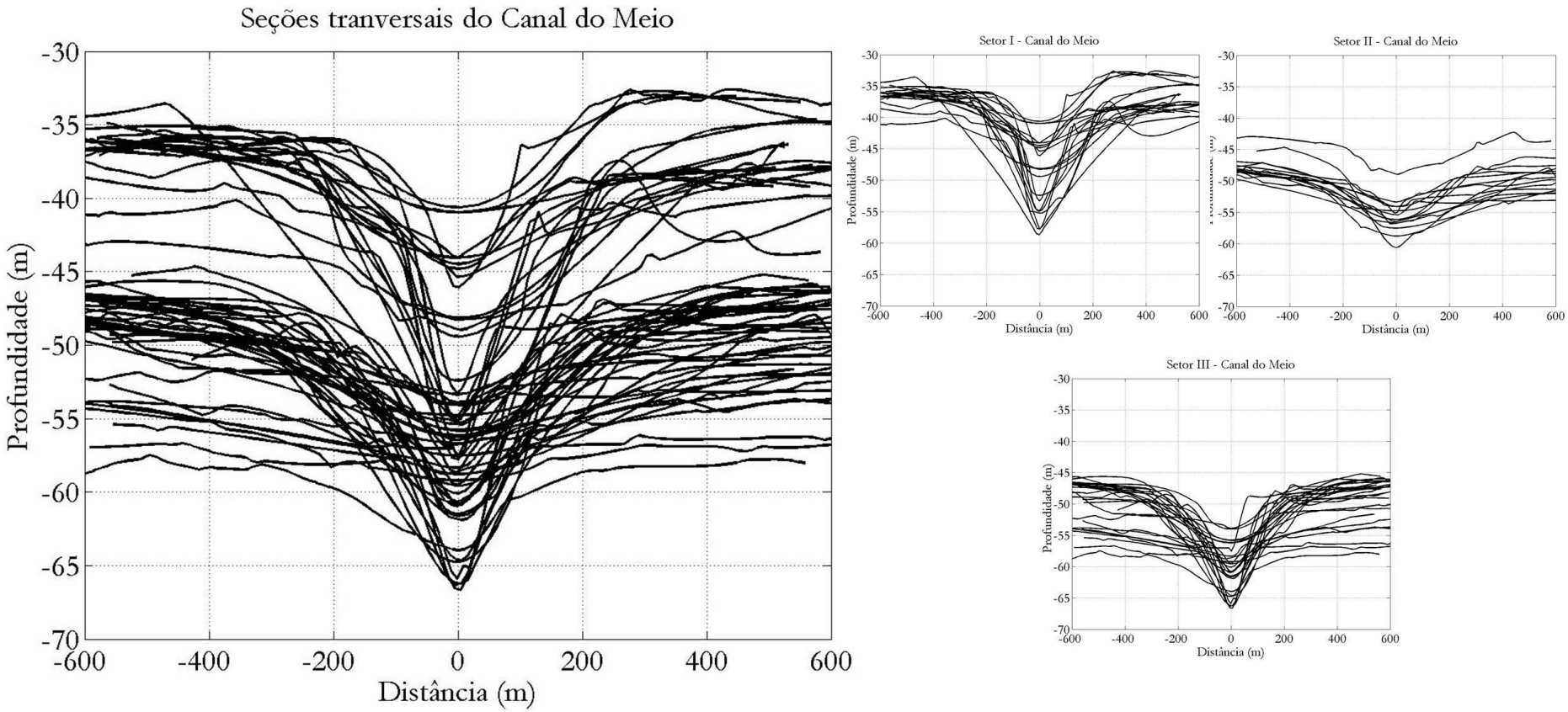


Figura 11: Aspecto do conjunto das 60 seções transversais ao Canal do Meio, indicando os três setores topograficamente distintos.

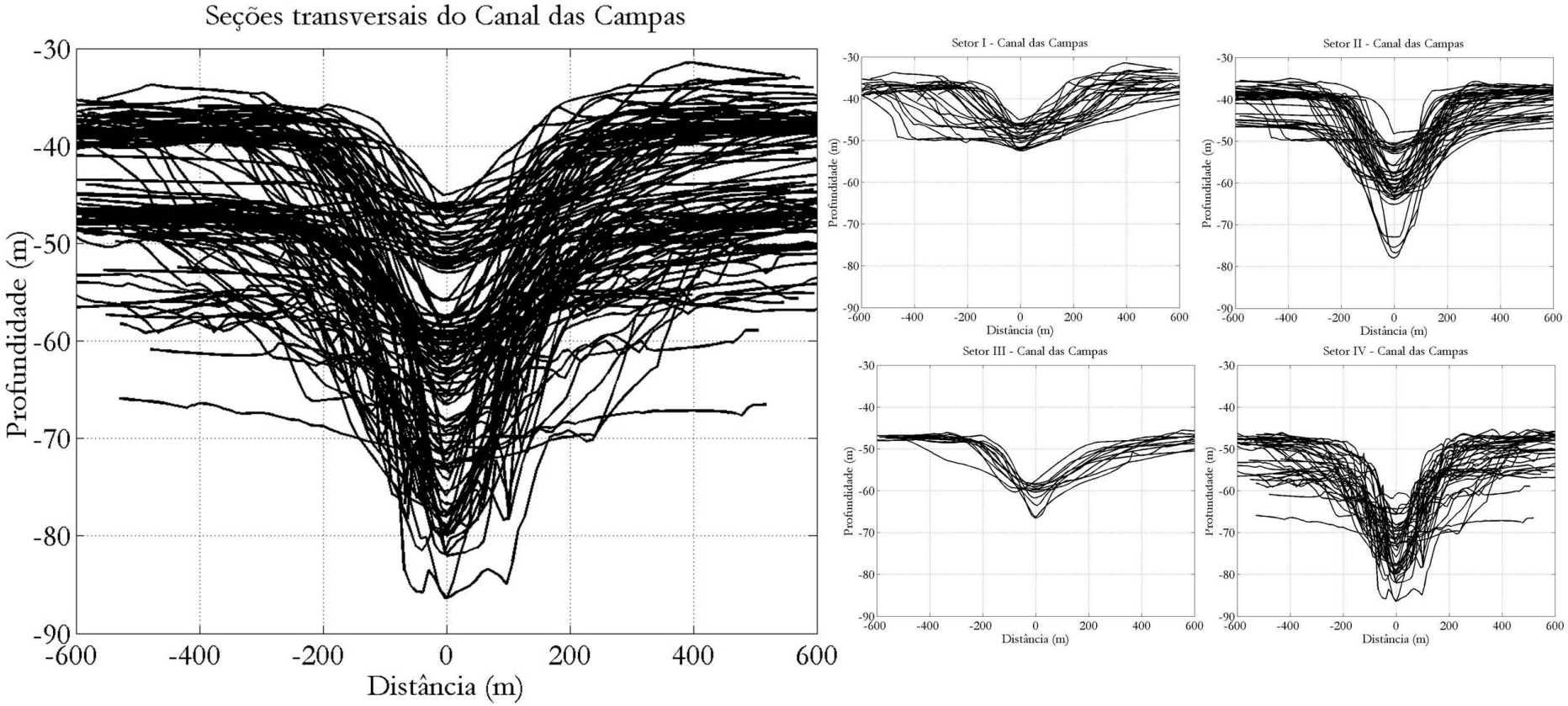


Figura 12: Aspecto do conjunto das 160 seções transversais ao Canal das Campas, indicando os quatro setores topograficamente distintos.

3.1.1.1 Canal da Zieta

Em relação aos setores do Canal da Zieta, o setor I é o mais raso e próximo à costa (Figura 11). Este setor apresentou extensão de 8,7 quilômetros e uma variação de profundidade de 16,7 metros, e sua principal característica é o canal paralelo à linha de costa, que se assemelha a um canal mapeado na Praia de Boa Viagem, em Recife (Gregório, 2009), o que sugere a ocorrência de recifes representados pelos relevos positivos localizados a leste. Com formato da calha em U, o canal apresentou largura média de 1,32 km, profundidades média e máxima do talvegue de 3,8 e 6,8 metros, respectivamente. Apesar da ausência de dados de sísmica rasa junto às desembocaduras dos rios Una, Ilhetas, Mamucabas e Formoso, é muito provável que todos estes cursos d'água se conectassem neste setor, em períodos de mar mais baixo que o atual, formando uma única rede de drenagem continental. Dessa forma, a bacia hidrográfica do Rio Una incorporaria todos os três rios litorâneos da área de estudo e se entenderia até os limites da PCSPE, em períodos de regressão marinha.

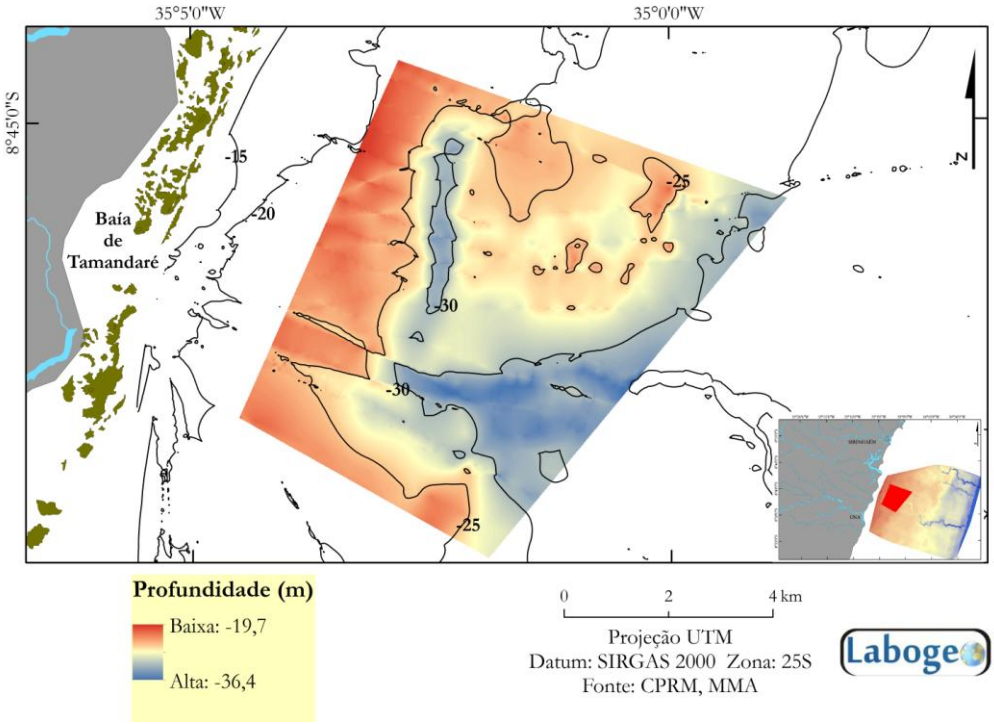


Figura 13: Detalhe do setor I do Canal da Zieta.

Ao longo do setor II, o Canal da Zieta tornou-se mais estreito e profundo, e apresentou profundidade mínima de 27,3 e máxima de 54,6, numa variação de 27,3 metros (Figura 12). O setor apresentou 14,3 quilômetros de extensão e calha com

formato em U. O canal apresentou largura média de 0,95 km, profundidades média e máxima do talvegue de 9,9 e 14 metros, respectivamente.

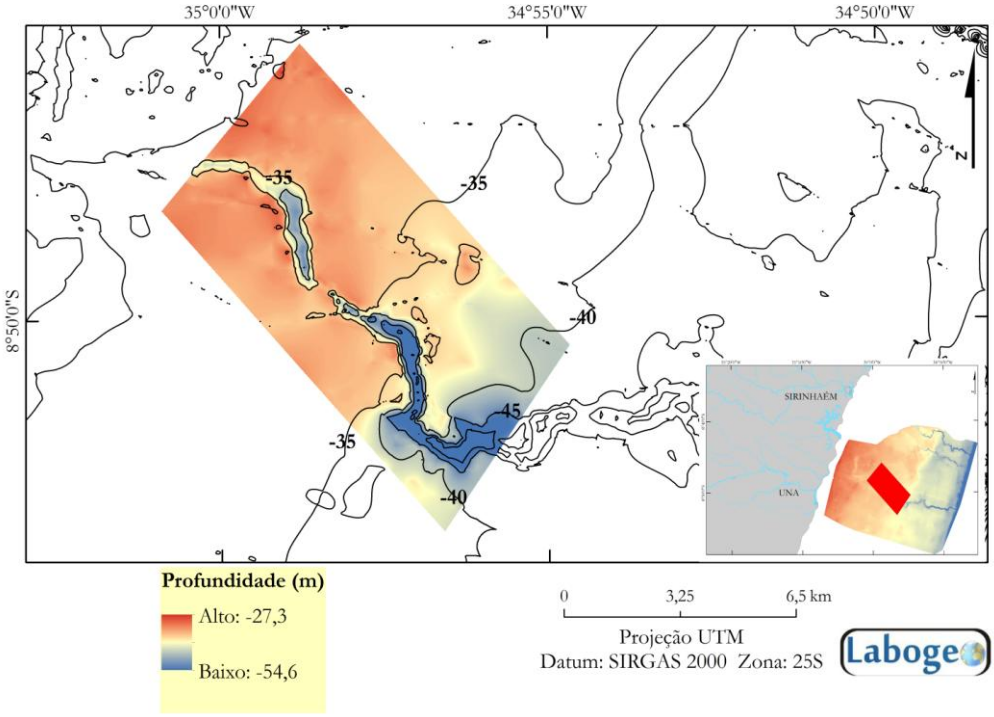


Figura 14: Detalhe do setor II do Canal da Zieta.

Ao longo do setor III, o Canal da Zieta assumiu um padrão mais largo e menos profundo, evidenciado pela maior distância entre as isóbatas do mapa (Figura 13). Sua extensão é de 7,4 quilômetros e a calha com formato em U. O canal apresentou largura média de 1,21 km, profundidades média e máxima do talvegue de 9,1 e 11,6 metros, respectivamente.

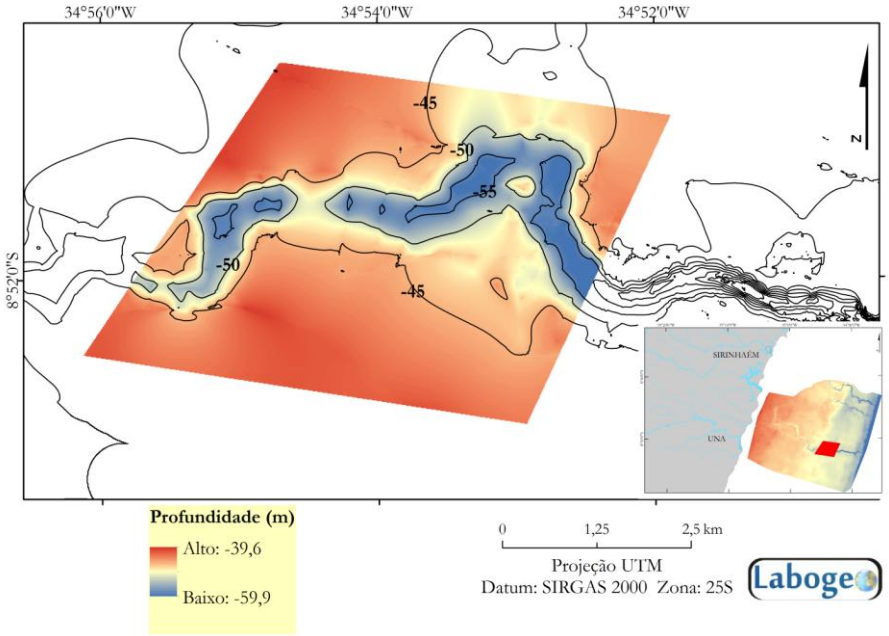


Figura 15: Detalhe do setor III do Canal da Zieta.

Já ao longo do setor IV, o Canal da Zieta tornou-se novamente mais estreito e relativamente bem mais profundo, atingindo os limites da plataforma continental (Figura 14). Com características de um pequeno cânion, o canal tem extensão de 8,5 quilômetros, formato da calha em V, largura média de 0,9 km e profundidades média e máxima do talvegue de 24,1 e 38,5 metros, respectivamente.

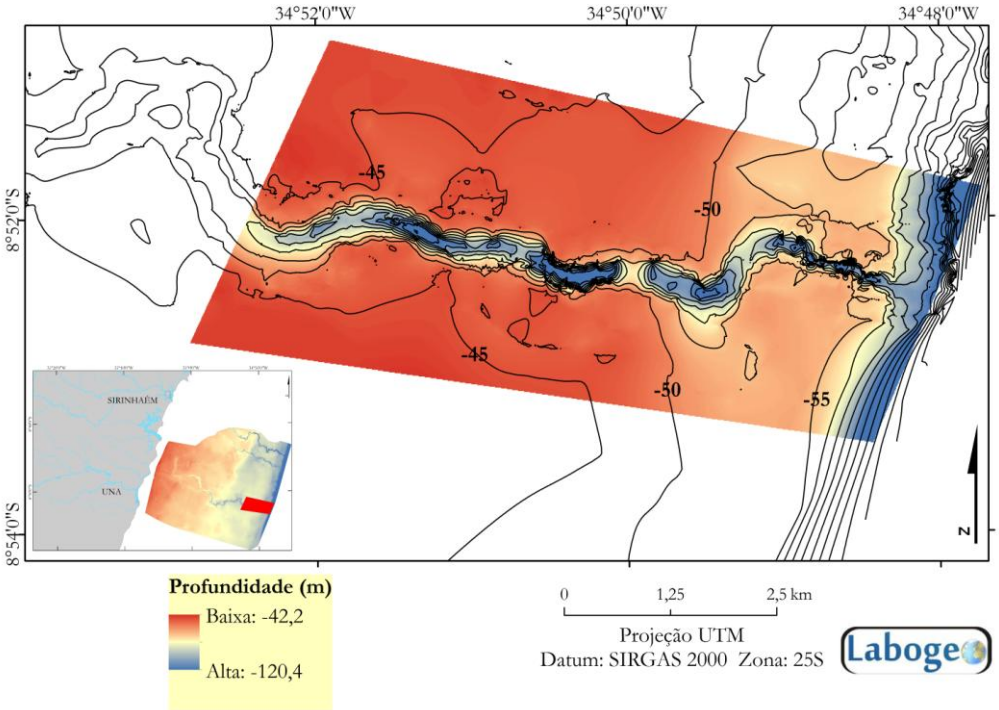


Figura 16: Detalhe do setor IV do Canal da Zieta.

3.1.1.2 Canal do Meio

Ao longo do setor I, o Canal do Meio se apresentou relativamente estreito, com uma extensão de 6,3 quilômetros e profundidades mínima e máxima de 31,5 e 65,2 metros respectivamente, numa variação de 33,7 metros (Figura 15). O canal apresentou largura média de 0,59 km, profundidades média e máxima do talvegue de 16,6 e 25,6 metros, respectivamente. Nesse setor, o formato da calha do canal foi predominantemente em U, apesar da ocorrência localizada de calha em V junto a um estreitamento do canal nas isóbatas de 40 e 45 metros de profundidade, que sugerem a ocorrência de uma paleolinha de costa na porção externa do setor, onde se localizam profundidades em torno de 65 metros.

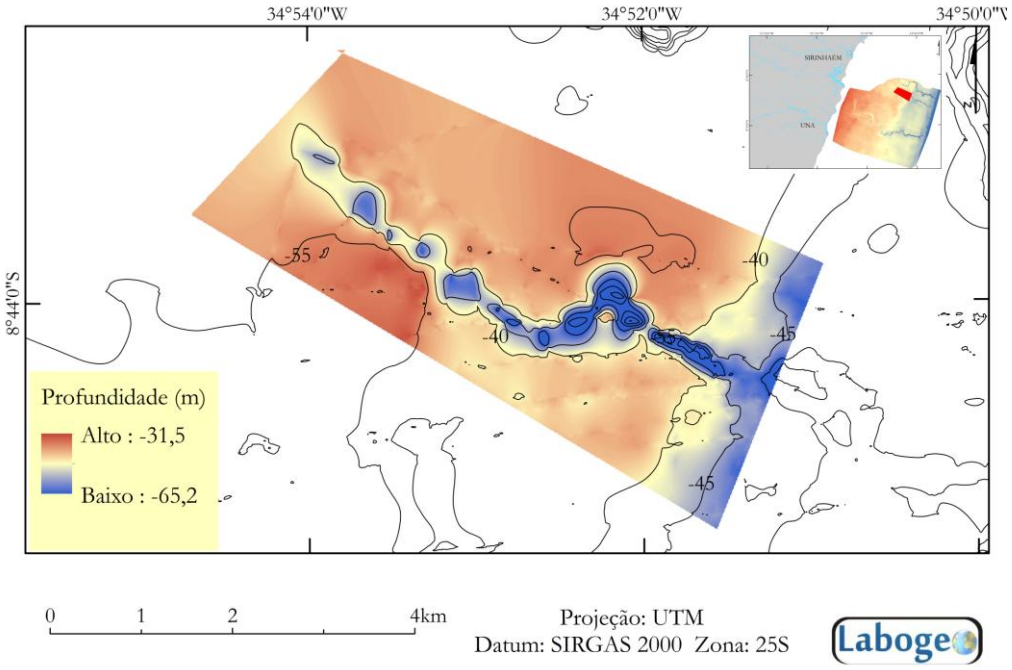


Figura 17: Detalhe do setor I do Canal do Meio.

O setor II se localiza ao largo de um degrau formado entre as isóbatas de 40 e 45 metros (Figura 16). Nele, o Canal do Meio assumiu um padrão mais largo e raso, evidenciado pelo padrão mais afastado de suas isóbatas. Com extensão de 3,8 quilômetros km, este setor apresentou profundidades mínimas e máximas de 44 e 61,7 metros, respectivamente, numa variação de apenas 17,7 metros. Com formato da calha em U, o canal apresentou largura média de 0,84 km. A profundidade média do talvegue é de 7,3 metros e a profundidade máxima de 9,2 metros.

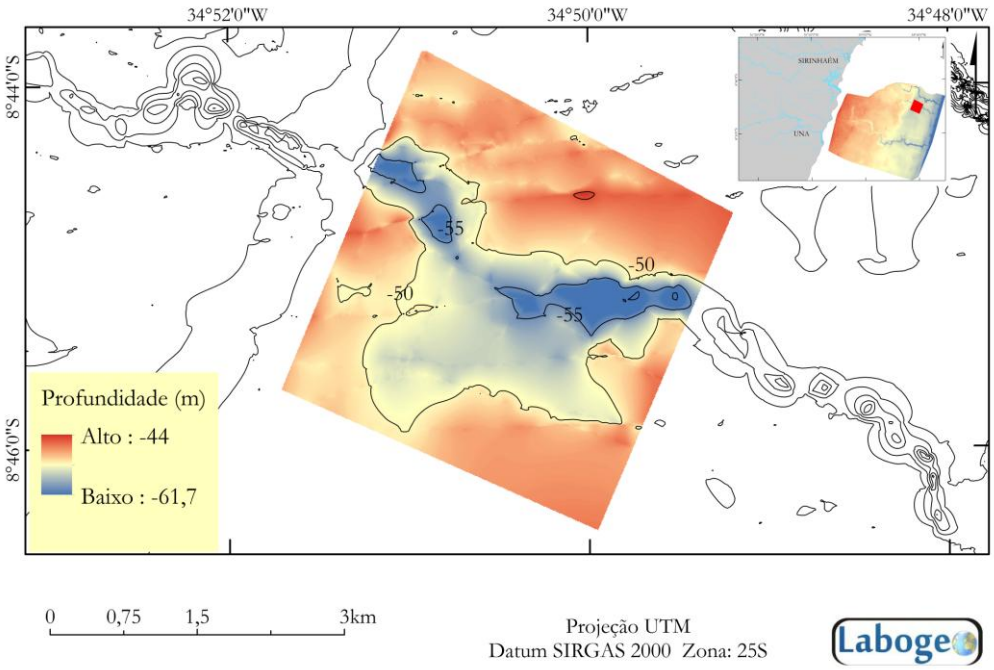


Figura 18: Detalhe do setor II do Canal do Meio.

Com uma extensão de 6,3 quilômetros, o setor III do Canal do Meio assumiu um formato mais estreito e profundo, com profundidades máximas em torno de 70 metros até que encontra a borda da plataforma continental, sua porção mais profunda (Figura 17). As profundidades mínima e máxima no setor são de 44,2 e 116,1 metros, respectivamente. Com formato da calha em V, o canal apresentou largura média de 0,5 km. A profundidade média do talvegue é de 12,5 metros e a profundidade máxima de 20,1 metros.

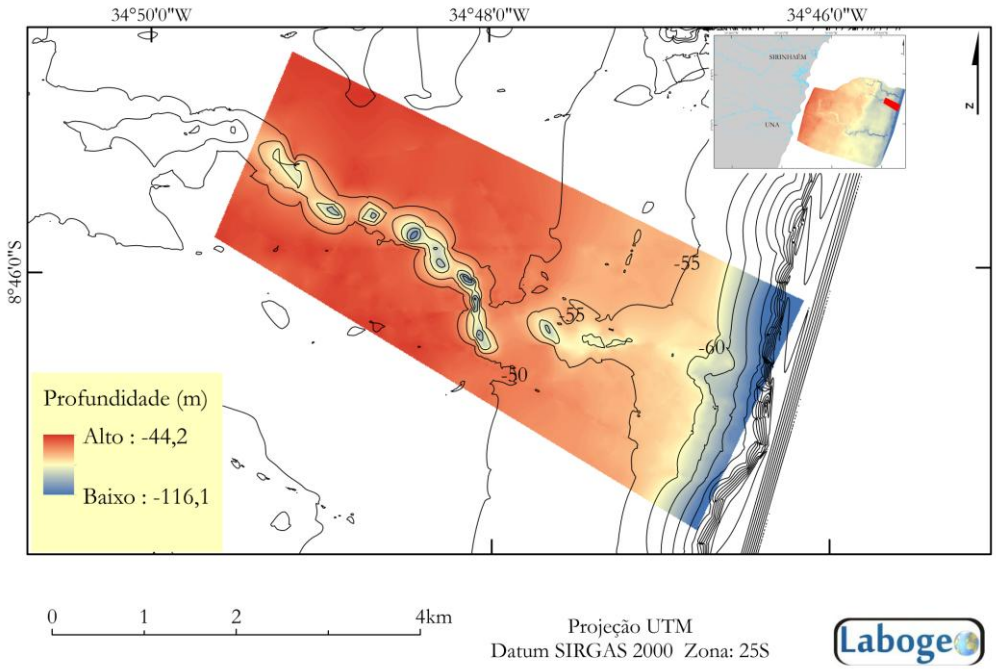


Figura 19: Detalhe do setor III do Canal do Meio.

3.1.1.3 Canal das Campas

O setor I do Canal das Campas, por sua vez, apresentou um padrão relativamente sinuoso e extensão de 5,3 quilômetros (Figura 18). As profundidades mínima e máxima do setor foram de 30,7 e 53 metros, numa variação de 22,3. Na porção mais externa localizaram-se as profundidades maiores que 50 metros. A largura média do canal foi de 0,69 km e as profundidades média e máxima do talvegue foram de 12,2 e 14,3 metros, respectivamente. O formato da calha foi predominantemente em U, apesar da ocorrência de um trecho com calha em V.

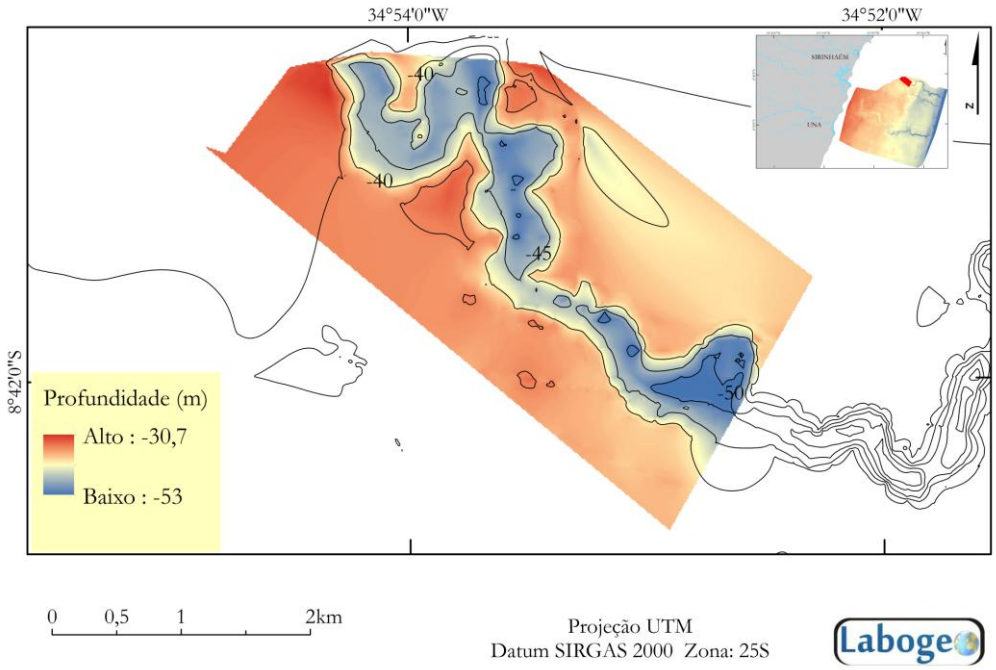


Figura 20: Detalhe do setor I do Canal das Campas.

O setor II do Canal das Campas se localizou em torno de 40 metros de profundidade e o canal corta o degrau formado entre as isóbatas de 40 e 45, numa incisão marcada que garante desníveis superiores a 20 metros, entre a borda e o talvegue do canal (Figura 19). Neste setor, o Canal das Campas apresentou duas fortes inflexões que sugerem a presença de um obstáculo resistente à ação erosiva da água. Com extensão de 8,7 quilômetros, o canal é estreito e profundo, com desníveis entre a borda e o talvegue de até 35 metros e formato da calha em U e V. As profundidades mínima e máxima foram de 34,1 e 79,1, numa variação de 45 metros. A largura média do canal foi de 0,56 km e as profundidades média e máxima do talvegue de 24,6 e 40,2 metros, respectivamente.

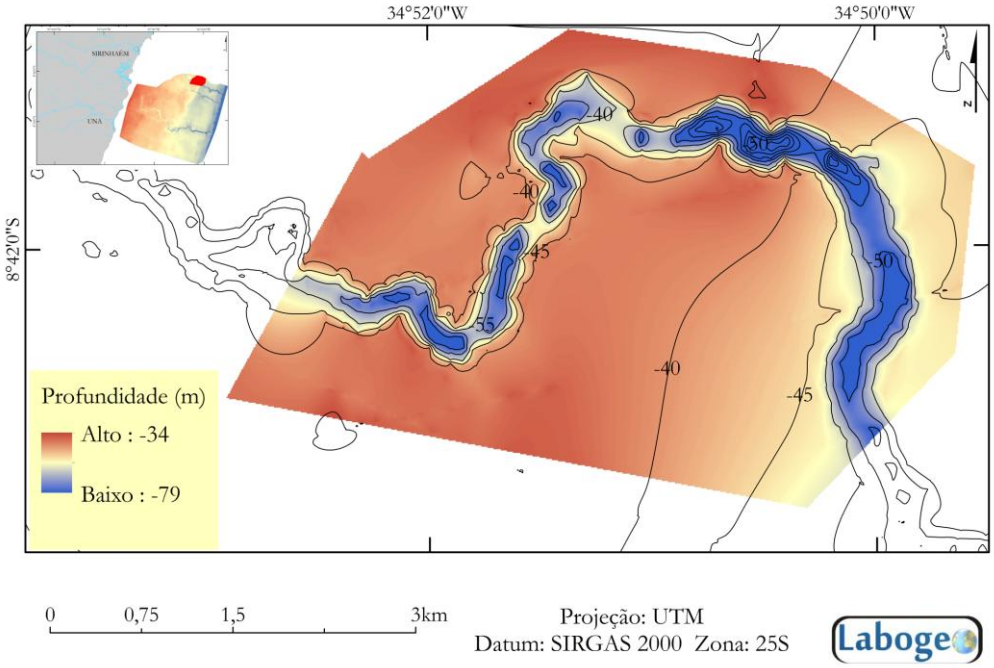


Figura 21: Detalhe do setor II do Canal das Campas.

Ao longo do setor III, o Canal das Campas se tornou mais largo e raso. Com apenas 2,6 quilômetros de extensão, o setor apresentou profundidades mínima e máxima de 44,6 e 67,7 metros, respectivamente, e calha com formato misto (U/V) A largura média do canal foi de 0,51 km e as profundidades média e máxima do talvegue de 12,9 e 16,8 metros, respectivamente (Figura 20)

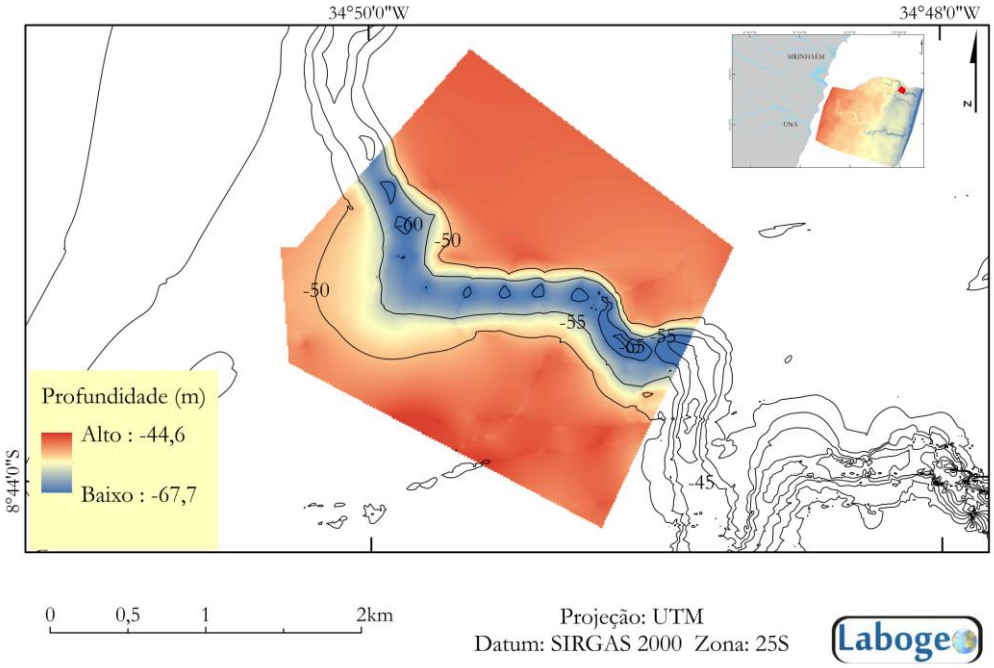


Figura 22: Detalhe do setor III do Canal das Campas.

Por fim, o setor IV do Canal das Campas se estendeu por 7,7 quilômetros até atingir a borda da plataforma e talude superior (Figura 21). As profundidades máxima e mínima do setor foram de 43,9 e 101,2 metros, respectivamente, em uma variação de 57,3 metros. Seu padrão quase retilíneo sugere que sua incisão se deu em uma formação homogênea e de igual resistência à erosão. Com calha em V, a largura média do canal foi de 0,45 km e as profundidades média e máxima do talvegue de 22,5 e 32,2 metros, respectivamente.

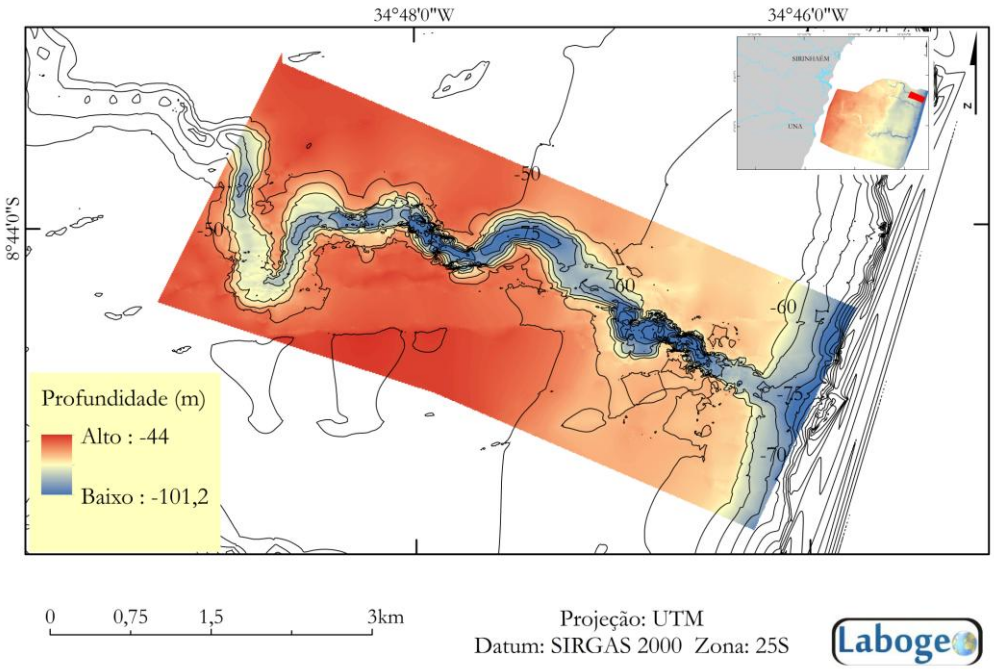


Figura 23: Detalhe do setor IV do Canal das Campas.

A tabela a seguir reúne os parâmetros espaciais e morfométricos de cada setor dos canais submersos (Tabela 02). Todos os canais apresentaram variações topográficas, que foram interpretadas como o resultado de prováveis diferenças na espessura das camadas sedimentares depositadas durante as oscilações do nível do mar. Levantamentos de sísmica rasa (evidências indiretas) e coleta de testemunhos (evidências diretas) são essenciais para que, numa ocasião futura, tal interpretação seja confirmada e ajude compreender a evolução da PCSPE em relação: às taxas de flutuação do nível do mar, à duração relativa de suas estabilizações e às conseqüentes variações do espaço de acomodação da bacia sedimentar e suas taxas de sedimentação (Harris *et al.*, 2005; Freire, 2006; Micallef *et al.*, 2013; Gomes *et al.*, 2015).

Tabela 02: Parâmetros espaciais e morfométricos dos setores dos canais submersos da PCSPE.

Canal	Setor	I	II	III	IV
Zieta	Seções transversais	1-30	31-60	61-80	81-107
	Profundidade (m)	22-32	32-41	41-43	43-65
	Extensão (km)	10,6	13,1	8,5	8,5
	Formato da calha	U	U	U	V
	Largura média (km)	1,32	0,95	1,21	0,9
	Profundidade média do talvegue (m)	3,8	9,9	9,1	24,1
	Profundidade máxima do talvegue (m)	6,8	14	11,6	38,5
Meio	Seções transversais	1-20	21-35	36-60	
	Profundidade (m)	32-40	41-50	51-58	
	Extensão (km)	6,3	3,8	6,3	
	Formato da calha	U/V	U	V	
	Largura média (km)	0,6	1,12	0,6	
	Profundidade média do talvegue (m)	12,9	7,2	10,1	
	Profundidade máxima do talvegue (m)	25,1	10,7	19,7	
Campas	Seções transversais	1-26	27-68	69-80	81-120
	Profundidade (m)	32-37	38-46	47-49	50-67
	Extensão (km)	5,3	8,7	2,8	7,4
	Formato da calha	U/V	U/V	U/V	V
	Largura média (km)	0,7	0,5	0,6	0,5
	Profundidade média do talvegue (m)	12,7	20	13,2	21,9
	Profundidade máxima do talvegue (m)	15,9	41,3	18,2	33,2

Os canais submersos aqui apresentados foram considerados depocentros com tendência a aprisionar sedimentos, matéria orgânica e poluentes, bem como transportá-los em direção ao talude e sopé continental (Cramp *et al.*, 1987; Granata *et al.*, 1999; Liu *et al.*, 2002). O preenchimento destas feições depende da disponibilidade de sedimento e seu transporte, além do espaço de acomodação disponível na plataforma continental (Dominguez *et al.*, 2013).

O registro de canais submersos em plataformas continentais tropicais e famintas é relativamente raro na literatura, visto que os primeiros estudos a respeito desse tema foram motivados pelo potencial de exploração de óleo e gás junto a vales incisos

preenchidos (Dalrymple *et al.*, 1994). Logo, muitas investigações foram conduzidas ao longo de margens continentais com considerável aporte sedimentar e em sistemas de canais já preenchidos, o que justificou a ampla utilização de métodos e conceitos da sismoestratigrafia (Dalrymple *et al.*, 1999; Gutierrez *et al.*, 2003; Mitchell *et al.*, 2007; Bellec *et al.*, 2009). Nesse contexto de exploração de recursos minerais marinhos, as plataformas famintas não foram áreas prioritárias para esse tipo de levantamento.

Ao longo da margem continental brasileira, canais submersos já foram registrados e atribuídos à erosão fluvial e subaérea durante eventos regressivos (Summerhayes *et al.*, 1976; França, 1979; Lima & Vital, 2006; Schwarzer *et al.*, 2006; Weschenfelder *et al.*, 2008; Conti & Furtado, 2009; Vital *et al.*, 2010; Dominguez *et al.*, 2011; Reis *et al.*, 2013; Gomes *et al.*, 2015). Nas regiões sul e sudeste do Brasil, o maior suprimento de sedimentos e os processos sedimentares de transporte e deposição determinaram o preenchimento parcial ou total dos canais da plataforma continental (Weschenfelder *et al*., 2008; Conti & Furtado, 2009; Reis *et al.*, 2013).

Por outro lado, a condição faminta da estreita e rasa plataforma continental do nordeste brasileiro permitiu uma relativa preservação destes efeitos erosivos das regressões marinhas, principalmente nos setores médio e externo da plataforma (Lima & Vital, 2006; Schwarzer *et al.*, 2006; Vital *et al.*, 2010; Gomes *et al.*, 2015). No caso da PCSPE, o padrão contínuo e as dimensões dos canais submersos sugerem que os mesmos representaram um prolongamento das bacias hidrográficas dos Rios Una e Sirinhaém, em períodos de regressão marinha, nos quais o nível do mar esteve abaixo da profundidade da quebra da plataforma.

3.1.2 Degraus

Além dos canais submersos, o MDE também indicou a ocorrência de terraços e degraus na topografia da PCSPE. O padrão de isóbatas permitiu localizar estreitas faixas de profundidade com declividade relativamente maior: 16-20, 20-23, 25-30, 35-40 e 50-55 metros. Apesar da ausência de estudos estratigráficos, os degraus foram interpretados como resultado da erosão imposta por ondas e/ou da formação de arenitos de praia, que indicam períodos de estabilização do nível do mar durante as recentes oscilações do nível eustático do mar (Corrêa, 1996; Wagle & Veerayya, 1996; Gardner *et al.*, 2007; Salzmann *et al.*, 2013, Reis *et al.*, 2013). Tais faixas de profundidade são consistentes com outros estudos conduzidos na plataforma continental brasileira (Corrêa, 1996; Vital *et al.*, 2010; Dominguez *et al.*, 2013). A ocorrência destes degraus reforça a idéia de que

as oscilações do nível do mar na região não ocorreram em uma taxa constante, mas sim que houve pulsos de rápidas mudanças e períodos de estabilização e/ou mudanças mais lentas (Harris *et al.*, 2013).

A maior distância entre os degraus localizados nas plataforma média e externa (Figura 22) sugere que houve, pelo menos, dois pulsos de rápida oscilação do nível do mar, ocasionando um acelerado afogamento dos canais submersos que, por sua vez, contribuiu para a preservação dessas feições topográficas. Aparentemente, entre estes dois pulsos acelerados houve um período de estabilização, junto à isóbata de 40 metros, duradoura o suficiente para proporcionar uma sedimentação mais expressiva nos setores III do Canal da Zieta, II do Canal do Meio e III do Canal das Campas. Situação semelhante de evolução foi definida por Micallef *et al.* (2013) para a plataforma continental do arquipélago de Malta, onde níveis de estabilizações foram identificadas nas profundidades de 30, 50 e 70 metros.

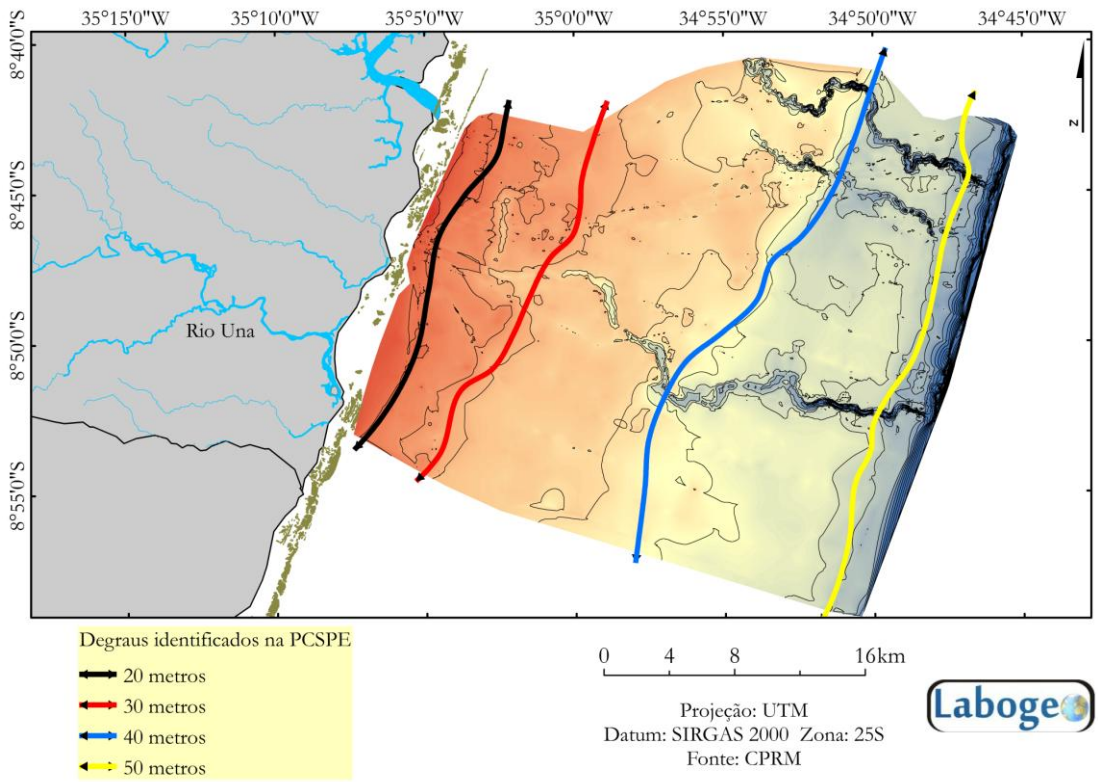


Figura 24: Localização dos degraus, indicando prováveis níveis de estabilização, marcadas pelas isóbatas de 50, 40 e 30 e 20 metros.

3.2 Cobertura sedimentar

No que diz respeito à cobertura sedimentar da área, a compilação dos dados permitiu integrar 64 amostras com seus teores de cascalho, areia, silte e argila (ANEXO

I), 49 amostras com seus teores de carbonato de cálcio (ANEXO II), bem como a localização de registros sonográficos de fundos consolidados.

De modo geral, os resultados reforçaram as primeiras descrições para a região, que estabeleceram uma predominância de fundos compostos por algas calcárias nas plataformas média (20-40m) e externa (40-60m), recobertos por areias e cascalhos carbonáticos. Já os sedimentos terrígenos tiveram distribuição restrita à plataforma continental interna (0-20m) (Figura 23).

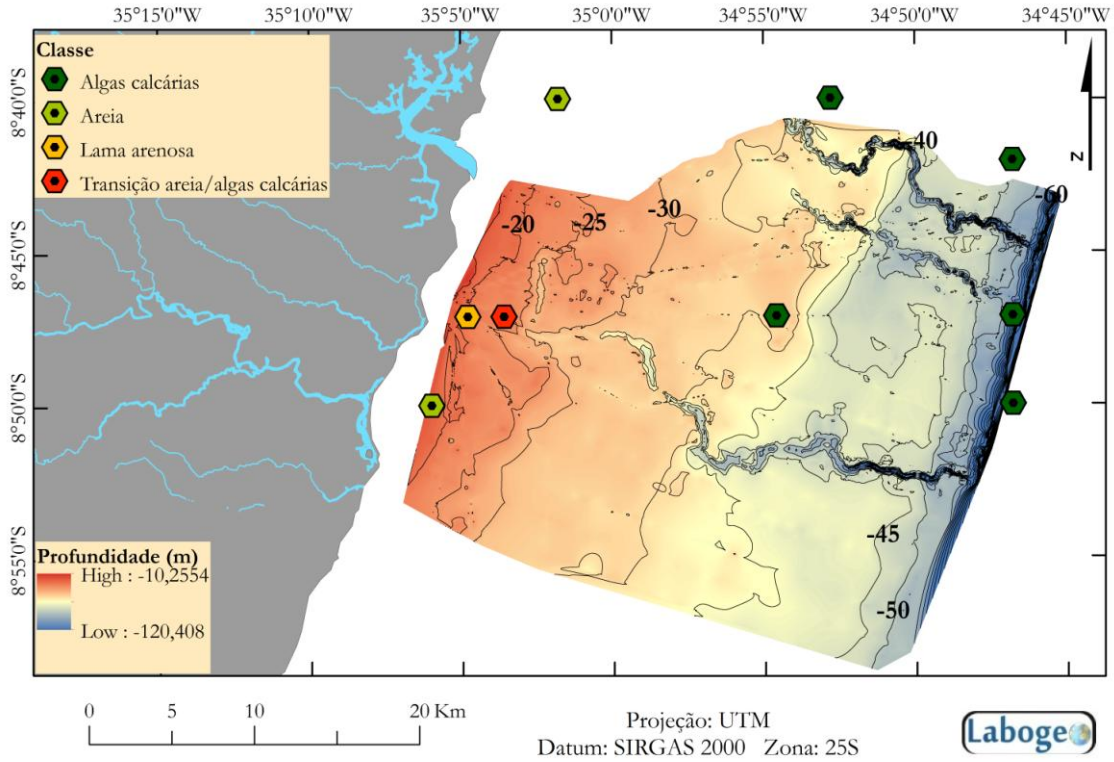


Figura 25: Distribuição das amostras analisadas por Kempf (1969), indicando a predominância de fundos compostos por algas calcárias nas plataformas continental média e externa, bem como a restrita distribuição de material terrígeno na plataforma continental interna.

3.2.1 Teores de cascalho, areia, silte e argila

Quanto aos teores de cascalho, areia, silte e argila, estes dois últimos apresentaram muitos valores nulos e, portanto, foram somados e apresentados como lama. As 64 amostras em questão indicaram um predomínio de areia, visto que em 42 delas, esses teores excederam o valor de 60%. Os teores de cascalho excederam o valor de 60% em apenas 10 amostras e os valores de lama foram bem pequenos e não ultrapassaram 10% em todas as 64 amostras (ANEXO I). Do ponto de vista espacial, os

teores de areia foram mais elevados, com valores iguais ou superiores a 80%, ao largo da foz do Rio Una, junto aos setores II do Canal da Zieta, III do Canal do Meio, II do Canal das Campas, além de numa faixa entre as profundidades de 30 e 35 metros. Na área entre os Canais da Zieta e do Meio, bem como junto à foz do estuário do Rio Formoso, os teores de areia variaram entre 20 a 60% (Figura 24).

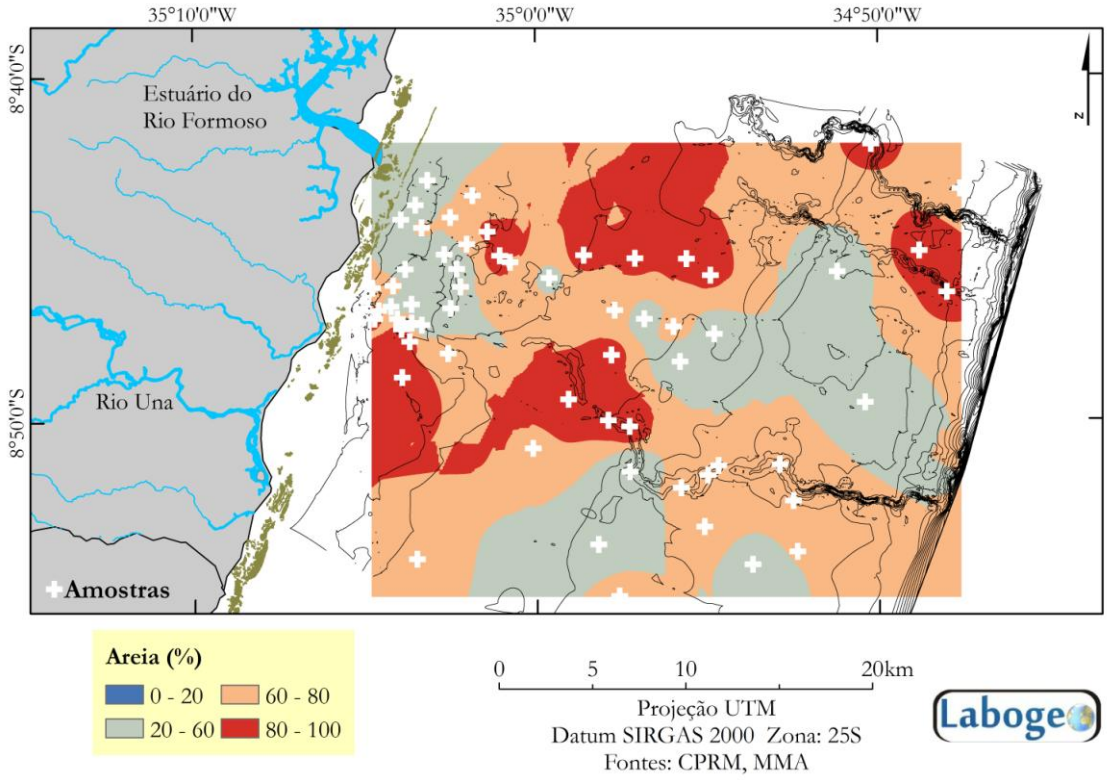


Figura 26: Distribuição dos teores de areia da cobertura sedimentar da PCSPE.

Os teores de cascalho apresentaram uma predominância apenas em manchas isoladas e distribuídas ao longo das plataformas interna, média e externa. De modo geral, valores intermediários destes teores se distribuíram ao longo do setores II e III do Canal da Zieta, I e III do canal do Meio, III e IV do Canal das Campas, bem como numa faixa de profundidades entre 30 e 35 metros (Figura 25).

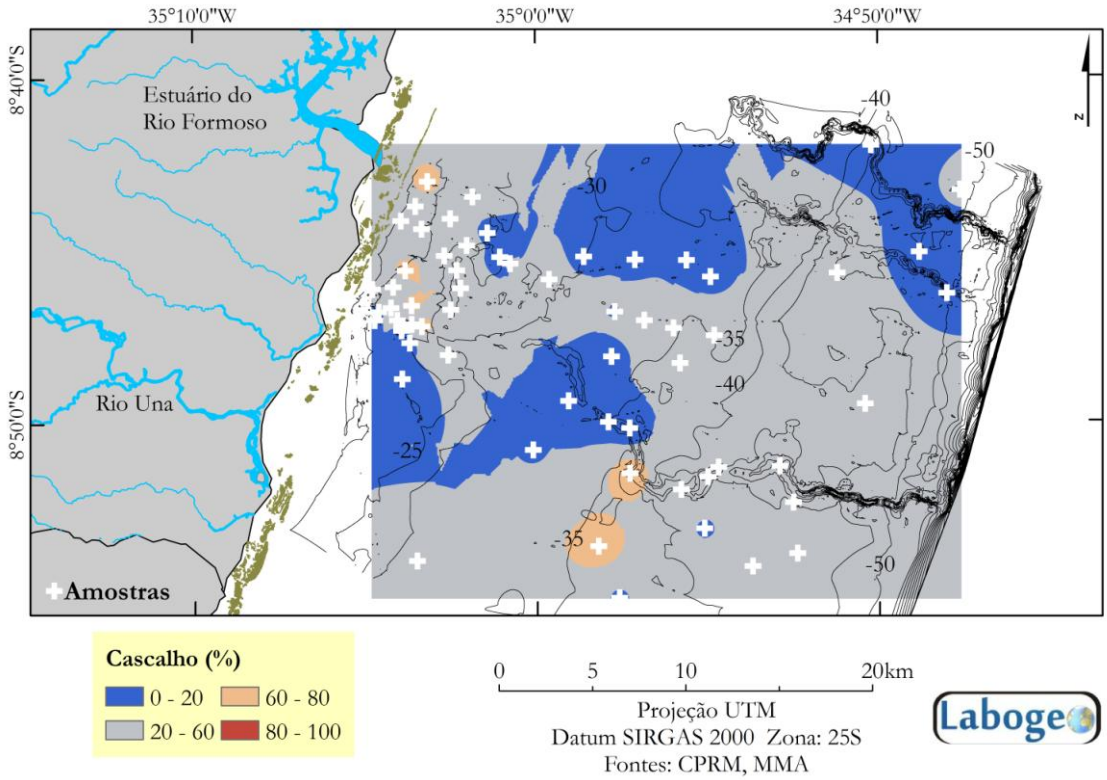


Figura 27: Distribuição dos teores de cascalho da cobertura sedimentar da PCSPE.

Quanto à distribuição espacial dos teores de lama, seus valores mais elevados localizaram-se junto aos setores III do Canal da Zieta, II e III do Canal do Meio e IV do Canal das Campas, bem como na faixa de profundidade entre 35 e 45 metros. Mais próximo à costa, os teores de lama indicaram a presença de bolsões de material terrígeno exportado pela drenagem fluvial. Na plataforma continental externa, os valores mais significativos de lama indicaram a ocorrência de uma zona de menor energia ao largo da isóbata de 40 metros (Figura 26).

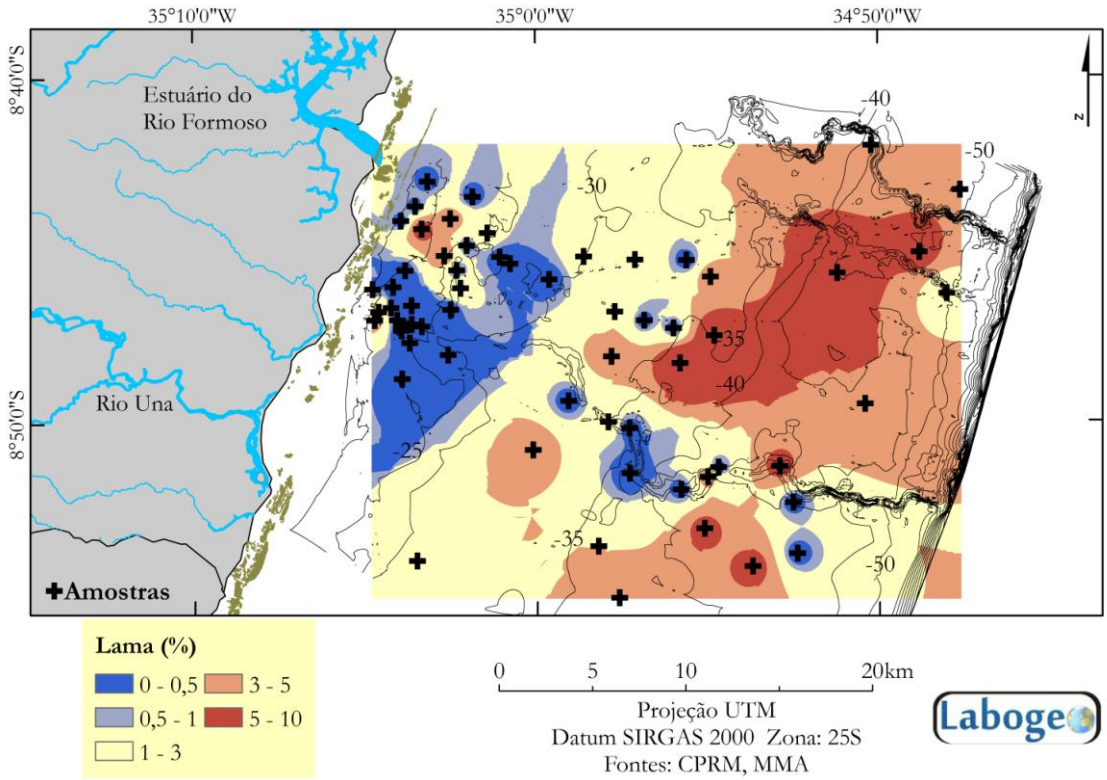


Figura 28: Distribuição dos teores de lama da cobertura sedimentar da PCSPE.

3.2.2 Teores de carbonato de cálcio

A distribuição espacial das 49 amostras de teores de carbonato de cálcio, evidenciou a predominância de sedimentos biogênicos, tendo em vista que os teores comumente excederam 60% de carbonato de cálcio (ANEXO II). Provavelmente, tal predominância foi conseqüência das condições favoráveis para a ocorrência de organismos secretores de carbonato de cálcio: águas rasas, quentes e iluminadas. Nesse sentido, o recente afogamento da PCSPE provavelmente representou a disponibilização de uma extensa superfície que foi prontamente colonizada por esses organismos, modificando a natureza da cobertura sedimentar, que passou a apresentar uma característica predominantemente carbonática, típica de ambientes tropicais rasos (Coutinho & Moraes, 1968; Kempf, 1969).

Do ponto de vista espacial, a distribuição destas amostras indicou a predominância de altas teores de carbonato em praticamente toda a plataforma média e externa, bem como a presença, em apenas 04 amostras, de teores menores que 50% de carbonato de cálcio (Figura 27). Como esperado, estas amostras estavam localizadas próximo à costa, indicando a influência do suprimento de material terrígeno imposto pela pluma sedimentar do Rio Una (Macedo, 2009).

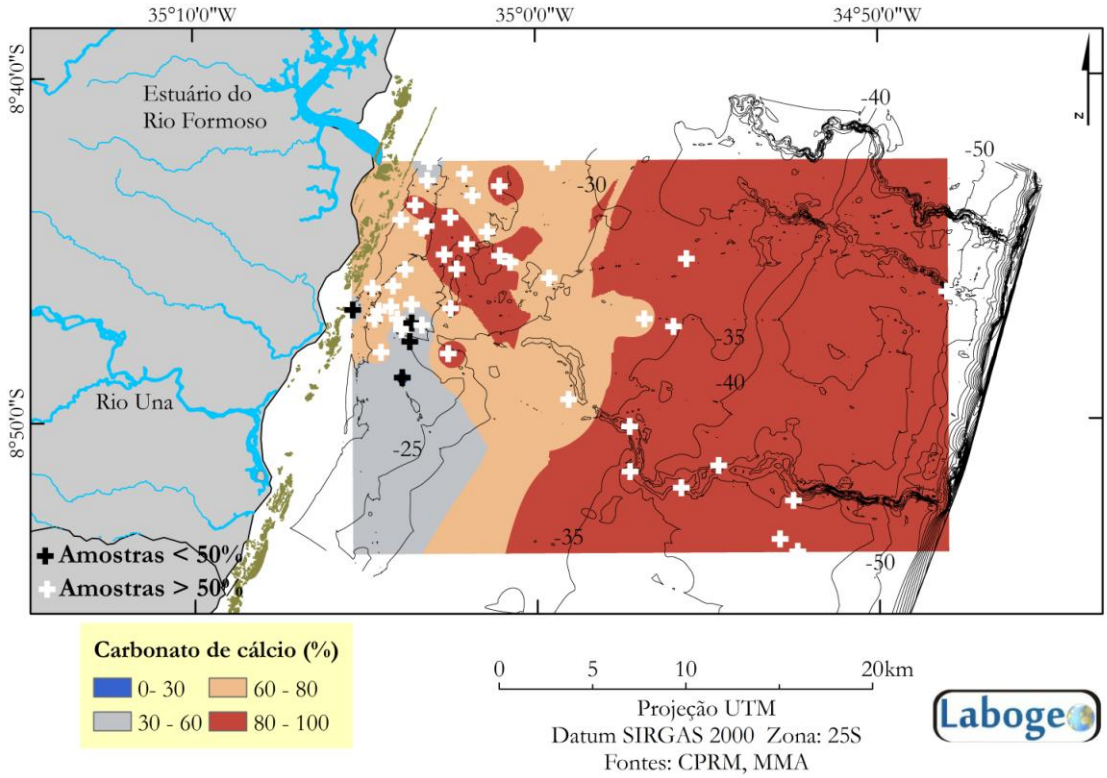


Figura 29: Distribuição dos teores de carbonato de cálcio da cobertura sedimentar da PCSPE, indicando as 04 amostras com maior representatividade de material terrígeno, ou seja, baixos teores de carbonato de cálcio.

3.2.3 Fundos consolidados

Além de fundos inconsolidados, ou seja, compostos por areias, cascalhos e lama, a PCSPE também apresenta fundos consolidados relacionados aos recifes de arenito, algálicos e/ou de coral. Michelli *et al.* (2001) e Camargo (2005), entre as profundidades de 10 e 23 metros, registraram tais tipos de fundos em 27 sonogramas. A ocorrência alinhada destes registros direcionaram sua interpretação como linhas de arenitos de praia, ou seja, indicativos de antigas linhas de costa, durante períodos de estabilização do nível do mar. Michelli *et al.* (2001) também registrou outros dois substratos consolidados, em torno de 40 metros de profundidade e os interpretou também como linhas de arenitos de praia submersas. Entretanto, o mapa batimétrico aqui apresentado sugeriu outra interpretação: a de que esses substratos consolidados estão relacionados às bordas do Canal da Zieta (Figura 28).

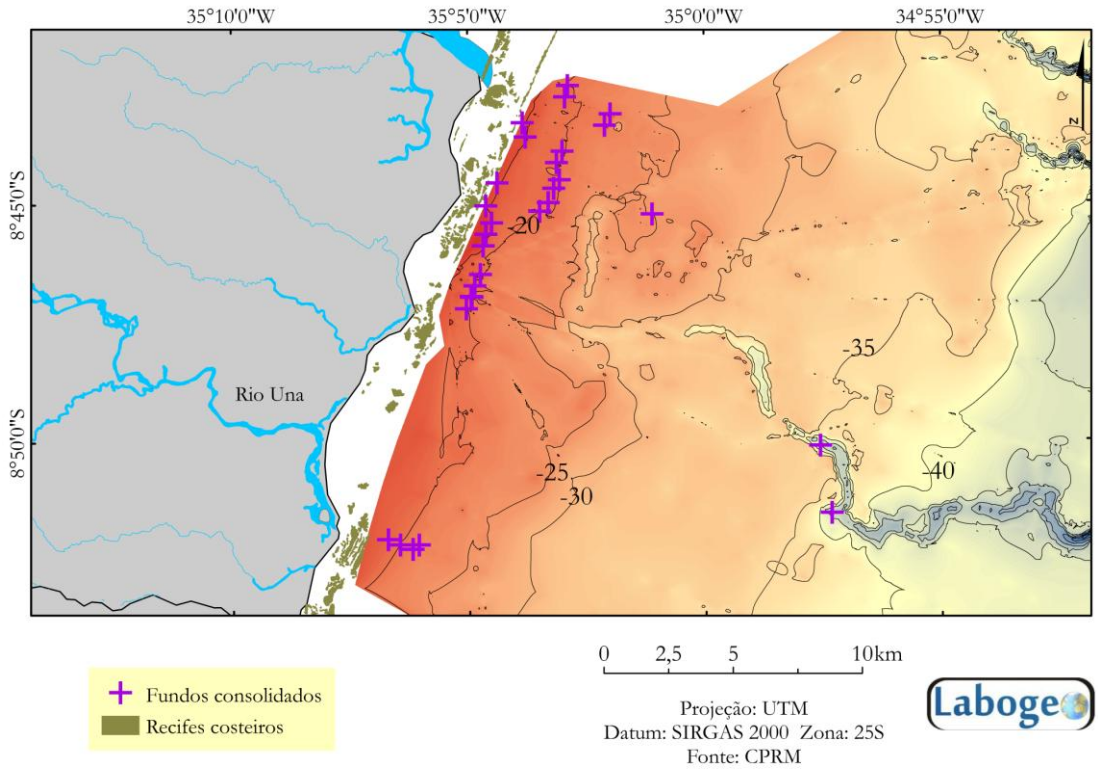


Figura 30: Localização dos substratos consolidados registrados em sonogramas analógicos e digitais, indicando prováveis antigas linhas de costa nas profundidades de 16-20 e 20-23 metros, bem como o provável caráter consolidado das bordas do Canal da Zieta.

3.3 Modelo paleogeográfico

As características fisiográficas da PCSPE são comuns ao denominado setor leste da plataforma continental brasileira, que, segundo Baptista Neto *et al.* (2004), apresenta plataformas continentais estreitas e rasas em comparação com os demais setores da plataforma continental brasileira. A largura da plataforma nesse setor não ultrapassa 50 quilômetros de largura e a quebra situa-se entre 40 e 80 metros de profundidade.

Durante os últimos 01 milhão de anos, a profundidade média do nível do mar foi de 62 metros abaixo do nível atual (Lea *et al.*, 2002; Waelbroeck *et al.*, 2002; Berger, 2008; Blum & Hattier-Womack, 2009), o que implicou na exposição subaérea da PCSPE como condição mais comum. Logo, em relação ao seu passado mais recente e com base nas informações acerca de sua topografia submersa e da curva de variação eustática do nível do mar gerada por Hanebuth (2003), a tese propõe um modelo paleogeográfico para a PCSPE, podendo ser expandido para a plataforma continental leste brasileira.

Há aproximadamente 120 mil anos, o nível do mar esteve na posição atual, sendo bastante provável que as condições atuais de uma plataforma tropical rasa, quente e faminta, também fossem observadas nessa região do Brasil (Figura 29). Essas condições também envolveriam: i. a ocorrência de uma faixa de sedimentos terrígenos limitada à plataforma continental interna; ii. uma vasta cobertura sedimentar carbonática ao longo das plataformas continentais média e externa; e iii. a possibilidade de ocorrência de substratos consolidados e ambientes recifais associados (recifes algálicos, de arenito e/ou de coral).

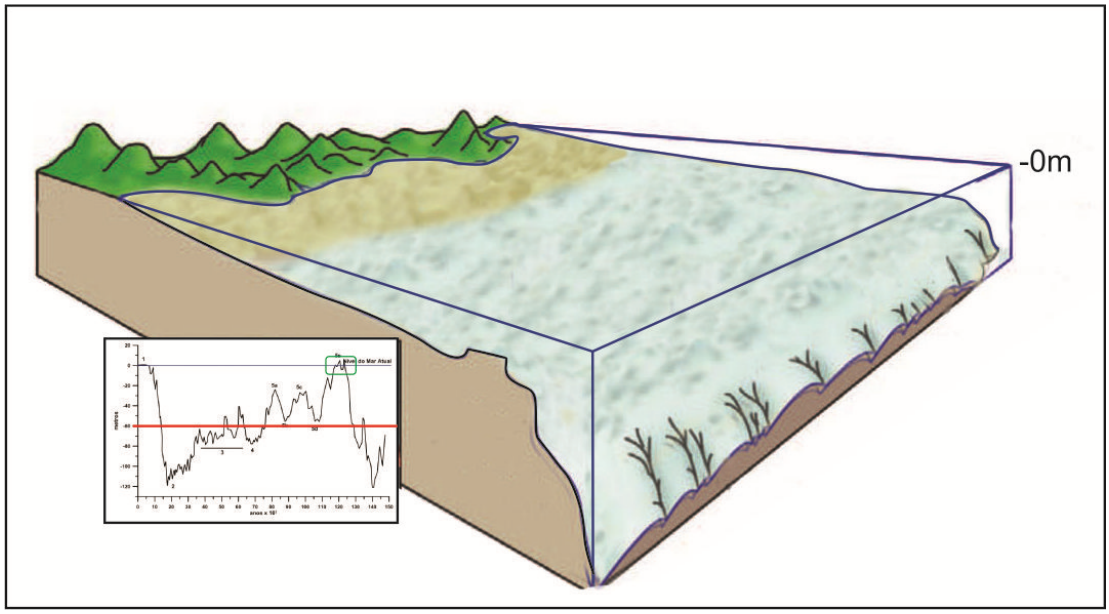


Figura 31: Modelo paleogeográfico da PCSPE frente às oscilações do nível do mar na PCSPE, indicando a posição do nível há 120 mil anos atrás, segundo Hanebuth (2003).

Ao longo dos 40 mil anos subseqüentes, períodos alternados de regressão e transgressão marinha implicaram numa profundidade média do nível do mar em torno dos 40 metros abaixo do nível atual (Figura 30). Esta redução do nível do mar ocasionou a emersão parcial da plataforma continental e a extensão das drenagens continentais, através das bacias hidrográficas, em direção à atual plataforma continental externa (40-60m). A atuação erosiva da drenagem continental resultou no entalhamento de vales incisos numa ampla planície costeira. Neste período, é provável que os sedimentos transportados pelos rios tenham sido depositados no espaço de acomodação disponível entre a linha de costa (40 m) e a borda da plataforma. Além da deposição de sedimentos terrígenos, seria também provável o desenvolvimento de ambientes recifais de águas rasas, neste trecho da plataforma continental.

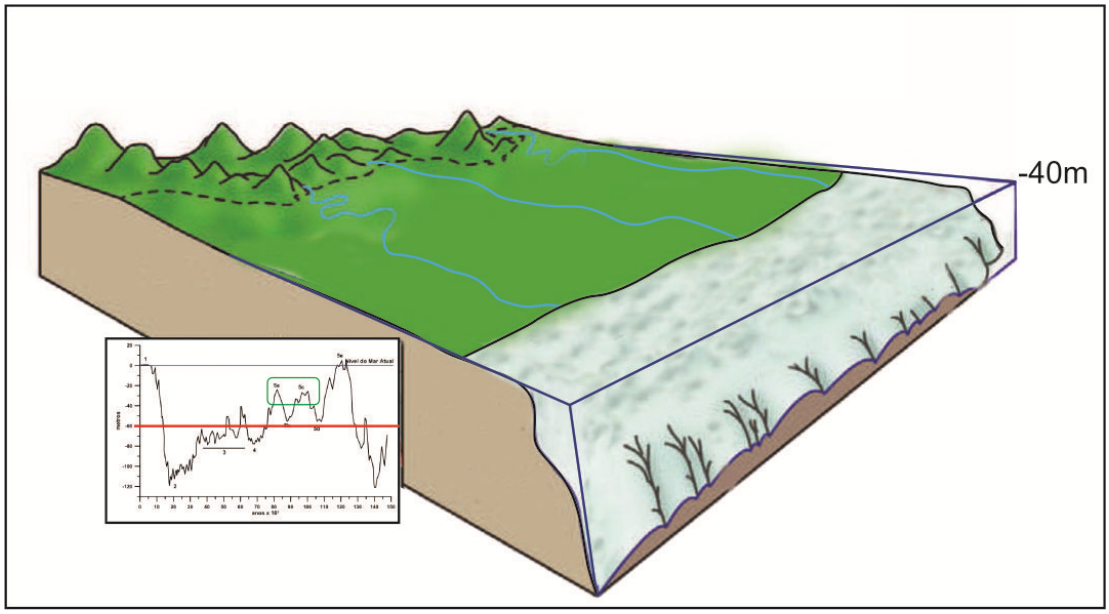


Figura 32: Modelo paleogeográfico da PCSPE frente às oscilações do nível do mar na PCSPE, indicando a posição média do nível entre 110 e 80 mil anos atrás, segundo Hanebuth (2003).

Ao longo de pouco mais da metade do período analisado, ou seja, 65 mil anos, o nível médio do mar esteve abaixo da profundidade de 60 metros, o que expôs completamente a plataforma continental leste brasileira aos processos erosivos subaéreos (Figura 31). A mudança do nível de base imposta pela regressão favoreceu o surgimento de incisões mais profundas na plataforma continental externa e talude, a provável carstificação das formações carbonáticas do período anterior, bem como o transporte sedimentar diretamente para o talude.

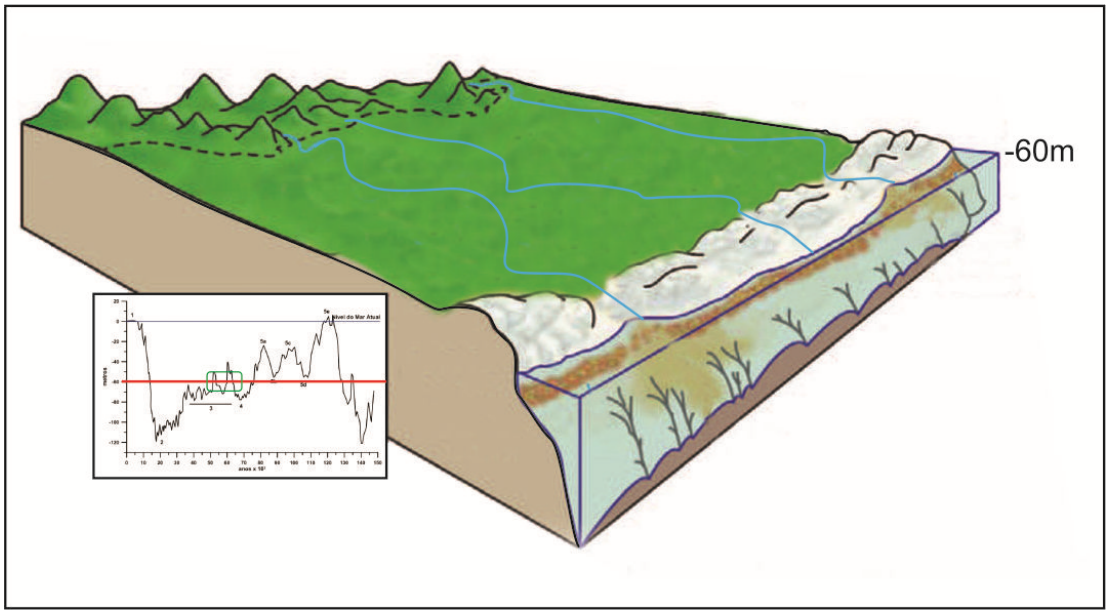


Figura 33: Modelo paleogeográfico da PCSPE frente às oscilações do nível do mar na PCSPE, indicando a posição média do nível entre 80 e 12 mil anos atrás, segundo Hanebuth (2003).

Posterior ao Último Máximo Glacial (UMG), a Transgressão Holocênica implicou no rápido afogamento da PCSPE, que aparentemente apresentou dois pulsos mais acelerados, intercalados por uma estabilização em torno dos 40 metros de profundidade. Provavelmente, ao fim do segundo pulso, o nível do mar atingiu profundidade em torno de 25 metros e, a partir desta fase, provavelmente a transgressão foi mais lenta e gradual, originando os degraus localizados nas faixas de 20-23, 16-20 metros de profundidade, as linhas de arenito de praia localizadas na plataforma continental interna, bem como as evidências de níveis do mar acima do atual (Dominguez *et al.*, 1990; Ferreira Júnior, 2010) (Figura 32).

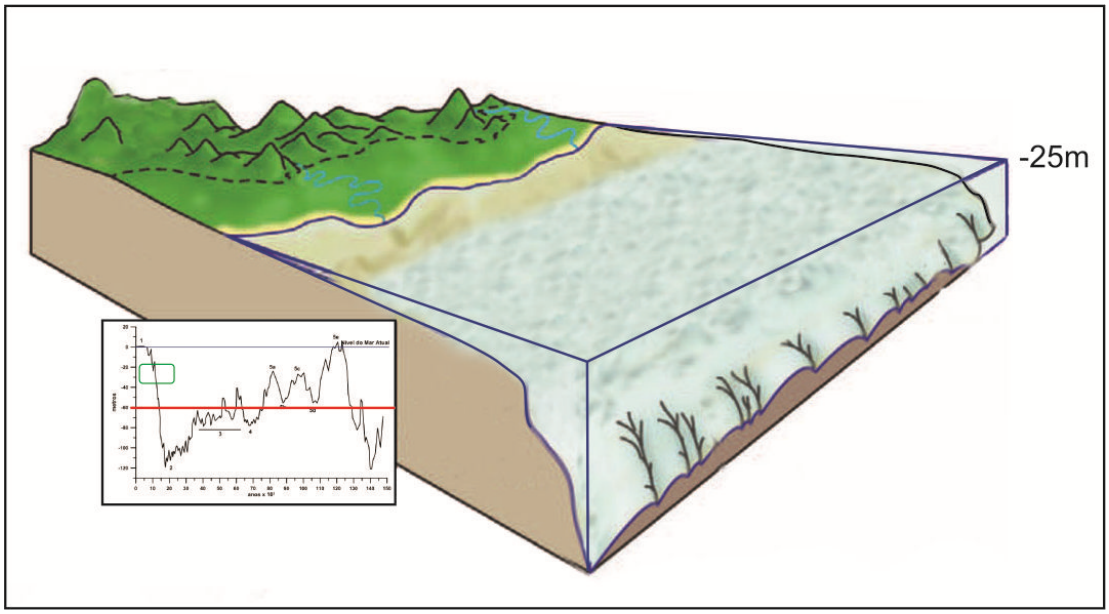


Figura 34: Modelo hipotético das oscilações do nível do mar na PCSPE, indicando a posição média do nível há 10 mil anos atrás, segundo Hanebuth (2003).

3.4 Análise do potencial de ocorrência de canais submersos na plataforma continental leste brasileira

Partindo da premissa que, os canais submersos da área de estudo são resultado de erosão fluvial e, portanto, estão relacionados às bacias hidrográficas, uma análise em escala regional foi realizada, no sentido de verificar o potencial de ocorrência dessas feições na plataforma continental leste brasileira, entre os estados de Alagoas, Pernambuco e Paraíba, num trecho de aproximadamente 430 quilômetros da costa nordestina.

Desta forma, a rotina de geoprocessamento, utilizada no capítulo 02, foi novamente aplicada para obter-se os valores de área, perímetro e amplitude altimétrica das bacias hidrográficas que fluem em direção ao trecho de costa supracitado. A condição para a ocorrência do potencial de canais submersos nas plataformas média e externa foi definida por valores de área acima de 600 km^2, valores de perímetro acima de 160 km e de amplitude altimétrica de 320 metros, incluindo todos os rios da região classificados como translitorâneos. Este esforço analítico indicou o potencial de ocorrência de pelo menos 15 bacias hidrográficas que, por analogia aos rios translitorâneos estudados nesta tese (Una e Sirinhaém), possuem potencial para o entalhamento de canais submersos na plataforma continental, em períodos de regressão marinha (Tabela 03). Os rios Porangaba, Mundaú, Una, Ipojuca, Capibaribe e Paraíba se

destacaram-se por suas dimensões e amplitude altimétrica de mais de 1.000 metros, indicando a influência do Planalto da Borborema na drenagem continental da região.

Tabela 03: Parâmetros das bacias hidrográficas

Bacia Hidrográfica	Estado	Área (km^2)	Perímetro (km)	Amplitude altimétrica (m)
Rio São Miguel	Alagoas	720	260	623
Rio Porangaba / Lagoa Manguaba		**3.665**	**586**	**1.027**
Rio Mundaú / Lagoa Mundaú		**4.212**	**543**	**1.018**
Rio Santo Antônio Grande		797	160	574
Rio Camaragibe		955	268	639
Rio Manguaba		803	180	465
Rio Una	Pernambuco	**6.706**	**673**	**1.026**
Rio Sirinhaém		2.082	389	861
Rio Ipojuca		**3.563**	**861**	**1.173**
Rio Jaboatão		1.036	195	565
Rio Capibaribe		**7.535**	**721**	**1.198**
Rio Goiana		2.869	353	691
Rio Paraíba	Paraíba	**19.760**	**1.217**	**1.171**
Rio Mamanguape		3.253	394	743
Rio Camaratuba		623	165	358

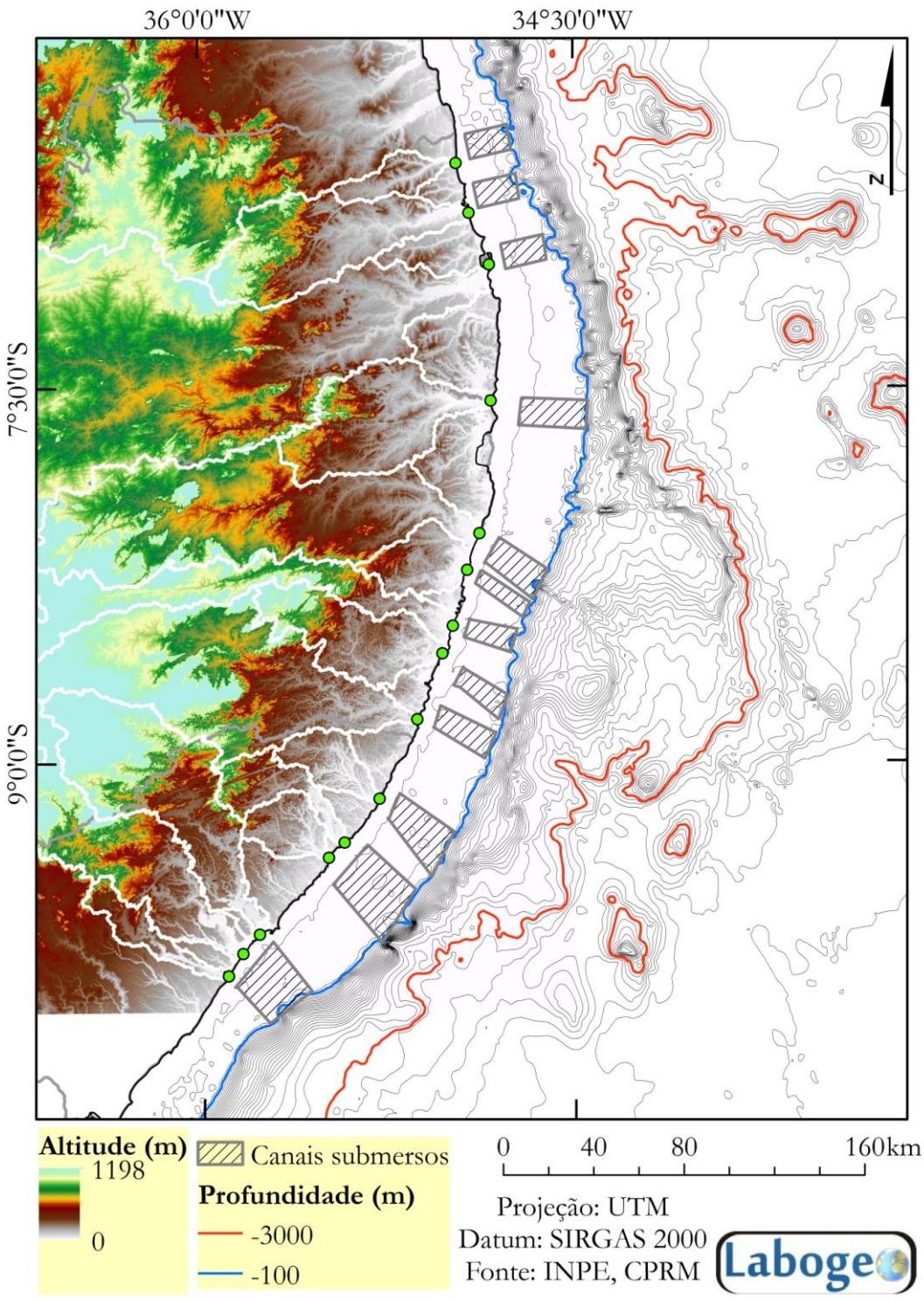


Figura 35: Localização das 15 principais bacias hidrográficas do trecho de costa analisado, indicando áreas com alto potencial de ocorrência de canais submersos nas porções média e externa da plataforma continental leste brasileira.

Ainda em relação ao potencial de ocorrência de canais submersos relacionados às bacias hidrográficas no trecho de litoral analisado, vale citar que já existem registros que confirmam a ocorrência de canais associados aos rios Camaratuba (PB), Paraíba

(PB) e Manguaba (AL) (França, 1979). Dentre as bacias hidrográficas analisadas, a do Rio Paraíba é a maior, com uma área de 19.760 km² e um perímetro de 1.217 km, sendo que suas principais nascentes ocorrem em regiões com altitudes que variam de 0 a 1.171 metros e o rio homônimo possui aproximadamente 316,13 km de extensão (Marcuzzo *et al.*, 2012). Portanto, é provável que essa bacia tenha esculpido um ou mais canais submersos com dimensões ainda superiores aos mapeados nesta tese. Recentemente, o Serviço Geológico do Brasil - CPRM, no âmbito do Projeto Plataforma Rasa do Brasil, publicou a Carta Batimétrica da Plataforma Continental Rasa do Estado de Alagoas, numa escala de 1:250.000 (CPRM, 2015). No documento, encontram-se parcialmente mapeados os canais submersos relacionados com as bacias hidrográficas do litoral alagoano, aqui indicadas.

Por fim, cabe ressaltar que, a ocorrência de canais submersos não excluí a possibilidade de ocorrência de outras feições erosivas típicas de bordas de plataforma, mas que não apresentam conexão com a paleodrenagem continental, tais como ravinas e cabeceiras de cânions (Harris & Whiteway, 2011, Almeida *et al*., 2015). As investigações acerca destas feições erosivas em plataformas continentais têm recebido mais atenção nas últimas décadas, devido à sua importância geológica e oceanográfica para a conservação marinha (Sobarzo *et al.*, 2001; Kunze *et al.*, 2002; Genin, 2004; Yen *et al.*, 2004; Escobar-Briones *et al.*, 2008; Schwab *et al.*, 2013; Ortega-Sánchez *et al.*, 2014; Mazières *et al.*, 2014). Em muito casos, essas feições topográficas negativas representaram um *hotspot* de biodiversidade, foram palco de eventuais processos de mistura e ciclagem de energia e matéria, além de influenciarem o transporte de sedimentos e poluentes.

O aspecto faminto da plataforma continental leste brasileira representa uma vantagem para geólogos, geofísicos e oceanógrafos, visto que as marcas do passado ainda não foram mascaradas. As evidências científicas obtidas até aqui indicam que a atual plataforma esteve emersa e era recortada por vales incisos, que estendiam-se até o talude superior. Apesar do caráter ainda incipiente das investigações sobre o passado recente da PCSPE, as vantagens de uma exploração científica de uma plataforma faminta, rasa, estreita e afogada rapidamente vão além e não estão restritas aos campos da ciência relacionados ao passado geológico recente.

A preservação das feições topográficas como degraus, canais submersos, cânions e ravinas resultam em um maior potencial de biogeodiversidade. Os relevos positivos (recifes artificiais, algálicos, de arenito e/ou de coral) e negativos (canais submersos) da

PCSPE estão relacionados com importantes hábitats e recursos associados, e seu mapeamento é crítico para melhorar o conhecimento e manejo da pesca artesanal (Baker & Harris, 2011). A pesca de linha de mão é um importante uso dos hábitats bentônicos da PCSPE, especialmente junto aos fundos consolidados íngremes e/ou irregulares. Evidências aqui apresentadas, sugerem que tais condições físicas ocorram junto às margens dos canais submersos. Logo, não é coincidência que as áreas de pesca, exploradas pela frota comercial de pequena escala são, preferencialmente, aquelas que apresentam uma topografia rochosa e irregular e/ou um declive acentuado (Silva, 1993; Rezende & Ferreira, 2004).

O limitado conhecimento acerca da extensão, distribuição geográfica e significado ecológico dos hábitats bentônicos da PCSPE impõem um desafio para seu manejo e proteção. Nesse sentido, os levantamentos batimétricos são o primeiro passo em direção a uma representação mais acurada da configuração espacial das características biofísicas em uma área (Brown *et al.*, 2011). Em combinação com dados hidroacústicos, evidências diretas sobre as características biofísicas do assoalho marinho poderão incrementar a capacidade de segmentação e classificação dos tipos de fundo da PCSPE.

Por fim, pode-se afirmar que a PCSPE foi exposta a processos erosivos subaéreos, durante suas fases de emersão (≈ 65 mil anos), bem como a um rápido afogamento durante a Transgressão Holocênica. Seus contextos topográfico e sedimentológico indicaram uma estreita relação entre as atuais bacias hidrográficas e os canais mapeados. Logo, apesar da sua condição atual de submersão, a geodiversidade da PCSPE mostrou-se bastante influenciada por feições e processos terrestres, relacionados à erosão subaérea e fluvial atuantes em períodos de regressão marinha (Figura 34).

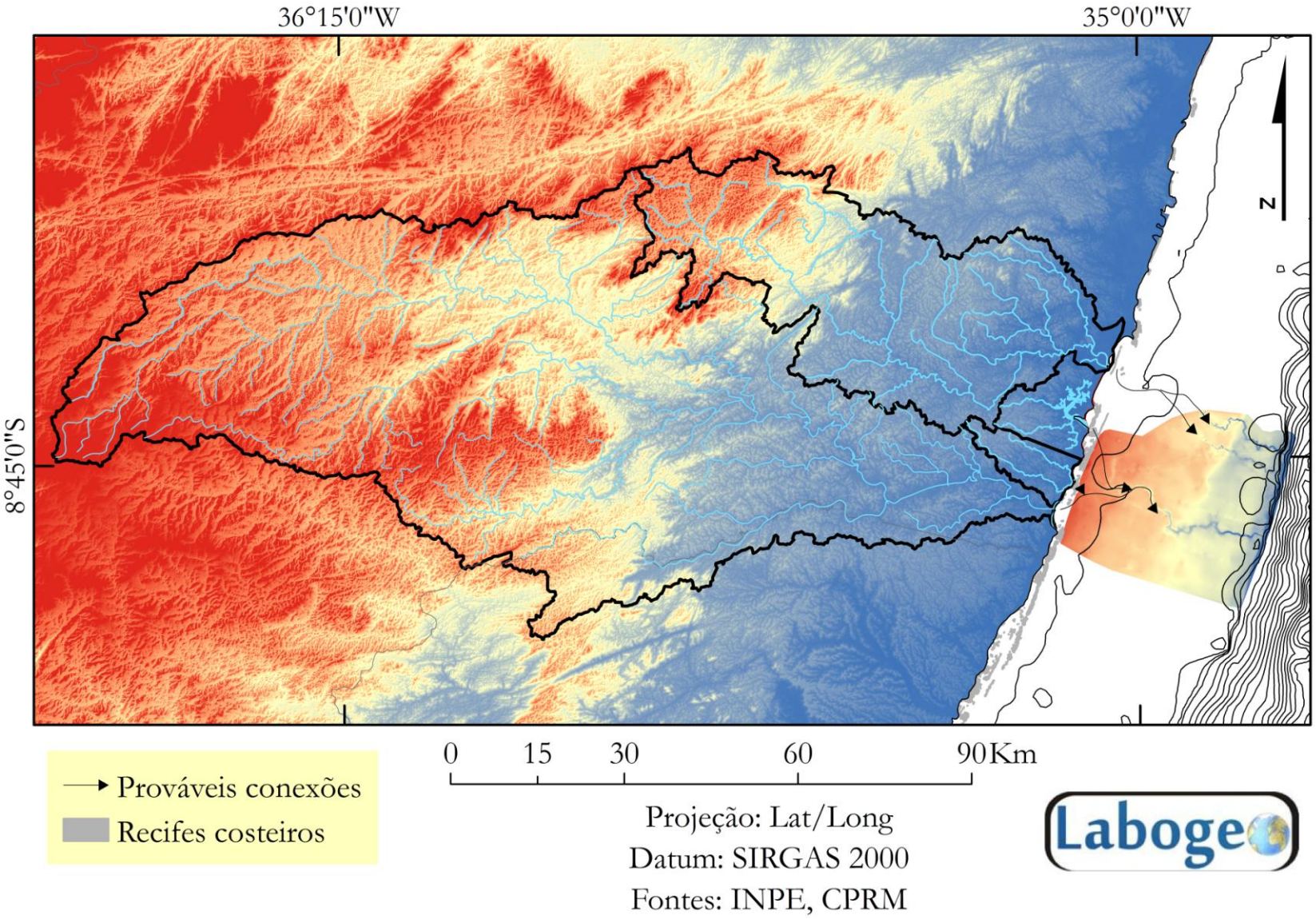


Figura 36: Integração entre parte emersa e submersa, indicando as conexões entre as atuais bacias hidrográficas e os canais submersos da PCSPE.

4. Conclusões

Os dados relativos aos canais mapeados ilustraram a provável fisiografia da PCSPE, quando o nível do mar estava abaixo dos 60 metros de profundidade, e toda a plataforma estava exposta aos processos erosivos subaéreos. Essas feições topográficas têm relação com as bacias hidrográficas do Rio Una e Rio Sirinhaém, e apresentam variações topográficas que permitiram a identificação de 11 segmentos distintos. Tal heterogeneidade provavelmente está relacionada aos processos de transporte e deposição de sedimentos em períodos de estabilização, ao longo das oscilações do nível do mar.

Os degraus identificados sugerem cinco períodos de estabilização do nível do mar, nas faixas de profundidade de 45-50, 35-40, 25-30, 20-23 e 16-20 metros. Estas estabilizações, provavelmente, influenciaram a topografia dos canais submersos, determinando camadas sedimentares com diferentes espessuras. A distância entre os dois primeiros degraus sugere dois momentos de rápido aumento do nível do mar, intercalados por uma estabilização aos 40 metros, o que justificaria o aspecto mais preenchido dos canais submersos entre os 40 e 50 metros de profundidade. A cobertura sedimentar da PCSPE é predominantemente carbonática, conseqüência da progressiva oferta de superfície do assoalho marinho, ocorrida ao longo da Trangressão Holocênica. Assoalho este que provavelmente foi prontamente colonizado por organismos secretores de carbonato de cálcio, adaptados a águas rasas, quentes e claras.

A partir do reconhecimento do contexto topográfico e sedimentológico da PCSPE, pôde-se apresentar um modelo paleogeográfico para a plataforma continental leste brasileira, caracterizada por reduzidas larguras e profundidades. Ademais, os resultados indicaram o potencial de ocorrência de pelo menos 15 bacias hidrográficas com potencial para entalhar canais submersos, ao longo das plataformas média e externa do litoral dos estados da PB, PE e AL. Alguns canais já foram mapeados por completo, outros parcialmente e alguns são conhecidos por pescadores artesanais, porém ainda não foram mapeados. Este cenário sinaliza que, em termos locais e regionais, essas feições topográficas são elementos importantes da geodiversidade da plataforma continental leste brasileira. Vale lembrar que a geodiversidade possui uma importância estratégica para o manejo de recursos marinhos e que a reconhecida exploração de canais como áreas de pesca de linha e mão é um indicativo de sua produtividade e importância ambiental e socioeconômica.

Da mesma forma que os canais aqui mapeados, outros canais também são áreas de pesca e esforços para seu mapeamento devem ser considerados prioritários, já que podem revelar a extensão espacial dessas feições, bem como a distribuição das paisagens submersas e hábitats bentônicos associados. Tais distribuições espaciais foram consideradas estratégica para a economia, ciência, conservação da biodiversidade marinha e segurança alimentar, e será apresentada e discutida no capítulo a seguir.

CAPÍTULO 4 - PAISAGENS SUBMERSAS (*SEASCAPES*) DA PLATAFORMA CONTINENTAL SUL DE PERNAMBUCO

1. Introdução

A geodiversidade de uma plataforma continental está relacionada com a diversidade natural de feições geológicas e geomorfológicas do assoalho marinho, o que inclui suas rochas, minerais, sedimentos, fósseis, formas de fundo; bem como os processos naturais capazes de formar ou alterar as supracitadas feições (Harris & Baker, 2011; Brooks *et al.*, 2011).

Estes componentes da geodiversidade do assoalho marinho proporcionam condições primárias para a ocorrência de paisagens submersas específicas, exploradas por organismos adaptados. O conceito de paisagem submersa, aqui empregado, é definido como a resultante espacial das diversas variáveis do meio geobiofísico (Dantas *et al.*, 2014) e, portanto, apresenta uma interface com o conceito ecológico de hábitat. Num contexto costeiro e marinho, os hábitats bentônicos são conceituados como áreas do assoalho, fisicamente distintas e associadas com determinadas espécies ou comunidades, que consistentemente ocorrem juntas (Harris & Baker, 2011).

Mapas de hábitats bentônicos são o equivalente marinho dos mapas terrestres de vegetação, uso do solo e cobertura e, de sobremaneira, facilitam a aplicação de conceitos da ecologia de paisagens, no sentido de quantificar a estrutura superficial do assoalho marinho (Pittman *et al.*, 2011). Com o auxílio da tecnologia atual, e no sentido de compreender a relação entre a geodiversidade, as paisagens submersas e os hábitats bentônicos associados, esforços vêm sendo aplicados no aprimoramento de técnicas de mapeamento do assoalho marinho. Sua aplicação é geralmente impulsionada por demandas relacionadas ao manejo pesqueiro, ao desenho de reservas marinhas, às avaliações sobre impactos ambientais frente ao desenvolvimento de atividades *offshore,* e ao manejo do descarte de material proveniente de dragagens (Baker & Harris, 2011).

No tocante à plataforma continental de Pernambuco, o levantamento sistemático de sua geodiversidade se iniciou na segunda metade do século XX, quando as primeiras informações sobre sua morfologia e sedimentologia foram publicadas por Zembruscki (1967), Coutinho & Moraes (1968), Kempf *et al.* (1968), Mabesoone & Coutinho (1970) e Kempf *et al.* (1970).

De forma geral, a plataforma continental em questão se caracteriza pela reduzida largura, pouca profundidade, declive suave, águas relativamente quentes, elevada salinidade e por apresentar-se, quase inteiramente, recoberta por sedimentos carbonáticos biogênicos (Manso *et al.*, 2004). A topografia da Plataforma Continental Sul de Pernambuco (PCSPE) é marcada pela presença de feições topográficas relacionadas às recentes oscilações do nível do mar e à paleodrenagem continental em períodos de nível do mar mais baixo que o atual (Camargo *et al.*, 2015).

Ambientes recifais, associados aos substratos consolidados, são importantes hábitats bentônicos da PCSPE, cuja porção sul está inserida na APA Costa dos Corais, onde são comuns linhas de arenitos de praia, emersos durante a maré baixa e totalmente submersos em maiores profundidades (Mabesoone, 1964; Laborel, 1970; Gregório, 2009; Guimarães *et al.*, 2016). Os arenitos de praia geralmente ocorrem dispostos paralelamente à linha de costa e com forma alongada e estreita, sendo compostos por sedimentos litificados na zona entre marés, cimentados por carbonato de cálcio (Ferreira Júnior, 2010). Já os recifes de coral estão presentes em estruturas formadas por colunas isoladas, que se expandem lateralmente na parte superior, bem como em estruturas arredondadas subjacentes às linhas de arenito de praia (Branner, 1904; Laborel, 1970; Maida & Ferreira, 1997; Castro & Pires, 2001).

No litoral sul de Pernambuco e norte de Alagoas, o Projeto Recifes Costeiros (UFPE/BID/CEPENE/FMA) representou uma iniciativa pioneira no Brasil, no que diz respeito ao desenvolvimento de experimentos científicos como subsídios para a elaboração de estratégias de conservação, manejo e recuperação dos recifes inseridos na APA Costa dos Corais (MMA, 2007).

Ao longo da execução do citado projeto, estuários, praias e a plataforma continental foram objeto de estudos científicos. Entretanto, pouco ainda se conhece acerca das paisagens dominadas por recifes mesofóticos, ou seja, ambientes recifais que ocorrem em profundidades maiores que 40 metros (Hinderstein *et al.*, 2010; Gori *et al.*, 2011). Esta lacuna é ainda mais evidente no tocante às porções média e externa da PCSPE, devido aos desafios operacionais de mergulhos autônomos em profundidades maiores que 30 metros (Singh *et al.*, 2004; Lam *et al.*, 2006; Lirman *et al.*, 2007; Menza *et al.*, 2007; Gleason *et al.*, 2010; Locker *et al.*, 2010).

Com o advento de sistemas de câmeras mais acessíveis para o imageamento do assoalho marinho, evidências diretas de recifes mesofóticos têm sido cada vez mais comuns (Francini-Filho & Moura, 2008; Kahng *et al.*, 2010; Secchin, 2011; Ferreira,

2013; Rosa, 2014; Pearson & Stevens, 2015). No contexto da costa leste brasileira, evidências diretas de recifes mesofóticos ainda são raras, apesar de sua evidente exploração através da pesca de linha e mão (Ferreira *et al.*, 1997; Rezende *et al.*, 2003; Olavo *et al.*, 2005; Martins *et al.*, 2005; Costa *et al.*, 2005). Nesse sentido, o mapeamento e caracterização do recifes mesofóticos representa um passo a mais em direção à compreensão da biogeodiversidade na APA Costa dos Corais, a primeira Unidade de Conservação Federal a proteger grande parte dos recifes costeiros da costa nordestina (Ferreira *et al.*, 2001).

A geomorfologia e o padrão de distribuição de paisagens, em uma plataforma continental, podem em muito contribuir para o desenho de áreas marinhas protegidas. Segundo Dominguez *et al.* (2011), tais informações são cruciais, pois podem subsidiar a concentração de esforços naquelas áreas ambientalmente mais importantes, reduzindo conflitos de uso com outras atividades e permitindo um estabelecimento mais adequado e preciso dos limites das Unidades de Conservação marinhas. De modo geral, a profundidade e morfologia do assoalho marinho, a textura e composição da cobertura sedimentar, bem como a fauna e flora bentônicas representam três elementos básicos para tomadas de decisão, pertinentes ao uso e manejo de recursos de uma plataforma continental (Pickrill & Tood, 2003).

Por fim, vale lembrar o amplo espectro de aplicação de mapas, que representem a distribuição espacial de fatores como a profundidade, declividade, textura e composição da cobertura sedimentar, fauna e flora bentônica. Harris & Baker (2011), numa compilação de 57 estudos de caso, listaram os seguintes propósitos para o mapeamento de hábitats bentônicos: i. planejamento espacial marinho e manejo; ii. desenho de Áreas Marinhas Protegidas; iii. pesquisas científicas; iv. levantamentos de recursos pesqueiros e manejo; v. desenho de zonas de exclusão da pesca; vi. levantamentos de *baseline*, com fins de manejo; vii. mapeamento geológico; viii. monitoramento de Áreas Marinhas Protegidas e seus ambientes; ix. levantamentos sobre a distribuição de corais de profundidade; x. testes quanto à existência de bioregiões nacionais; xi. levantamento de riscos geológicos (*geohazards*); xii. candidatura à patrimônio mundial junto à UNESCO; xiii. teste de equipamentos; xiv. levantamentos hidrográficos.

Esta multiplicidade de aplicações é um forte argumento para a produção de mapas de hábitats bentônicos, no contexto de um zoneamento econômico e ecológico marinho. Um único esforço amostral pode fornecer subsídios para setores

governamentais e privados voltados à conservação, à pesca, às regulamentações governamentais, à comunidade científica, ao turismo, à navegação, à mineração e às indústrias de óleo e gás. Esta vantagem é conhecida pela expressão "*map once use many ways*" e sinaliza o aspecto estratégico de ações integradas e cooperativas entre os setores governamental, acadêmico e da iniciativa privada (Harris & Baker, 2011).

No capítulo anterior, a topografia da PCSPE revelou canais submersos como uma importante feição. As seções transversais indicaram que, junto aos canais, a declividade da paisagem se afasta da realidade típica de uma plataforma continental, ou seja, relevos planos e monótonos. Diante das evidências de substratos consolidados em um trecho da borda do Canal da Zieta, a declividade do terreno foi considerada forte candidata a indicador substituto (*surrogate*) de paisagens submersas dominadas por substratos consolidados. Segundo Post (2008), o uso de propriedades abióticas como indicador substituto de diversidade biológica possui as vantagens de que parâmetros físicos como a profundidade, declividade e propriedades sedimentológicas podem ser mensuradas de maneira relativamente fácil e consistente, ao longo de vastas áreas.

Indicadores substitutos têm sido muito utilizados no desenvolvimento de estratégias de conservação (Zacharias & Roff, 2000; Klein *et al.*, 2008; Mumby *et al.*, 2008; Olds *et al.*, 2014). Aqui, parte-se da premissa de que paisagens dominadas por substratos consolidados, geralmente, apresentam uma maior complexidade estrutural e podem favorecer a ocorrência de ecossistemas com complexidade variável e com alta capacidade de ciclagem dos nutrientes e estas características acabam por proporcionar uma elevada biodiversidade, comparável a de uma floresta tropical (Reaka-Kudla, 1997). Nesse sentido, este capítulo investiga o padrão de distribuição de declividade e discute sua vocação para indicador substituto, com base em imagens de vídeo capturadas junto às bordas do Canal da Zieta.

2. Material e métodos

Através de ferramentas de geoprocessamento do *software ArcMap 10.1*, a distribuição espacial da declividade da PCSPE, com resolução espacial de 10 metros, foi extraída do MDE, apresentado no capítulo anterior. Esta extração envolveu o função *Slope*, contida nas ferramentas *Spatial Analyst Tools*. Os valores de declividade do assoalho marinho foram categorizados conforme classificação da EMBRAPA (1979), e a contribuição relativa de cada categoria de relevo, em termos de área, também foi extraída da superfície *raster* gerada para representar a declividade da PCSPE.

As paisagens submersas, junto aos relevos acidentados das margens do Canal da Zieta, foram descritas através de imagens capturadas com um sistema de câmeras subaquáticas, desenvolvido no âmbito do projeto PRÓ-ARRIBADA, pelo Profº Mauro Maida. O sistema operou com a embarcação à deriva, rebocando um dispositivo estanque com 03 câmeras SONY CCD HADII (Figura 01). Essas câmeras enviaram imagens diretamente para a embarcação através do cabo, o que garantiu ao operador a segurança para manter o dispositivo estanque, rebocado próximo ao fundo, mas com pouco risco de choques com eventuais obstáculos. Os dados de navegação foram registrados com *software SonarWizMap*, integrado a uma ecosonda monofeixe DFF1 FURUNO e ao sistema NavNet3D FURUNO. Vale lembrar que as posições geográficas dos vídeo-transectos se referem às do *R/V Velella*.

Figura 01: Aspecto do dispositivo estanque com três câmeras de segurança, rebocado pela embarcação *RV/Velella,* durante a execução dos vídeo-transectos.

As imagens analisadas foram capturadas por uma *GoPRO 3 Black*, acoplada ao dispositivo estanque do sistema de câmeras subaquáticas. Três vídeo-transectos foram realizados junto às margens dos setores II e IV do Canal da Zieta. Os vídeo-transectos I e II estavam situados a cerca de 18 quilômetros da costa, enquanto que o vídeo-transecto III, a cerca de 30 quilômetros (Tabela 01 e Figura 02). A localização dos vídeo-transectos favoreceu a comparação entre paisagens submersas em diferentes profundidades e com diferentes declividades, bem como a percepção direta de características dos hábitats bentônicos associados.

Tabela 01: Localização, profundidades iniciais e finais e comprimento dos vídeo-transectos.

Vídeo-transectos	Posição inicial	Posição final	Profundidade inicial	Profundidade final	Comprimento (m)
I	-34,9487 / -8,8571	-34,9490 / -8,8546	41	46	272,4
II	-34,9483 / -8,8577	-34,9505 / -8,8553	37,1	48,4	358,3
III	-34,8385 / -8,8724	-34,8410 / -8,8722	79,2	52	271
TOTAL					901,7

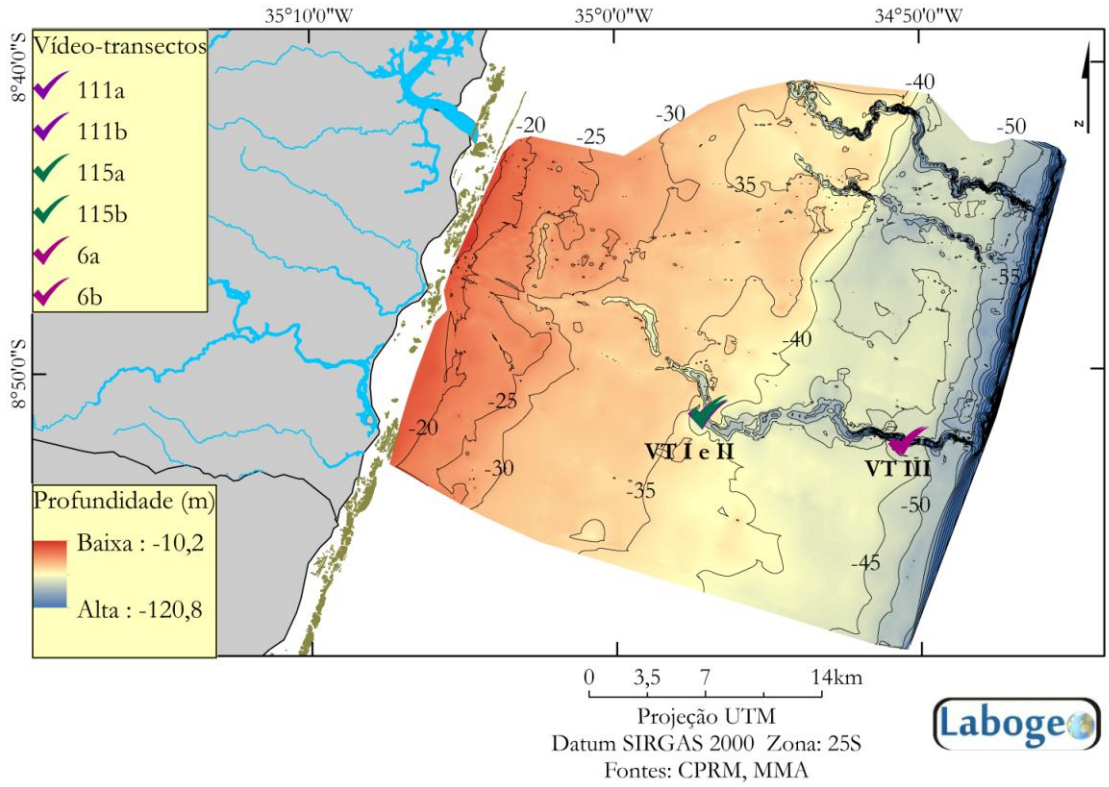


Figura 02: Localização dos vídeo-transectos no Canal da Zieta.

Como uma adaptação às classificações propostas por Williams *et al.* (2009) e Schlacher *et al.* (2010), a análise das paisagens submersas envolveu a integração dos seguintes parâmetros: i. substrato; ii. geomorfologia; iii. biota; (Tabela 02), bem como observações quanto à visibilidade; à complexidade estrutural do assoalho, às transições entre duas paisagens e às presenças de sinais de bioturbação e de vestígios de artefatos

da pesca (linhas e cabos). As paisagens foram apresentadas como um conjunto de *frames*, seguidos de sua classificação e/ou alguma observação pertinente.

Tabela 02: Parâmetros aplicados na classificação das paisagens submersas e hábitats associados. Modificado de Schlacher *et al*. (2010).

Categoria	**Descrição**
Substrato	
Lama	Sedimentos muito finos, com aparência de silte (< 0,1mm).
Areia fina	Sedimentos intermediários entre lama e areia grossa (0,1 – 1mm).
Areia grossa	Sedimento grosseiro com nítida aparência granulada (1 – 4 mm).
Cascalho/seixo	Sedimento intermediário entre areia grossa e pedras (4 – 60mm).
Pedra/pedregulho	Rochas com arestas claramente definidas (60mm – 3m).
Rocha	Sedimentos consolidados (> 3m).
Geomorfologia	
Plano	Assoalho marinho com aparência lisa, plana.
Ondulado	Assoalho marinho com ondulações regulares.
Altamente irregular	Assoalho marinho com pequenas formações irregulares associadas à bioturbação (aberturas de tocas e rastros de organismos bentônicos), montes e depressões.
Sub-afloramento (*subcrop*)	Pequenas manchas de substrato consolidado, parcialmente recoberto por sedimento e sem arestas bem definidas.
Pequeno afloramento (< 1m)	Afloramento rochoso com dimensões menores que 1 metro.
Grande afloramento (> 1m)	Afloramento rochoso com dimensões maiores que 1 metro.
Biota	
Ocorrência	Presente ou ausente; Grupo de organismos

Os arquivos de vídeo foram revistos, no sentido de definir as paisagens submersas em cada vídeo-transecto, como: predominante, secundária ou ocasional. O registro das combinações das características do substrato, da geomorfologia e as ocorrências de biota também contribuíram para a definição de um padrão associativo entre as características físicas e as assembléias biológicas registradas.

Como dito anteriormente, evidências diretas das paisagens submersas na plataforma continental leste brasileira são raras e, levando isto em consideração, a tese reuniu outros grupos de registros, além das imagens capturadas nos vídeo-transectos I,

II e III. O primeiro grupo de registro de paisagens submersas se refere aos sonogramas digitais coletados por Camargo (2005), na plataforma continental ao largo do município de Tamandaré, entre as profundidades de 10 e 25 metros. Já o segundo grupo, foram fotografias subaquáticas de substratos consolidados, na borda da plataforma continental ao largo do município de Recife, entre 60 e 75 metros de profundidade, disponibilizadas por mergulhadores técnicos. Estes registros permitiram observar as dimensões e formato de estruturas consolidadas que compõem as paisagens submersas nos extremos da plataforma continental.

Por fim, a compilação e análise das paisagens submersas subsidiaram a discussão acerca da aplicabilidade de mapas de declividade, como indicadores substitutos de paisagens dominadas por substratos consolidados e ambientes recifais associados, na PCSPE.

3. Resultados e Discussão

3.1 Distribuição espacial de declividade na PCSPE

A declividade média da área mapeada é de apenas 0,38° e seu valor máximo é de 70° (Figura 02). O predomínio de valores baixos, entre 0 e 3° de declividade, ou seja, de relevos planos (EMBRAPA, 1979) é esperado, devido ao suave declive típico de plataformas continentais (Baptista Neto *et al.*, 2004). Os relevos ondulados se distribuíram ao longo de setores bem definidos da PCSPE: i. ao longo dos canais submersos; ii. ao longo da borda da PCSPE; e iii. de forma pontual na porção interna da PCSPE.

Vale fazer referência ao fato de que a amostragem batimétrica não foi uniformemente distribuída, já que se tratou de uma compilação de dados primários e secundários. Portanto, a resolução espacial de 10 metros, definida durante a execução da extração dos valores de declividade da PCSPE, apresentou resultados provavelmente mais fidedignos junto aos setores com maior adensamento de amostras batimétricas. Os valores de declividade para setores com menor recobrimento de amostras e, portanto, amostras mais espaçadas, devem ser considerados com cautela. Levando isto em consideração, os relevos planos representaram 97,1% da área mapeada, os relevos suave ondulados 2%, os relevos ondulados 0,7%, os relevos forte ondulados 0,05% e os relevos montanhosos apenas 0,0002% (Figura 03).

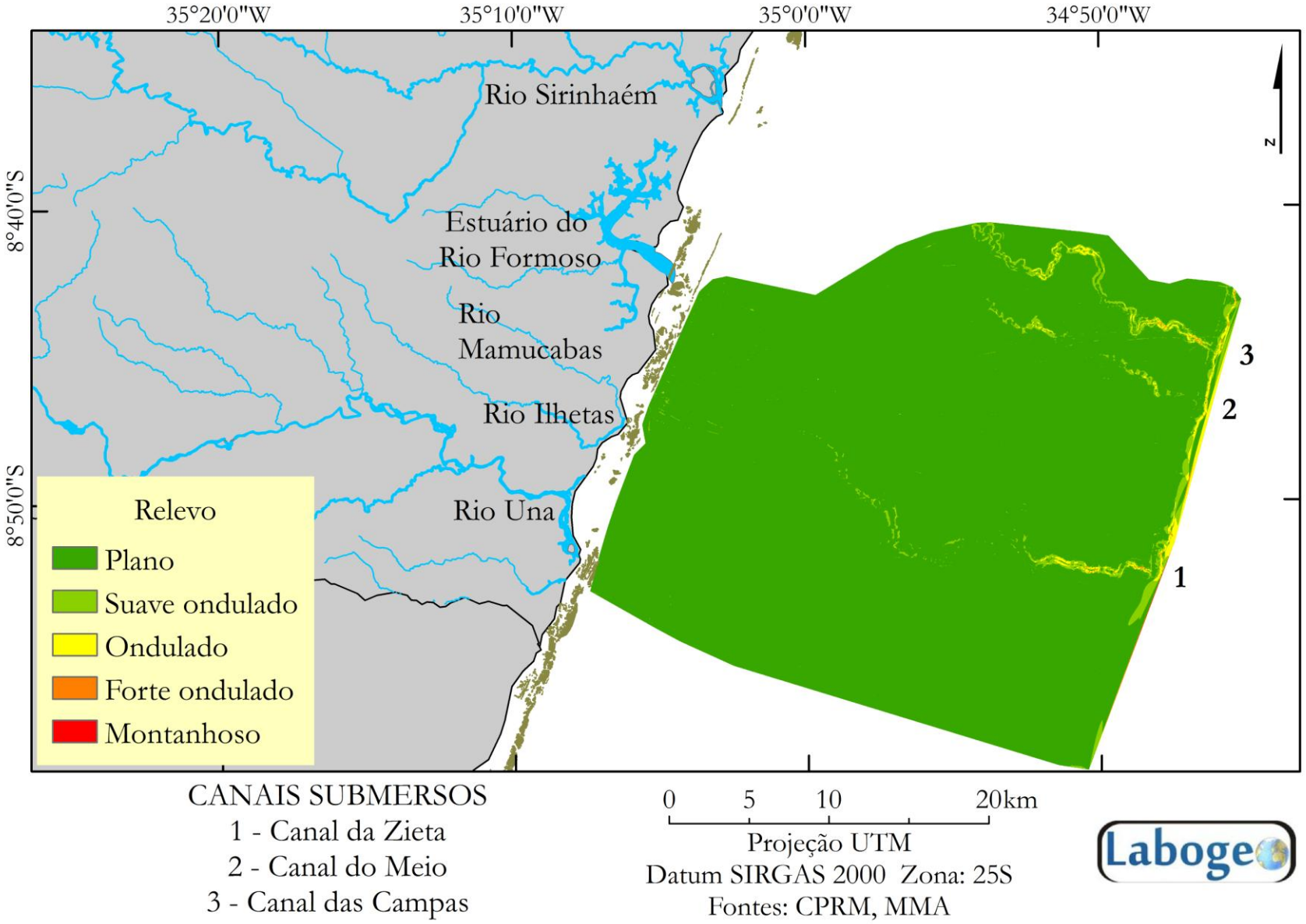


Figura 03: Distribuição dos valores de declividade na PCSPE.

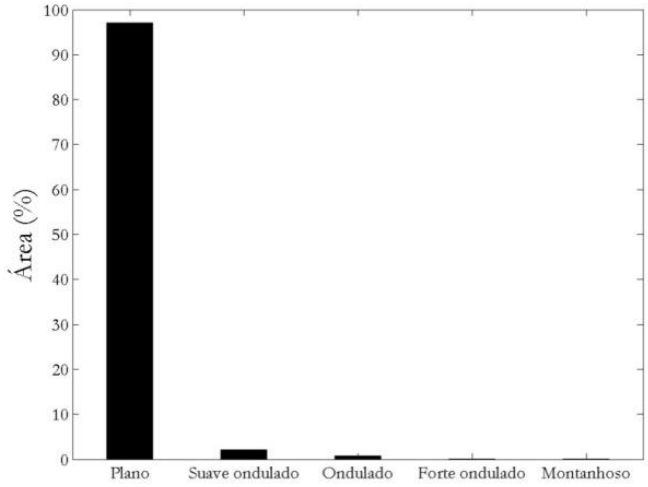


Figura 04: Contribuições, em termos de área, das classes de relevo relacionadas à declividade na PCSPE.

De modo geral, os valores de declividade maiores que 08° estão claramente relacionados aos canais submersos e à borda da plataforma. Relevos forte ondulados, com valores de declividade entre 20 e 45° representaram áreas mais acidentadas e com maior potencial para a ocorrência de paisagens dominadas por substratos consolidados e ambientes recifais associados.

3.1.1 Canal das Campas e Canal do Meio

Em relação aos canais relacionados à bacia hidrográfica do Rio Sirinhaém, pode-se notar relevos mais íngremes distribuídos junto às bordas dos Canais das Campas e do Meio (Figura 05). Ao longo dos setores dos canais, ocorreu uma variação da declividade que sugere que, ao largo da isóbata de 40 metros, frente ao espaço de acomodação disponível, os menores valores de declividade foram resultado de um relativo preenchimento dos canais, durante a provável estabilização do nível do mar nesta profundidade. Vale ressaltar que, no segmento IV do Canal das Campas ocorrem relevos forte ondulados, junto às bordas íngremes, com declividades superiores a 20° (Figura 06).

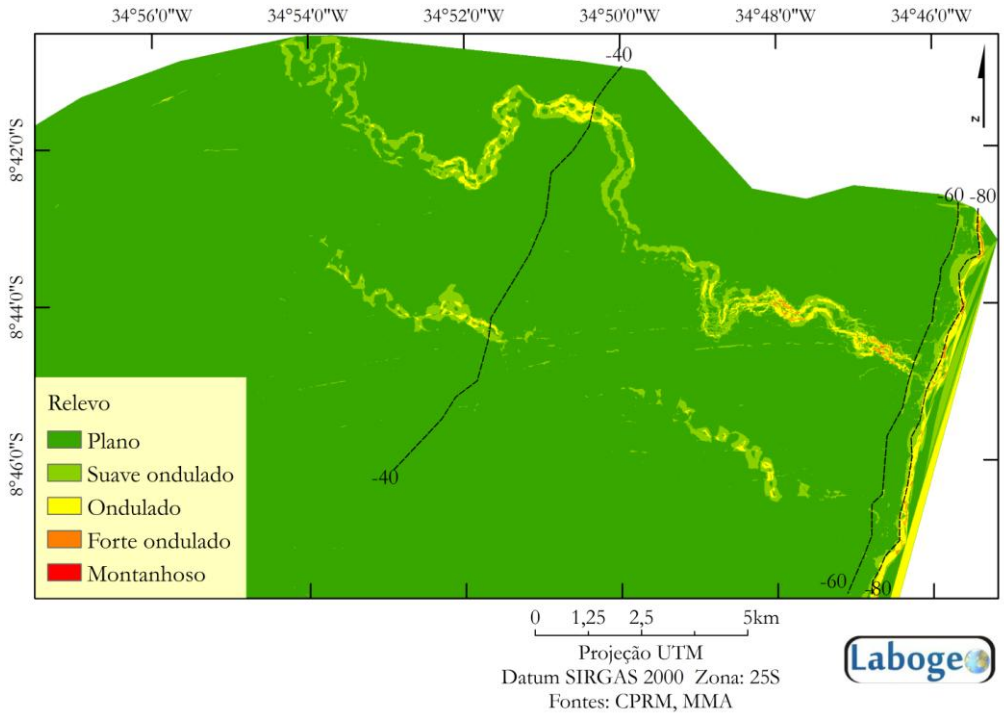


Figura 05: Padrão espacial da declividade na porção norte da área de estudo, localizando os relevos mais acidentados das bordas dos Canais das Campas e do Meio, bem como da própria PCSPE.

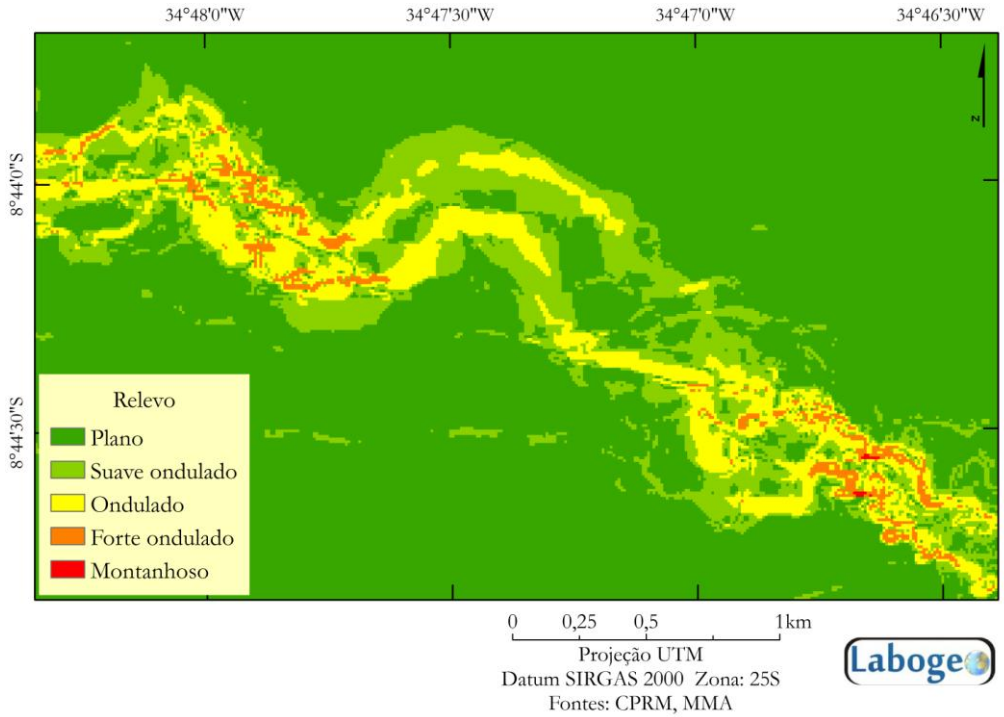


Figura 06: Detalhe do padrão espacial da declividade, junto ao setor IV do Canal das Campas, localizando os relevos forte ondulados, que marcam as íngremes bordas do canal.

3.1.2 Canal da Zieta

Em relação ao Canal da Zieta, nos setores I e III, os valores de declividade junto às suas bordas são menores, enquanto que no setor IV os valores são extremos e no setor II, intermediários (Figuras 07 e 08). A figura 09 ilustra que, disposta linearmente, a topografia acidentada das ígremes bordas do setor IV remete às denominadas "paredes" reconhecidas pelos pescadores artesanais da região (Silva, 1993).

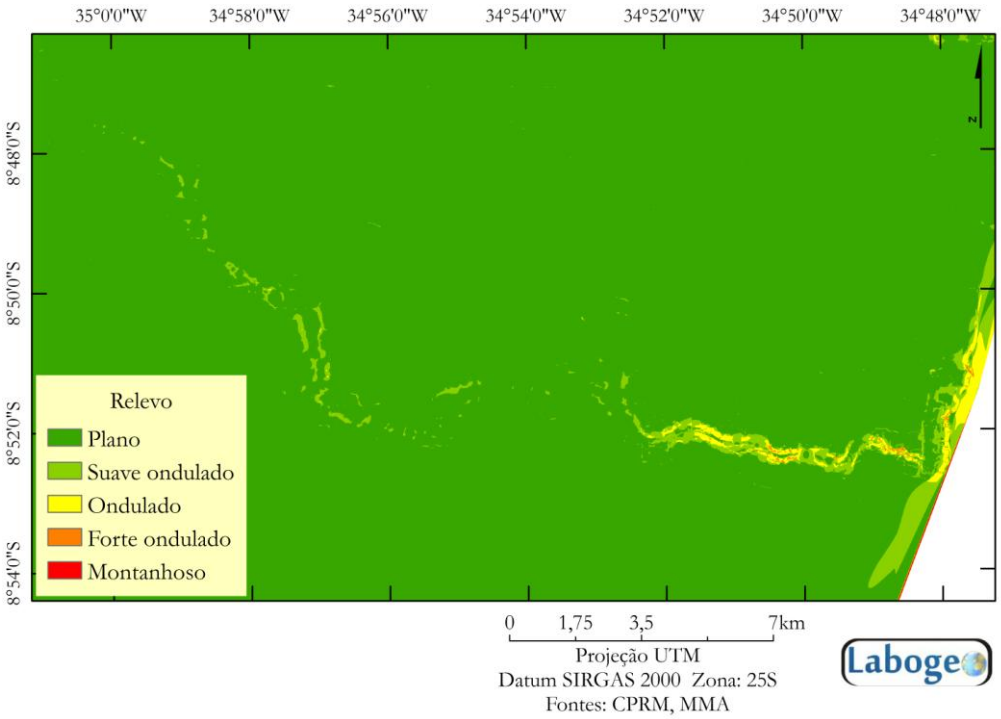


Figura 07: Padrão espacial da declividade junto às bordas do Canal da Zieta.

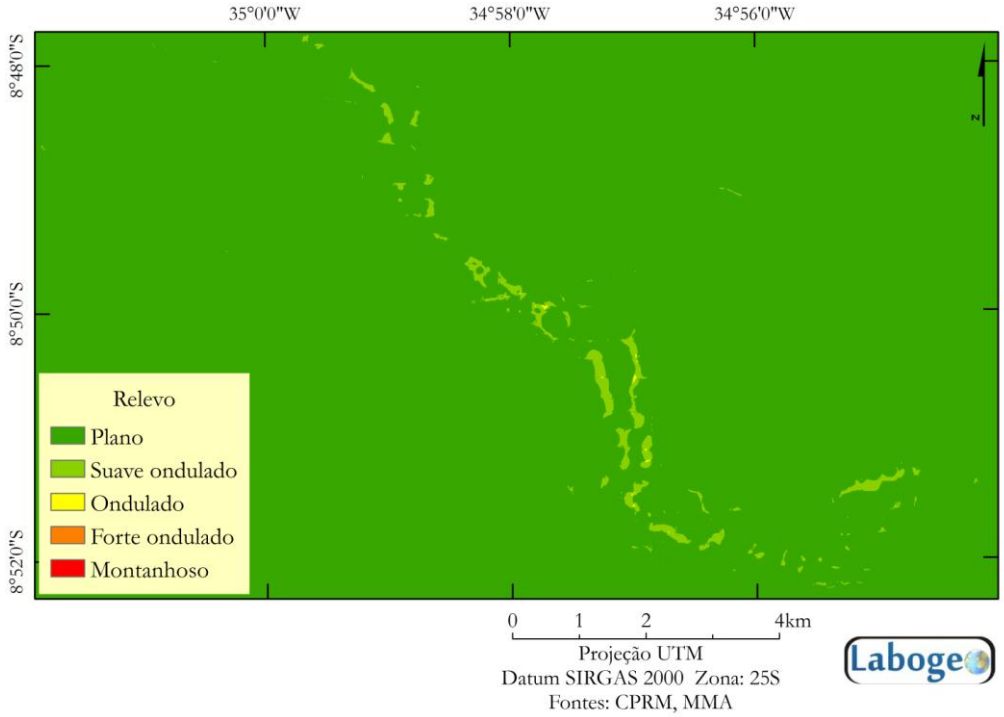


Figura 08: Detalhe do padrão espacial da declividade junto às bordas do setor II do Canal da Zieta, indicando valores intermediários e relevos suave ondulados.

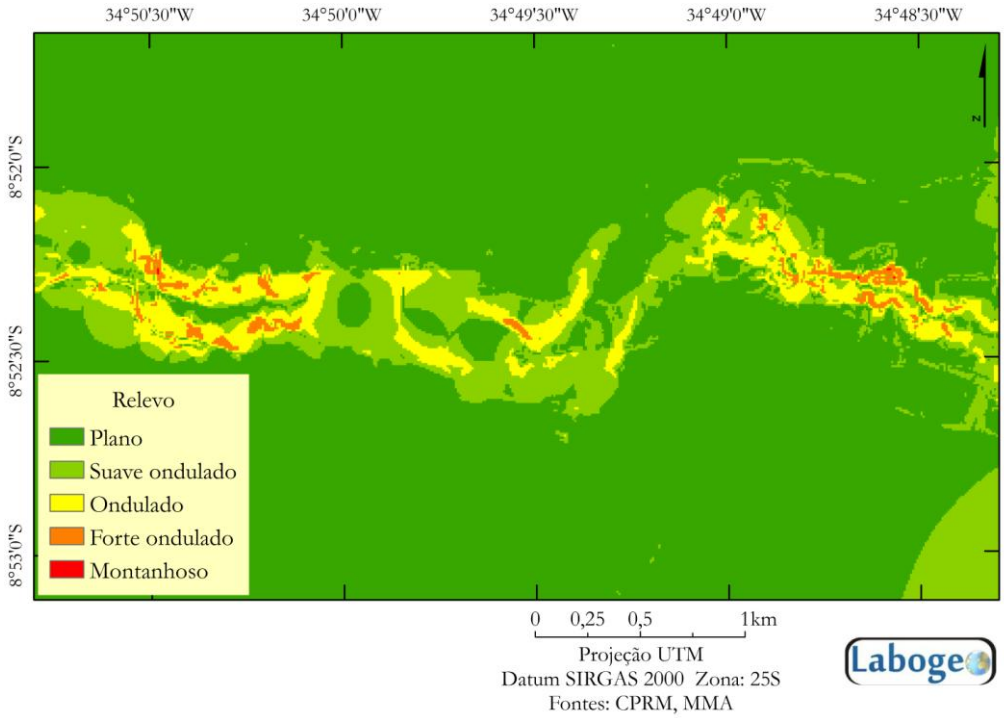


Figura 09: Detalhe do padrão espacial da declividade junto às bordas do setor IV do Canal da Zieta, indicando valores extremos e relevos forte ondulados.

3.1.3 Plataforma continental interna ao largo de Tamandaré

Os resultados do mapeamento da declividade da PCSPE, sem dúvida, evidenciaram a presença dos canais submersos. Por outro lado, relevos positivos indicados por Michelli *et al.* (2002) e Camargo *et al.* (2007), entre 10 e 25 metros de profundidade, também puderam ser notados como pequenas manchas de relevo suave ondulado (Figura 10). Essas manchas se referem aos recifes classificados como 'relevos positivos' da plataforma continental interna ao largo de Tamandaré, e relacionados às isóbatas de 16 e 20 metros (Camargo *et al.* (2007).

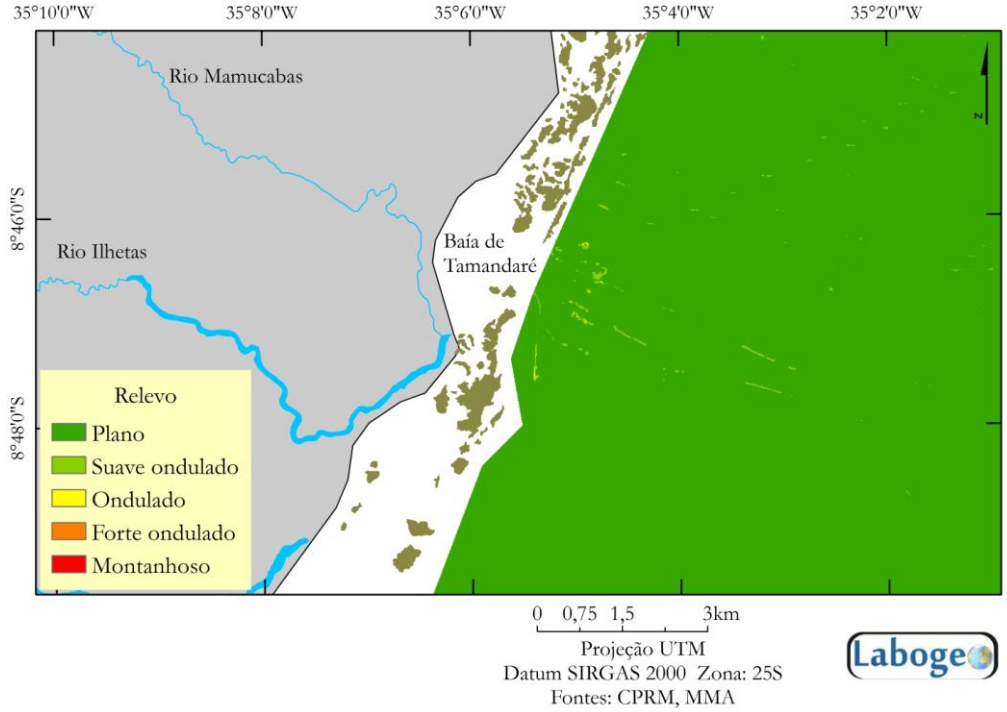


Figura 10: Detalhe do padrão espacial da porção interna da PCSPE.

3.1.4 Borda da plataforma

No tocante à borda da PCSPE, foram analisados dois trechos com um maior adensamento de pontos batimétricos, portanto com melhor definição topográfica e valores de declividade mais fidedignos para estes locais (Figura 11). O trecho sul da borda da PCSPE se localiza ao norte da saída do Canal da Zieta (Figura 12), enquanto que o trecho norte se localiza ao norte da saída do Canal das Campas (Figura13).

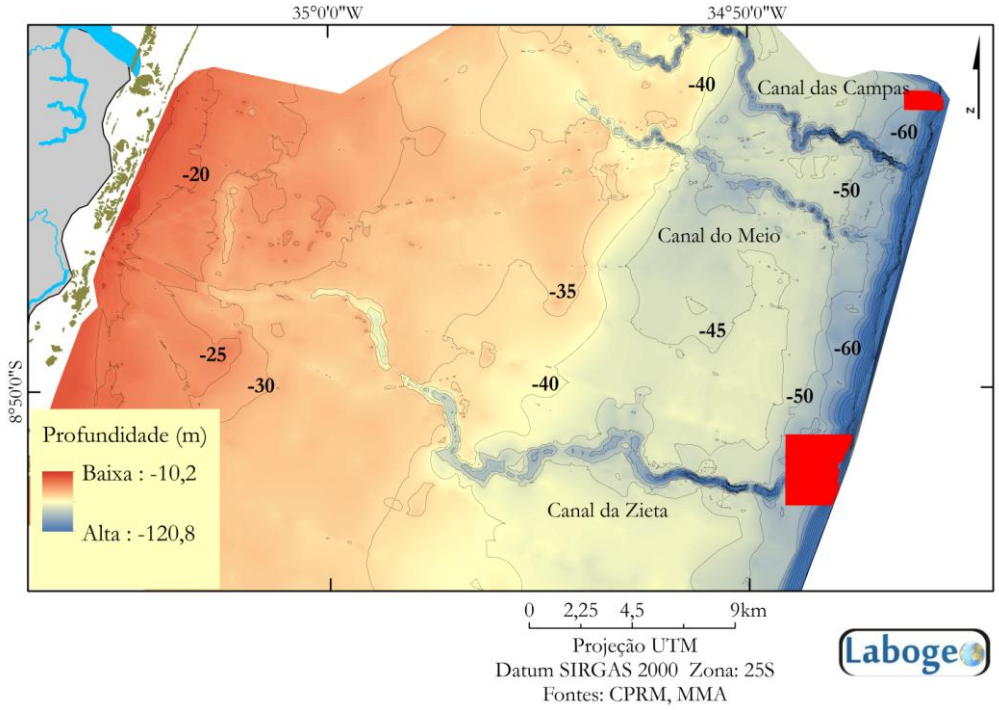


Figura 11: Polígonos em vermelho, indicando a localização dos trechos da borda da PCSPE com maior definição topográfica.

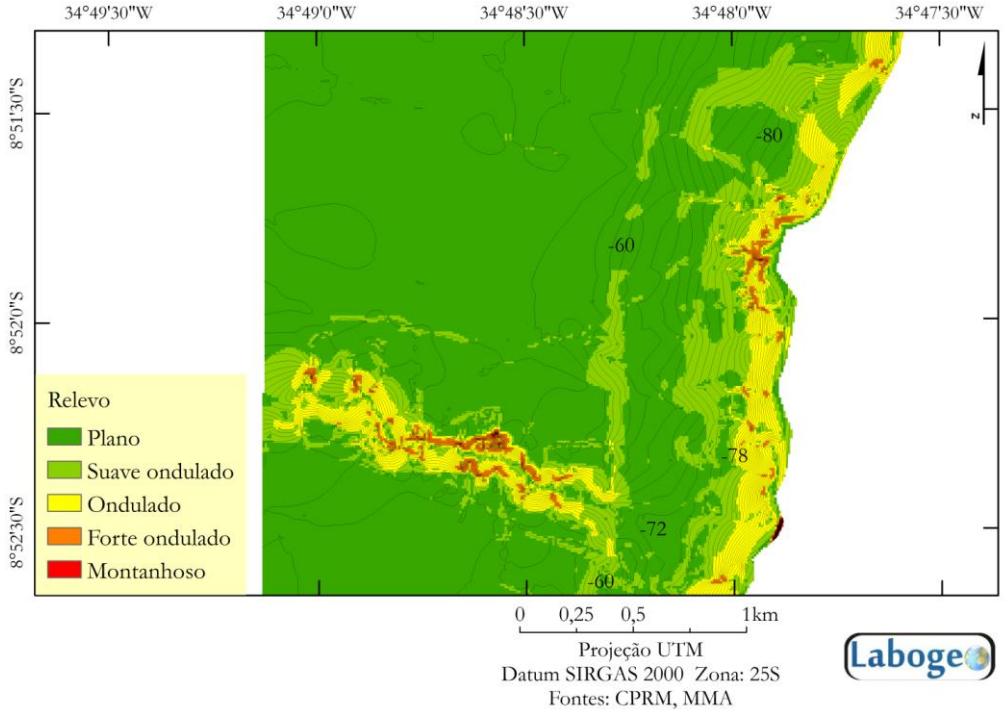


Figura 12: Detalhe do padrão espacial da declividade no setor sul da borda da PCSPE, indicando os relevos ondulados ao largo da isóbata de 60 metros de profundidade.

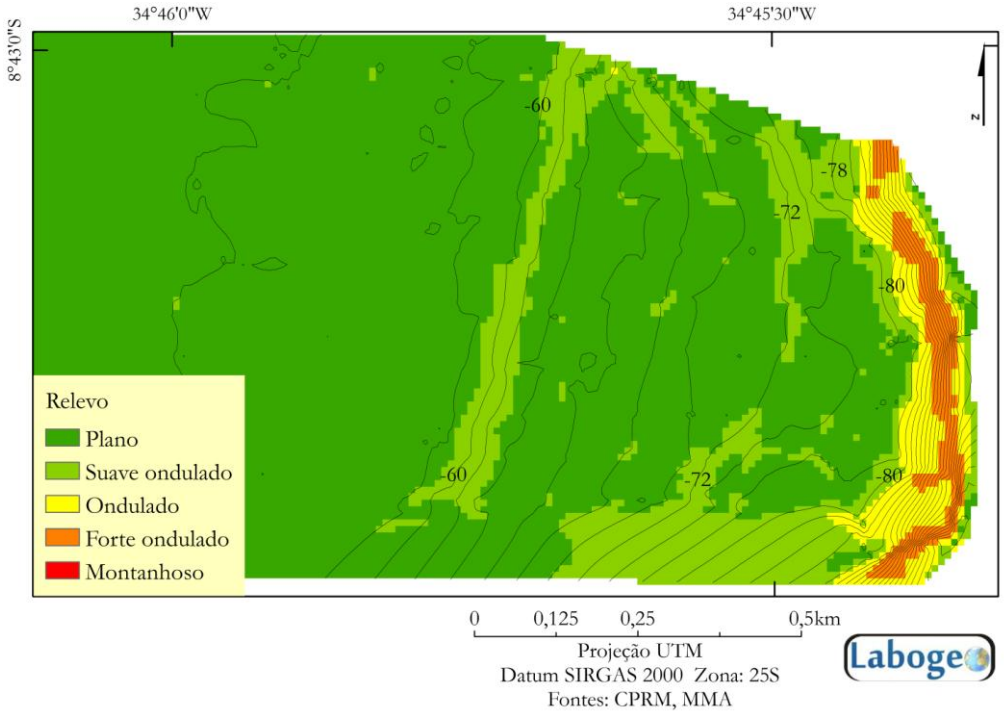


Figura 13: Detalhe do padrão espacial da declividade no setor norte da borda da PCSPE, indicando os relevos ondulados ao largo da isóbata de 60 metros de profundidade.

Em ambas as áreas da borda da PCSPE, os resultados indicaram a ocorrência de relevos suave ondulados, dispostos com orientação norte-sul, marcando a quebra da plataforma, junto a isóbata de 60 metros. Logo em seguida, a isóbata de 80 metros marcou o limite externo da distribuição dessa classe de relevo, a partir da qual os relevos passaram a ser de ondulados a forte ondulados. Acredita-se que entre as profundidades de 60 e 80 metros, possam ocorrer paisagens dominadas por substratos consolidados e ambientes recifais associados.

Vale lembrar que, apesar de pouco conhecida pela ciência nacional, recentemente, a zona de quebra da plataforma continental do nordeste brasileiro foi considerada, no âmbito da Convenção da Diversidade Biológica, como uma Área Marinha Significativa Ecologicamente ou Biologicamente (http://www.cbd.int/doc/meetings/mar/rwebsa-wcar-01/official/rwebsa-wcar-01-sbstta-16-inf-07-en.pdf). Concebidas como áreas geograficamente ou oceanograficamente distintas, as EBSA's (Áreas Marinhas Significativas Ecológica e Biologicamente) fornecem importantes serviços para uma ou mais espécies de um ecossistema, em comparação com outras áreas adjacentes com características ecológicas semelhantes, além de atenderem aos critérios científicos definidos na 9ª Convenção das Partes (CDB/COP 9): i. singularidade ou raridade; ii. especial importância para o ciclo de vida

das espécies; iii. importância para espécies e hábitats ameaçados, em perigo e em declínio; iv. vulnerabilidade, fragilidade, sensibilidade ou lenta recuperação; v. produtividade biológica; vi. diversidade biológica; e vii. naturalidade (http://www.cbd.int/marine/doc/ebsa-brochure-2012-en.pdf).

3.2 Paisagens submersas

3.2.1 Vídeo-transects

3.2.1.1 Vídeos-transecto I e II

Os vídeos transectos I e II foram realizados junto à margem leste do Canal da Zieta, em seu setor II. Nesta área, predominaram relevos planos (0-3°), seguidos de relevos suave ondulados (3-8°), em alguns trechos das margens do canal. Entre a borda do canal e seu talvegue ocorre um desnível de cerca de 10 metros. Os vídeo-transectos cruzaram a margem do canal em diferentes orientações. Enquanto o vídeo-transecto I (GOPRO 115) apresentou um sentido N-S, paralelo à margem do canal, o vídeo-transecto II (GOPRO 111) o fez no sentido SE-NO, de forma transversal, ou seja, se deslocando em direção ao talvegue do canal (Figura 14).

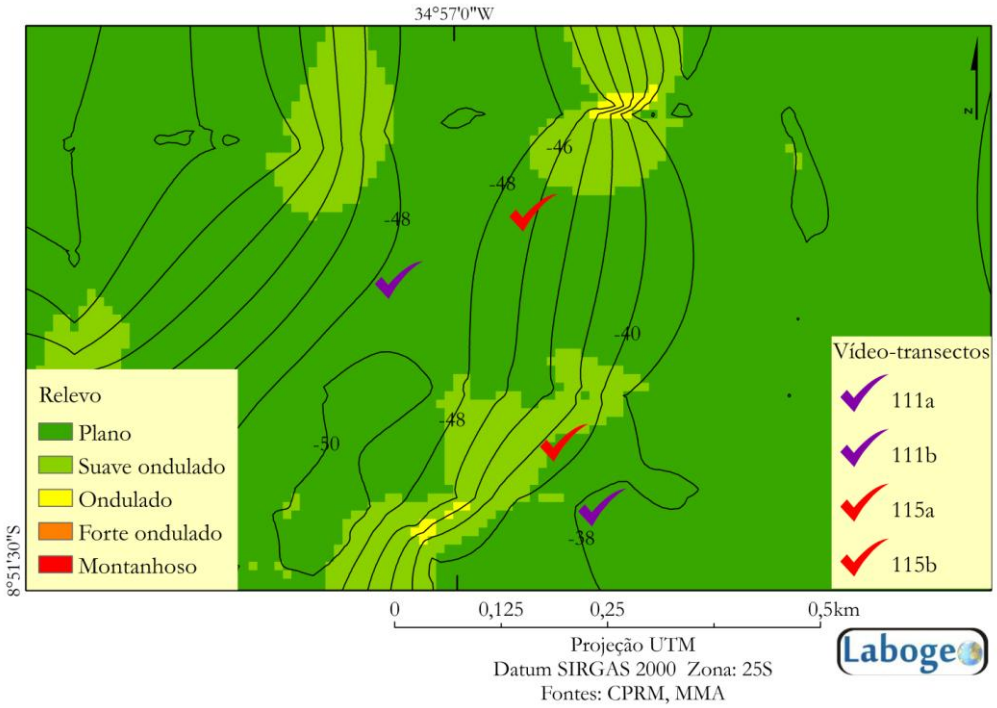


Figura 14: Localização dos vídeo-transectos I e II, junto à borda leste do setor II do Canal da Zieta, indicando a ocorrência de relevos planos e suave ondulados.

Ao longo do vídeo-transecto I (ANEXO III), puderam ser registradas três paisagens distintas. A primeira, e mais comum, foi composta por fundos consolidados com uma superfície irregular, provavelmente decorrente de exposição a processos erosivos subaéreos. Este tipo de fundo mostrou-se recoberto por densas manchas de algas folhosas. A segunda paisagem mais comum foi composta por fundos consolidados (sub-afloramentos), recobertos por cascalhos e seixos, e com a ocorrência de esponjas e corais. A terceira e última paisagem foi composta por fundos inconsolidados de areia fina, com indicativos de bioturbação (aberturas de tocas e rastros de organismos bentônicos).

Ao longo do vídeo-transecto II (ANEXO IV), puderam ser registradas quatro paisagens distintas, entre a borda e o talvegue do canal. Junto à borda, ocorrem fundos consolidados (sub-afloramentos), recobertos por cascalhos e seixos, e com a ocorrência de esponjas e corais e, em seguida, fundos consolidados com superfície irregular e recobertos por densas manchas de algas folhosas. Quanto às paisagens dominadas por sedimentos inconsolidados, as mesmas apresentaram dois padrões distintos. Em um deles, o assoalho não apresentou epibiota, porém as marcas de bioturbação foram comuns. O outro padrão observado se caracterizou pela ocorrência de extensas manchas de algas calcárias do gênero *Halimeda*.

De modo geral, as distintas paisagens submersas na margem norte do setor II do Canal da Zieta comprovam a natureza consolidada de suas bordas, onde se alternam sub-afloramentos em substrato cascalhoso, dominados por esponjas e corais, e pequenos afloramentos com superfície irregular, dominados por densas algas folhosas e com ocorrência de peixes. As porções mais afastadas da borda, apresentaram paisagens dominadas por substratos inconsolidados, nos quais são comuns as marcas de bioturbação, bem como as manchas de *Halimeda*.

3.2.1.2 Vídeo-transecto III

O vídeo-transecto III (GOPRO 006) foi coletado junto à margem norte do Canal da Zieta, em seu setor IV, em um sentido talvegue-borda. Nessa margem, observa-se um desnível de cerca de 35 metros, entre a borda do canal e seu talvegue, bem como a predominância de relevos ondulados e forte ondulados (Figura 15). As curvas topográficas, com intervalo de 2 metros, indicaram a presença de canais menores, associados aos relevos forte ondulados, ou seja, com valores de declividade entre 20 e 45°.

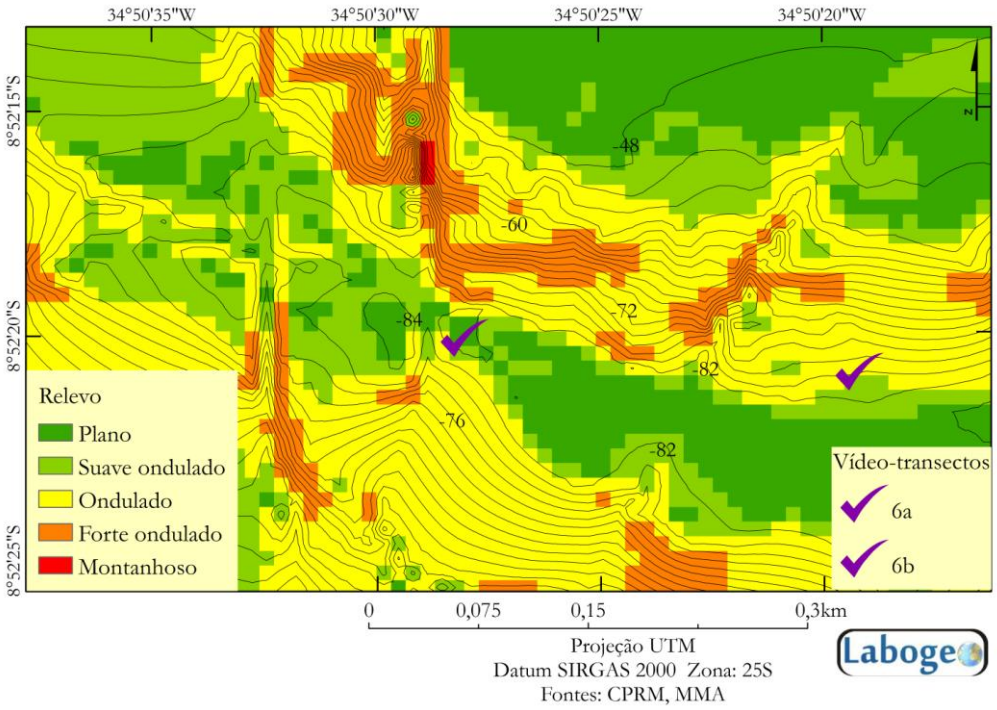


Figura 15: Localização do vídeo-transecto III, junto à borda norte do setor IV do Canal da Zieta, indicando a ocorrência de relevos ondulados e forte ondulados. Vale lembrar que as posições geográficas são referentes à embarcação *RV/Velella*.

Ao longo do vídeo-transecto III (ANEXO V), duas categorias distintas de paisagens submersas puderam ser registradas. A primeira delas se refere às paisagens compostas por sedimentos inconsolidados bioturbados, que recobrem uma superfície inclinada e sem ocorrência de epibiota. Conforme, as profundidades diminuíram, a paisagem passou a ser dominada por grandes afloramentos rochosos, com arestas em ângulo reto e ocorrência de algas e corais. Nessas paisagens, foram também observados peixes e vestígios da atividade pesqueira (cabos e linhas). Vale ressaltar que, estes grandes afloramentos rochosos são recortados por pequenos canais, que sugerem que, em períodos de emersão da PCSPE, este trecho do Canal da Zieta apresentava um conjunto de canais e ravinas que se estendiam em direção ao talvegue, como resultado da ação do intemperismo subaéreo.

Apesar da distribuição desigual das amostras batimétricas, a distribuição espacial da declividade do assoalho marinho e relevos da PCSPE revelou a predominância de relevos planos e uma ocorrência mais localizada de relevos ondulados junto aos canais submersos, à borda da plataforma e, de forma pontual, na porção interna da plataforma. A partir das paisagens submersas registradas nos vídeo-

transectos, pode-se afirmar que a declividade apresentou potencial para ser considerada indicador substituto de paisagens dominadas por substratos consolidados e ambientes recifais associados (Tabela 03). Este potencial deverá ser melhor investigado, através de novos levantamentos videográficos, contribuindo de sobremaneira para a consolidação desta relação entre declividade, paisagens submersas e hábitats bentônicos, o que, por sua vez, poderá orientar o desenho mais adequado de Áreas Marinhas Protegidas voltadas ao ambientes recifais, bem como medidas de manejo de seus recursos pesqueiros.

Tabela 03: Aparentes relações entre a declividade do terreno e as paisagens associadas, inferidas a partir dos vídeo-transectos.

Relevo	**Declividade**	**Paisagem**
Plano	0-3°	Substratos inconsolidados, recobertos por areia, com a ocorrência de sinais de bioturbação e densas manchas de *Halimeda*.
Suave ondulado	3-8°	Pequenos afloramentos rochosos (>1m) com superfície irregular recoberta por algas folhosas e sub-afloramentos recobertos por cascalhos e com a ocorrência de esponjas e corais
Ondulado	8-20°	-
Forte Ondulado	20-45°	Grandes afloramentos rochosos (>1m), recortados por canais e com ocorrência de peixes, esponjas, corais e algas.

Valores extremos de declividade parecem estar relacionados aos relevos forte ondulados, com declividades entre 20 e 45°. Nessas áreas, a paisagem foi dominada por grandes afloramentos rochosos, recortados por pequenos canais e com relativa complexidade estrutural, além de peixes, esponjas, algas e corais. Por outro lado, os relevos suave ondulados, com declividades entre 3 e 8°, compuseram paisagens dominadas por pequenos afloramentos rochosos, com superfície irregular, geralmente, recoberta por algas, podendo também ocorrer paisagens dominadas por sub-afloramentos, associados a fundos cascalhosos, esponjas e corais. Os relevos planos, com declividade entre 0 e 3°, relacionados ao talvegue do canal, abrigaram paisagens dominadas por substratos inconsolidados, com bioturbação e ocorrência de densas manchas de algas do gênero *Halimeda*.

De forma preliminar, estes resultados indicam que a declividade foi um bom indicador substituto de paisagens dominadas por substratos consolidados. Contudo, é necessária a validação desta relação através de um número maior de vídeo-transectos, em terrenos com diferentes declividades e em diferentes profundidades. A integração de dados sobre a topografia, sedimentologia, declividade e a comunidade biológica registrada nos vídeo-transectos também incrementaria uma análise mais robusta da influência destes componentes da geodiversidade na distribuição de hábitats bentônicos da PCSPE, sua biodiversidade e recursos pesqueiros associados.

3.2.2 Outros registros

3.2.2.1 Imagens acústicas digitais

As imagens acústicas digitais coletadas por Camargo (2005) (ANEXO VI) indicaram a presença de substratos consolidados em torno das profundidades de 16, 20 e 22 metros. Tais imagens permitiram avaliar o tamanho e formato dos mesmos, já que possuem escala. Alguns destes substratos apresentaram-se dispostos como linhas maciças, enquanto que outros tiveram uma distribuição mais dispersa, sugerindo colunas isoladas. Os primeiros foram atribuídos aos arenitos de praia, comuns no litoral de Pernambuco (Ferreira Júnior, 2010; Guimarães *et al.*, 2016). Os segundos sugerem a co-ocorrência de recifes de coral nesta porção mais interna da área.

Os resultados da distribuição espacial da declividade também indicaram a ocorrência desses substratos, o que reforça a aparente vocação deste parâmetro geomorfológico como um indicador substituto de paisagens dominadas por substratos consolidados.

3.2.2.2 Fotografias subaquáticas

Capturadas junto à borda da plataforma ao largo do município do Recife, em profundidades de 60 a 75 metros, as fotografias subaquáticas registraram paisagens dominadas por grandes afloramentos rochosos (Figuras 16, 17, 18, 19 e 20).

Figura 16: Exemplo de estrutura consolidada na borda da plataforma continental ao largo do município do Recife. A projeção em coluna e topo expandido lateralmente sugerem uma origem biológica. Foto: Henrique Maranhão.

Figura 17: Exemplo de estrutura consolidada na borda da plataforma continental ao largo do município do Recife. A projeção em coluna e topo expandido lateralmente sugerem uma origem biológica. Foto: Henrique Maranhão.

Figura 18: Exemplo de estrutura consolidada na borda da plataforma continental ao largo do município do Recife. Foto: Henrique Maranhão.

Figura 19: Estrutura com projeção em coluna, com topo expandido lateralmente, sobreposta a uma estrutura maciça, sugerindo estruturas com origens distintas. Foto: Henrique Maranhão.

Figura 20: Estrutura com projeção em coluna, com topo expandido lateralmente, sobreposta a uma estrutura maciça, sugerindo estruturas com origens distintas. Foto: Henrique Maranhão.

Alguns destes afloramentos apresentam um formato que sugere grandes colônias de coral mortas e, hoje, colonizadas por outros organismos bentônicos. Caso, esta sugestão se confirme através de amostragem direta desses afloramentos, tais formações comprovariam que, no passado recente, houve condições propícias para o desenvolvimento de ambientes costeiros tropicais na borda da plataforma. Por outro lado, alguns afloramentos se destacam pelo seu formato maciço, inclinado em direção ao talude, e sem projeções em colunas. Essas características sugerem uma origem geológica para esta categoria de afloramento rochoso.

Contudo, a relação entre o formato e a origem desses afloramentos requer aprofundamento, tendo em vista que, o longo período de emersão da borda da plataforma leste brasileira (≈65 mil anos), provavelmente contribuiu para a sua carstificação, ou seja, para o ataque químico de águas meteóricas e a decorrente dissolução do carbonato de cálcio (Auler *et al.*, 2005). Logo a atuação de agentes erosivos podem ter sido responsáveis pelas variações no formato das estruturas em questão (Micallef *et al.*, 2013), o que lança dúvidas à discussão sobre suas prováveis origens.

Diante da distribuição de relevos suave ondulados, entre as isóbatas de 60 e 80 metros da PCSPE, bem como dos bons resultados da declividade como indicador substituto de paisagens dominadas por substratos consolidados, é bastante provável que afloramentos semelhantes também ocorram na área de estudo.

A integração de mapas de declividade e a distribuição de assembléias biológicas é uma oportunidade de testar um indicador substituto abiótico, para o padrão espacial de biodiversidade em recifes, com uso de câmeras e análises multivariadas (Richmond & Stevens, 2014). Vale lembrar que a eficiência de indicadores substitutos varia de lugar para lugar e deve ser quantificada na mesma escala considerada na gestão de Áreas Marinhas Protegidas (Richmond & Stevens, 2014). Indicadores substitutos podem ainda subsidiar a simulação de redes de reservas marinhas (Ward *et al.*, 1999; Klein *et al.*, 2008; Ball *et al.*, 2009).

A baixa definição dos relevos suave ondulados ao largo de Tamandaré, entre as profundidades de 16 e 20 metros, deveu-se à limitação de resolução inerente às ecosondas monofeixe. Logo, estimativas de área, para cada categoria de relevo, devem ser usadas com parcimônia. Levantamentos de batimetria multifeixe poderão incrementar a resolução do MDE e, portanto, fornecer uma representação mais realista da topografia, declividade e *backscatter* da PCSPE (Gardner *et al.*, 2005; Gardner *et al.*, 2007; Micallef *et al.*, 2013). Os dados aqui apresentados, demonstraram que os canais submersos e a borda da plataforma (60-80 metros) podem ser consideradas áreas com potencial para iniciativas voltadas à conservação. Alem disto, os resultados abrem espaço para futuras investigações científicas sobre os aspectos biofísicos inerentes à biogeodiversidade da PCSPE (Bridge *et al.*, 2011).

Recomenda-se fortemente, a execução de um vídeo-transecto junto às margens da inflexão do setor II do Canal das Campas (Figura 21), no sentido de refinar a discussão sobre a aplicação da declividade como indicador substituto de paisagens dominadas por substratos consolidados, visto que, nessa margem, concentram-se relevos ondulados (8-20°). Portanto, os resultados deverão ilustrar uma situação intermediária às paisagens submersas aqui classificadas.

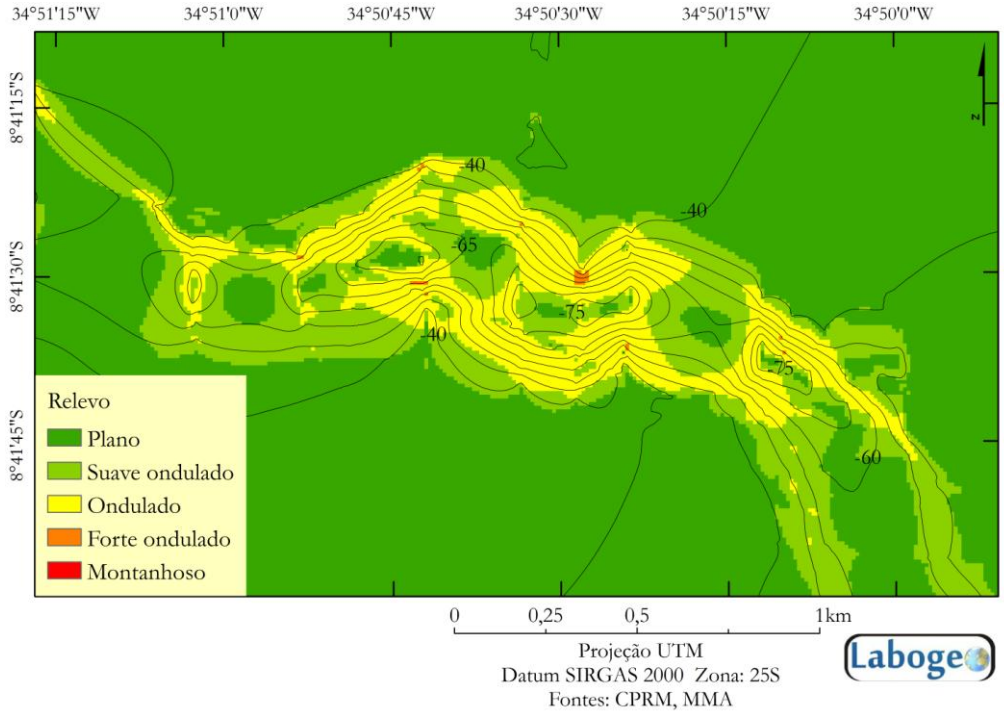


Figura 21: Detalhe do padrão espacial da declividade no setor II do Canal das Campas, indicando uma predominância de relevos ondulados e suave ondulados, ou seja, uma situação intermediária aos locais levantados pelos vídeo-transectos I, II e III..

4. Conclusões

Neste capítulo, a distribuição espacial de declividade da PCSPE foi apresentada e demonstrou a predominância de relevos planos (97%). Os relevos classificados como suave ondulado, ondulado e forte ondulado têm distribuição restrita à borda da plataforma, aos canais submersos e, pontualmente, na faixa de profundidade de 16 a 22 metros da plataforma continental interna.

As imagens de vídeo permitiram a análise e classificação das paisagens submersas, o que indicou a declividade como um forte candidato a indicador substituto de paisagens submersas dominadas por substratos consolidados e ambientes recifais associados. Em relevos forte ondulados, com declividades entre 20 e 45°, a paisagem foi dominada por grandes afloramentos rochosos (>1m), recortados por pequenos canais e com relativa complexidade estrutural, além de peixes, esponjas, algas e corais. Por outro lado, os relevos suave ondulados (3 a 8°) compuseram paisagens dominadas por pequenos afloramentos rochosos (<1m), com superfície irregular, geralmente, recoberta por algas, podendo também ocorrer paisagens dominadas por sub-afloramentos, associados a fundos cascalhosos, esponjas e corais. Os relevos planos abrigaram

paisagens dominadas por substratos inconsolidados, com bioturbação e ocorrência de densas manchas de algas do gênero *Halimeda*.

A discussão acerca da aplicabilidade de mapas de declividade como indicador substituto de paisagens submersas requer aprofundamento e esforços para a execução de um número maior de vídeo-transectos, em terrenos com diferentes declividades e em diferentes profundidades. A integração de dados sobre a comunidade biológica também incrementariam uma análise mais robusta da influência deste componente da geodiversidade na distribuição da biodiversidade de hábitats bentônicos da PCSPE.

Por fim, o potencial de ocorrência de outros canais submersos na plataforma continental leste brasileira sugere a replicação dos esforços aqui reunidos. Com dezenas de quilômetros em extensão e, aparentemente, concentrando biodiversidade, os canais submersos devem ser considerados importantes feições topográficas da região, não apenas por suas dimensões, mas também por sua importância ambiental e socioeconômica.

CAPÍTULO 5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES

1. Considerações finais

A interdisciplinaridade, característica marcante da Oceanografia, exige que a investigação de processos naturais seja executada de forma integrada e holística. Apesar de explorar tópicos específicos, como a topografia, sedimentologia e paisagens do assoalho marinho, os resultados do presente trabalho poderão contribuir para futuras investigações acerca das interações entre esses tópicos e processos hidrodinâmicos, biogeoquímicos e ecológicos. A tecnologia e métodos analíticos de hoje permitem que a ciência integre modelos numéricos, experimentos em laboratório e observações *in situ*. Todavia, a topografia da margem continental brasileira é ainda um requisito básico a ser atendido para sua devida exploração técnica-científica, visto que tal conhecimento é esparso, desigual e com baixa resolução.

A topografia da PCSPE revelou a ocorrência de canais submersos, relativos aos antigos cursos fluviais formados pelas atuais bacias hidrográficas, em períodos de regressão marinha, como há cerca de 20 mil anos. A condição faminta da PCSPE e a rápida subida associada à Transgressão Holocênica aparentemente não propiciaram condições favoráveis ao preenchimento destes canais, resultando em seu bom estado de preservação e não restando dúvidas de que representaram as extensões das atuais bacias hidrográficas.

Nesse sentido, a região se mostrou propícia para pesquisas sobre o Quaternário, já que seu passado recente ainda não foi mascarado pelos processos sedimentares atuais. Entretanto, a região ainda carece de evidências diretas (amostras geológicas, testemunhos) e indiretas (sísmica rasa, batimetria multifeixe), cruciais para o entendimento dos processos oceanográficos que atuaram no passado recente da PCSPE (Harris *et al.*, 2005; Freire, 2006; Micallef *et al.*, 2013; Gomes *et al.*, 2015). Amostras diretas das estruturas colunares registradas na borda da plataforma continental de Pernambuco, por exemplo, podem revelar, através de estudos geocronológicos, as condições paleoambientais desses locais (McCulloch & Esat, 2000; Lea *et al.*, 2002; Felis & Pätzold, 2004; Edinger *et al.*, 2007). Por sua vez, registros sísmicos podem revelar as conexões entre os atuais rios e os canais submersos, bem como subsidiar

cálculos das taxas de sedimentação (Baldwin et al., 2006; Freire, 2006; Martorelli *et al.*, 2010; Goya, 2011).

Na PCSPE, além dos canais, foram também revelados degraus localizados nas faixas de profundidade de 16-20, 20-23, 25-30, 35-40, 50-55 metros, bem como detalhes da borda da plataforma, situada entre 60 e 80 metros de profundidade. As bordas das plataformas continentais são locais importantes para a geração de ondas internas, a partir de interações entre marés e a topografia íngreme, sendo sítios propensos ao colapso dessas ondas, à intensificação de processos de mistura e dissipação de energia. As feições topográficas de relevo íngreme junto às bordas das plataforma continentais influenciam e são influenciados por processos físicos como correntes de maré, ondas internas, vórtices e meandros, já que podem afetar a vorticidade dos fluxos, gerando ressurgências localizadas (Klinck, 1996; Hickey, 1997; Ardhuin *et al.*, 1999; She & Klinck, 2000; Sobarzo *et al.*, 2001; Bosley *et al.*, 2004; Allen & Hickey, 2010). Esses processos são considerados importantes por disponibilizarem nutrientes para a camada fótica, o que influencia a produtividade primária e a cadeia trófica, determinando uma provável maior diversidade e riqueza de espécies próximo a feições topográficas acidentadas, como os canais submersos aqui descritos (Kunze *et al.*, 2002; Genin, 2004; Rennie, 2005; Lamb, 2014).

Pereira *et al.* (2005), através de um modelo não-linear tridimensional, demonstraram que a interação das correntes de maré e a topografia do fundo da plataforma continental brasileira é capaz de produzir ressurgências locais da ACAS (Águas Centrais do Atlântico Sul). Na plataforma continental de Sergipe, Paes *et al.* (2007) investigaram a hidrologia da costa sergipana e sua relação com a distribuição da fauna demersal (ictiofauna e megafauna bentônica) e concluíram que a presença de dois cânions submarinos influenciam a região, através de ressurgências sub-superficiais durante o verão. A perspectiva de que, ao nível regional, os canais submersos representem um importante componente da geodiversidade da plataforma continental leste brasileira, coloca tais feições topográficas em destaque. Principalmente, se considerarmos o potencial de ocorrência de processos de mistura e turbulência junto à borda da plataforma continental e, conseqüentes intrusões de águas mais frias e ricas em nutrientes, através dos canais submersos, proporcionando o provável aumento da produtividade biológica junto a tais feições topográficas.

Deve-se comentar ainda que os esforços desta tese possibilitaram obter respostas satisfatórias quanto: i. às características morfométricas das bacias hidrográficas

costeiras no trecho de litoral entre o estado da Paraíba (Rio Camaratuba) e o estado de Alagoas (Rio São Miguel); e ii. aos padrões espaciais de distribuição de profundidade, declividade, teores de carbonato de cálcio, cascalho areia e lama na PCSPE.

O modelo paleogeográfico aqui sugerido foi baseado em algumas inferências acerca do passado recente da PCSPE, que puderam ser obtidas através da localização de degraus e das variações topográficas ao longo dos canais submersos. Nesse sentido, as inferências estão relacionadas aos prováveis níveis de estabilização do nível do mar durante suas oscilações e à prolongada exposição subaérea da PCSPE.

O fato da pesca artesanal de linha e mão explorar relevos íngremes é um indicativo da produtividade biológica junto aos canais submersos e a borda da plataforma. Apesar de ainda inconclusivo, é bastante provável que essas feições topográficas controlem processos de mistura e enriquecimento da camada fótica, influenciando a teia trófica e a distribuição de espécies. Através da execução de um levantamento videográfico mais abrangente e sistemático, poderão ser obtidos dados sobre as comunidades biológicas. Por outro lado, modelos matemáticos e observações *in situ* de correntes, mistura turbulenta, temperatura e salinidade poderão levar luz à esta questão. Análises multivariadas poderão de forma mais conclusiva e robusta indicar áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade marinha.

2. Conclusões gerais

A porção submersa da área de estudo recebe a descarga da drenagem de uma área emersa de 9.085 km^2, através de 04 bacias hidrográficas, sendo as do Rio Una e do Rio Sirinhaém, as maiores e mais importantes. Ao longo de seus canais, do agreste pernambucano ao litoral, estas bacias interligam as terras altas do Planalto da Borborema ao mar.

Em todas as bacias, ocorrem cursos d'água controlados por falhas geológicas, além de pouca tendência a inundações, devido ao seu formato alongado. Contudo, vale lembrar que, em casos de chuvas intensas no Brejo Pernambucano, há riscos de fortes inundações na Mata Sul de Pernambuco, provocadas pelo Rio Una.

A atuação erosiva da drenagem continental, em períodos de regressão marinha, está registrada na topografia submersa da PCSPE, caracterizada por uma planície recortada por canais fluviais e pontuada por degraus. Estes canais fluviais de outrora, hoje submersos, apresentaram heterogeneidade espacial, com trechos aparentemente

mais preenchidos e outros com profundidades maiores que 30 metros. Por outro lado, os degraus foram interpretados como indicativos de períodos de estabilização do nível do mar, durante suas oscilações.

Quanto à sedimentologia da PCSPE, a cobertura sedimentar é predominantemente carbonática, devido à ampla ocorrência de organismos secretores de carbonato de cálcio. A ocorrência de material terrígeno é limitada à plataforma continental interna (0-20m).

A distribuição espacial da declividade da PCSPE evidenciou a predominância de relevos planos, bem como a restrita distribuição de relevos suave ondulados, ondulados e forte ondulados, associados aos canais submersos, à borda da plataforma e, de forma pontual, à plataforma continental interna.

Os resultados do levantamento videográfico mostraram que a declividade é forte candidata a indicador substituto para paisagens dominadas por substratos consolidados. Aparentemente, estas paisagens encontram-se concentradas ao longo dos canais submersos e da borda da plataforma, informação estratégica para a conservação e manejo de recursos marinhos da área.

Ainda são necessários avanços no sentido da consolidação desta hipótese, porém as perspectivas são promissoras. O uso dos canais submersos como áreas de pesca de linha e mão é um indicativo de sua produtividade biológica e importância social e econômica, logo, esforços para seu mapeamento devem ser considerados prioritários, no sentido de investigar suas características biofísicas, bem como os processos ecológicos que ocorrem junto a tais feições topográficas, levantando-se a necessidade de criação de Áreas Marinhas Protegidas.

Por fim, a ocorrência de outros canais submersos na plataforma continental leste brasileira, também explorados pela pesca artesanal, sugere a replicação dos esforços aqui reunidos. Com dezenas de quilômetros em extensão e, aparentemente, concentrando biodiversidade, os canais submersos devem ser considerados importantes feições topográficas da região, não apenas por suas dimensões, mas também por sua importância ambiental e socioeconômica.

REFERÊNCIAS

Abdallah, P. R.; Bacha, C. J. C., 1999. Evolução da atividade pesqueira no Brasil: 1960 - 1994. Teor. Evid. Econ. 7(13), 9-24.

Albuquerque, R. T. D. B., Galvíncio, J. D., 2010. Cenários de mudanças climáticas na Bacia Hidrográfica do Rio Una - Pernambuco. Revista Brasileira de Geografia Física 03: 48-54.

Almeida, F. F. M., Hasui, Y., Brito Neves B. B., Fuck, R. A., 1977. Províncias Estruturais Brasileiras. In: Simpósio de Geologia do Nordeste, 8: 1977, Campina Grande. Atas... Campina Grade: SBG, 1977. p. 363-391.

Almeida, N. M., Vital, H., Gomes, m. P., 2015. Morphology of submarine canyons along the continental margin of the Potiguar Basin, NE Brazil. Marine and Petroleum Geology 68: 307-324.

Allen, S. E., Hickey, B. M., 2010. Dynamics of advection-driven upwelling over a shelf break submarine canyon. J. Geophys. Res. 115, C08018. doi:10.1029/ 2009JC005731.

Araújo, M. C. B., 2003. Resíduos sólidos em praias do litoral sul de Pernambuco: origens e conseqüências. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 104pp.

Araújo, O. S., Brum, E. V. P., Silva, E. P., Caioni, C., Claudino, W. V., 2014. Acurácia posicional do modelo digital de terreno com os modelos digitais de elevação: ASTER GDEM, SRTM e TOPODATA. ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.10(19): 42-51.

Araújo, T. C. M., Seoane, J. C. S., Coutinho, P. N., 2004. Geomorfologia da plataforma continental de Pernambuco. In: Leça, E. E., Neumann-Leitão, S., Costa, M. F. (Eds.), Oceanografia - um Cenário Tropical. Ed. Bagaço, Recife, pp. 39–57.

Ardhuin, F., Pinot, J. M., Tintore, J., 1999. Numerical study of the circulation in a steep canyon off the Catalan coast (western Mediterranean), J. Geophys. Res. vol. 104, no. C5, pp. 11115-11135.

Auler, A. S., Piló, L. B., Saadi, A., 2005. Ambientes cársticos. In: Souza, C. R. G. (ed.), Quaternário do Brasil, Holos Editora, Ribeirão Preto, pp. 321-337.

Baker, E. K., Harris, P. T., 2011. Habitat mapping and marine management. In: Harris, P. T., Baker, E. D. (Eds.), Seafloor Geomorphology as Benthic Habitat. Elsevier, Amsterdam, pp. 23–38.

Baldwin, W. E., Morton, R. A., Putney, T. R., Katuna, M. P., Harris, M. S., Gayes, P. T., Driscoll, N. W., Denny, J. F., Schwab, W. C., 2006. Migration of the Pee Dee River

system inferred from ancestral paleochannels underlying the South Carolina Grand Strand and Long Bay inner shelf. Geological Society of America Bulletin 118, 533–549.

Ball, I. R., Possingham, H. P., Watts, M., 2009. Marxan and relatives: software for spatial conservation prioritisation. In: Spatial conservation prioritisation: quantitative methods and computational tools. Oxford University Press, Oxford, 185-195.

Baptista Neto, J. A.; Abelin, V. R.; Sichel, S., 2004. Introdução à Geologia Marinha. Editora Interciência, Editora Interciência, Rio de Janeiro, 279 pp

Bellec, V. K., Cirac, P., Faugères, J., 2009. Formation and evolution of paleo-valleys linked to a subsiding canyon, North Aquitaine shelf. C. R. Geosci. 341, 36–38.

Bernardes, D. A. M.; Silva, A. M.; Nascimento, S. S., 2011. A história recente das enchentes: a situação das cidades da zona da mata sul de Pernambuco. V Colóquio de História da UNICAP. Anais dos Colóquios, pp. 1029 - 1038.

Berger, W., 2008. Sea level in the late Quaternary: patterns of variation and implications. International Journal of Earth Sciences 97: 1143–1150.

Blum, M.D. & Hattier-Womack, J., 2009. Climate change, sea-level change, and fluvial sediment supply to deepwater depositional systems: a review. In: Kneller, B. C., McCaffrey, W. D., Martinsen, O. J. (Eds.), External Controls on Deepwater Depositional Systems, SEPM Spec. Publ., 93. 25pp.

Blum, M.D., Martin, J., Miliken, K., Garvin, M., 2013. Palleovaley systems: Insights from Quaternary analogs and experiments. Earth Sci. Rev. 116, 128–169.

Bosley, K. L., Lavelle, J. W., Brodeur, R. D., Wakefield, W. W., Emmett, R. L., Baker, E. T., Rehmke, K. M., 2004. Biological and physical processes in and around Astoria submarine Canyon, Oregon, USA, Journal of Marine Systems, vol. 50, pp. 21-37.

Branner, J. C., 1904. The stone reefs of Brazil, their geological and geographical relations, with a chapter on the coral reefs. Bull. Mus. Comp. Zool. Harv. 54: 1–285.

Brasil. Lei n° 9.433, de 08 de janeiro de 1997. Disponível em: http://www.ana.gov.br/Institucional/Legislacao/leis/lei9433.pdf.

Bridge, T. C. L., Done, T. J., Beaman, R. J., Friedman, A., Williams, S. B., Pizarro, O., Webster, J. M., 2011. Topography, substratum and benthic macrofaunal relationships on a tropical mesophotic shelf margin, central Great Barrier Reef, Australia. Coral Reefs 30: 143-153.

Brooks, A.J., Kenyon, N.H., Leslie, A., Long, D., Gordon, J. E., 2011. Characterising Scotland's marine environment to define search locations for new Marine Protected Areas. Part 2: The identification of key geodiversity areas in Scottish waters (interim report July2011). Scottish Natural Heritage Commissioned Report No.430.

Brown, C.J., Smith, S.J., Lawton, P., Anderson, J.T., 2011. Benthic habitat mapping: A review of progress toward improved understanding of the spatial ecology of the seafloor using acoustic techniques. Estuar. Coast. Shelf Sci. 92, 502–520.

Camargo, J. M. R., 2005. Mapeamento sonográfico da plataforma continental adjacente ao município de Tamandaré, Pernambuco, Brasil. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 65pp.

Camargo, J. M. R., Araújo, T. C. M., Maida, M., Ushizima, T. M., 2007. Morfologia da plataforma continental interna adjacente o município de Tamandaré, sul de Pernambuco - Brasil. Rev. Bras. Geofís. 25 (Supl. 1), 79–89.

Camargo, J. M. R.; Araújo, T. C. M.; Ferreira, B. P.; Maida, M., 2015. Topographic features related to recent sea-level history in a sediment-starved tropical shelf: Linking the past, present and future. Regional Studies in Marine Science 2: 203-211.

Castro, B. C., Pires, D. B., 2001. Brazilian coral reefs: What we already know and what is still missing. Bull. Mar. Sci. 69 (2), 357–371.

Christofoletti, A., 1980. Geomorfologia. São Paulo: Edgard Blücher

Clark, P. U., Dyke, A. S., Shakun, J. D., Carlson, A. E., Clark, J., Wohlfarth, B., Mitrovica, J. X., Hostetler, S. W., McCabe, A. M., 2009. The last glacial maximum. Science 325, 710–714.

Coelho, P. A.; Santos, M. C. F., 1993. A pesca de camarões marinhos ao largo de Tamandaré, PE. Boletim Técnico Científico do CEPENE 1(1):73-101.

Conti, L. A., Furtado, V. V., 2009. Topographic registers of paleo-valleys on the southeastern Brazilian continental shelf. Braz. J. Oceanogr. 57 (2), 113–121.

Copertino, M. S., Creed, J. C., Lanari, M. O., Magalhães, K., Barros, K., Lana, P., Sordo, L., Horta, P. A., 2016. Seagrass and submerged aquatic vegetation (VAS) habitats off the coast of Brazil: state of knowledge, conservation and main threats. Braz. J. Oceanogr. 64(sp2): 53-80.

Corrêa, I. C. S., 1996. Les variations du niveau de la mer durant les derniers 17.500 ans BP: l'exemple de la plate-forme continentale du Rio Grande do Sul-Brésil. Mar. Geol. 130, 163–178.

Corrêa, A., C., B; Tavares, B., A., C.; Monteiro, K. A.; Calcalcanti, L. C. S.; Lira, D. R., 2010. Megageomorfologia e morfoestrutura do Planalto da Borborema. Revista do Instituto Geológico, São Paulo, 31 (1/2): 35-52.

Costa, P. A. S.; Olavo, G.; Martins, A. S., 2005 Áreas de pesca e rendimentos da frota de linheiros na região central da costa brasileira entre Salvador-BA e o Cabo de São Tomé-RJ. In: COSTA, P. A. S.; MARTINS, A. S.; OLAVO, G. (Eds.). Pesca e Potenciais de Exploração de Recursos Vivos na Região Central da Zona Econômica Exclusiva Brasileira. Rio de Janeiro: Museu Nacional, 2005. p. 57-70.

Coutinho, P. N.; Moraes, J. O., 1968. Distribution de los sedimentos en la plataforma continental norte-nordeste do Brasil. In: Symposium on Investigations and Resources of the Caribbean Sea and Adjacent Regions, UNESCO, p. 261-284.

Cramp, A., Collins, M. B., Wakefield, S. J., 1987. Sedimentation in the Zakynthos channel - a conduit link to the Hellenic Trench, eastern Mediterranean. Mar. Geol. 76, 71–87.

CPRH, 2003. Diagnóstico Socioambiental do Litoral Norte de Pernambuco. Recife. 214p

CPRM, 2008. Geologia da plataforma continental jurídica brasileira e áreas oceânicas adjacentes: dados organizados em Sistema de Informação Geográfica. Brasília, DF: CPRM. CD-ROM.

CPRM, 2014. Geodiversidade do estado de Pernambuco. In: Torres, F. S. M. & Pfaltzgraff, P. A. S. (orgs.), Programa Geologia do Brasil. Levantamento da Geodiversidade, Recife, 282p.

Dalrymple, R. W., Boyd, R., Zaitlin, B. A., 1994. History of research, types and internal organization of incised valley systems: introduction to the volume. In: Dalrymple, R. W., Boyd, R., Zaitlin, B. A. (Eds.), Incised Valley Systems: Origin and Sedimentary Sequences. In: SEPM Special Publication, vol. 51. Society for Sedimentary Geology, Tulsa, OK, pp. 3–10.

Dalrymple, R.W., 1999. Tide-dominated deltas: do they exist or are they all estuaries? American Association of Petroleum Geologists Annual Meeting, Official Program, San Antonio, pp. A29–A30.

Dantas, M. E., Armesto, R. C. G., Silva, C. R., Shinzato, E., 2014. Geodiversidade e análise da paisagem: uma abordagem teórico-metodológica. Terrae Didatica 11(1): 04-13.

Dayvison, I., McCarthy, M., Powell, D., Torres, H. H. F., Santos, C. A., 1995. Laminar flowing shear zones: the Pernambuco Shear Zone, NE Brazil. Journal of Structural Geology 17: 149-161.

Dominguez, J. M., L., Bittencourt, A. C. S. P., Leão, Z. M. A. N., 1990. Geologia do Quaternário costeiro do estado de Pernambuco. Revista Brasileira de Geociências 20: 208-215.

Dominguez, J. M. L., 2009. The Coastal Zone of Brazil. In: Dillenburg, S. R.; Hesp, P. A. (Eds.). Geology and Geomorphology of Holocene Coastal Barriers of Brazil. New York: Springer, p. 17-51.

Dominguez, J. M. L.; Ramos, J. M. F.; Rebouças, R. C.; Nunes, A. S.; Melo, L. C. F, 2011. A plataforma continental de município de Salvador: geologia, usos múltiplos e recursos minerais. CPPM, Salvador, 72pp.

Dominguez, J. M. L., Silva, R. P., Nunes, A. S., Freire, A. F. M., 2013. The narrow, shallow,
low-accommodation shelf of central Brazil: Sedimentology, evolution, and human uses. Geomorphology 203, 46–59.

Droxler, A. W.; Jorry, S. J., 2013. Deglacial origin of barrier reefs along low-latitude mixed siliciclastic and carbonate continental shelf edges. Annu. Rev. Mar. Sci., 5:165-190.

Edinger, E. N., Burr, G. S., Pandolfi, J. M., Ortiz, J. C., 2007. Age accuracy and resolution of Quaternary corals used as proxies for sea level. Earth and Planetary Science Letters 253: 37–49.

EMBRAPA, 1979. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Súmula da 10. Reunião Técnica de Levantamento de Solos. Rio de Janeiro. 83p. (EMBRAPA-SNLCS. Miscelânea, 1).

Escobar-Briones, E., Santillán, E. L. E., Legendre, P., 2008. Macrofaunal density and biomass in the Campeche Canyon, southwestern Gulf of Mexico. Deep Sea Res. Part II 55, 2679–2685.

Farias, F. S., 2002. Tamoindaré - a dinâmica de suas praias frente às novas tribos repovoadoras do século XX. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 124pp.

Felis, T. & Pätzold, J., 2004. Climate reconstruction from annually banded corals. In: Shiyomi et al. (Eds), Global Environmental Change in the Ocean and on Land. TERRAPUB, 205-227.

Ferreira, B. P., Cava, F., Ferraz, A., 1998. Relações morfométricas em peixes recifais da zona econômica exclusiva brasileira, região nordeste. Bol. Téc. Cient. Cepene, Tamandaré 6 (1), 61–76.

Ferreira, B. P., Maida, M., 2007. Características e Perspectivas para o Manejo da Pesca na Área de Proteção Ambiental Costa dos Corais. In: Prates, A.P., Blanc, D. (Eds.), Áreas aquáticas Protegidas como Instrumento de Gestão Pesqueira. In: Série Áreas Protegidas do Brasil, vol. 4. MMA/SBF, Brasília, p. 272. (Orgs.).

Ferreira Junior., A. V., 2010. Mapeamento e estudo petrológico de arenitos de praia (*beachrocks*): Evidências da variação no nível do mar no Holoceno, na costa central de Pernambuco. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 127pp.

Ferreira, R. V., 2013. Caracterização dos hábitats bênticos do Banco de Abrolhos (Bahia, Brasil) com a utilização de imagens de veículo submersível de operação remota (ROV). Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo, 81 pp.

Figueiredo, T. S., 2008. Mapeamento Batimétrico e Sonográfico da Plataforma Continental Interna Adjacente ao Complexo Industrial e Portuário de SUAPE, Pernambuco, Brasil. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Pernambuco, Recife. 106pp.

França, A. M. C., 1979. Geomorfologia da margem continental leste brasileira e da bacia oceânica adjacente. In: CENPES/DINTEP, Geomorfologia da Margem Continental Brasileira e das áreas Oceânicas Adjacentes PETROBRAS, Rio de Janeiro, pp. 89–127.

Francini-Filho, R. B.; Moura, R. L., 2008. Dynamics of fish assemblages on coral reefs subjected to different management regimes in the Abrolhos Bank, eastern Brazil. Aquatic Conservation, v. 18, 1166-1178.

Freire, A. F. M., 2006. A seqüência holocênica na plataforma continental central do estado da Bahia - Costa do Cacau. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 172pp.

Freire, G. S. S. ; Manso, V. A. Vaz ; Silva Filho, W. F. ; Gomes, D. F. ; Lima, S. F. ; Bezerra, S. R. P. ; Araújo, T. C. M. ; Oliveira, P., 2009. Sedimentologia e Morfologia da Margem Continental do Nordeste do Brasil. In: Hazin, F.H.V. (Org.). Meteorologia e Sensoriamento Remoto, Oceanografia Física, Oceanografia Química e Oceanografia Biológica - Program REVIZEE - SCORE Nordeste. Fortaleza: Martins e Cordeiro, v.1, p. 217-244.

Friedman, G. M.; Sanders, J. E.; Kopaska-merkel, D. C. Principles of sedimentary deposits: stratigraphy and sedimentology. New York: Macmillan, 1992. 717p.

Gardner, J. V.; Dartnell, P.; Mayer, L. A.; Hughes Clarke, J. E.; Calder, B. R.; Duffy, G., 2005. Shelf-edge deltas and drowned barrier-island complexes on the northwest Florida outer continental shelf. Geomorphology 64: 133-166

Gardner, J. V., Calder, B. R., Hughes Clarke, J. E., Mayer, L. A., Elston, G., Rzhanov, Y., 2007. Drowned shelf-edge deltas, barrier islands and related features along the outer continental shelf north of the head of De Soto Canyon, NE Gulf of Mexico. Geomorphology 89, 370–390.

Genin, A., 2004. Bio-physical coupling in the formation of zooplankton and fish aggregations over abrupt topographies. J. Mar. Syst. 50, 3–20.

Giulietti, N.; Assumpção, R., 1995. Indústria Pesqueira no Brasil. Agricultura em São Paulo, São Paulo, 42(2):95-127

Gleason, A. C. R.; Lirman, D.; Gintert, B. E.; Dick, M. C.; Reid, R. P. , 2010. Landscape video mosaic from a mesophotic coral reef, Coral Reef v. 29: 253

Gomes, I. M. A. M.; Britto, D. S.; Gomes, I. E.; Alencar, J. A.; Lins, M. B., 2012. A cobertura de catástrofes: estudo de caso das enchentes de 2010 e 2011 em Pernambuco. XIV Congresso de Ciências da Comunicação na Região Nordeste. Recife

Gomes, M. P., 2013. Aquisição, processamento e análise de dados de sísmica de alta resolução na plataforma continental norte do Rio Grande do Norte: Vale inciso do rio Açu. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 125pp.

Gomes, M. P., Vital, H., Bezerra, F. H. R., Castro, D. L., Macedo, J. W. P., 2014. The interplay between structural inheritance and morphology in the Equatorial Continental Shelf of Brazil. Mar. Geol. 355: 150-161.

Gomes, M. P.; Vital, H. ; Eichler, P. P. B. ; Gupta, B. K. S., 2015. The investigation of a mixed carbonate-siliciclastic shelf, NE Brazil: side-scan sonar imagery, underwater photography, and surface-sediment data. Ital. J. Geosci, 134: 9-22.

Gonzáles, N. G., 2014. Aplicación de herramientas SIG al estudio de la cuenca del Río Nalón. Dissertação de mestrado. Máster Universitario en Recursos Geológicos e Ingeniería Geológica de la Universidad de Oviedo. 61pp.

Granata, T. C., Vidondo, B., Duarte, C. M., Satta, M. P., Gracia, M., 1999. Hydrodynamics and particles transport associated with a submarine canyon of Blanes (Spain), NW Mediterranean sea. Cont. Shelf Res. 19, 1249–1263.

Gregório, M. N., 2009. Evolução da linha de costa e caracterização da plataforma continental interna adjacente à cidade do Recife - PE. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Pernambuco, Recife. 173pp.

Gori, A.; Rossi, S.; Linares, C.; Berganzo, E.; Orejas, C.; Dale, M. R. T.; Gili, J. M., 2011. Size and spatial structure in deep versus shallow populations of the Mediterranean gorgonian Eunicellasingularis (Cap de Creus, northwestern Mediterranean Sea). Coral Reefs, v. 31, n. 3, p. 823-837.

Goya, S, G., 2011. Taxa de sedimentação atual na plataforma continental centro-norte do Embaiamento de São Paulo. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo, 194pp.

Guimarães, T.; Mariano, G.; Barreto, A.; Sá, A. A., 2016. Beachrocks of Southern Coastal Zone of the State of Pernambuco (Northeastern Brazil): geological resistance with history. Geoheritage 8: 80-88.

Gutierrez, B. T., Uchupi, E., Driscoll, N. W., Aubrey, D. G., 2003. Relative sea-level rise and the development of valley-fill and shallow-water sequences in Nantucket Sound, Massachusetts. Mar. Geol. 193, 295–314.

Hanebuth, T., Stattegger, K., Grootes, P. M., 2000. Rapid flooding of the sunda shelf: a Late-glacial sea-level record. Science 288, 1033–1035.

Hanebuth, Till. J. J. Stattegger, K., Schimanski, A., Lüdmann, T., Wong, H.K., 2003. Late Pleistocene forced regressive deposits on the Sunda Shelf (Southeast Asia). Mar. Geol., Amsterdam, v.199, p.139-157.

Harris, M. S., Gayes, P. T., Kindinger, J. L., Flocks, J. G., Krantz, D. E., Donovan, P., Donovan-Ealy, P., Beach, W. P., 2005. Quaternary geomorphology and modern coastal development in response to an inherent geologic framework: an example from Charleston, South Carolina. Journal of Coastal Research 21, 49–64.

Harris, M. S., Sautter, L. R., Johnson, K. L., Luciano, K. E., Sedberry, G. R., Wright, E. E., Siuda, A. N. S., 2013. Continental shelf landscapes of the southeastern United States since the last interglacial. Geomorphology 203: 6-24.

Harris, P. T., Macmillan-Lawler, M., Rupp, J., Baker, E. K., 2014. Geomorphology of the oceans. Mar. Geol. 352, 4–24.

Harris, P. T., Whiteway, T., 2011. Global distribution of large submarine canyons: Geomorphic differences between active and passive continental margins. Mar. Geol. 285, 69–86.

Harris, P. T., Baker, E. K., 2011.Why map benthic habitats? In: P.T. Harris, E. D. Baker (eds.), Seafloor Geomorphology as Benthic Habitats, Elsevier, Amsterdam.

Hetherington, R., Wiebe, E., Weaver, A. J., Carto, S. L., Eby, M., MacLeod, R., 2008. Climate, African and Beringian subaerial continental shelves, and migration of early peoples. Quaternary International 183: 83–101.

Hickey, B. M., 1997. The response of a steep-sided, narrow canyon to time-variable wind forcing. J. Phys. Oceanogr. 27: 697–726.

Hinderstein, L. M.; Marr, J. C. A.; Martinez, F. A., Dowgiallo, M. J., Puglise, K. A.; Pyle, R. L.; Zawada, D. G.; Appeldoorn, R., 2010. Introduction to mesophotic coral ecosystems: Characterization, ecology and management. Coral Reefs, v. 29, p. 247-251.

IBAMA, 2008. Monitoramento da atividade pesqueira no litoral nordestino—Projeto Estatpesca. Boletim da Estatística da Pesca Marítima e Estuarina do Nordeste do Brasil - 2006, Tamandaré, p. 385.

IHO, 2008. Standardization of Undersea Feature Names: Guidelines Proposal form Terminology, 4th ed. International Hydrographic Organisation and Intergovernmental Oceanographic Commission, Monaco, p. 32

ITEP, 2011. Estudo de Impacto Ambiental - EIA - Sistema de controle de cheias da Bacia do Rio Sirinhaém - Barragem Barra de Guabiraba. 44p.

Kahng, S. E., Garcia-Sais, J. R., Spalding, H. L., Brokovich, E., Wagner, D., Weil, E., Hinderstein, L, Toonen, R. J., 2010. Community ecology of mesophotic coral reef ecosystems. Coral Reefs 29: 255-275.

Kempf, M., 1969. A plataforma continental de Pernambuco (Brasil): Nota preliminar sobre a natureza do fundo. Trabalhos Oceanogr. 9 (11), 111–124.

Kempf, M.; Coutinho, P. N.; Moraes, J. O., 1968. A plataforma continental do N-NE do Brasil: Nota preliminar sobre a natureza do fundo. Marinha do Brasil, Rio de Janeiro, D. G. 26(XI), p. 579-600.

Kempf, M.; Mabesoone, J. M.; Tinoco, I. M., 1970. Estudo da plataforma continental na área do Recife (Brasil) I – Generalidades sobre a natureza do fundo. Trabalhos Oceanográficos 9/11: 125-148.

Kennett, J. P., 1982. Marine Geology. Englewood. Cliffs, N.J, 801p.

Klein, C. J., Steinback, C., Scholz, A. J., Possingham, H. P., 2008. Effectiveness of marine reserve networks in representing biodiversity and minimizing impact to fishermen: a comparison of two approaches used in California. Conservation Letters 1: 44–51.

Klinck, J. M., 1996. Circulation near submarine canyons: a modeling study. J. Geophys. Res. Oceans 101: 1211–1223.

Koss, J. E., Ethridge, F. G., Schumm, S. A., 1994. An experimental study of the effects of base-level change on fluvial, coastal plain and shelf systems. J. Sediment. Res. B64 (2), 90–98.

Kowsmann, R., Costa, M. P. A., 1979. Sedimentação Quaternária da Margem Continental Brasileira e das Áreas Oceânicas Adjacentes. Projeto REMAC, 8: 55

Kunze, E., Rosenfeld, L.K., Carter, G.S., Gregg, M.C., 2002. Internal waves in Monterey submarine canyon. J. Phys. Oceanogr. 32, 1890–1913.

Laborel, J., 1970. Les peuplements de madréporaires des cotes tropicales du Brésil. Ann. Univ. Abidjan Ser. E 2 (3), 1–260.

Lam, K., Shin, P. K. S., Bradbeer, R., Cheung, S. G., 2006. Comparison of video and point intercept transect methods of monitoring subtropical coral communities. Journal of Experimental Biology and Ecology 333(1): 115-128.

Lamb, K. G., 2014. Internal wave breaking and dissipation mechanisms on the continental slope/shelf. Annu. Rev. Fluid Mech. 2014. 46:231–54

Lambeck, K., Esat, T. M., Potter, E. K., 2002. Links between climate and sea levels for the past three million years. Nature 419, 199–206.

Landau, C. E., Guimarães, D. P., 2011. Análise comparativa entre os modelos digitais de elevação ASTER, SRTM e TOPODATA. Anais do XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE p.4003. Disponível em: http://www.dsr.inpe.br/sbsr2011/files/p1537.pdf

Lea, D.W., Martin, P.A., Pak, D.K., Spero, H.J., 2002. Reconstructing a 350 ky history of sea level using planktonic Mg/Ca and oxygen isotope records from a Cocos Ridge core. Quaternary Science Reviews 21, 283–293.

Lima, D. C. C., 2001. Delimitação da linha de costa atual e zoneamento da faixa litorânea como contribuição à gestão costeira do município de Tamandaré, Pernambuco – Brasil. Monografia de conclusão do curso de especialização em Gestão de Ambientes Costeiros Tropicais, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 54 pp.

Lima, D. A, 2007. Estudos Fitogeográficos de Pernambuco. Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica, Recife, vol. 4: 243-274.

Lima, S. F.; Vital, H., 2006. Geomorphologic and paleogeographic characterization of the continental shelf adjacent to Apodi-Mossoro River, NE Brazil. WIT Transactions on Ecology and the Environment, Inglaterra, v. 88, p. 351-360.

Lima, W. P.; Zakia, M. J. B. Hidrologia de matas ciliares. In: Rodrigues, R. R.; Leitão Filho, H. F. (Ed.) Matas ciliares: conservação e recuperação. 2.ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2000. p.33-43.

Lirman, D., Gracias, N. R., Gintert, B. E., Gleason, A. C. R., Reid, R. P., Negahdaripour, S., Kramer, P., 2007. Development and application of a video-mosaic survey technology to document the status of coral reef communities. Environmental Monitoring and Assessment 125(1): 59-73.

Liu, J. T., Liu, K., Huang, J. C., 2002. The effect of a submarine canyon on the river sediment dispersal and inner shelf sediment movements in southern Taiwan. Mar. Geol. 181, 357–386.

Locker, S. D., Armstrong, R. A., Battista, T. A., Rooney, J. J., Sherman, C., Zawada, D. G., 2010. Geomorphology of mesophotic coral ecosystems: current perspectives on morphology, distribution, and mapping strategies. Coral Reefs 29: 329-345.

MMA/SBF, 2007. Áreas aquáticas protegidas como instrumento de gestão pesqueira (Série Áreas Protegidas do Brasil, 4). Prates, A. P. & Blanc, D. (org.), 272p.

MPA, 2012. Boletim Estatístico da Pesca e Aquicultura – Brasil. 129p.

Mabesoone, J. M., 1964. Origin and age of the sandstone reefs of Pernambuco (northeastern Brazil). J. Sediment. Petrol. 34 (4), 715–726.

Mabesoone, J. M., Coutinho, P. N., 1970. Litoral and shallow marine geology of northeastern Brazil. Trab. Oceanogr. da Univ. Fed. de PE, Recife, v. 12, p. 1-214, 1970.

Macedo, E. C., 2009. Um ensaio sobre a sedimentação e suas implicações ecológicas nos recifes costeiros da baía de Tamandaré/PE. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 141pp.

Maida, M., Ferreira, B.P., 1997. Coral reefs of Brazil: an overview. In: Proceedings of 8th International Coral Reef Symposium, Panama, Vol. 1, pp. 263–274.

Manso, V. A. V., Corrêa, I. C. S., Guerra, N. C., 2003. Morfologia e sedimentologia da plataforma continental interna entre as praias de porto de galinhas e campas - litoral Sul de Pernambuco, Brasil. Pesqui. Geociên. 30 (2), 17–25.

Manso, V. A. V., Valença, L. M. M., Coutinho, P. N., Guerra, N. C., 2004. Sedimentologia da Plataforma Continental.In: Leça, E.E.; Neumann-Leitão, S.; Costa, M. F. (Ed.) Oceanografia – um cenário tropical, Recife. Ed. Bagaço, p. 59-86.

Marcuzzo, F. F. N.; Oliveira, N. L.; Cardoso, M. R. D.; Tschiedel, A. F., 2012. Detalhamento hidromorfológico da bacia do Rio Paraíba. XI Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste. João Pessoa PB

Marques, H. G., Penatti, N. C., Paranhos Filho, A. C., Froehlich, o., Almeida, T. I. R., Shimabukuro, Y., 2011. Comparação entre os modelos de elevação SRTM, TOPODATA e ASTER na delimitação automática de rede de drenagem e limite de bacia hidrográfica. Anais do XVSimpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE p.4003. Disponível em: http://www.dsr.inpe.br/sbsr2011/files/p1263.pdf.

Marques, S.; Ferreira, B. P., 2010. Composição e características da pesca de armadilhas no litoral norte de Pernambuco - Brasil. Bol. Téc. Cient. do CEPENE 18:49-60

Martins, A. S., Olavo, G., Costa, P. A. S, 2005. A pesca de linha de alto mar realizada por frotas sediadas no Espírito Santo, Brasil. In: COSTA, P. A. S.; MARTINS, A. S.; OLAVO, G. (Eds.). Pesca e potenciais de exploração de recursos vivos na região central da Zona Econômica Exclusiva brasileira. Rio de Janeiro: Museu Nacional, 2005. p. 35-55.

Martorelli, E., Chiocci, F. L., Orlando, L., 2010. Imaging continental shelf shallow stratigraphy by using different high-resolution seismic sources: an example from the Calabro-Tyrrhenian Margin (Mediterranean Sea). Brazilian Journal of Oceanography 58 (special issue, IGCP526): 55-66.

Mazières, A., Gillet, H., Castelle, B., Mulder, T., Guyot, C., Garlan, T., Mallet, C., 2014. High-resolution morphobathymetric analysis and evolution of Capbreton submarine canyon head (Southeast Bay of Biscay—French Atlantic Coast) over the last decade using descriptive and numerical modelling. Mar. Geol. 351, 1–12.

McCulloch, M. T., Esat, T., 2000. The coral record of last interglacial sea levels and sea surface temparatures. Chemical Geology 169: 107-129.

Menza, C., Kendall, M., Rogers, C., Miller, J., 2007. A deep reef in deep trouble. Continental Shelf Research 27: 2224-2230.

Micallef, A., Foglini, F., Le Bas, T., Angeletti, L., Maselli, V., Caputo, A., Taviani, M., 2013. The submerged paleolandscape of the Maltese Islands: morphology, evolution and relation to Quaternary environmental change. Mar. Geol. 335: 129-147.

Michelli, M., Araújo, T. C. M., Maida, M., Vital, H., 2001. Indicatives of ancient conditions of sea level stability on the southern Pernambuco continental shelf. Rev. Pesqui. Geociên. 28 (2), 25–33.

Mitchell, J. K., Holdgate, G. R., Wallace, M. W., 2007. Pliocene - pleistocene history of the Gippsland Basin outer shelf and canyon heads, southeast Australia. Aust. J. Earth Sci. 54 (1), 49–64. An International Geoscience Journal of the Geological Society of Australia.

Muehe, D., 2010. Brazilian coastal vulnerability to climate change. Pan-American Journal of Aquatic Sciences 5(2): 173-183.

Mumby, P. J., Broad, K., Brumbaugh, D. R., Dahlgren, C. P., Harborne, A. R., Hastings, A., Holmes, K. E., Kappel, C. V., Micheli, F., Sanchirico, J. N., 2008. Coral Reef Habitats as Surrogates of Species, Ecological Functions, and Ecosystem Services. Conservation Biology 22(4): 941–951.

Nascimento, M. A. L., Ferreira, R. V., Wildner, W., 2012. Litoral sul de Pernambuco (PE). In: Schobbenhaus, C., Silva, C. R. (Orgs.), Geoparques do Brasil: propostas. CPRM, Rio de Janeiro, pp. 647-686.

Olavo, G.; Costa, P. A. S.; Martins, A. S. 2005. Caracterização da pesca de linha e dinâmica das frotas linheiras da Bahia. Brasil. In: Costa, P. A. S.; Martins, A. S.; Olavo, G. (Ed.). Pesca e potenciais de exploração de recursos vivos na região Central da Zona Econômica Exclusiva brasileira. Rio de Janeiro: Museu Nacional. p. 13-34 (Série Livros n. 13).

Olds, A. D., Connolly, R., M.,Kylie, K. A. P., Maxwell, P. S., Aswani, S., Albert, S., 2014. Incorporating Surrogate Species and Seascape Connectivity to Improve Marine Conservation Outcomes. Conservation Biology 28 (4): 982–991.

Ortega-Sánchez, M., Lobo, F. J., López-Ruiz, A., Losada, M. A., Fernández-Salas, L. M., 2014. The influence of shelf-indenting canyons and infralittoral prograding wedges on coastal morphology: The Carcuna system in Southern Spain. Mar. Geol. 347, 107–122.

Paes, E. T., Alcântara, A. V., Guimarães, C. R. P., Araújo, H. M. P., Alves, J. P. H., 2007. Caracterização ecológica e oceanográfica da plataforma continental do estado de Sergipe: um ambiente costeiro equatorial sob a influência de águas subantárticas. XII Congresso Latino-Americano de Ciências do Mar - XII COLACMAR, Livro de Resumos.

Pearson, R., Stevens, T., 2015. Distinct cross-shelf gradient in mesophotic reef fish assemblages in subtropical eastern Australia. Marine Ecology Progress Series 523: 185-196.

Peltier, W. R., Fairbanks, R. G., 2006. Global glacial ice volume and Last Glacial Maximum duration from an extended Barbados sea level record. Quat. Sci. Rev. 24 (23–24), 3322–3337.

Pereira, A. F., Belém, A. L., Castro, B. M., Geremias, R., 2005. Tide-topography interaction along the eastern Brazilian shelf. Continental Shelf Research 25: 1521-1539.

Pickrill, R. A., Todd, B. J., 2003. The multiple roles of acoustic mapping in integrated ocean management: Canadian Atlantic Continental Margin. Ocean & Coastal Management 46(6-7): 601-614.

Piper, D. J. W., Normark, W. R., 2009. Processes that initiate turbidity currents and their influence on turbidites: a marine geology perspective. J. Sediment. Res. 79 (6), 347–362.

Pittman, S. M., Kneib, R. T., Simenstad, C. A., 2011. Practicing coastal seascape ecology. Mar. Ecol. Prog. Ser. 427: 187-190.

Post, A. L., 2008. The application of physical surrogates to predict the distribution of marine benthic organisms. Ocean & Coastal Management 51: 161-179.

Pratson, L. F., Coakley, B. J., 1996. A model for the headward erosion of submarine canyons induced by downslope-eroding sediment flows, Geol. Soc. Am. Bull., 108, 225 – 234.

Rand, H. M., Mabesoone, J. M., 1982. Northeastern Brazil and the final separation of South America and Africa. Paleogeogaphy, Paleoclimatology, Paleoecology, 38: 163-183.

Reaka-Kudla, M.L., 1997. The global biodiversity of coral reefs: A comparison with rainforests. In: Reaka-Kudla, M. L., D. E. Wilson, and E. O. Wilson (eds.), Biodiversity II: Understanding and Protecting Our Natural Resources, pp. 83-108. Joseph Henry/National Academy Press, Washington, D. C.

Reis, A. T., Maia, R. M. C., Silva, C. G., Rabineau, M., Guerra, J. V., Gorini, C., Ayres, A., Arantes-Oliveira, R., Benabdellouahed, M., Simões, I., Tardin, R., 2013. Origin of step-like and lobate seafloor features along the continental shelf off Rio de Janeiro State, Santos basin - Brazil. Geomorphology 203: 25-45.

Rennie, S. J., 2005. Oceanographic processes in the Perth Canyon and their impact on productivity. PhD Thesis, Curtin University of Technology.

Rezende, S. M.; Ferreira, B. P., 2004. Age, growth and mortality of dog snapper *Lutjanus jocu* (Bloch & Schneider, 1801) in the northeast coast of Brazil. Brazilian Journal of Oceanography 52(2):107-121

Richmond, S., Stevens, T., 2014. Classifying benthic biotopes on sub-tropical continental shelf reefs: How useful are abiotic surrogates? Estuarine, Coastal and Shelf Science 138: 79-89.

Ridente, D., F. Foglini, D. Minisini, F. Trincardi, Verdicchio, G., 2007. Shelf-edge erosion, sediment failure and inception of Bari Canyon, on the South-Western Adriatic Margin (Central Mediterranean), Mar. Geol., v 246 (2-7), p. 193-207.

Ribeiro, R. P., 2000. Caracterização e análise da pesca do saramunete, *Pseudopeneus maculatus*, com a utilização de armadilhas (covos) na plataforma continental de Pernambuco. Monografia de Graduação em Engenharia de Pesca, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 60pp.

Ribeiro, F. P., 2004. Composição da biocenose e abundância relativa de peixes capturados com covos nos estados do Rio Grande do Norte e Pernambuco (Brasil). Bol. Téc. Cient. do CEPENE, Tamandaré, v.12, p.113-118.

Rosa, M. R., 2014. Reef communities of the Saint Peter and Saint Paul's Archipelago across an euphotic-mesophotic depth gradient (0-90m). Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo, 155p

Sadoff, C. W., Grey, D., 2002. Beyond the river: the benefits of cooperation on international rivers. Water Policy 4: 389-403.

Sale, P. F., Agardy, T., Ainsworth, C. H., Feist, B. E., Bell, J. D., Christie P., Hoegh-Guldberg, O., Mumby, P. J., Feary, D. A., Saunders M. I., Daw, T. M., Foale, S. J., Levin, P. S., Lindeman, K. C., Lorezen, K., Pomeroy, R. S., Allison, E. H., Bradbury, R. H. , Corrin, J., Edwards, A. J., Obura, D. O., Sadovy de Mitchelson, Y., Samoilys, M. A., Sheppard, C. R. C., 2014. Transforming management of tropical coastal seas to cope with challenges of the 21st century. Marine Pollution Bulletin 85: 8-23.

Salzmann, U., A.M. Dolan, A.M. Haywood, W.-L. Chan, J. Voss, D.J. Hill, A. Abe-Ouchi, B. Otto-Bliesner, F. Bragg, M.A. Chandler, C. Contoux, H.J. Dowsett, A. Jost, Y. Kamae, G. Lohmann, D.J. Lunt, S.J. Pickering, M.J. Pound, G. Ramstein, N.A. Rosenbloom, L. Sohl, C. Stepanek, H. Ueda, and Z. Zhang., 2013. Challenges in reconstructing terrestrial warming of the Pliocene revealed by data-model discord. Nature Clim. Change, *3*, 969-974.

Santos, M. C. F., 1996. Participação da flora e fauna acompanhantes da pesca de camarões em Tamandaré (PE) e foz do Rio São Francisco (AL/SE). Trabalhos Oceanográficos 24:197-210.

Santos, M. C. F.; Freitas, A. E. T. S., 2007. Avaliação biológica de camarões peneídeos capturados no município de São José da Coroa Grande (Pernambuco – Brasil). Bol. Tec. Científico do CEPENE, Tamandaré, v. 15, n.1, p. 63-80.

Santos, M. C. F.; Branco, J. O.; Barbieri, E., 2013. Biologia e pesca do camarão sete-barbas nos estados nordestinos brasileiros onde não há regulamentação do período de defeso. Bol. Inst. Pesca 39(3):217-235.

Schlacher, T. A., Williams, A., Althaus, F., Schlacher-Hoenlinger, M. A., 2010. High-resolution seabed imagery as a tool for biodiversity conservation planning on continental margins. Mar. Ecol. 31: 200-221.

Schwab, W.C., Baldwin, W.E., Hapke, C.J., Lentz, E.E., Gayes, P.T., Denny, J.F., List, J.H.,
Warner, J.C., 2013. Geologic evidence for onshore sediment transport from the inner continental shelf: Fire Island, New York. J. Coast. Res. 29, 526–544.

Schwarzer, K., Stattegger, K., Vital, H., Becker, M., 2006. Holocene coastal evolution of the Rio Açu area (Rio Grande do Norte, Brazil). Journal of Coastal. Research SI 39: 141-145

Secchin, N. A., 2011. Mapeamento de hábitats na plataforma dos Abrolhos. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Espírito Santos, Vitória, 72pp.

She, J., Klinck, J. M., 2000. Flow near submarine canyons driven by constant winds, Journal of Geophysical Research, vol. 105, no. C12, pp. 28671-28694.

Silva, L. G. S. Caiçaras e jangadeiros: Cultura marítima e modernização no Brasil. Diegues, A. C. S. org. CEMAR/Universidade de São Paulo, 1993. 145p.

Silva, U. M.; Santos, M. C. F., 2007. Biologia pesqueira do camarão sete-barbas, *Xiphopenaeus kroyeri*, (Heller,1862) (Decapoda, Penaeidae), na APA Costa dos Corais, Tamandaré (Pernambuco- Brasil). Bol. Tec.Cient. do CEPENE, Tamandaré, v. 15, n.2, p. 57- 68.

Singh, H., Armstrong, R., Gilbes, F., Eustice, R., Roman, C., Pizarro, O., Torres, J., 2004. Imaging coral I: Imaging Coral Habitat with the SeaBED AUV, Subsurface Sensing Technology and Applications 5(1): 25-42.

Sobarzo, M., Figueroa, M., Djurfeldt, L., 2001. Upwelling of subsurface water into the rim of the Biobio submarine canyon as a response to surface winds. Cont. Shelf Res. 21, 279–299.

Spanghero, P. E. S. F.; Meliani, P. F.; Mendes, J. S., 2015. Mapeamento Hidrográfico de Detalhe e Análise Morfométrica Comparativa das Bacias dos Rios Tijuípe e Tijuipinho, Litoral Sul da Bahia. Caminhos de Geografia, Uberlândia, v. 16, 53: 101-117.

Strenzel, G. M. R., 2004. Caracterización del paisaje sumergido costero para La gestión de áreas marinas protegidas. Tese de Doutorado, Departamento de Biologia, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Las Palmas, Espanha 188pp.

Stright, M., 1986. Human Occupation of the Continental Shelf During the Late Pleistocene/Early Holocene: Methods for Site Location. Geoarchaeology, vol 1, 4: 347-364.

Summerhayes, C.P., Fainstein, R., Ellis, J.P., 1976. Continental margin off Sergipe and Alagoas, Northeastern Brazil: a reconnaissance geophysical study of morphology and structure. Mar. Geol. 20, 345–361.

Teodoro, V. L. I.; Teixeira, D.; Costa, D. J. L.; Fuller, B. B., 2007. O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. Revista Uniara 20: 137-157.

Tischer, M.; Santos, M. C. F., 2002. Pesca e variação sazonal da ictiofauna acompanhante e dos camarões peneídeos capturados pela frota motorizada no litoral sul de Pernambuco. Bol. Tec. Cient. do CEPENE, Tamandaré, v. 10, n.1, p. 221-238.

Tischer, M.; Santos, M. C. F., 2003. Composição e diversidade da ictiofauna acompanhante de peneídeos no litoral sul de Pernambuco. Arquivos de Ciências do Mar, Fortaleza, v. 36, p. 105-118

Valeriano, M. M.; Rossetti, D. F., 2010. TOPODATA: Seleção de coeficientes geoestatísticos para o refinamento unificado de dados SRTM. São José dos Campos: 75pp.

Vital, H., Furtado, S.F.L., Gomes, M.P., 2010. Response of the Apodi-Mossoró estuary incised valley system (NE Brazil) to sea-level fluctuations. Braz. J. Oceanogr. 58, 13–24. (special issue PGGM).

Zembruscki, S. J., 1976. Sedimentos da plataforma continental do Brasil. XXII Comissão Oceanográfica Noc. Almirante Saldanha. Dir. Hidrogr. Naveg. D. G. 26-X. Apêndice B, p. 369-409.

Yen, P.P.W., Sydeman, W.J., Hyrenbach, K.D., 2004. Marine bird and cetacean associations with bathymetric habitat and shallow-water topographies: implications for trophic transfer and conservation. J. Mar. Syst. 50, 79–99.

Yokoyama, Y., Lambeck, K., Deckker, P., Johnston, P., Fifield, L.K., 2000. Timing of the
Last Glacial Maximum from observed sea-level minima. Nature 406, 713–716.

Waelbroeck, C., Labeyrie, L., Michel, E., Duplessy, J.C., McManus, J.F., Lambeck, K., Balbon, E., Labracherie, M., 2002. Sea-level and deep water temperature changes derived from benthic foraminifera isotopic records. Quaternary Science Reviews 21: 295–305.

Wagle, B.G., Veerayya, M., 1996. Submerged sand ridges on the western continental shelf off Bombay, India: evidence for Late Pleistocene-Holocene sea-level changes. Mar. Geol. 136, 79–95.

Ward, T. J., Vanderklift, M. A., Nicholls, A. O., Kenchington, R. A., 1999. Selecting marine reserves using habitats and species assemblages as surrogates for biological diversity. Ecological Applications 9(2): 691-698.

Weschenfelder, J., Corrêa, I.S.C., Toldo Junior, E.E., Baitelli, R., 2008. Paleocanais como indicativo de eventos regressivos quaternários do nível do mar no sul do Brasil. Rev. Bras. Geofís. 26 (3), 367–375.

Williams, A., Bax, N., Kloser, R.J., Althaus, F., Barker, B. A., Keith, G., 2009. Australia's deepwater reserve network – implications of false homogeneity for classifying abiotic surrogates of biodiversity. ICES Journal of Marine Science,66, 214–224.

Zacharias, M.A., Roff, J.C., 2000. A hierarchical ecological approach to conserving marine biodiversity. Conservation Biology 14: 1327–34.

Zembruscki, S. J., 1967. Sedimentos da plataforma continental do Brasil. XII Comissão Oceanográfica Noc. Almirante Saldanha. Dir. Hidrogr. Naveg. D. G. 26-X. Apêndice B, p. 369-409.

http://www.apac.pe.gov.br
http://www.cbd.int/doc/meetings/mar/rwebsa-wcar-01/official/rwebsa-wcar-01- sbstta-16-inf-07-en.pdf
http://www.cbd.int/marine/doc/ebsa-brochure-2012-en.pdf
http://downloads.ibge.gov.br
http://geobank.cprm.gov.br
http://www.mar.mil.br/dhn/chm/box-previsao-mare/tabuas
http://www.terittoriosdacidadania.gov.br
http://hidroweb.ana.gov.br

ANEXO I

ANEXO I- TEORES DE CASCALHO, AREIA, SILTE E ARGILA DAS AMOSTRAS DE SEDIMENTOS NA ÁREA

Longitude	Latitude	% Cascalho	% Areia	% Silte	% Argila	TOTAL
-35.0653	-8.7866	0.6	99.4	0.0	0.0	100.0
-35.0428	-8.8006	24.9	75.1	0.0	0.0	100.0
-35.0306	-8.7243	35.1	64.9	0.0	0.0	100.0
-34.9843	-8.8230	3.6	96.5	0.0	0.0	100.0
-34.9546	-8.8364	0.9	99.1	0.0	0.0	100.0
-34.9115	-8.8554	24.3	75.7	0.0	0.0	100.0
-34.8751	-8.8725	20.4	79.6	0.0	0.0	100.0
-35.0652	-8.8121	0.0	100.0	0.0	0.0	100.0
-34.9546	-8.8582	81.6	18.4	0.0	0.0	100.0
-34.9297	-8.8661	31.3	68.7	0.0	0.0	100.0
-34.8731	-8.8971	39.8	60.2	0.0	0.0	100.0
-35.0175	-8.7534	0.1	100.0	0.0	0.0	100.0
-35.0125	-8.7566	23.1	76.9	0.0	0.0	100.0
-34.9935	-8.7643	48.8	51.2	0.0	0.0	100.0
-34.9473	-8.7843	60.3	39.7	0.0	0.0	100.0
-34.9331	-8.7881	23.6	76.4	0.0	0.0	100.0
-35.0675	-8.7837	46.0	54.0	0.0	0.0	100.0
-35.0705	-8.7777	70.0	30.0	0.0	0.0	100.0
-35.0795	-8.7687	26.0	74.0	0.0	0.0	100.0
-35.0695	-8.7677	23.0	77.0	0.0	0.0	100.0
-35.0415	-8.7787	55.0	45.0	0.0	0.0	100.0
-35.0385	-8.7597	61.0	39.0	0.0	0.0	100.0
-35.0655	-8.7357	46.0	54.0	0.0	0.0	100.0
-35.0525	-8.7167	69.0	31.0	0.0	0.0	100.0
-35.0615	-8.7947	13.0	87.0	0.0	0.0	100.0
-35.0655	-8.7887	10.0	90.0	0.0	0.0	100.0
-35.0605	-8.7857	24.0	76.0	0.0	0.0	100.0
-35.0605	-8.7767	72.0	28.0	0.0	0.0	100.0
-35.0635	-8.7597	72.0	28.0	0.0	0.0	100.0
-35.0335	-8.7477	36.0	64.0	0.0	0.0	100.0
-35.0585	-8.7287	57.0	43.0	0.0	0.0	100.0
-35.0555	-8.7867	82.0	18.0	0.0	0.0	100.0
-35.0785	-8.7837	10.0	85.0	0.0	5.0	100.0
-35.0765	-8.7797	8.0	88.0	0.0	4.0	100.0
-35.0445	-8.7527	48.0	47.0	0.0	5.0	100.0
-35.0235	-8.7417	13.0	84.0	0.0	3.0	100.0
-35.0415	-8.7347	29.0	67.0	0.0	4.0	100.0
-35.0555	-8.7397	29.0	64.0	4.0	3.0	100.0
-34.8367	-8.7000	15.0	82.0	0.0	3.0	100.0
-34.7933	-8.7217	21.0	74.0	0.0	5.0	100.0

-34.8133	-8.7517	3.0	91.0	0.0	6.0	100.0
-34.8533	-8.7617	55.0	38.0	0.0	7.0	100.0
-34.9150	-8.7633	12.0	84.0	0.0	4.0	100.0
-34.9767	-8.7533	11.0	87.0	0.0	2.0	100.0
-35.0367	-8.7683	34.0	63.0	0.0	3.0	100.0
-35.0583	-8.9000	35.0	63.0	0.0	2.0	100.0
-35.0017	-8.8467	19.0	76.0	0.0	5.0	100.0
-34.9633	-8.8017	6.0	89.0	0.0	5.0	100.0
-34.9133	-8.7917	46.0	46.0	0.0	8.0	100.0
-34.6917	-8.7133	70.0	28.0	0.0	2.0	100.0
-34.8400	-8.8250	56.0	39.0	0.0	5.0	100.0
-34.8817	-8.8550	24.0	70.0	0.0	6.0	100.0
-34.9183	-8.8850	18.0	76.0	0.0	6.0	100.0
-34.9600	-8.9183	18.0	78.0	0.0	4.0	100.0
-34.9700	-8.8933	75.0	22.0	0.0	3.0	100.0
-34.9650	-8.8333	14.0	84.0	0.0	2.0	100.0
-34.9617	-8.7800	19.0	78.0	0.0	3.0	100.0
-34.9517	-8.7550	12.0	85.0	0.0	3.0	100.0
-34.9300	-8.8050	59.0	31.0	5.0	5.0	100.0
-34.9167	-8.8600	36.0	60.0	0.0	4.0	100.0
-34.8950	-8.9033	50.0	44.0	0.0	6.0	100.0
-34.9267	-8.7553	10.0	90.0	0.0	0.0	100.0
-34.8000	-8.7717	15.0	84.0	1.0	0.0	100.0

ANEXO II

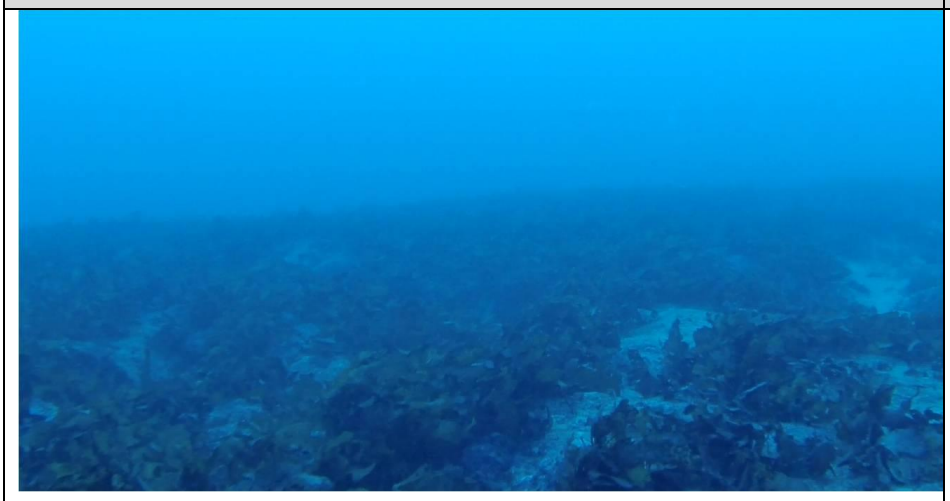
ANEXO II: TEORES DE CARBONATO DE CÁLCIO DAS AMOSTRAS DE SEDIMENTOS NA ÁREA

Longitude	Latitude	% CaCO3
-35.0652	-8.8121	27.4
-35.0615	-8.7947	36.4
-35.0892	-8.7793	43.2
-35.0605	-8.7857	47.8
-35.0515	-8.7077	51.8
-35.0655	-8.7887	52.0
-35.0653	-8.7866	53.2
-35.0525	-8.7167	56.4
-35.0555	-8.7867	59.0
-35.0306	-8.7243	60.7
-35.0635	-8.7597	61.6
-35.0605	-8.7767	62.4
-34.9843	-8.8230	63.3
-35.0675	-8.7837	64.0
-35.0755	-8.7997	67.6
-35.0705	-8.7777	68.2
-35.0235	-8.7417	68.4
-35.0555	-8.7397	69.0
-35.0655	-8.7357	70.4
-35.0695	-8.7677	71.4
-35.0345	-8.7137	72.0
-34.9917	-8.7083	73.0
-35.0795	-8.7687	73.2
-34.9935	-8.7643	74.9
-34.9473	-8.7843	76.3
-35.0125	-8.7566	78.7
-35.0765	-8.7797	79.4
-35.0785	-8.7837	80.8
-35.0385	-8.7597	81.0
-35.0415	-8.7787	82.4
-35.0415	-8.7347	83.0
-35.0175	-8.7534	88.3
-35.0585	-8.7287	88.8
-35.0445	-8.7527	89.2
-35.0175	-8.7197	89.6
-34.9267	-8.7553	91.0
-34.8731	-8.8971	91.5
-35.0428	-8.8006	91.9
-35.0335	-8.7477	92.6
-34.9546	-8.8364	92.8
-34.8000	-8.7717	93.0
-35.0531	-8.7388	93.2

-34.8751	-8.8725	93.5
-34.9331	-8.7881	93.8
-34.9115	-8.8554	94.1
-34.9297	-8.8661	95.6
-34.8817	-8.8911	96.5
-34.9546	-8.8582	96.8

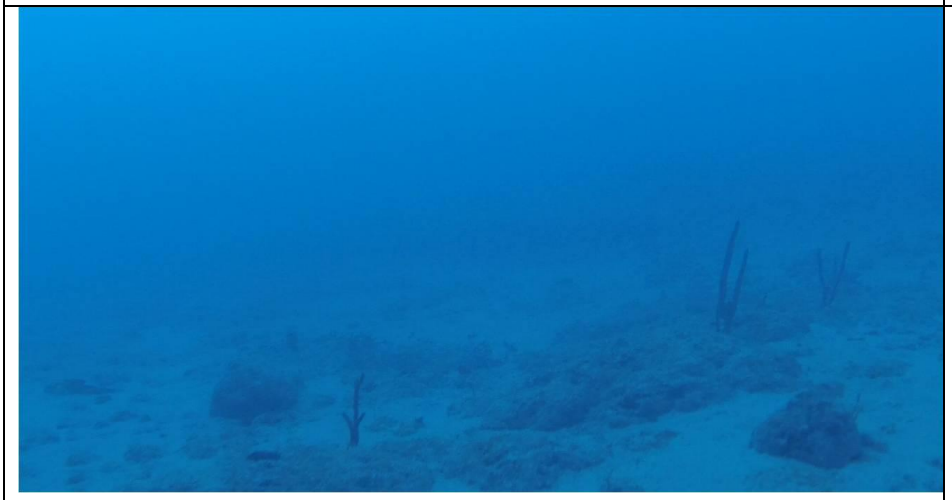
ANEXO III

ANEXO III
PRANCHA I - VÍDEO-TRANSECT GOPRO115

PRANCHA I **VÍDEO-TRANSECT GOPRO115**	**Classificação e observações**
	Pedra - pedregulho; Pequeno afloramento; Algas folhosas; Superfície irregular.
	Transição de paisagens dominadas por substratos consolidados para paisagens dominadas por substratos inconsolidados.
	Pedra - pedregulho; Pequeno afloramento; Peixes e algas incrustantes.

	Areia fina; Altamente irregular; Bioturbação.
	Areia fina; Altamente irregular; Bioturbação.
	Pedra - pedregulho; Pequeno afloramento; Algas folhosas; Superfície irregular.

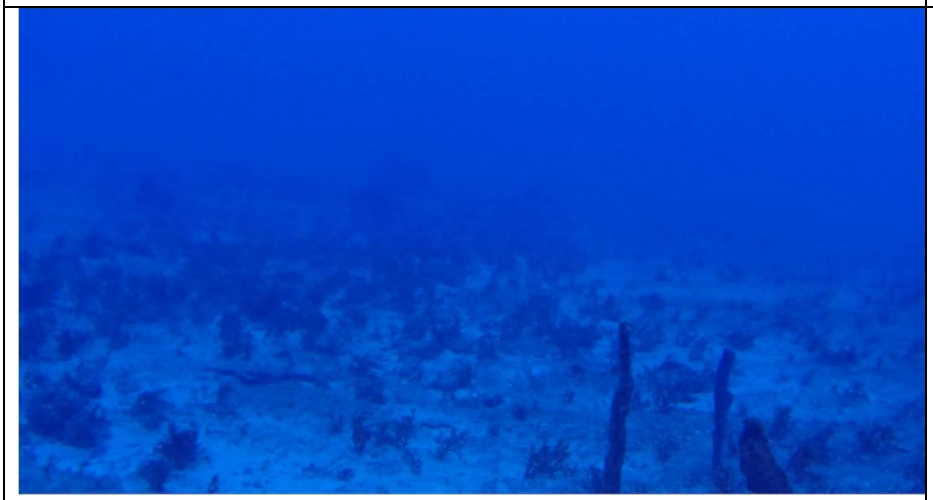
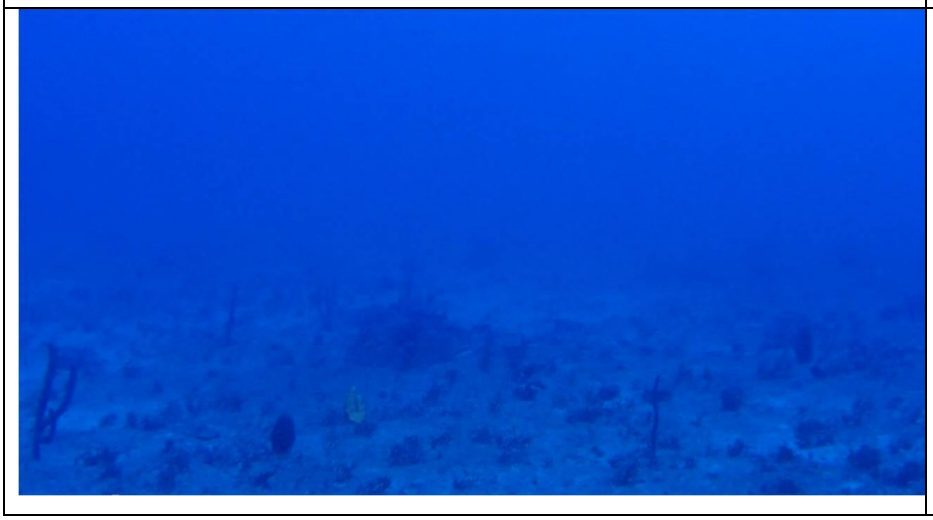
	Pedra - pedregulho; Pequeno afloramento; Algas folhosas; Superfície irregular.
	Cascalho e seixos; Sub-afloramento; Esponjas e corais.
	Cascalho e seixos; Sub-afloramento; Esponjas e Corais.

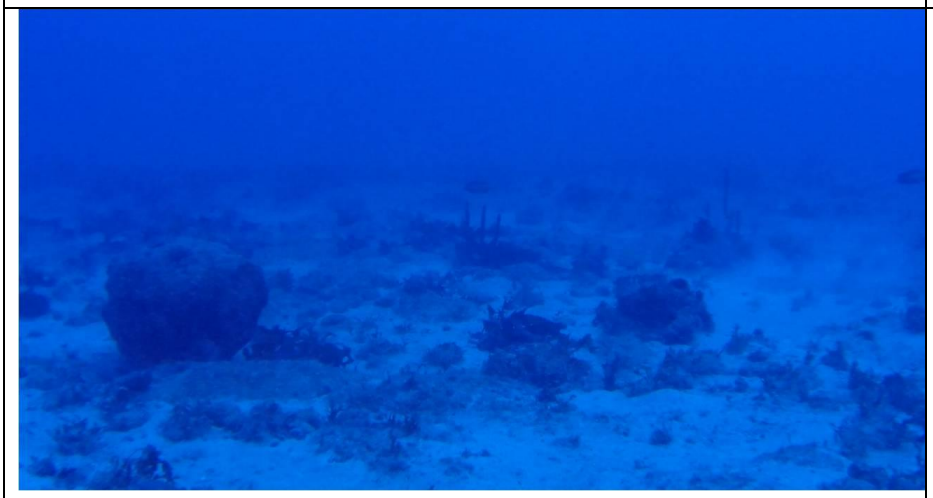
	Cascalho e seixos; Sub-afloramento; Prováveis colônias mortas de coral.
	Areia fina; Pequeno afloramento; Esponjas.
	Pedra - pedregulho; Grande afloramento; Algas folhosas.

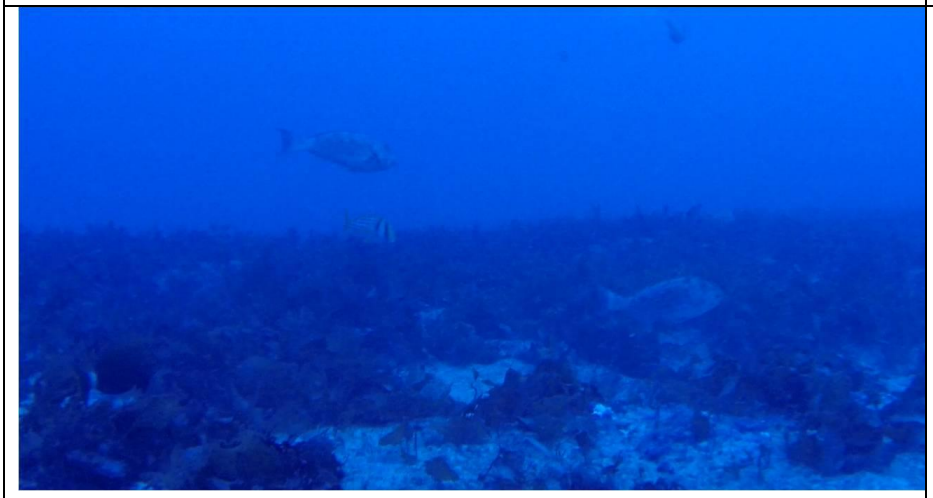
	Pedra - pedregulho; Grande afloramento; Peixes.
	Pedra - pedregulho; Grande afloramento; Peixes.

ANEXO IV

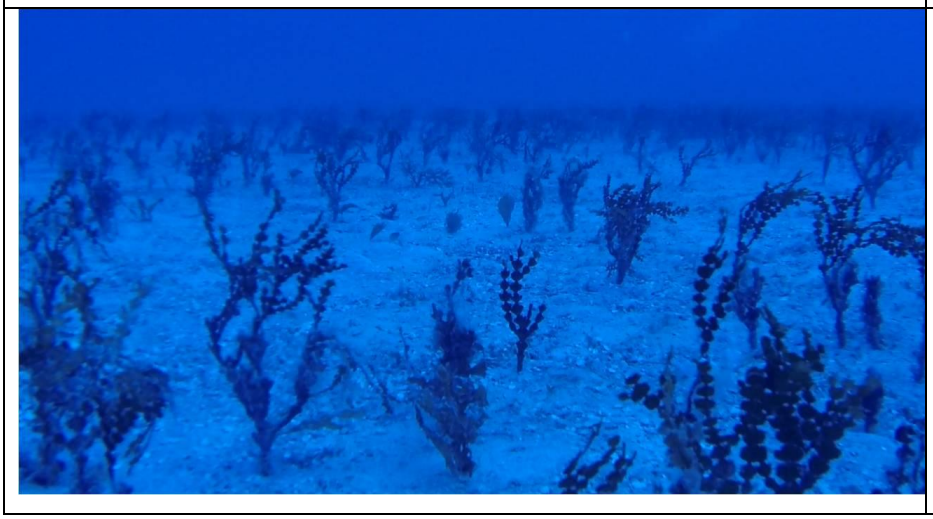
ANEXO IV
PRANCHA II - VÍDEO-TRANSECT GOPRO111

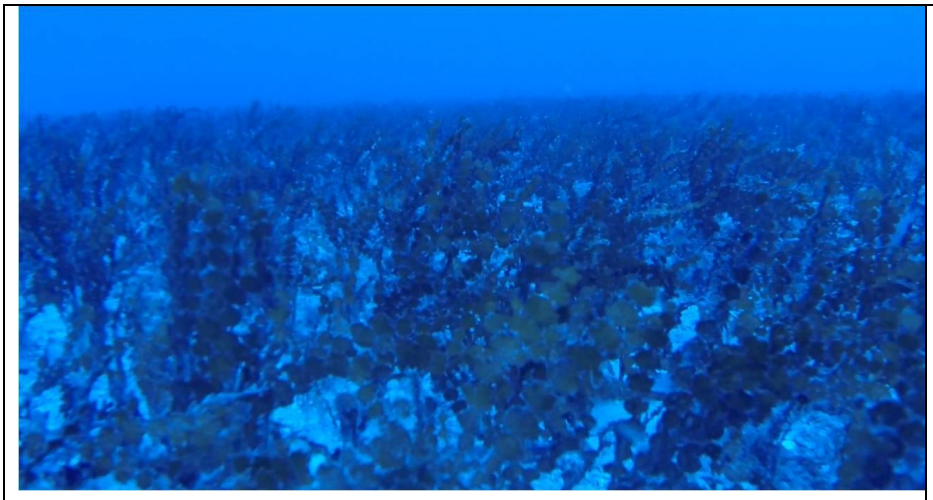
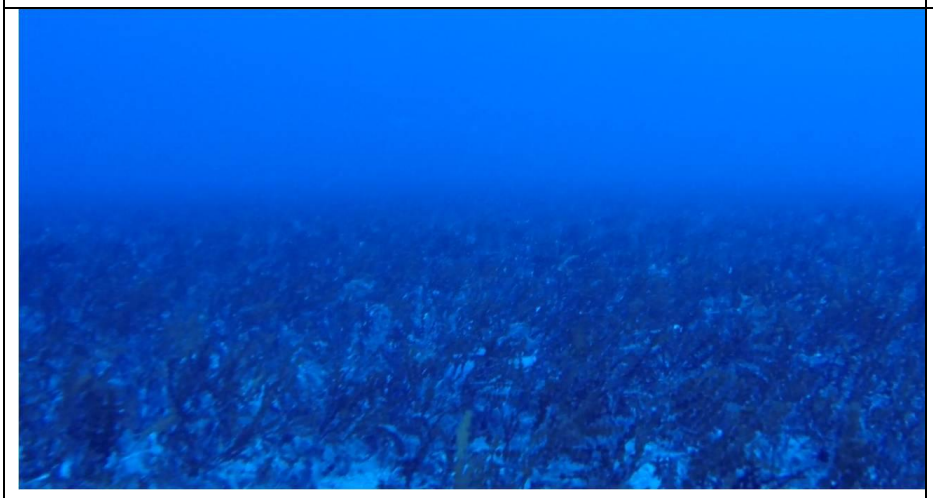
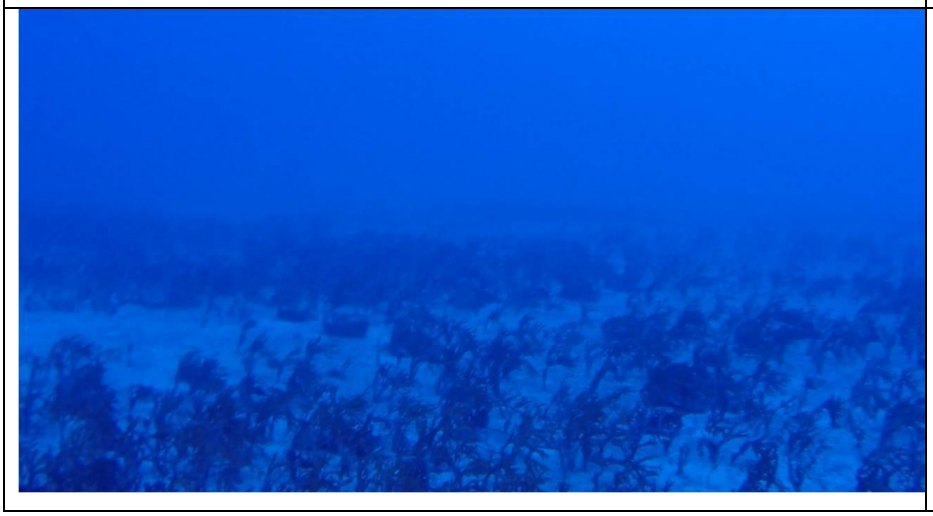
PRANCHA II **VÍDEO-TRANSECT GOPRO111**	**Classificações e observações**
	Cascalho e seixos; Sub-afloramento; Esponjas e algas.
	Cascalho e seixos; Sub-afloramento; Esponjas e algas.
	Cascalho e seixos; Sub-afloramento; Esponjas e algas.

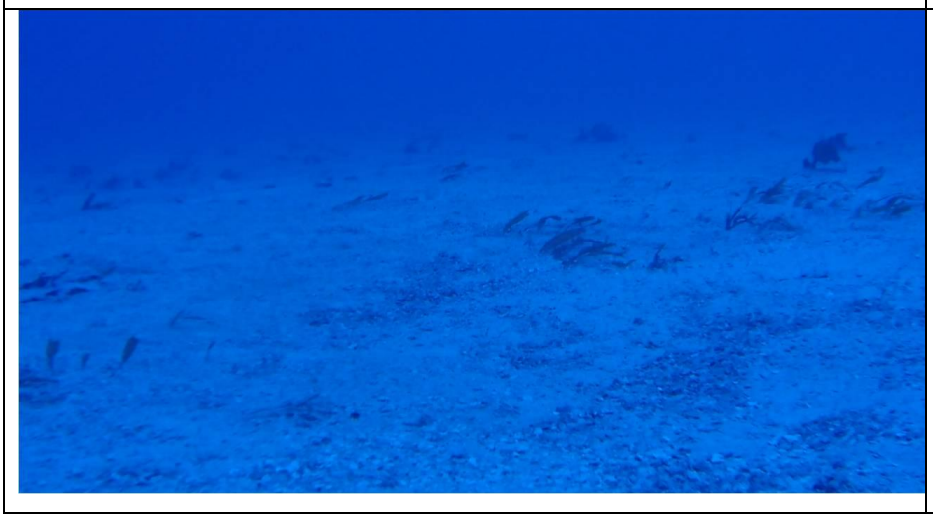
	Cascalho e seixos; Sub-afloramento; Peixes, esponjas e algas.
	Pedra - pedregulho; Pequeno afloramento; Esponjas, algas e corais; Colônia morta de coral.
	Pedra - pedregulho; Pequeno afloramento; Peixes e algas.

	Pedra - pedregulho; Pequeno afloramento; Peixes, esponjas, corais e algas.
	Pedra - pedregulho; Pequeno afloramento; Peixes e algas folhosas.
	Pedra - pedregulho; Pequeno afloramento; Peixes e algas folhosas; Superfície irregular.

	Transição de paisagens dominadas por substratos consolidados para paisagens dominadas por substratos inconsolidados.
	Transição de paisagens dominadas por substratos consolidados para paisagens dominadas por substratos inconsolidados.
	Transição de paisagens dominadas por substratos consolidados para paisagens dominadas por substratos inconsolidados.

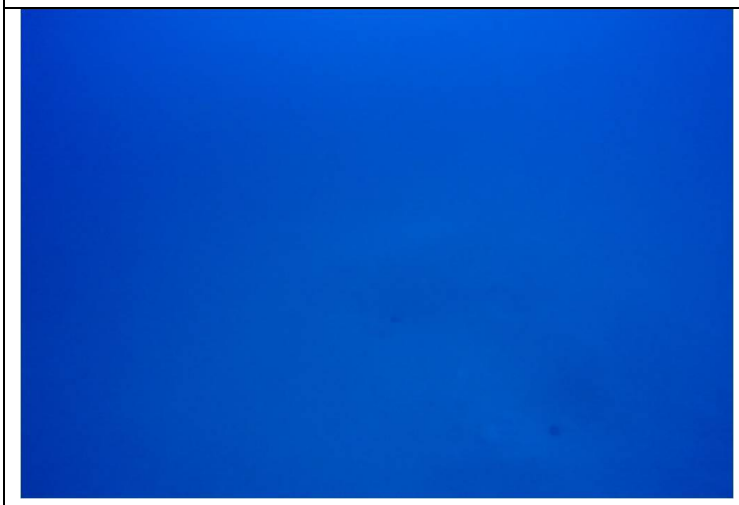
	Areia grossa; Altamente irregular,
	Areia grossa; Altamente irregular; *Halimeda*; Bioturbação.
	Areia grossa; Altamente irregular; *Halimeda*.

	Areia grossa; Altamente irregular; *Halimeda*.
	Areia grossa; Altamente irregular; *Halimeda*.
	Areia grossa; Altamente irregular; *Halimeda*.

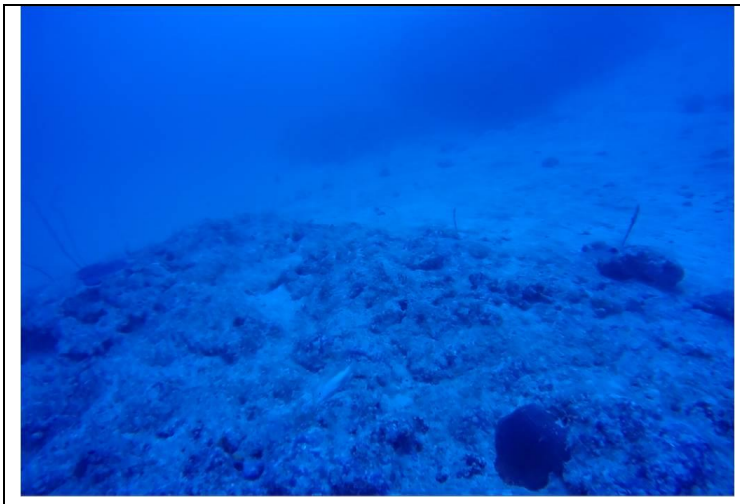
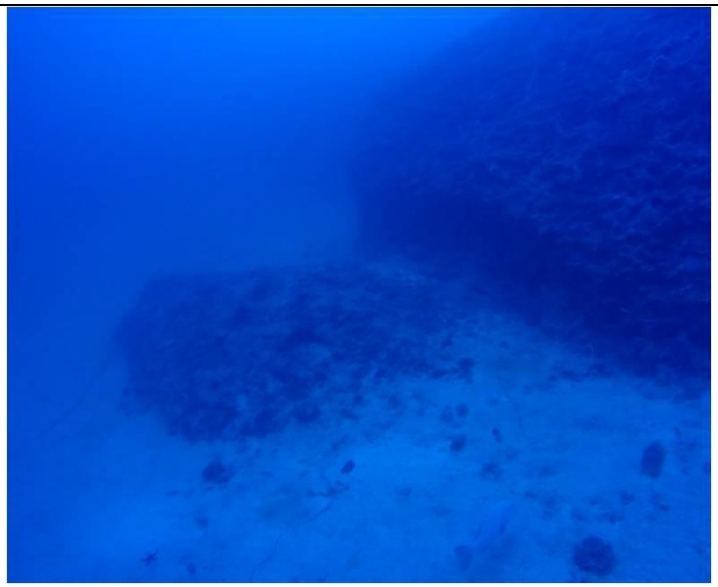
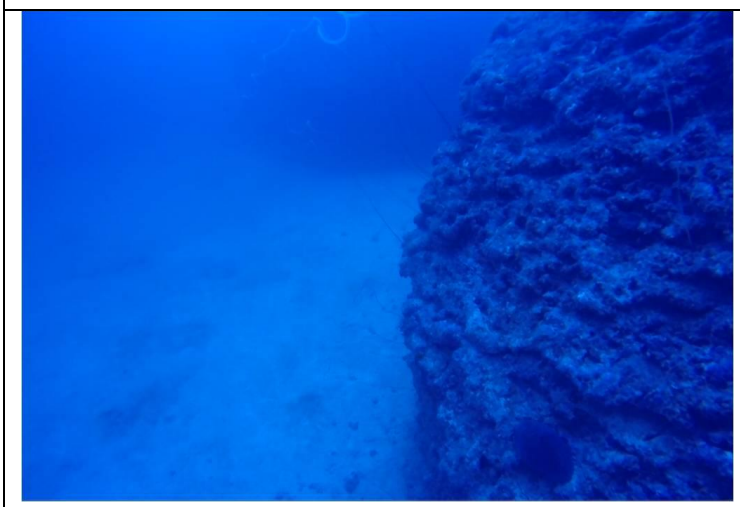
	Areia grossa; Altamente irregular; Algas.
	Areia grossa; Ondulado; Algas.

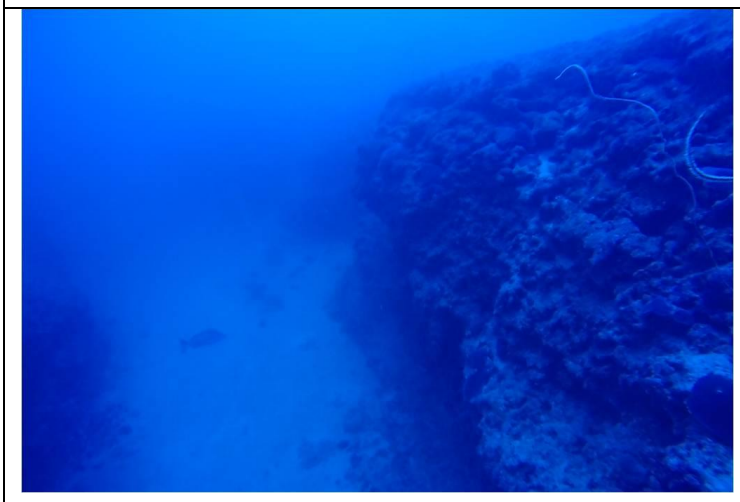
ANEXO V

ANEXO V
PRANCHA III - VÍDEO-TRANSECT GOPRO006

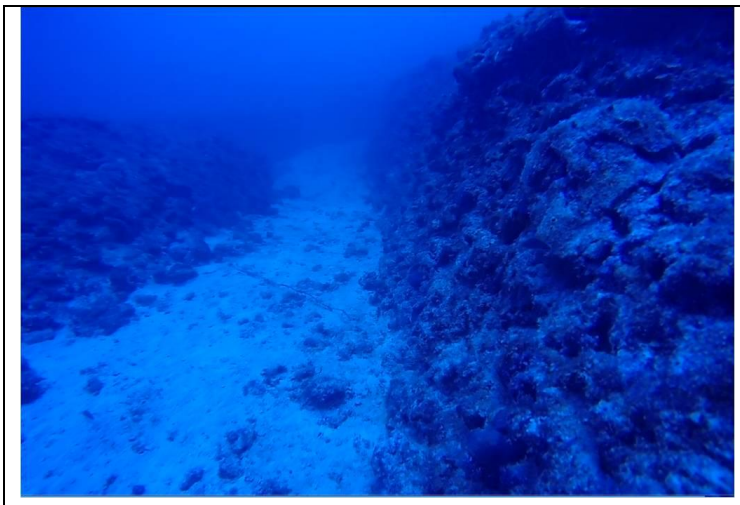
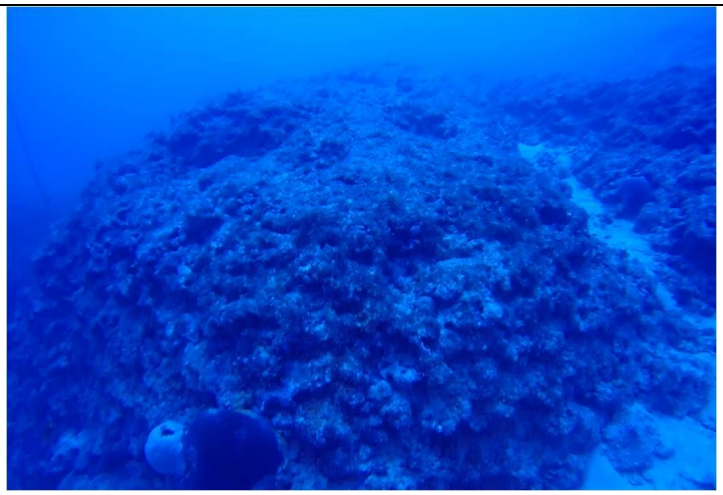
PRANCHA III **VÍDEO-TRANSECT GOPRO006**	**Classificações e observações**
	Areia fina; Altamente irregular; Bioturbação.
	Areia fina; Altamente irregular; Bioturbação.
	Areia fina; Altamente irregular; Bioturbação; Superfície inclinada.

	Areia fina; Altamente irregular; Bioturbação; Superfície inclinada.
	Transição de paisagens dominadas por substratos consolidados, para paisagens dominadas por substratos inconsolidados.
	Rocha; Grande afloramento; Peixes, corais, algas calcárias.

	Rocha; Grande afloramento; Peixes e corais.
	Rocha; Grande afloramento; Peixes e corais.
	Rocha; Grande afloramento; Corais.

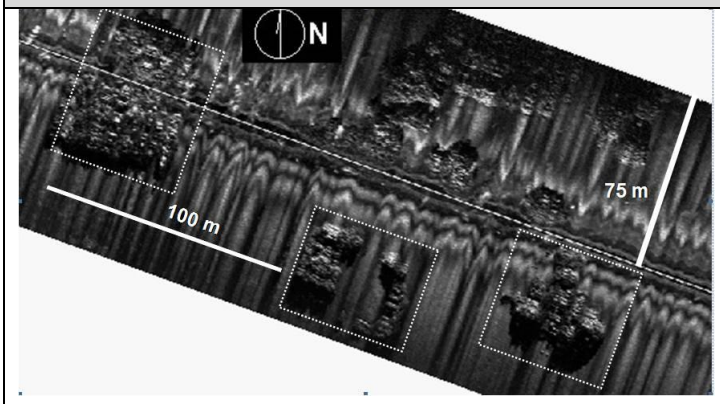
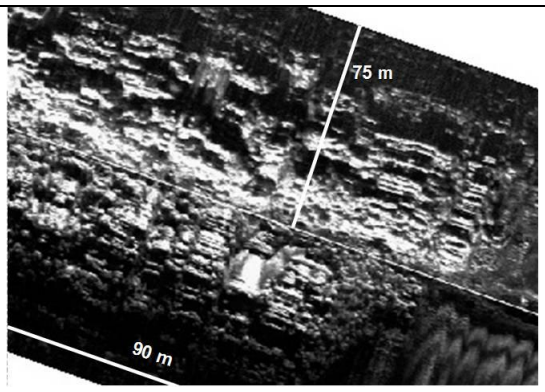
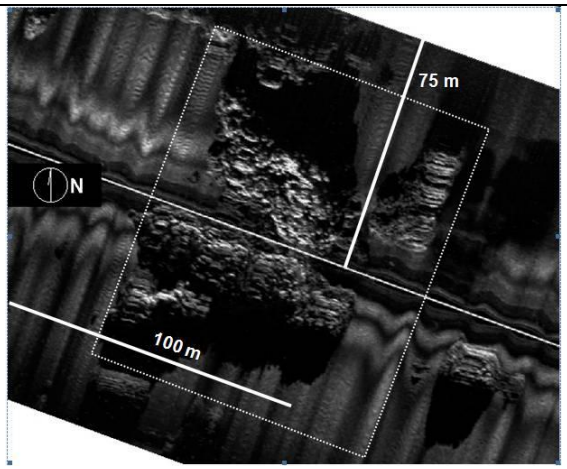
	Rocha; Grande afloramento; Peixes e corais.
	Rocha; Grande afloramento; Peixes e corais.
	Rocha; Grande afloramento; Peixes e corais.

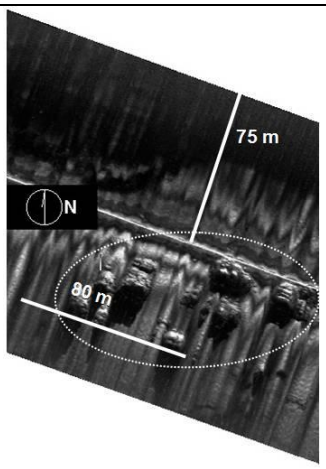
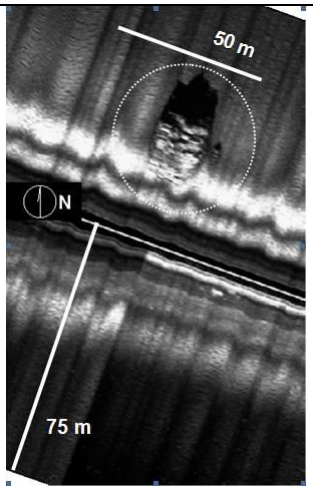
	Rocha; Grande afloramento; Peixes, corais; Alta complexidade estrutural.
	Rocha; Grande afloramento; Peixes.
	Rocha; Grande afloramento; Peixes.

	Rocha; Grande afloramento; Feição erosiva em forma de pequeno canal (ravina).
	Rocha; Grande afloramento; Corais.
	Rocha; Grande afloramento; Alta complexidade estrutural; Vestígio da pesca.

ANEXO VI

ANEXO VI - PRANCHA IV - REGISTROS SONOGRÁFICOS DIGITAIS (Camargo, 2005).

PRANCHA IV **REGISTROS SONOGRÁFICOS DIGITAIS**	**Observações**
	Estruturas consolidadas, paralelas à costa, por vezes com formato maciço e por outras com formato colunar, interpretadas como recifes de coral (cabeços) sobrejacentes a linhas de arenito (tacis).
	Estrutura consolidada com formato maciço, paralelo à costa e com grandes dimensões, interpretado como uma linha de arenito de praia (tacis).
	Estrutura consolidada com projeções laterais, que parecem se fundir, interpretada como recifes de coral (cabeços).

	Estruturas consolidadas com distribuição pontual, num fomato colunar, interpretadas como recifes de coral (cabeços).
	Estrutura consolidada com distribuição pontual, num fomato colunar, interpretadas como recifes de coral (cabeços).