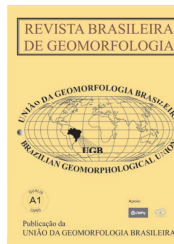


www.ugb.org.br  
ISSN 2236-5664

## Revista Brasileira de Geomorfologia

v. 21, nº 1 (2020)

<http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v21i1.1497>



# MAPEAMENTO DOS TERRAÇOS DE ABRASÃO AO LONGO DO LITORAL DO ESPÍRITO SANTO COM USO DE SENSORIAMENTO REMOTO

## MAPPING OF WAVE-CUT PLATFORMS ON THE COAST OF ESPÍRITO SANTO STATE THROUGH REMOTE SENSING

**Jacqueline Albino**

*Departamento de Oceanografia e Ecologia, Universidade Federal do Espírito Santo  
Av. Fernando Ferrari, 514, Vitória, Espírito Santo. CEP: 29075-910. Brasil  
ORCID: 0000-0002-2169-4123  
E-mail: albino.jacqueline@gmail.com*

**André Luiz Nascentes Coelho**

*Departamento de Geografia, Universidade Federal do Espírito Santo  
Av. Fernando Ferrari, 514, Vitória, Espírito Santo. CEP: 29075-910. Brasil  
ORCID: 0000-0001-9068-495X  
E-mail: alnc.ufes@gmail.com*

**Dieter Muehe**

*Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Federal do Espírito Santo  
Av. Fernando Ferrari, 514, Vitória, Espírito Santo. CEP: 29075-910. Brasil  
ORCID: 0000-0002-6061-4034  
E-mail: dieter.muehe@gmail.com*

**Leonardo Klumb-Oliveira**

*Departamento de Oceanografia e Ecologia, Universidade Federal do Espírito Santo  
Av. Fernando Ferrari, 514, Vitória, Espírito Santo. CEP: 29075-910. Brasil  
ORCID: 0000-0002-6537-210X  
E-mail: leoklumb@gmail.com*

**Felipe Cassilhas Dias**

*Departamento de Oceanografia e Ecologia, Universidade Federal do Espírito Santo  
Av. Fernando Ferrari, 514, Vitória, Espírito Santo. CEP: 29075-910. Brasil  
ORCID: 0000-0002-6681-8222  
E-mail: felipeccasilhas@gmail.com*

### Informações sobre o Artigo

Recebido (Received):  
16/08/2018  
Aceito (Accepted):  
17/10/2019

### Resumo:

O mapeamento de plataformas de abrasão ao longo da costa usando embarcações e ecobatímetro é dificultado pelas baixas profundidades rasas e alta agitação de ondas. O presente trabalho mapeou os terraços de abrasão emersos e submersos ao longo do litoral do Espírito Santo, Brasil, até a profundidade de 10 m usando técnicas de sensoriamento remoto. Os dados foram obtidos a partir de imagens de

**Palavras-chave:**

Batimetria de Águas Rasas;  
Agitação da Onda; Turbidez da  
Água.

**Keywords:**

Shallow Water Bathymetry;  
Wave Agitation; Water Turbidity.

satélite Landsat 8, Digital Globe (Google Earth) e ortofotografias foram avaliados quando a eficácia de cada material no mapeamento proposto. Todos os três tipos de imagens utilizadas para mapeamento remoto mostraram interferência de fatores ambientais, principalmente nuvens e turbidez devido à suspensão de sedimentos finos. As imagens derivadas do *Google Earth* apresentam a maior resolução entre os 3 tipos, mas são menos disponíveis devido à menor frequência de sobrevoo, o que limita a escolha de dias com condições ideais de mapeamento. As imagens landsat, com menor resolução, permitem mais liberdade para a seleção de dias com condições

favoráveis para o mapeamento. Ortofotos se mostram úteis no mapeamento de detalhes. Os resultados da detecção remota foram comparados aos dados batimétricos, coletados a partir de uma ecosonda montada em um caiaque, o que proporcionou a representação do relevo em 3D, com melhor indicação da rugosidade do substrato rochoso.

**Abstract:**

Mapping shore platforms along coastlines with an echosounder using traditional vessels is hampered by shallow depths and high wave agitation. The present work mapped the emerged and submerged shore platform along the coast of Espírito Santo State, Brazil, up to a water depth of 10 m using remote sensing techniques. Data were obtained from Landsat 8 satellite images, Digital Globe (Google Earth) and orthophotographs, evaluating the effectiveness of each in the proposed mapping. All three types of images used for remote mapping showed interference from environmental factors, mainly clouds and turbidity due to the suspension of fine sediments. Images derived from *Google Earth* had the highest resolution among the 3 types, but were less available due to lower frequency of overflight, limiting the choice of days with ideal mapping conditions. Landsat images, with lower resolution, allowed more freedom for selection of days with favorable conditions for mapping. Orthophotographs proved useful for mapping details. Remote sensing results were compared to bathymetric survey data, collected using a kayak-mounted echosounder, creating a representation of the relief in 3D with better indication of the roughness of the rocky substrate.

**1. Introdução**

Os terraços de abrasão são superfícies rochosas horizontais a suavemente inclinadas, que se estendem ao longo da zona intermarés ou ligeiramente abaixo, cuja formação está intrinsecamente ligada à erosão e ao recuo das falésias (SUNAMURA, 1992). Na literatura de língua inglesa podem ser encontrados dois termos para essas feições, “shore platforms” (plataformas litorâneas), geneticamente associadas à ação das ondas, marés e variação do nível do mar, ou “wave-cut platforms” (plataformas de abrasão). Segundo MASSELINK e HUGHES, 2003), sendo o último termo mais adequado para terraços formados por ação hidráulica das ondas.

Presentes ao longo de vários litorais, as plataformas de abrasão são, portanto, sujeitas a diferentes processos. Dentre estes destacam-se a ação das ondas e o intemperismo, considerados os principais processos atuantes na formação e evolução destas feições (MASSELINK e HUGHES, 2003; KENNEDY e MILKINS, 2015). A ação da maré na formação dos terraços é também destacada por TRENHAILE, 2004, 2005), especialmente em regiões de macro-marés.

No litoral do Espírito Santo, o sistema terraços-praia-falésia é encontrado em diversos setores do litoral, associados ao solapamento pelas ondas das falésias dos tabuleiros da Formação Barreiras (ALBINO et al, 2006). Os terraços de abrasão propiciam construções biogênicas que formam recifes de algas e briozoários e são responsáveis por particularidades na morfodinâmica praial (ALBINO e SUGUIO, 2011; ALBINO et al, 2016).

Quando as ondas tocam o fundo, no momento da arrebentação suspendem as partículas finas, o que causa a turbidez típica da zona de arrebentação deste litoral (ALBINO et al., 2016). A compreensão dos processos morfodinâmicos de praia precedidas de terraços de abrasão é dificultada pela alteração das ondas sobre os terraços (NELSON, 1994). O mapeamento dos terraços e da morfologia destes, isto é a obtenção de sua altura, extensão e declividade, são imprescindíveis para a aplicação de modelos matemáticos ou mesmo conceituais na compreensão da dinâmica costeira (KENNEDY, 2016). Contudo, a coleta de informação em campo por levantamentos topobatimétricos é dificultada pela agitação na zona de arrebentação. Levantamentos batimétricos e sísmicos são uma ferramenta de fundamental importância na caracterização do relevo

submarino, mas seu alto custo e a dificuldade associada em áreas com presença de terraços de abrasão, dificultam o levantamento com uso de embarcações e equipamentos em águas ultra-rasas (GAO, 2009).

O mapeamento dos terraços de abrasão é complexo por estarem localizados na antepraia, que sofre intensa e constante ação de ondas. A baixa profundidade e alta rugosidade do fundo são os fatores que interferem diretamente no mapeamento, tornando difícil e pouco acessível o estudo por métodos tradicionais como a batimetria e a sísmica. Assim sendo, o mapeamento por levantamento topobatimétrico se torna pouco prático e mesmo inviável no recobrimento espacial de grandes áreas, podendo, no entanto, servir, quando concentrado em área de reduzida extensão, como elemento de calibração para o sensoriamento remoto e para uma melhor caracterização da rugosidade do relevo.

Os avanços do geoprocessamento e na qualidade das imagens de satélites permitem a aplicação de novas ferramentas de obtenção da batimetria em escala regional e de detalhe. O uso de sensoriamento remoto é ainda indicado pelo baixo custo e facilidade do acesso à ferramenta, que traz resultados satisfatórios. Segundo PHILPOT (1989) e NORDMAN *et al.* (1990), a utilização de imagens obtidas por sensores remotos tem se mostrado eficaz, especialmente quando se utiliza imagens de satélites multiespectrais.

Técnicas de sensoriamento remoto constituem então uma ferramenta útil para um monitoramento eficaz e para uma gestão sustentável do ambiente natural. Diver-

sos projetos atuais no mundo têm como base a utilização dessas técnicas, e o mapeamento de recifes de corais têm sido um dos principais focos (CHEN *et al.*, 2011).

Neste sentido, para o levantamento inicial do mapeamento dos terraços de abrasão ao longo do litoral capixaba foi proposto o mapeamento da localização destes por meio de sensoriamento remoto, com o uso de diferentes materiais disponíveis, tendo como objetivos o mapeamento e profundidade dos terraços, identificação dos materiais aerofotográficos e/ou de satélites disponíveis que apresentam o melhor resultado, testar adaptações para o levantamento batimétrico em campo sob condições oceanográficas desfavoráveis e discutir as vantagens e limitações do levantamento remoto.

## 2. Área de estudo

### 2.1 As plataformas de abrasão

No litoral do Espírito Santo, as plataformas de abrasão, que se estendem pela atual plataforma continental interna, antepraias e praias são produto da ação abrasiva das ondas associada à subida do nível do mar durante o Quaternário (ALBINO *et al.*, 2016).

A atuação das ondas junto à base de falésias da Formação Barreiras, que se estendem ao longo do litoral, produz pequenos entalhes (*notches*), cuja evolução promove a desestabilização e o conseqüente colapso da falésia, que ao ser retrabalhada por ondas e correntes resulta no seu recuo deixando à sua frente um terraço de abrasão (SUNAMURA, 1992). (Figura 1)

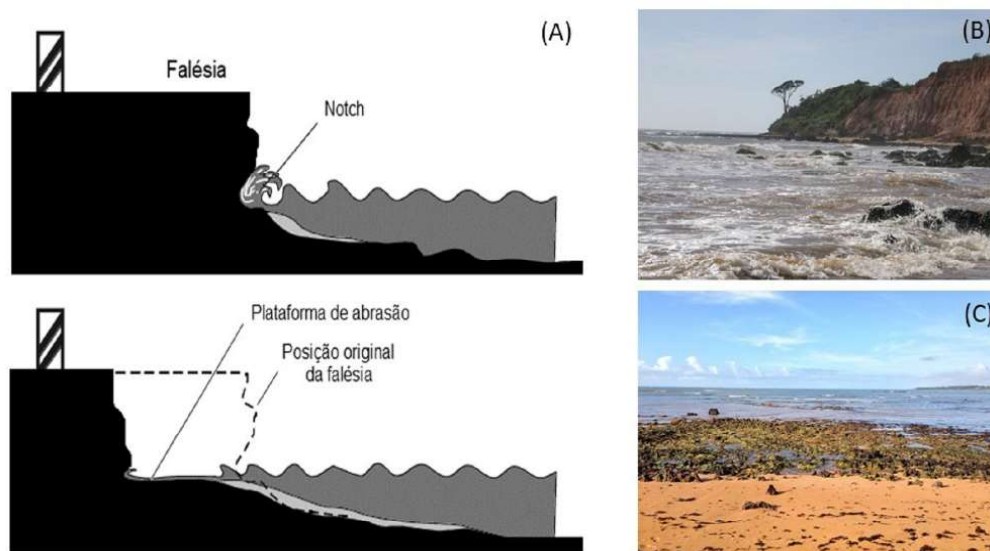


Figura 1. – (A) Processo de construção da plataforma de abrasão a partir da erosão e recuo da falésia em função da ação abrasiva das ondas. Fonte: Adaptado de Sunamura (1992); (B) Sistema falésia-terraços (Serra) e (C) terraços expostos por ocasião de maré baixa (Aracruz) ao longo do litoral centro norte do Espírito Santo. Fotos: Jacqueline Albino.



As falésias sedimentares da Formação Barreiras ao longo da Costa do Espírito Santo correspondem aos depósitos Neógenos que, segundo MORAIS (2007), são correspondentes a depósitos de leques aluviais. Estes depósitos são uma das três unidades

geomorfológicas presentes no litoral do Espírito Santo, cobrindo 28,9% do Estado (13.311,6 km<sup>2</sup>), podendo estar distribuídos em forma de falésias vivas, falésias mortas, e terraços de abrasão (ALBINO *et al.*, 2006) (Figura 2).

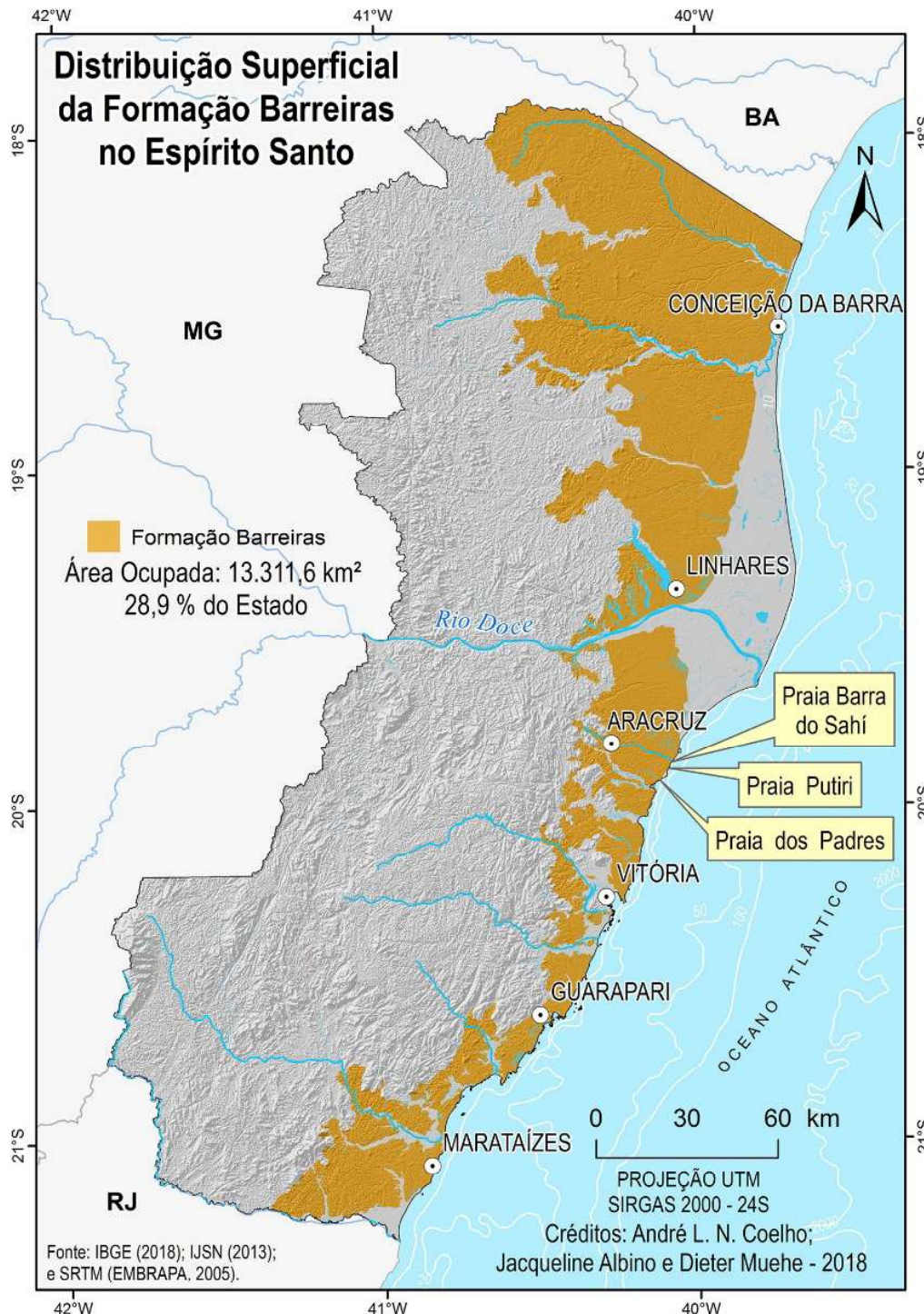


Figura 2. – Distribuição Superficial da Formação Barreiras no Espírito Santo e a localização das três praias pesquisadas (Barra do Sahí, Putiri e dos Padres).

Os terraços de abrasão ao longo do estado encontram-se distribuídos de forma caótica e são responsáveis pela rugosidade do litoral e pela intensa dissipação das ondas incidentes, que têm sua amplitude reduzida resultando em pequena variação topográfica sazonal dos perfis praias, além de atuar como armadilha para retenção de sedimentos na antepraia (ALBINO e OLIVEIRA, 1995; ALBINO *et al.*, 2016).

## 2.2 Onda, maré e processos morfodinâmicos

Os ventos predominantes são responsáveis pelo padrão das ondas na região. Ventos provenientes do quadrante E-NE, gerados pelo anticiclone subtropical do Atlântico Sul, e do quadrante S-SE, associados ao avanço semiperiódico de anticiclones polares (NIMER, 1979), geram ondas provenientes de duas principais direções NE e SE, respectivamente com altura significativa entre 1 e 2 m e período entre 6 e 8 s (PIANCA *et al.*, 2010). Quanto à maré o litoral é caracterizado por um regime de micromaré, segundo a classificação proposta por Davis (1964), com amplitude inferior a 2 m (DHN, 2017).

A presença dos terraços de abrasão na antepraia é responsável pela dissipação de parte da energia das ondas incidentes, devido à interação das ondas com a superfície irregular dos terraços (MARSHALL & STEPHENSON, 2011). A dissipação das ondas ainda atenua a quantidade total de energia que chega a face praial, o que favorece a formação de praias com alto gradiente. (MUÑOZ-PÉRES *et al.*, 1999). Os processos de transformação das ondas pelas plataformas de abrasão ao longo da antepraia difi-

cultam ainda o transporte longitudinal de sedimento ao longo da costa (ALBINO *et al.*, 1999). Por outro lado, por serem impermeáveis, os terraços de abrasão reduzem a infiltração durante o espraiamento, o que torna a praia submetida ao maior empilhamento das ondas junto a costa (JACKSON & COOPER, 2009). A atenuação das ondas por este substrato, contudo, reduz o volume de sedimento mobilizado (MUÑOZ-PÉREZ & MEDINA, 2010), bem como a perda deste material para a região oceânica, que ao permanecer na célula de balanço sedimentar, na antepraia e sobre os terraços, pode ser novamente incorporado ao perfil emerso (ALBINO *et al.*, 2016).

## 3. Metodologia

### 3.1 Mapeamento por sensoriamento remoto

O processamento dos dados vetoriais, matriciais e mapeamento foram realizados nos softwares de SIG ArcGIS 10.5 e QGIS, iniciando-se com a aquisição de Planos de Informações<sup>1</sup> vetoriais e matriciais (Tabela 1). A vetorização dos terraços de abrasão foi realizada através da ferramenta de Sistema de Informações Geográficas (SIG) QGIS a partir de imagens multiespectrais do Landast 8 dos anos de 2014 e 2015 respectivamente, compostas nas bandas (4R, 3G, 2B) mais a banda 8 (PAN) obtendo uma resolução espacial final de 15 metros. Para o detalhamento dos terraços recorreu-se ao uso de outros produtos de sensoriamento remoto com melhor resolução espacial, que em alguns trechos praias evidenciavam os terraços, a exemplo, do ortofotomosaico e Satélite DIGITAL GLOBE, ambos com de resolução espacial de 1 metro.

Tabela 1: Base de Dados Geográficas / Planos de Informações utilizados

DADO	TEMA	FONTE	ANO	ESCALA RESOLUÇÃO
CARTA NAÚTICA	LINHA DE COSTA E BATIMETRIA	MARINHA DO BRASIL	1928, 2002, 2012 e 2017	1:5.000; 1:15.000; 1:50.000 e 1:150.000
LIMITE ESTADUAL	UF	IBGE	2012	1:100.000
EIXO VIÁRIO	RUAS	IJSN e Geobases	2013	1:1.000
GEOMORFOLOGIA	BARREIRA	IJSN	2013	1:100.000
ASTER GDEM	MODELO DIGITAL DE ELEVAÇÃO	USGS	2011	30 METROS
LANDSAT-8 OLI	IMAGENS BANDAS 2, 3 e 4	USGS	2014 e 2015	30 METROS
LANDSAT-8 OLI – PAN	IMAGEM BANDA 8	USGS	2014 e 2015	15 METROS
ORTOFOTOMOSAICO	IMAGEM	IEMA	2008	1 METRO
SATÉLITE DIGITAL GLOBE	GOOGLE EARTH	IMAGEM	2007, 2011, 2015 e 2016	1 METRO

<sup>1</sup> Downloads dos principais planos de informações no formato *shapefile* junto ao IJSN - Instituto Jones dos Santos Neves <<http://www.ijsn.es.gov.br>>; GeoWeb de Vitória <<http://geoweb.vitoria.es.gov.br/>>; GEOBASES - Sistema Integrado de Bases Geoespaciais do Estado do Espírito Santo <<http://www.geobases.es.gov.br/portal/>>; Mapas Interativos do IBGE <Índice de <ftp://geoftp.ibge.gov.br/>>, entre outras.

Por prejudicarem diretamente a visualização dos terraços, fatores ambientais interferentes, tais como: nuvens, ondas, material particulado em suspensão (turbidez) e altura da maré, foram observados e avaliados para a realização do mapeamento. Ou seja, as imagens selecionadas do satélite Landsat-8, além de apresentarem qualidade 9 (ótima, de acordo com a USGS), considerou os fatores acima, com o destaque para a altura do nível médio do mar calculado de acordo com tábua de maré (Tabela 2) disponibilizada pelo Centro de Hidrografia da Marinha (CHM). A validação do mapeamento dos terraços de abrasão foi realizada com o uso de cartas náuticas, disponibilizadas pelo DHN (Diretoria de Hidrografia e Navegação), levantamentos batimétricos, uso de embarcações e GPS.

**Tabela 2: Imagens utilizadas do satélite LANDSAT-8 e parâmetros analisados.**

DATA	ALTURA DA MARÉ	QUALIDADE DA IMAGEM
19/03/2015	0.15m	9
24/09/2014	0.00m	9
27/09/2015	-0.05m	9
30/01/2015	0.30m	9

### 3.2 Levantamento batimétrico

Em vista da reduzida profundidade na área dos terraços foi necessário empregar embarcação de baixíssimo calado, tais como barco inflável, caiaque, barco de

alumínio. No caso, optou-se pelo emprego de caiaque nas áreas mais próximas à praia, até a batimétrica de aproximadamente 5 m e barco de alumínio com motor de popa nas áreas mais profundas sem risco de encalhe. O emprego de caiaque se mostrou adequado, tanto pela experiência prévia em levantamento de perfis topobatimétricos (BELIGOTTI e MUEHE, 2008) quanto pela facilidade de transporte por terra, quanto pelo reduzido calado.

Para a batimetria foi empregado um ecobatímetro Garmin modelo GPSMAP 421s com transdutor de 200 kHz e GPS integrado. Nos primeiros levantamentos foi empregado um caiaque oceano, para uma pessoa, marca Eclipse modelo Inuit II no qual o ecobatímetro junto com bateria foi instalado num suporte modelo Lillipad da MadFrog Gear ([http://www.madfroggear.com/lillipad.html](http://www.madfroggear.com/lillypad.html)) conforme mostra a Figura 3.

Um experimento de rebocar o caiaque com um *jet ski*, utilizando-o apenas como suporte do ecobatímetro, se mostrou inadequado devido à instabilidade quando sob efeito de ondas de través ou ao realizar curvas. Posteriormente passou-se usar um caiaque de dupla permitindo melhor controle do equipamento e maior eficiência no deslocamento. Já nas profundidades maiores foi empregado um pequeno barco de alumínio ao qual foi adaptado o suporte para o ecobatímetro. A malha amostral foi definida por meio de *waypoints* inseridos no GPS e que serviram de guia para a realização dos perfis batimétricos (Figura 4).



Figura 3 - Ecobatímetro de dupla frequência (200 e 50 kHz) com GPS integrado, mais comumente empregado para pesca ou batimetria em embarcações de pequeno porte. À esquerda bateria de 12 V 7 Ah e à direita o transdutor que está levantado.



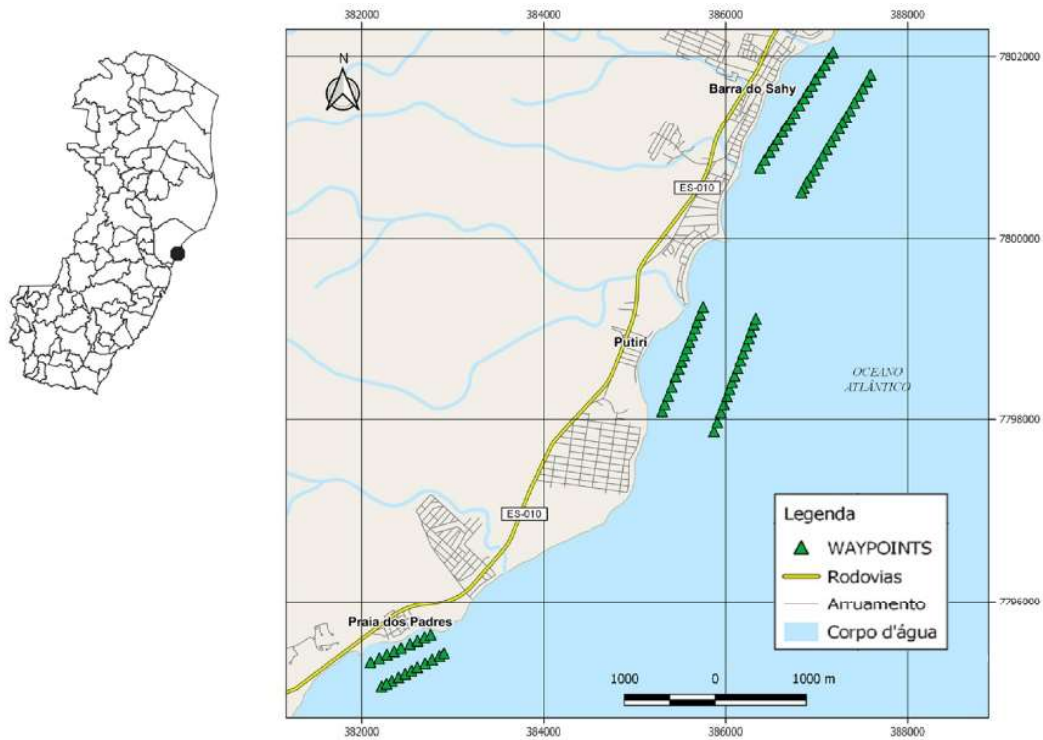


Figura 4 - Localização das áreas de levantamento e dos waypoints dos perfis batimétricos transversais à costa (Aracruz).

## 4. Resultados e discussão

### 4.1 Mapeamento por sensoriamento remoto

A partir do sensoriamento remoto foi mapeada uma área de 55,07 km<sup>2</sup> que corresponde a presença dos terraços de abrasão. Esta área representa aproximadamente 10% da área entre a linha de costa e a profundidade de fechamento do perfil de praia, considerando como definida pela isóbata de 10 m, profundidade a partir da qual a ação das ondas sobre o fundo tende a mobilizar os sedimentos de forma significativa a ponto de alterar a batimetria. Por efeito de turbidez da água decorrente de material em suspensão por aporte fluvial ou ação de ondas o mapeamento nem sempre pôde ser levado até esse limite (Figura 5). Contudo, o contorno da isóbata de 10m, delineada na carta náutica, coincide aproximadamente com o limite dos terraços mais profundos identificados. Já nas áreas em que a identificação da extensão dos terraços ficou limitada a profundidades menores não se pode descartar a hipótese de sua maior extensão ter sido mascarada por recobrimento sedimentar como observado em diversas orlas costeiras precedidas por terraços (MASSELINK e HUGHES, 2003; TRENHAILE, 2004). Uma vez recobertos por areia, há a dificuldade do reconhecimento por imagens, devido à reflectância.

### 4.2 Vantagens e Limitações dos Materiais

Nos três tipos de materiais que foram utilizados no mapeamento remoto, todos apresentaram interferência de fatores ambientais. As imagens derivadas do *Google Earth*, apesar da melhor qualidade, apresentam menor disponibilidade temporal. Essa baixa disponibilidade dificulta o mapeamento, pois, se geradas em momentos de elevada turbidez da água, seja por maior suspensão dos sedimentos ou aporte de águas turvas devido à chuva, não será possível a observação dos terraços com clareza.

No que se refere a resolução e qualidade de imagem, as imagens do *Google Earth* se destacam por apresentar um banco de dados de diversos satélites com melhor resolução espacial. Imagens do satélite Landsat-8 apresentam uma resolução espacial de 15m (composição colorida R4G3B2 + Pan), o que em pequena escala se torna impreciso, pois com o erro de apenas 1 pixel no mapeamento, são 15 metros acrescentados no resultado, influenciando diretamente em sua área final mapeada. A vantagem é seu imenso banco de imagens, que permitiu a escolha da melhor captura de acordo com fatores ambientais, já que o satélite é programado para obter a imagem na mesma área a cada 16 dias, no mesmo horário.

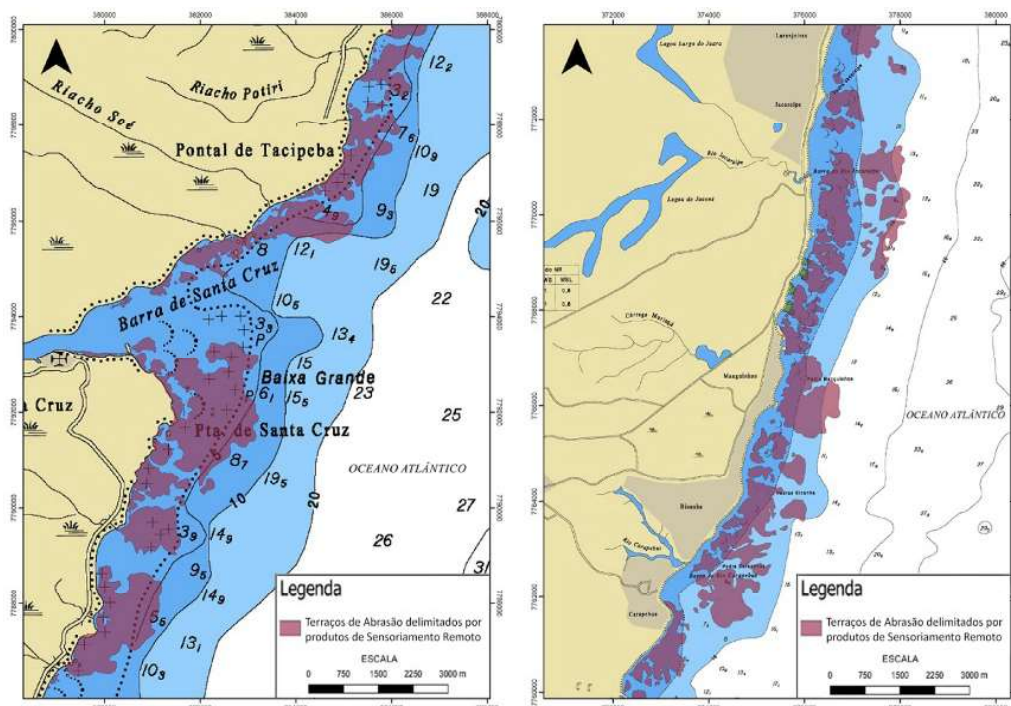


Figura 5 - Comparação do mapeamento de ocorrência dos terraços sobreposto à carta náutica. Observa-se uma certa concordância entre os limites de extensão dos terraços mais profundos com a isóbata de 10m.

A ortofotomosaico do IEMA auxiliou na validação dos dados e aumentou a precisão do mapeamento por possuir resolução semelhante ao Google Earth. A partir deste material é possível mapear detalhes dos terraços, desde que esteja a menores profundidades, em torno de 5m. Contudo, destaca-se a limitação na periodicidade do levantamento, já que estes são de elevado custo e escassos.

A adoção do material disponível pelo Google Earth quando utilizado com as imagens do LANDSAT-8, mesmo com menor precisão de detalhamento, oferece

maior acurácia, possibilitando a atualização constante do mapeamento. Como cada fonte utilizada apresenta suas vantagens e desvantagens, será critério do responsável pelo tratamento a melhor metodologia a ser utilizada, a depender do objetivo. De modo geral, a combinação entre essas fontes apresentou resultado satisfatório (Tabela 3), sendo que as limitações identificadas entre elas podem ser resolvidas com um maior o número de materiais e/ou fontes disponíveis, resultando em um mapeamento ainda mais completo e eficiente, como mostrando na Figura 6.

Tabela 3: Vantagens e desvantagens por fonte utilizada sugeridas após as análises.

FONTE	VANTAGENS	DESVANTAGENS	ÁREA MAPEADA
LANDSAT-8	Captura a cada 16 dias	Má resolução em pequena escala	48,74 Km <sup>2</sup> (88%)
	Boa resolução em alta escala Grande banco de dados de imagens (permite triagem e melhor escolha)		
GOOGLE EARTH	Boa resolução em pequena escala	Limitado banco de dados	31,14 Km <sup>2</sup> (56%)
	Diversos satélites, alguns possuindo características de melhor penetração na água	Muita interferência de fatores ambientais	
ORTOFOTO MOSAICO	Boa resolução em pequena escala	Limitado banco de dados	13,50 Km <sup>2</sup> (24%)
<b>TOTAL MAPEADO</b>			<b>55,07 Km<sup>2</sup></b>



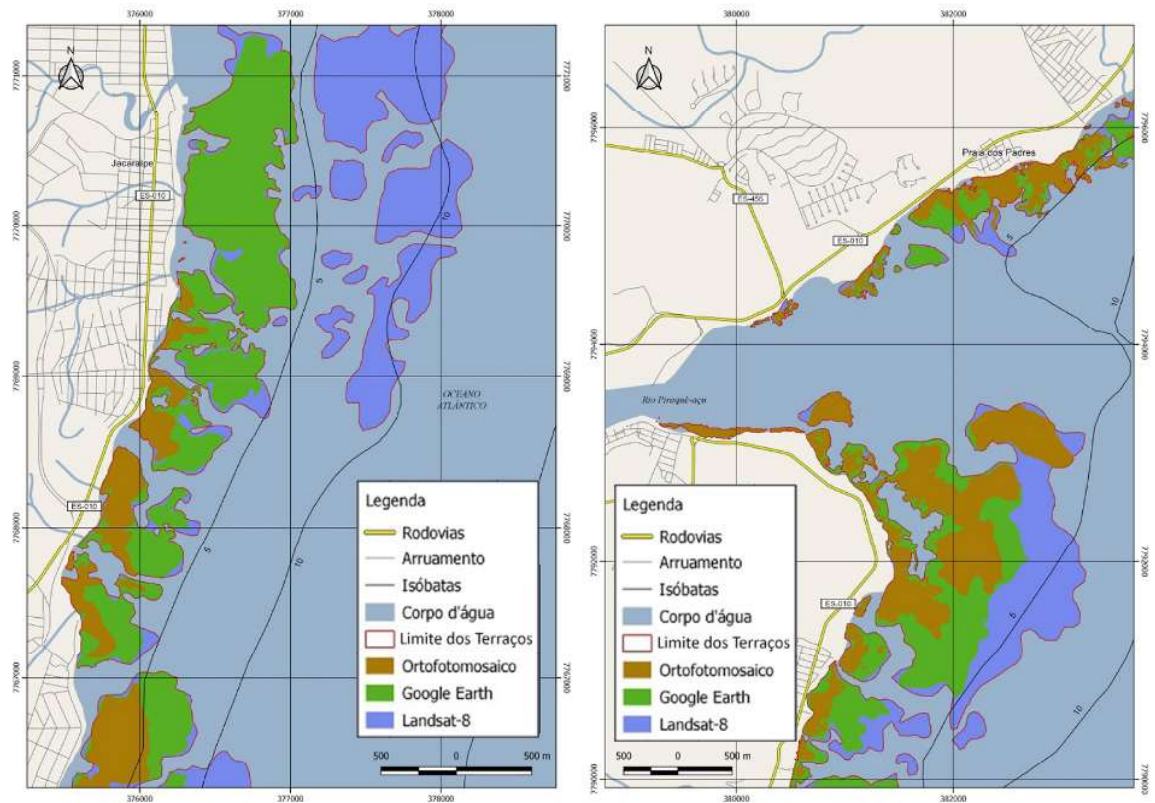


Figura 6 - Comparação entre mapeamento realizado no litoral de Jacaraípe e Santa Cruz – ES

### 4.3 Validação por levantamento batimétrico

As três enseadas, onde o levantamento batimétrico foi realizado, são as defronte à Praia dos Padres, Praia de Putiri e Praia de Barra do Sahí (Figura 7). Na Praia dos Padres, os terraços próximos à linha de costa são vistos a partir da praia no momento de baixa-mar (Figura 7). Por ocasião de maré alta, a zona de arrebentação-surfê é larga, já que os terraços

rasos tendem a iniciar o processo de arrebentação.

A batimetria levantada correspondeu a 0,132km<sup>2</sup> (Figura 8). Observa-se que o mapeamento dos terraços por sensoriamento remoto foi possível até a profundidade de 4m. Este alcance fica bem evidenciado na Figura 8, onde uma “ilha” de ausência de terraços representa a presença dos terraços em profundidade de 5m e 6m (faixa em azul).



Figura 7 - Praias onde foram realizados levantamentos batimétricos na antepraia. Fotos: Jacqueline Albino

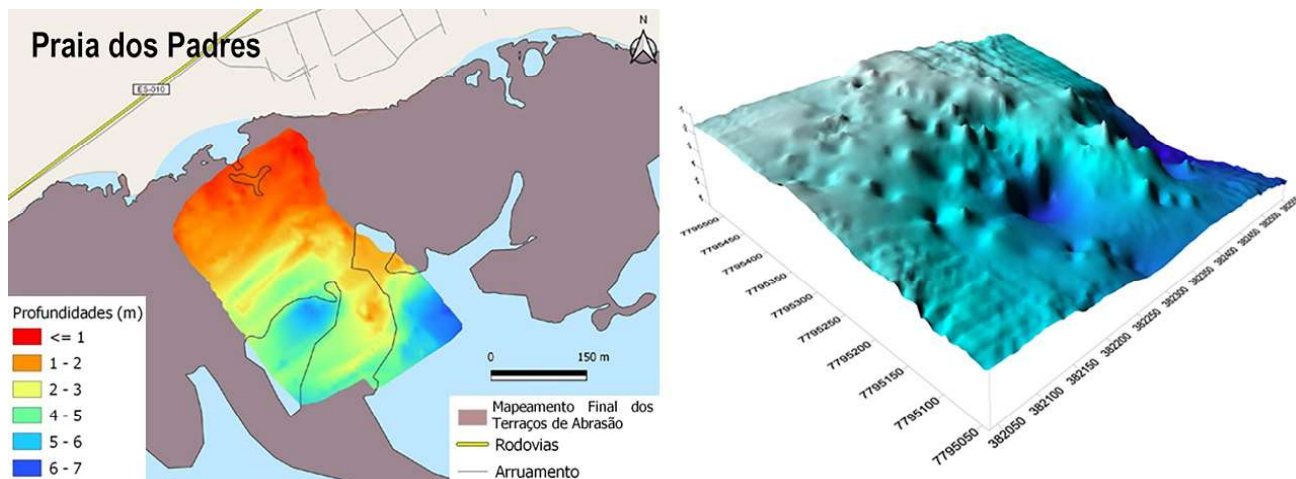


Figura 8 - Levantamento batimétrico de Praia dos Padres correspondendo à área de 0,132Km<sup>2</sup>.

Na praia de Putiri, os terraços encontram-se mais profundos e/ou mais distantes da linha de costa, não sendo possível observá-los a partir da praia, mesmo no momento da maré baixa (Figura 7). O tipo de arreben-tação é ascendente, o que confirma que a onda entra em contato com o fundo somente junto à linha de costa.

A batimetria levantada correspondeu a 1,413km<sup>2</sup>, (Figura 9). Observa-se que a identificação dos terraços por sensoriamento remoto pôde ser estendida até à profundidade de 8m, o que fica evidenciado pelo maior distanciamento, em relação à linha e costa, do limite

da área levantada. Por outro lado, as profundidades entre 2m e 4m, próximas à linha de costa, não foram identificadas pelo mapeamento remoto, talvez por terem sido recobertas por areia o que pode ter inviabilizado a identificação dos terraços, nesta faixa de profundidade. Com os terraços ocorrendo em profundidades maiores as ondas não são afetadas no sentido de arreben-tar e provocar a ressuspensão de sedimentos finos, impedindo a redução da transparência da água e permitindo, con-sequentemente, a extensão da identificação dos terraços a profundidades maiores, no caso até à isóbata de 7m.

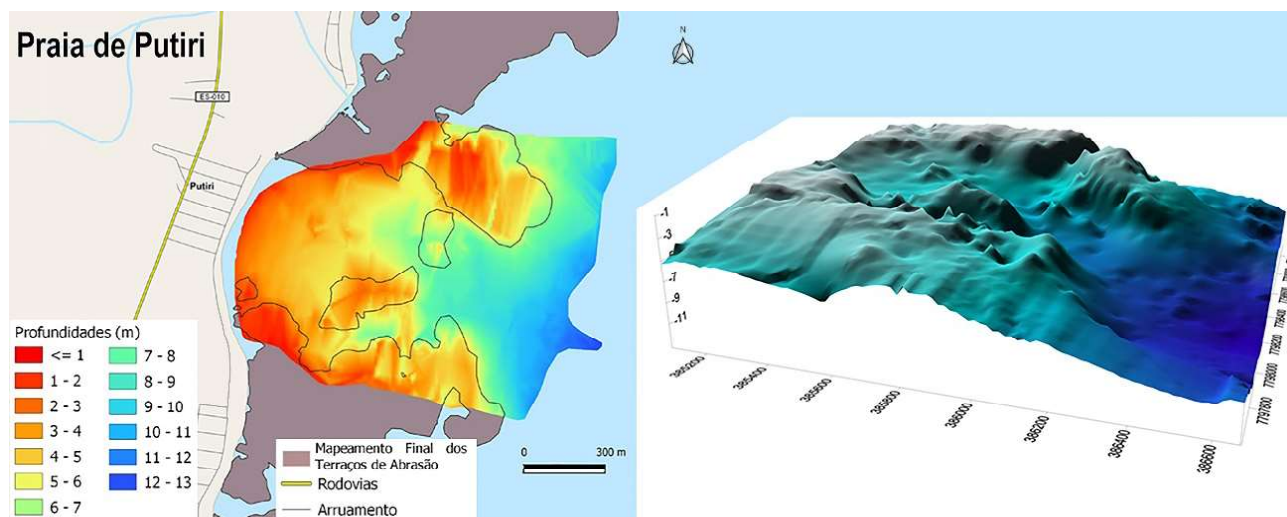


Figura 9 - Levantamento batimétrico de Praia de Putiri correspondendo à área de 1,413km<sup>2</sup>

A Praia de Barra do Sahí é caracterizada pela presença de uma extensa faixa de terraços, que se encontram emersos durante a maré baixa (Figura 7). A presença dos terraços subaéreos é contínua e é responsá-

vel pela extensa zona de arreben-tação. O levantamento batimétrico realizado cobriu uma área de 0.682 km<sup>2</sup> e não foi possível ser contínuo em função dos terraços emersos e/ou subaéreos, que impossibilitam a navega-



ção sobre eles (Figura 10). A lacuna do levantamento batimétrico e a correspondência com os terraços emergidos são verificadas na figura 10.

De maneira geral, o mapeamento por sensoriamento ao longo da praia de Barra do Sahí se apresentou limitado à isóbata de 4m, com mapeamento mais acu-

rado até a isóbata de 3m. A presença de terraços mais rasos e próximos da linha de costa mapeada cria uma zona de agitação de ondas incidentes, que mobilizam os sedimentos do fundo e criam a turbidez característica destas águas, impossibilitando o mapeamento por técnicas remotas.

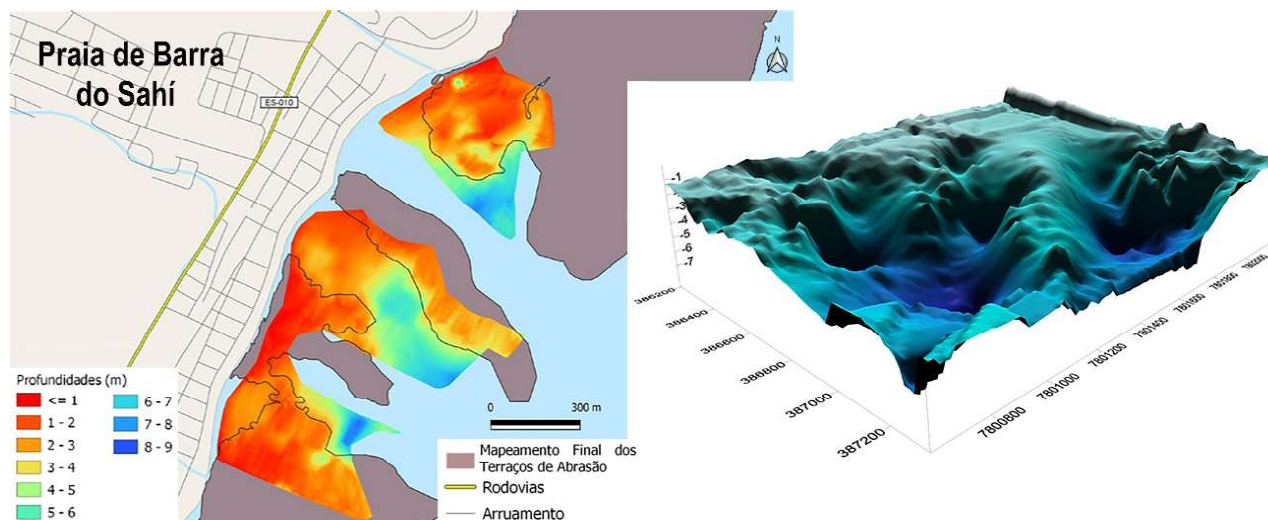


Figura 10 - Levantamento batimétrico de Praia de Barra do Sahí correspondendo à área de 0,682 km<sup>2</sup>. Lacuna apresentada no mapeamento batimetria corresponde a terraços subaéreos presentes na área de estudo.

### Considerações e recomendações

O uso do sensoriamento remoto se mostrou adequado para a porção mais rasa onde agitação de ondas e o baixo calado dificultam o levantamento de campo, com cobertura regional. Contudo o material aqui utilizado apresentou alcance até a isóbata de 7m, mas com melhor confiança até a isóbata de 4m.

Os avanços das geotecnologias dos sistemas de informações geográficas e do sensoriamento remoto têm permitido a aplicação de novas ferramentas de obtenção da batimetria em escala regional e de detalhe. Novos materiais e softwares produzem produtos com maior qualidade nos mapeamentos por métodos remotos. WJERATNE *et al.* (2011), utilizando imagens do satélite WorldView II, incluíram dados de teores de material em suspensão e da agitação das ondas na zona de arrebentação, o que resultou em resultados com definição mais alta do que as anteriores realizadas. A validação das informações pode ser obtida por levantamentos batimétricos realizados com caiaque duplo com sonar simples, que pode ser adequada às profundidades rasas.

Já para o levantamento entre as isóbatas de 4 a 7m ou maior, o levantamento pode ser realizado com barco

de pequeno porte e motor de popa, com equipamentos de batimetria e/ou sísmica rasa.

### Agradecimentos

Este mapeamento inicial, por uso de geoprocessamento, é parte de projeto de pesquisa aprovado no Edital 014/2013 FAPES - IEMA Gerenciamento Costeiro – de mapeamento dos Habitats Marinhos coordenado pelo professor Alex Cardoso Bastos, do Departamento de Oceanografia, UFES.

### Referências bibliográficas

- ALBINO, J.; CONTTI NETTO, N.; OLIVEIRA, T.C.A. **The Beaches of Espírito Santo**. In SHORT, A.; KLEIN, A.H.F (org.) **Brazilian Beach Systems**. Springer. 2016. p.333-361. DOI: 10.1007/978-3-319.30394-9
- ALBINO, J.; SUGUIO, K. The influence of sediment grain size and composition on the morphodynamic state of mixed siliciclastic and bioclastic sand beaches in Espírito Santo State, Brazil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.12, n.2, p.81-92, 2011. <http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v12i2.237>

- ALBINO, J.; GIRARDI, G.; NASCIMENTO, K.A. Espírito Santo. In: MUEHE, D. (org.) **Erosão e Progradação e do Litoral Brasileiro**. Ministério de Meio Ambiente (MMA), Brasília. 2006. p 227-263. <http://www.mma.gov.br/publicacoes/gestao-territorial/category/80-gestao-costeira-g-erosao-e-progradacao>.
- ALBINO, J.; OLIVEIRA, R. Influência das couraças lateríticas da formação Barreiras na topografia e distribuição granulométricas dos perfis praias de Bicanga e Manguinhos – ES. In: I Simpósio sobre Processos Sedimentares e Problemas Ambientais da zona costeira do NE do Brasil, **Anais**, Recife, Pe. 1995 p. 74-80.
- ALBINO, J. **Processos de sedimentação atual e morfodinâmica das praias de Bicanga à Povoação, ES**. Tese (Doutorado) Universidade de São Paulo, São Paulo 1999. 128p.
- BELLIGOTTI, F.M.; MUEHE, D. Levantamento do perfil da antepraia (shoreface) com uso de ecobatímetro portátil e caiaque. **Revista de Gestão Costeira Integrada**, v. 12, n. 2, p. 257-262, 2012. DOI: 10.5894/rgci328
- CHEN, P.; LIEW, S. C.; LIM, R.; KWOH, L. Mapping coastal ecosystems of an offshore landfill Island using WorldView-2 high resolution satellite imagery. International Symposium on Remote Sensing of Environment. **Anais**. Sydney, Australia, p.10-15, 2011.
- DHN - Diretoria de Hidrologia e Navegação. **Tábua de Marés**. Terminal de Barra do Riacho - Estado do Espírito Santo. Marinha do Brasil. 2017.
- GAO, J. Bathymetric mapping by means of remote sensing: methods, accuracy and limitations. **Progress in Physical Geography**, v.33, n1, p. 103–116, 2009. DOI 10.1177/0309133309105657.
- JACKSON, D. W. T., COOPER, J.A.G. Geological control on beach form: accommodation space and contemporary dynamics. **Journal of Coastal Research**. Special Issue No. 56. Proceedings of the 10th International Coastal Symposium ICS 2009, v. I, p. 69-72, 2009. DOI <http://doi.org/10.2112/1551-5036-85.sp1>.
- KENNEDY, D.; MILKINS, J. The formation of beaches onshore platforms in microtidal environments. **Earth Surface Processes and Landforms**, v.40 n.1, p.34-46, 2015. DOI: 10.1002/esp.3610.
- KENNEDY, D.M. The subtidal morphology of microtidal shore platform and its implication for wave dynamics on rocky coasts. **Geomorphology**, v.268 p.146-158, 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/j.geomorph.2016.06.003>
- MARSHALL, R. J., STEPHENSON, W. J. The morphodynamics of shore platforms in a micro-tidal setting: Interactions between waves and morphology. **Marine Geology**, v. 288 n.1, p. 18-31, 2011.
- MASSELINK, G.; HUGUES, M.G. **Introduction to Coastal Processes and Geomorphology**. Hodder Arnold, England, 2003, 354p.
- MORAIS, R.MO. **Sistemas fluviais terciários na área emersa da Baía do Espírito Santo (Formações Rio Doce e Barreiras)**. Tese (Doutorado em Geociências). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.
- MUÑOZ-PEREZ, J. J., MEDINA, R. Comparison of long-, medium-and short-term variations of beach profiles with and without submerged geological control. **Coastal Engineering**, v.57, n.3, p. 241-251, 2010.
- MUÑOZ-PEREZ, J. J., TEJEDOR, L., MEDINA, R. Equilibrium beach profile model for reef-protected beaches. **Journal of Coastal Research**, v.15, n.4, p. 950-957, 1999.
- NELSON, R.C. Depth limited design wave heights in very flat regions. **Coastal Engineering**, v 2, p. 43-59. 1994.
- NIMER, E. **Climatologia do Brasil**, 2ª ed. IBGE, Rio de Janeiro, 1979, 421p.
- NORDMAN, M.E.; WOOD, L.; MICHAELEK, J.L.; CHRISTY, J.L. Water depth extraction from Landsat- 5 imagery. In: **Proceedings of the Twenty-third International Symposium on Remote Sensing of Environment**, 1990, p.1129-1139.
- PIANCA, C., MAZZINI, P.L.F., SIEGLE, E. Brazilian offshore wave climate based on NWW3 reanalysis. **Brazilian Journal of Oceanography**, v., n.1, p.53–70, 2010.
- PHILPOT, W.D. Bathymetric mapping with passive multispectral imagery. **Applied Optics**, v.28, n.8, p.1569-1578, 1989.
- SUNAMURA, T. **Geomorphology of Rocky Coasts**. John Wiley. Chichester. 1992.
- TRENHAILE, A.S. Modeling the accumulation and dynamics of beaches on shore platforms. **Marine Geology**, v. 206, n.1, p 55-72, 2004.
- TRENHAILE, A. S. Modelling the effect of waves, weathering and beach development on shore platform development. **Earth Surface Processes and Landforms**, v. 30, n.5, p.613-634, 2005. DOI: 10.1002/esp.1166.
- WIJERATNE, I.K.; KARUNARATNE, D.N.; INDRASIRI, L.H. Identification of Coral Reefs of Northern Province of Sri Lanka using Remote Sensing Omages: Application of WorldView II. In: **The Digital Globe 8-Band Research Challenge**. p. 1-13, 2011.