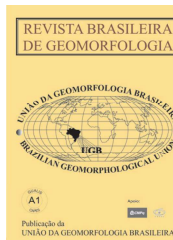


www.ugb.org.br
ISSN 2236-5664

Revista Brasileira de Geomorfologia

v. 22, nº 1 (2021)

<http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v22i1.1661>



AValiação DO RISCO À EROsÃO COsTEIRA EM PRAIAS URBANIZADAS DO PARANÁ

COASTAL EROSION RISK ASSESSMENT IN PARANÁ URBANIZED BEACHES

Lígia Padilha Novak

*Instituto de Geociências. Universidade Federal Fluminense
Av. Gal. Milton Tavares de Souza, s/nº, Niterói, Rio de Janeiro. CEP: 24210 346. Brasil
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0013-583X>
E-mail: ligianovak@gmail.com*

Marcelo Renato Lamour

*Centro de Estudos do Mar, Universidade Federal do Paraná
Av. Beira-mar, s/n, Pontal do Paraná, Paraná. CEP: 83255-976. Brasil
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1238-5756>
E-mail: mlamour@ufpr.br*

Informações sobre o Artigo

Recebido (Received):
04/05/2020
Aceito (Accepted):
04/11/2020

Palavras-chave:

Dinâmica Costeira; Indicadores Geomorfológicos; Células de Deriva Longitudinal.

Keywords:

Coastal Dynamic; Geomorphological Indicators; Longitudinal Drift Cells.

Resumo:

No litoral do Paraná os municípios de Matinhos e Pontal do Paraná representam mais de 50% da costa e são áreas potenciais para atividades turísticas e industriais. A região vem enfrentando diversos problemas relacionados à intensificação dos problemas erosivos em suas praias, principalmente desde a década de 1980, o que provoca danos e prejuízos em termos ambientais e socioeconômicos. Nesse cenário, a pesquisa teve como objetivo determinar o risco gerado pela erosão costeira no litoral do Paraná, a partir da análise de indicadores espaço-temporais (variação temporal da linha de costa, largura da pós-praia, densidade de sangradouros naturais, galerias pluviais e tendências de transporte sedimentar). Os dados foram integrados pela técnica de álgebra de mapas, atribuindo pesos a cada um dos indicadores analisados, de acordo com a sua relação negativa ou positiva com o risco gerado pela erosão costeira. Os resultados mostram que aproximadamente 70% do município de Matinhos está sob alto risco à erosão, enquanto que Pontal do Paraná apresentou apenas uma área com alto risco. As áreas críticas identificadas em Matinhos referem-se aos locais em que foram realizadas obras rígidas costeiras e onde a largura da pós-praia é menos extensa ou inexistente (Balneários de Riviera, Flamingo e Praia Brava). Quanto à escolha dos indicadores, a largura da pós-praia, a variação temporal da linha de costa e a densidade de sangradouros naturais e antrópicos (galerias pluviais) mostraram-se os mais eficientes na avaliação do risco. Há limitações quanto ao uso do indicador de tendência de transporte sedimentar, pois o monitoramento não incluiu diferentes

condições sazonais, portanto, não se pôde estabelecer um padrão de transporte sedimentar das praias em questão. A metodologia apresentada contribui para orientar as pesquisas relativas a esta temática e os resultados obtidos poderão ser utilizados em projetos de planejamento da zona costeira do Paraná. Cabe ressaltar que a metodologia deve ser aprimorada por meio da inclusão de dados de monitoramento de campo, que compreendam uma escala temporal maior, colaborando para o avanço da pesquisa na região costeira.

Abstract:

On the Paraná coast, the municipalities of Matinhos and Pontal do Paraná represent more than 50% of the coast and they are potential areas for tourist and industrial activities. The region faces several problems related to the intensification of erosion, mainly since the 1980s, which caused damages and losses in environmental and socioeconomic terms. In this scenario, this research aims to determine the coastal erosion risk on the Paraná coastline based on the analysis of spatio-temporal indicators (shoreline position, backshore width, density of natural washouts, rain water galleries, sediment transport trends). Collected data were integrated with map algebra techniques attributing values to each of the analyzed variables, according to their negative or positive relationship with the coastal erosion risk. The results show that approximately 70% of the municipality of Matinhos has a high risk of erosion, while Pontal do Paraná has one high risk area. Critically eroded areas along Matinhos coastline refer to places where coastal defense structures were carried away and where backshore width is less extensive or non-existent (Riviera, Flamingo and Praia Brava). With regard to backshore width, temporal analysis of shoreline variation and density of natural and anthropic washouts (rain water galleries) are the most effective indicators in risk assessment. In the other hand, the sediment transport trends has some limitation as an indicator, since its monitoring campaigns take place during different season conditions, therefore it is not possible to evaluate a sediment transport pattern along these beaches. The methodology presented in this research contributes to guidelines that provide advice and may be used for decision-making in the coastal region of Paraná. It is worth mentioning that the methodology must be improved, such as incorporating data sets from a larger temporal scale, contributing to the advancement of scientific research in the coastal zone.

1. Introdução

O ambiente costeiro é caracterizado por ser dinâmico e complexo, pois é influenciado por processos marinhos e terrestres (ação das ondas, dos ventos, das marés, das mudanças no nível relativo do mar e no aporte fluvial), além das constantes interferências antrópicas (estabilização da linha de costa - LC, dragagens, aterros e edificações sem planejamento). Não obstante, a fragilidade ambiental e as taxas de ocupação da zona costeira têm aumentado consideravelmente, que segundo Muehe (2018) ocorrem em função da valorização e exploração imobiliária da orla marítima em diversas regiões da costa brasileira. No geral, o modelo de ocupação das zonas costeiras, especialmente no Brasil, não acompanha a escala temporal das mudanças promovidas pelas forças ambientais. Dessa maneira, as diferentes formas de ocupação se opõem à dinâmica natural do ambiente costeiro, o que pode se reverter em prejuízos socioeconômicos e perdas/desequilíbrio de habitats naturais ocasionados, por exemplo, pelo fenômeno da erosão costeira.

A erosão costeira pode ser descrita como um processo natural de alteração da linha de costa, que do ponto de vista geológico é decorrente de um suprimento negativo de sedimentos (BIRD, 2008). Sob o ponto de vista da gestão, esta região apresenta conflitos pelo antagonismo entre a dinâmica costeira e a ocupação urbana, motivada tanto pela especulação imobiliária, quanto por problemas sociais (ocupação irregular em áreas em risco) (KOERNER *et al.*, 2013).

Bird (1985), em uma avaliação sobre as mudanças nas costas arenosas em escala global constatou que mais de 70% das linhas de costa apresentam-se em erosão, menos de 10% em progradação e de 20 a 30% em condição de estabilidade. Recentemente, Luijendijk *et al.* (2018) obtiveram dados que sugerem que 24% das praias do planeta estão em processo de erosão, 48% apresentam estabilidade e 28% estão em processo de acreção. Apesar da disparidade entre os dados apresentados pelos autores citados, o consenso geral é de que a erosão ocorre generalizadamente nos ambientes costeiros e quando ocorre de forma severa em locais

urbanizados é um problema para a população e para os gestores públicos envolvidos na sua remediação.

O tema de vulnerabilidade e riscos à erosão na região litorânea ao redor do mundo tem sido discutido de várias formas (e.g. DAL CIN e SIMEONI, 1994; HARVEY *et al.*, 1999; BUSH *et al.*, 1999;), principalmente pela sua importância para a gestão. O termo risco é aqui entendido como uma medida de perdas potenciais decorrente de processos naturais ou antrópicos, sendo estas perdas potenciais na forma de danos ambientais, de propriedades e econômicas (MODARRES, 2006).

No Brasil existem diversos estudos sobre os processos de erosão em diferentes regiões, na qual a ação humana exerceu grande influência modificando o estoque sedimentar e a morfodinâmica (MUEHE, 2006; MAZZER *et al.*, 2008; SOUZA, 2009; LINS DE BARROS e MUEHE, 2010; MENEZES *et al.*, 2018).

Portanto, é crucial a busca de um método confiável para a análise de riscos à erosão costeira (DOLAN e WALKER, 1994; MEUR-FÉREC *et al.*, 2008; PEREIRA e COELHO, 2013; BIO *et al.*, 2015), que foi solucionada pela utilização de indicadores ambientais (e.g.; BUSH *et al.*, 1999; MORTON, 2002; SOUZA, 2001), os quais tomam como fundamentos fatores geológicos, geomorfológicos, biológicos e até mesmo antrópicos. Neste caso, as variáveis analisadas partem de uma análise geral do local, como características dos arcos e perfis praias e da cobertura vegetal, incluindo condições detalhadas como as taxas de erosão e/ou acreção. Neste sentido, os geoindicadores figuram como um importante instrumento para avaliações de risco gerado por processos erosivos, dando amparo à gestão integrada da zona costeira (BUSH *et al.*, 1999; SOUZA, 2001; SOUZA e SUGUIO, 2003; DAL CIN e SIMEONI, 1994), podendo ser utilizados para estimar potenciais impactos oriundos de fatores naturais e antrópicos no ambiente costeiro (NRC, 1993; TURNER e ADGER, 1995 *apud* SOUZA, 2009).

No litoral do estado do Paraná, região sul do Brasil, a erosão tem causado danos ambientais (perda de ecossistemas), materiais e financeiros (perda de habitações, gastos com obras de recuperação da orla), tanto para a população quanto para o poder público, em pelo menos dois municípios costeiros: Matinhos e Pontal do Paraná. Em Matinhos, a remediação destes danos tem sido executada recorrentemente com obras costeiras rígidas (gabiões, muros, escadarias e enroca-

mentos), reforçando o processo de artificialização da orla paranaense (ANGULO, 2000) e intensificação do processo erosivo. A partir do final da primeira década de 2000, o governo estadual iniciou as discussões para o restabelecimento dessa orla por engordamento artificial da praia (AMB, 2010). Atualmente, as movimentações políticas, financeiras e ambientais estão em voga no sentido de concretização deste plano.

Ao longo do tempo, essa problemática ambiental e social fomentou diversos estudos sobre os processos costeiros e os problemas de ocupação no litoral do Paraná (ANGULO e ANDRADE, 1981; ANGULO, 1993; 2000; SOARES *et al.*, 1997; SAMPAIO, 2006; PIERRI *et al.*, 2006; QUADROS *et al.*, 2007; ANGULO *et al.*, 2006, 2018; ROSA e BORZONE, 2008; NOVAK *et al.*, 2016; STELLFELD e PASSOS, 2018), contudo, grande parte das abordagens desconsideraram a integração de diferentes dados, como: sedimentológicos, morfológicos, de dinâmica costeira e o posicionamento da linha de costa.

Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi identificar os terrenos em risco à erosão costeira, aplicando uma metodologia semiquantitativa a partir da integração de indicadores ambientais e antrópicos que representam parâmetros espaciais importantes no desencadeamento de processos de erosão costeira. Esses indicadores são: variação temporal da posição da linha de costa, largura da pós-praia (GORNITZ *et al.*, 1992; DAL CIN e SIMEONI, 1994; BUSH *et al.*, 1999; SOUZA e SUGUIO, 2003; MAZZER *et al.*, 2008; SUTHERLAND, 2010; PAYO *et al.*, 2018), a densidade de sangradouros naturais e galerias de escoamento pluvial (FIGUEIREDO e CALLIARI, 2005; FIGUEIREDO *et al.*, 2007; NOVAK *et al.*, 2016; SOUZA e NICOLLODI, 2016), e tendências de transporte sedimentar longitudinal (SOUZA *et al.*, 2016). Para obter a classificação de risco de forma integrada foram estabelecidas relações quali/quantitativas entre estes indicadores, considerando os seus principais efeitos individuais e conjugados sobre a costa e que estão diretamente relacionados com o risco à erosão costeira. Ressalta-se que a metodologia de risco apresentada foi limitada aos aspectos físicos/geomorfológicos do ambiente praias.

2. Área de estudo

Os processos sedimentares que ocorreram ao longo do Período Quaternário, em especial durante

o Holoceno, produziram uma infinidade de feições costeiras (dunas, cordões litorâneos, canais, terraços, brejos, lagoas, etc.) formando uma extensa planície costeira ($\approx 90 \text{ km}^2$) (ANGULO, 1992) composta por uma variedade de formações vegetacionais sendo, em muitos casos, ocupadas por urbanização em diferentes níveis de recobrimento.

O litoral do Paraná apresenta uma ampla gama de paisagens que variam entre a totalmente preservada na sua porção norte (Parque Nacional do Superagui) até a urbanizada em diferentes graus de intensidade, modificando-se de médio ao alto grau entre a porção central até a sul (MMA, 2006). Dentre as principais Unidades de Conservação destacam-se o Parque Nacional Saint Hilaire/Lange, Par-

que Florestal do Rio da Onça, Parque Nacional Marinho de Currais, Estações Ecológicas da Ilha do Mel e do Rio Guaraguaçu e Parque Estadual da Ilha do Mel.

O arco praiado da Praia de Leste (APPL) está limitado ao norte pela desembocadura do Complexo Estuarino de Paranaguá (CEP; $25^{\circ}30'S/48^{\circ}25'W$) e ao sul pela desembocadura da Baía de Guaratuba ($25^{\circ}52'S/48^{\circ}38'W$). A extensão linear deste trecho de linha de costa perfaz aproximadamente 30% de orla oceânica do Estado do Paraná, onde o principal uso recai sobre as atividades de veraneio e o turismo. As suas principais vias de acesso terrestre são as rodovias estaduais PR-508, PR-407 e PR-412, conectadas à rodovia federal BR-277, que liga a capital do Estado aos municípios costeiros.



Figura 1 - Localização da área de estudo com a denominação dos principais Balneários e unidades de conservação dos municípios de Pontal do Paraná e Matinhos (A), com destaque para a extensa região da pós-praia no Balneário de Pontal do Sul, em Pontal do Paraná (B) e a ocupação urbana já consolidada sobre a pós-praia na Praia Central de Matinhos.

A batimetria da plataforma continental interna varia entre as isóbatas de -5 e -15 m (VEIGA *et al.*, 2004), cuja declividade é geralmente suave, até a porção média desta plataforma, apesar da ocorrência de cânions submarinos (SANTOS FILHO *et al.*, submetido), de ilhas rochosas (Itacolomis e de Currais) e de inflexões das isóbatas pela acreção sedimentar associada aos deltas de maré formados junto às desembocaduras estuarinas (LAMOUR *et al.*, 2006; LAMOUR e SOARES, 2008).

O regime das marés é semidiurno com preamares e baixa-mares se alternando a cada 6 horas, e amplitude máxima de aproximadamente 1,5 m, sendo classificada como um regime de micromarés (MARONE *et al.*, 1997). Existem dois padrões de frentes de ondas: um de direção ENE relacionado ao anticiclone tropical do Atlântico Sul (centro de alta pressão) (PORTOBRÁS, 1983), e outro de direção SSE associado à passagem de ciclones e sistemas frontais (NEMES e MARONE, 2013).

Na área de estudo, as ondas de SSE geram correntes de deriva longitudinal resultante no sentido NE (ANGULO, 1992; BIGARELLA *et al.*, 1978; LAMOUR *et al.*, 2006), embora ocorram células de circulação costeira de menor escala com sentido inverso (NOVAK *et al.*, 2016). Por outro lado, as ondas de ENE geram correntes longitudinais com resultante para SW, e também células menores com sentido inverso.

As praias de estudo são constituídas por areias finas e médias bem selecionadas, com predomínio de grau de assimetria negativa (ANGULO, 1992; NOVAK *et al.*, 2016). Segundo Soares *et al.*, (1997) e Quadros (2002), morfodinamicamente essas praias são caracterizadas como dissipativas a intermediárias, e pela alternância de períodos construtivos e destrutivos do perfil praiial, respectivamente no verão e no inverno. No Balneário Praia de Leste, predomina o estágio intermediário e refletivo. Já para Comerlato *et al.* (2019) o estado morfodinâmico predominante é o intermediário, no qual ocorrem características tanto dissipativas como refletivas, excetuando-se o trecho extremo sudoeste (Balneários Matinhos e Caiobá) onde o comportamento é exclusivamente refletivo.

De maneira geral, a urbanização dos municípios em questão ocorreu na forma de loteamentos paralelos à linha de costa, próximos ou mesmo sobre a orla marítima (Figura 1C), denotando um contexto bastante frágil do ponto de vista ambiental (PIERRI *et al.*, 2006). Os dois municípios apresentam a organização urbana

na forma de balneários (Praia Mansa, Caiobá, Praia Central, Flamingo, Riviera, Albatroz, Santa Etienne, Albatroz, Praia de Leste, Santa Terezinha, Ipanema, Olho D'água, Shangri-lá, Barrancos, Atami e Pontal do Sul- vide Figura 1A) os quais correspondem aos bairros em uma organização territorial tradicional.

O setor sudeste do litoral do Paraná apresenta severos processos de erosão costeira, os quais tiveram maior repercussão no município de Matinhos (Balneários Praia Mansa, Caiobá, Flamingo e Riviera) onde os prejuízos econômicos têm sido constantes e volumosos devido à perda do patrimônio público e privado. Neste caso, a urbanização retilinizou a orla, as edificações foram erigidas sobre o perfil praiial e as obras de proteção costeira modificaram os processos sedimentares junto à costa (ANGULO *et al.*, 2006), além de terem dificultado os processos de dissipação energética das ondas incidentes (NOVAK *et al.*, 2016) (Figura 2).

No município de Pontal do Paraná, a preservação de uma importante faixa frontal à praia (Figuras 1B e 3), recoberta por vegetação nativa (SAMPAIO, 2006), oferece uma forma eficiente de redução dos efeitos das altas taxas de avanço (aproximadamente 18m/ano), especificamente em Pontal do Sul, e de recuo da linha de costa (-5m/ano) (SOARES *et al.*, 1994; LAMOUR *et al.*, 2006).

3. Materiais e Métodos

3.1 Indicadores

A seguir serão descritos os fatores naturais e antrópicos que foram utilizados como indicadores na classificação da orla paranaense quanto ao risco à erosão costeira. A primeira etapa tratou da identificação visual e demarcação das coordenadas em duas campanhas, realizadas entre março e maio de 2015. Na segunda etapa estes dados foram tratados e posteriormente, gerados os produtos cartográficos.

3.1.1 Variação temporal da posição da linha de costa e largura da pós-praia

A taxa de recuo de uma linha de costa é um dos indicadores mais utilizados na literatura para avaliação de risco à erosão costeira. Ela é obtida com base na avaliação temporal da posição da linha de costa em períodos de médio a longo termo.

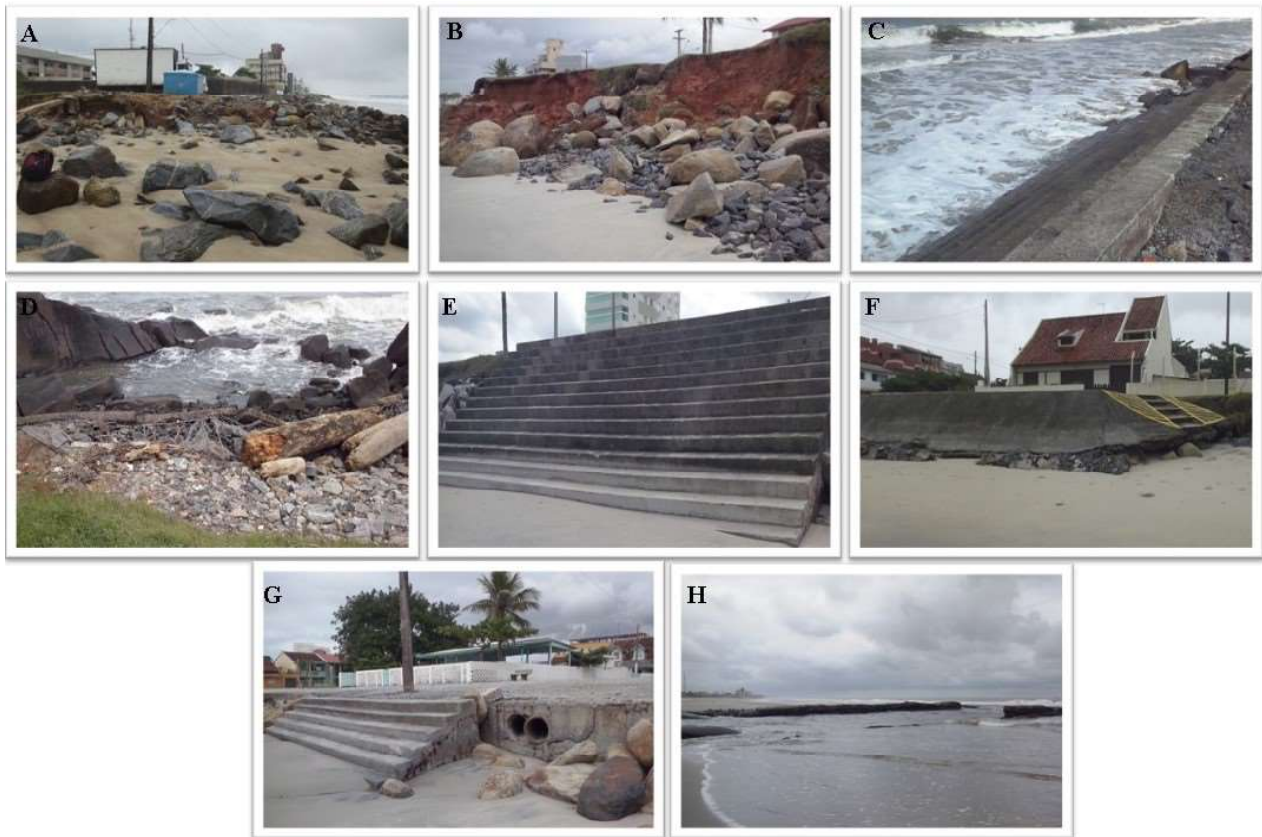


Figura 2 - Destaque aos problemas erosivos no município de Matinhos e às obras rígidas (Enrocamentos: Pico de Matinhos A; Gabiões: Caiobá B, C; Escadarias e paredes: Riviera e Praia Central D, E, F, G; estabilização do Rio Matinhos H).



Figura 3 - Grande extensão da região pós-praia em Pontal do Paraná, nos Balneários de Pontal do Sul (A), Atami (B) e nas imediações de Santa Terezinha.

Assim, linhas de costa em avanço ou em equilíbrio indicam que a praia não é afetada com os efeitos da erosão costeira, enquanto que linhas de costa em recuo indicam que o estoque sedimentar está em déficit e a erosão já se tornou crônica, colocando em risco o patrimônio público e/ou privado.

Da mesma forma, a largura da pós-praia também é um indicador bastante utilizado, e depende não só da evolução natural da linha de costa, mas também da urbanização e das formas pelas quais ela ocorre e evolui. De forma geral, quanto mais larga for a pós-praia, maior será a proteção contra efeitos erosivos de eventos meteorológicos-oceanográficos intensos/extremos, como ressacas do mar e marés altas anômalas.

A análise da variação da linha de costa foi efetuada com base em 4 conjuntos de fotografias aéreas (IAT, 2016) relativas aos anos de 1953 (9 fotos), 1980 (8 fotos), 1996 (5 fotos) e 2003 (14 fotos), sendo que o conjunto referente ao ano de 1996 foi o único em escala 1:50.000, enquanto os demais têm escala 1:25.000. Também foram utilizadas imagens de satélite referentes ao ano de 2016 (resolução espacial de 15 m, *Google Earth Pro*), na escala 1:25.000.

O georreferenciamento das fotografias aéreas e a imagens de satélite foi realizado com base no mapa digital da malha urbana dos municípios, cedidas pelas respectivas Prefeituras municipais, no software ArcGIS. Neste processo foram considerados minimamente 10 pontos de referência para cada imagem, sendo estes transformados pela aplicação do polinômio *Spline*, o qual demonstra ser o mais adequado para o georreferenciamento de arquivos de baixa qualidade (ESRI, 2008); como alguns que foram utilizados neste trabalho (conjunto de imagens de 1953 e 1980). Apesar dessas imagens não apresentarem boa possibilidade de registro digital pela malha de urbanização municipal, os erros residuais gerais associados aos pontos de controle no processo foram < 2 m.

A delimitação da linha de costa considerou a linha de vegetação fixadora das dunas embrionárias (BOAK e TURNER, 2005), na ausência desta vegetação o limite utilizado foram as obras rígidas. A quantificação da variação da posição da linha de costa foi realizada pela aplicação da extensão *Digital Shoreline Analysis System* (DSAS) (THIELER *et al.*, 2009). A linha de referência (linha de base) para as medidas foi a base digital dos municípios, a partir da qual foram gerados 77 transectos normais à costa, com espaçamento regular de 500 metros, sendo que esse espaçamento foi escolhido para se ter um maior detalhamento das taxas de variação da linha de costa (Figura 4A).

As taxas de mudança de linha de costa foram calculadas para escalas de tempo de médio termo (entre os anos mais próximos) e longo termo (entre a linha mais antiga e mais recente), para capturar possíveis mudanças nas taxas ou tendências do comportamento da linha de costa. Os limites de classe adotados foram baseados no trabalho de Luijendijk *et al.* (2018) nas quais: Acreção $> 0,5$ m.ano⁻¹; Estável $-0,5$ a $0,5$ m.ano⁻¹; Erosão branda -1 a $-0,5$ m.ano⁻¹; Erosão intensa -3 a -1 m.ano⁻¹; Erosão severa -5 a -3 m.ano⁻¹; Erosão extrema < -5 m.ano⁻¹.

Para as classes de largura da pós-praia na análise espacial foram consideradas medidas ≤ 45 m ou > 45 m, sendo esse limite estabelecido a partir da média das medidas tomadas da largura da pós-praia, a cada 500 m, nas imagens de satélite do *Google Earth Pro* do ano de 2016. Essas medidas da pós-praia são diretamente proporcionais às taxas regionais de variação da linha de costa e que podem oferecer risco ou segurança quanto à erosão costeira. Ou seja, quanto maior o recuo da linha de costa e menor a largura da pós-praia maior o risco à erosão costeira. É importante frisar que os transectos gerados pela ferramenta DSAS, para a análise da variação da linha de costa, também serviram como pontos de amostragem para a obtenção da largura da pós-praia (Figura 4B).

3.1.2 Sangradouros naturais e antrópicos (galerias de escoamento pluvial)

Seguindo a classificação proposta por Calliari e Pereira da Silva (1998), os sangradouros existentes nas praias de estudo foram identificados em campo em função de critérios relativos à sua origem e persistência do curso de água. Quanto à origem, os sangradouros foram classificados como naturais (Figura 5A) e antrópicos (Figura 5B). Os naturais representam canais de drenagem que fluem a partir dos brejos situados nas zonas entrecordões em direção ao mar, cortando feições como dunas frontais até a face praial. Esses canais promovem o transporte de sedimentos para a praia, mas também podem provocar erosão da superfície arenosa da praia por ravinamento ou pela migração lateral do canal, influenciada pelas correntes de deriva litorânea. Os sangradouros antrópicos correspondem à drenagem oriunda das galerias de escoamento pluvial (NOVAK *et al.*, 2016) e são bastante frequentes nos balneários, onde o avanço da urbanização e a pavimentação das vias urbanas diminuíram a possibilidade de infiltração das águas da chuva no solo, que por isso necessitam ser reconduzidas para a praia ou para outros cursos d'água (FIGUEIREDO e CALLIARI, 2005).

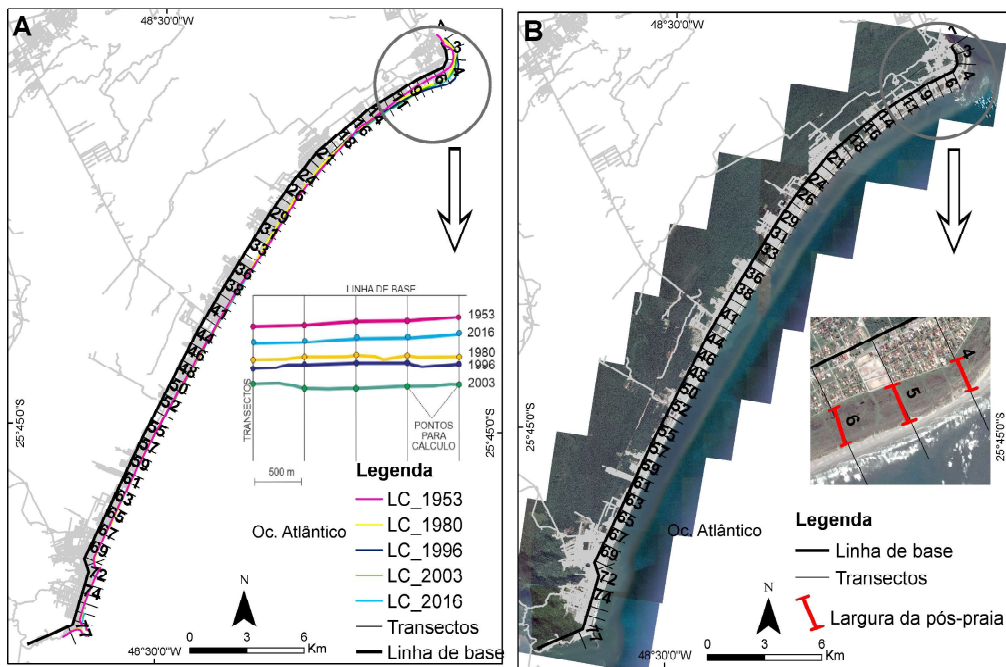


Figura 4 - (A): Transectos perpendiculares à costa gerados pela extensão Digital Shoreline Analysis System - DSAS a partir de uma linha de base no continente para o cálculo das taxas de variação das linhas de costa. (B): os mesmos 77 transectos gerados para a linha de costa foram utilizados para a medição da largura da pós-praia.

Quanto à persistência desses cursos de água podem ser classificados em perenes e efêmeros, em geral, guardando correspondência com a magnitude do corpo aquoso. Na área de estudo, os sangradouros perenes tendem a ter magnitude maior que os efêmeros.

Os sangradouros antrópicos e efêmeros desempenharão maior potencial erosivo durante os episódios de eventos intensos/extremos (chuvas, ressacas e marés altas anômalas), pois tendem a erodir uma superfície em geral parcial ou totalmente restituída do perfil praiar,

podendo desenvolver um novo canal a cada evento e/ou gerar uma mais ampla superfície rebaixada topograficamente.

Como a medida atribuída a este indicador se baseia em sua densidade (n°/km linear de praia) e essas feições ocorrem em grande número em vários balneários ao longo da área de estudo, logo a ação dos sangradouros antrópicos e efêmeros pode ser interpretada como de maior (alto) potencial erosivo quando comparada aos sangradouros naturais e permanentes (baixo potencial erosivo).



Figura 5 - Sangradouro natural e permanente localizado no Balneário Olho D'água em Pontal do Paraná (Autor: Diógenes Laube) (A) e sangradouro antrópico ligado a uma galeria de escoamento pluvial no Balneário Ipanema (B).

3.1.3 Tendências de transporte sedimentar

A determinação das tendências de transporte sedimentar foi efetuada a partir do *Grain-Size Trend Analysis with Significant Test* – GSTAST (CHANG *et al.*, 2001), o qual propõe a vetorização da direção de transporte residual a partir das diferenças das características granulométricas (diâmetro médio, grau de seleção e assimetria) entre populações distintas de sedimentos superficiais, considerando o grau de confiabilidade estatística e seguindo as premissas propostas por McLaren e Bowles (1985). Neste trabalho, subentendeu-se hipoteticamente que as relações espaciais entre 3 amostras quaisquer permitem apenas duas direções possíveis (Tipo 1 ou Tipo 2; a segunda amostra é mais fina, melhor selecionada ou mais grossa, melhor selecionada e mais

positivamente assimétrica), já que o arranjo entre elas corresponde a uma linha. Assim, uma amostra central entre elas tenderia a apontar o vetor resultante para uma ou outra estação vizinha, considerando a forte influência da localização geográfica nos resultados.

Dessa forma, a estratégia amostral consistiu na coleta de amostras superficiais de sedimentos na linha de espraiamento (estirâncio inferior) no APPL, entre março e maio de 2015, espaçadas em 500m entre si, totalizando 79 amostras (Figura 6). Estas amostras tiveram os seus respectivos parâmetros estatísticos granulométricos (FOLK e WARD, 1957) estabelecidos por um analisador de tamanho de partículas por difração à laser (granulômetro) modelo *Microtrac BlueWave*, considerando apenas as parcelas minerais clásticas e de origem inorgânica.

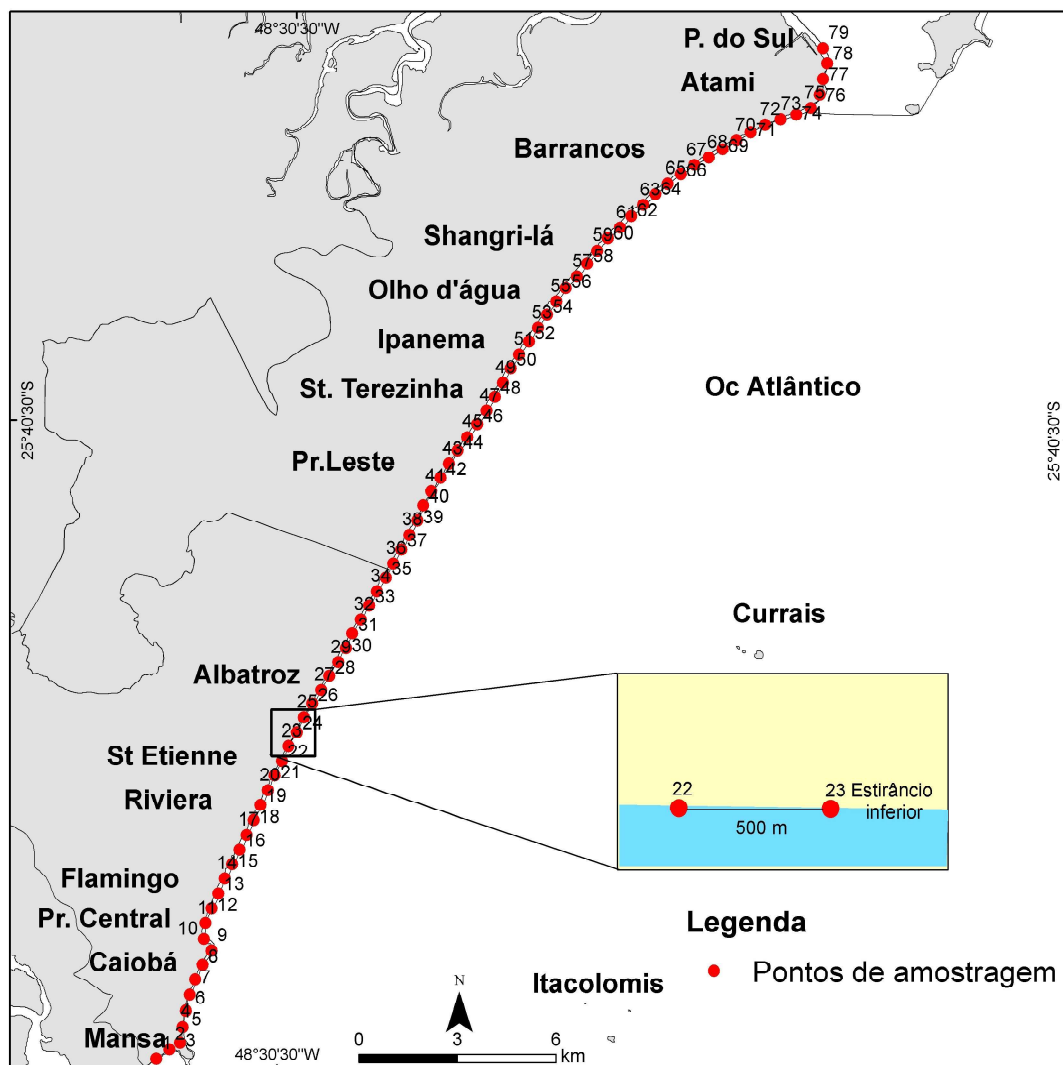


Figura 6 - Pontos de amostragem dos sedimentos, a cada 500m, coletadas no estirâncio inferior para o estabelecimento dos parâmetros granulométricos e vetores de tendência de transporte sedimentar pelo método *Grain Size Trend Analysis* (GSTA).

3.2 Relações espaciais entre os indicadores

Os indicadores receberam pesos que foram definidos para cada variável analisada, com o objetivo de diferenciar o grau de importância e sua relação com a erosão costeira (Quadro 1).

A variação temporal da posição da linha de costa é o principal indicador avaliado nesta análise, pelas razões já expostas. Portanto, em áreas onde ocorre recuo da linha de costa foi atribuído peso 2 e nas áreas estáveis e/ou com avanço foi atribuído peso 1 (GORNITZ *et al.* 1992; DAL CIN e SIMEONI, 1994; BUSH *et al.* 1999).

No caso da largura da pós-praia para valores menores que 45 m foi atribuído peso 2, enquanto que para larguras maiores peso 1. Como afirmado anteriormente, este limite de 45 m foi estabelecido a partir da média das larguras da pós-praia e os pesos atribuídos conforme Bush

et al. (1999), Sutherland (2010) e Mazzer *et al.* (2008).

Os sangradouros naturais peso 1 e para sangradouros antrópicos (associados às galerias pluviais) foi atribuído peso 2 onde estão mais concentrados, e peso 1 onde há menor concentração ou mesmo quando não sangradouros antrópicos (FIGUEIREDO e CALLIARI, 2005; FIGUEIREDO *et al.*, 2007).

Quanto às tendências de transporte, os centros de divergência de células de deriva litorânea foram considerados como áreas de maior erosão natural e os centros de convergência como áreas com predomínio de deposição natural (CHENG *et al.*, 2004; SOUZA *et al.*, 2005, SOUZA, 2009, LIANG *et al.*, 2019). Sendo assim, as tendências de transporte sedimentar que apresentaram comportamento divergente receberam peso 2 e as com vetores convergentes peso 1.

Quadro 1: Síntese dos indicadores, critérios e os respectivos pesos atribuídos nas relações espaciais para a avaliação de risco à erosão no litoral do Paraná.

Indicador	Critério	Peso
Tendência da Linha de costa	Recuo	2
	Avanço/estável	1
Largura da Pós-praia	≤ 45m	2
	>45m	1
Densidade de Sangradouros/Galerias Pluviais	Alta concentração	2
	Baixa concentração/ausência	1
Tendências de transporte	Divergência	2
	Convergência	1

Após a definição dos pesos para cada um dos indicadores, estes foram comparados entre si a partir de 4 relações espaciais e sua correspondência com o alto e baixo risco à erosão costeira.

A Relação 1 (R1) avaliou a representatividade erosiva conjugada entre os sangradouros, galerias de escoamento de águas pluviais e a variação da linha de costa considerando que as duas primeiras são variáveis de curto prazo, mas que têm influência importante no comportamento daquelas de médio e longo prazo (décadas) como a linha de costa. Na Relação 2 (R2) foram analisadas a largura da pós-praia, a variação da posição da linha de costa e os vetores de tendência de transporte, quando se avaliou o risco à erosão, considerando uma escala decadal da ação dos processos costeiros para os dois primeiros indicadores e para o último uma escala de curto prazo. A Relação 3 (R3) englobou os sangra-

douros, a largura da pós-praia e a variação da posição da linha de costa com o intuito principal de verificar a interdependência dos sangradouros que podem provocar processos erosivos locais, a largura da pós-praia, que tenderia a ser menor localmente, e a evolução da linha de costa em uma escala temporal ampla (décadas).

Na última relação avaliada, R4, foi considerada uma média ponderada entre as variáveis analisadas. A variação da posição da linha de costa e a largura da pós-praia tiveram maior peso (0,3), os sangradouros peso 0,14 e as galerias de escoamento de águas pluviais e os vetores de tendência de transporte sedimentar peso 0,13. Posteriormente, foram calculadas (Equação 1) as médias ponderadas, o que permitiu o cálculo do valor médio 1,32 que foi utilizado como limite entre ambientes com baixo risco para os valores < 1,32 e alto risco à erosão para os valores > 1,32.

$$R4 = [(linha\ de\ costa * 0,3) + (pós-praia * 0,3 + (sangradouros * 0,14) + (galerias * 0,13) + (vetores * 0,13)]$$

(Equação 1)

3.3 Geoprocessamento

A integração dos dados e a elaboração dos mapas consistiu na criação de polígonos em torno dos indicadores, com largura de 500 m costa adentro, a partir da linha de costa, considerando uma mesma área de comparação para todos os indicadores analisados. Esta medida de 500 m foi adotada aleatoriamente, mas com propósito de abranger todos os indicadores espacializados.

Nos polígonos foi criada uma grade de malha regular (*grid*) de 50 m de lado (*pixels*) destinada à análise espacial dos dados, tomando como base as coordenadas de seus centroides, possibilitando a integração dos indicadores analisados pela técnica de álgebra de mapas.

Assim, as variáveis (galerias pluviais, largura da pós-praia, sangradouros, vetores e variação da LC) foram classificadas pela ferramenta de seleção por atributos do *software* ArcGIS 10 e testadas manualmente todas as combinações possíveis dos indicadores avaliados, finalizada pela atribuição dos pesos relativos a cada um. Os dados integrados foram transformados em formato imagem (*raster*) para a elaboração dos mapas de risco, divididos em duas classes: alto e baixo, na qual a classificação de alto risco correspondeu aos pesos iguais a 2 e baixa aos pesos iguais a 1.

4. Resultados e Discussões

4.1 Variações da linha de costa no APPL

No período de 1953/80, o trecho de Pontal do Sul a Barrancos (transectos 1 ao 16), Santa Terezinha até a Praia Central (transectos 35 ao 75) apresentou predomínio de acreção e estabilidade ($\approx 73\%$) com exceção do trecho Santa Terezinha-Shangri-lá, onde prevaleceu a erosão intensa (-3 a -1 m.ano⁻¹) a extrema (< -5 m.ano⁻¹). No período de 1980/96, a erosão ($-0,5$ a -3 m.ano⁻¹) predominou entre Barrancos- Shangri-lá e Matinhos (transectos 16-21 e 62-71, respectivamente), enquanto que a acreção/ estabilidade foi predominante ($\approx 80\%$) no restante da orla. Já no período 1996/2003, a erosão variou de intensa (recuos de até 3 m.ano⁻¹) no trecho Santa Etienne/ Praia Central e Caiobá-Praia Mansa (transectos 61-69 e

72-77 respectivamente) até extrema em Pontal do Sul (transectos 3-7; 47 m.ano⁻¹), sendo que a estabilidade e a acreção predominaram no restante da orla ($\approx 74\%$). O comportamento da posição da linha de costa durante o período 2003/16 apresentou acreção generalizada, com exceção do trecho Albatroz-Matinhos (transectos 53-56 e 66-70), onde ocorreu erosão branda (-1 a $-0,5$ m.ano⁻¹). Por fim, quando comparada as linhas de costa de 1953 e 2016 observou-se erosão intensa (-3 a -1 m.ano⁻¹) no trecho Shangri-lá-Ipanema (transectos 19-23 e 26-31) enquanto que o predomínio nos demais trechos foi de estabilidade e/ou acreção ($\approx 86\%$) (Figura 7).

Considerando os valores resultantes de cada transecto ao longo dos 63 anos de análise observou-se que uma extensão de 1km (transectos 3 e 4) em Pontal do Sul apresentou erosão extrema (< -5 m.ano⁻¹). Nas proximidades do Olho D'água (transectos 27-30), Santa Etienne-Praia Central (transectos 60-67) e Mansa (transectos 76-77) ocorreu erosão intensa (-3 a -1 m.ano⁻¹).

No geral, o trecho de Pontal do Sul até Barrancos houve predomínio de acreção, salvo os anos de 1996/2003 caracterizado por erosão extrema. O trecho Shangri-lá- Santa Terezinha apresentou comportamento de erosão crônica, que variou em diferentes intensidades ao longo dos 63 anos de comparação, exceto no período 1996/2016 quando predominaram processos de acreção na linha de costa. Por sua vez, o trecho Matinhos-Caiobá apresentou erosão intensa no período 1980/2003, tendendo posteriormente para a erosão branda e/ou estabilidade até 2016. O período 2003/16 foi o mais estável do período de análise, enquanto que nos demais os processos erosivos se distribuíram em diferentes trechos da costa.

O Balneário de Pontal do Sul apresentou um balanço sedimentar positivo na avaliação final da variação da linha de costa. No entanto, entre 1996 e 2003 foi o trecho com as maiores taxas de recuo da área de estudo, chegando até 47 m.ano⁻¹. Este local faz parte de uma desembocadura de baía, sendo influenciada por diversos agentes dinâmicos. Apesar do balanço positivo, esta área está sujeita a um balanço sedimentar oscilatório, conforme apontado por Angulo e Araújo (1996); Soares *et al.* (1994), Angulo (2000). De fato, praias sob influência de desembocaduras sempre apresentam alta mobilidade ao longo do tempo, associadas às alterações de feições submersas presentes nas desembocaduras estuarinas (deltas de marés) e processos praias.

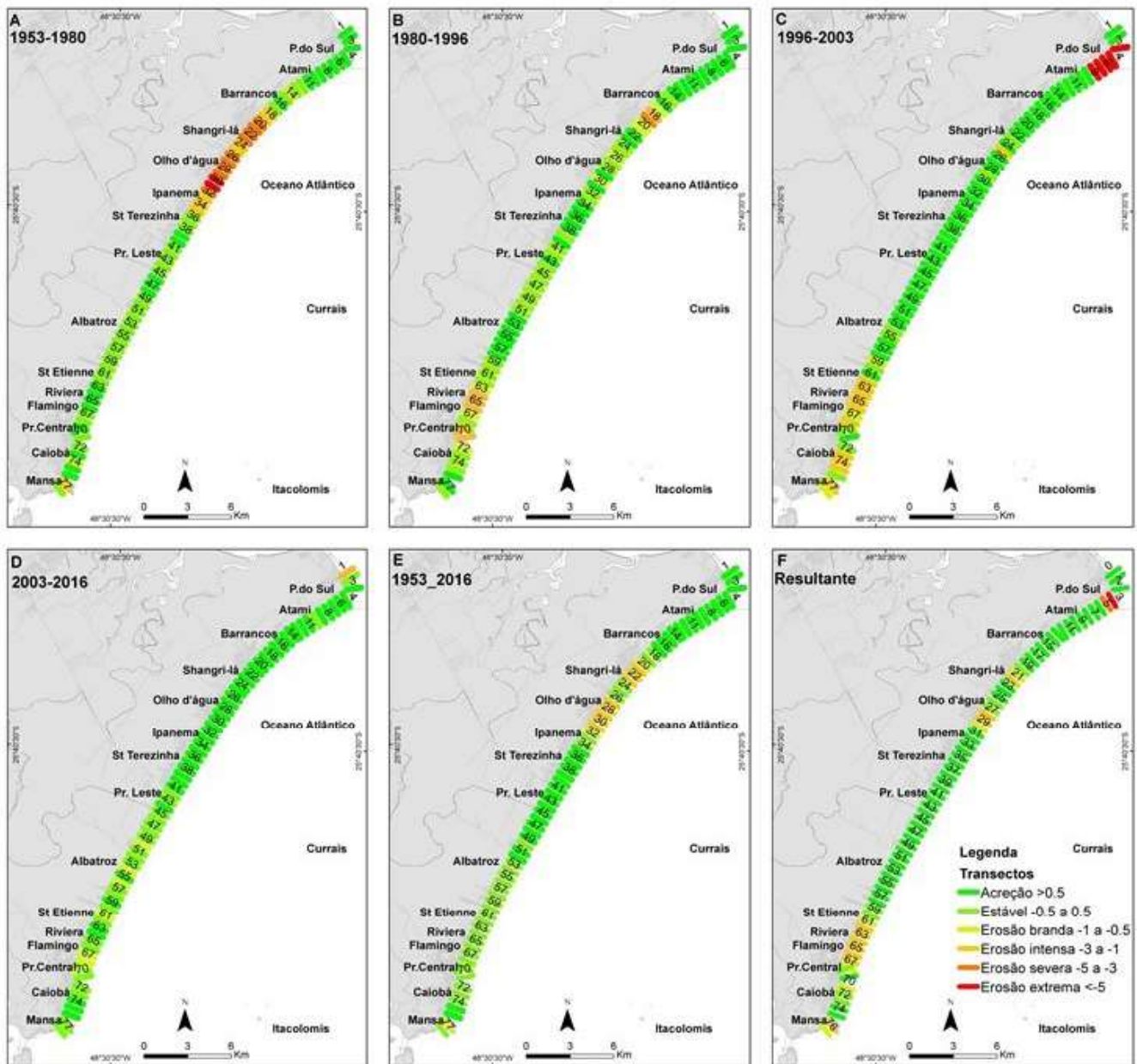


FIGURA 7 - Taxas de variação da posição da linha de costa entre 1953-1980 (A), 1980-1996 (B), 1996-2003 (C) e 2003-2016 (D), 1953 a 2016 (E) e Resultante (F), onde podem ser observados os níveis de erosão, estabilidade ou acreção.

As praias sob influência oceânica, de Barrancos até Albatroz, são parcialmente estáveis. Na escala histórica, análise decadal da linha de costa, nota-se uma tendência à estabilidade e acreção, salvo o período de 1953 a 1980. Quadros (2002) e Quadros *et al.* (2007), na análise sazonal do comportamento morfodinâmico das praias do setor central, concluíram que após eventos de alta magnitude verificava-se erosão na porção subaérea e acreção na parte submersa da praia, no entanto a análise de todo o perfil praiial indicava um balanço sedimentar positivo. Dessa forma, apesar de tratarmos de escalas

temporais distintas, é possível afirmar que apesar da ocorrência esporádica de eventos de alta energia que retiram sedimentos do sistema, as praias acabam recuperando o estoque sedimentar perdido.

Em Caiobá, de 1996 a 2003 este trecho passou por um processo erosivo intenso, posteriormente (2003-2016) este recuo da posição da linha de costa foi aparentemente solucionado pela edificação de obras costeiras como enrocamentos (Figura 2A), gabiões (Figura B,C) e escadarias (Figura D,E,F,G), mas que produziram reflexos negativos sobre a dissipação da

energia das ondas incidentes, que escavaram/escavam o perfil praiado produzindo rebaixamento topográfico crônico, no trecho norte de Caiobá.

Apesar disso, as taxas resultantes apontam para uma acreção na praia, mais especificamente na parte sul de Caiobá (Figura 7F), como também apontado por Stellfeld e Passos (2018). A progradação da linha de costa nesta porção sul ocorre devido ao pontal rochoso Morro do Boi e ao delta de maré vazante da Baía de Guaratuba que atenuam a intensidade das ondas provenientes da direção S-SE, gerando deposição ao sul, sendo mais influenciada pela dinâmica estuarina que a oceânica (ANGULO, 1993; 2006).

Entre 1953 e 1980 a praia Mansa passou por um intenso processo erosivo, sendo descrito um recuo de aproximadamente 50 m em 1980. Foram realizadas diversas obras de contenção como a construção de enrocamento, esporões e alimentação artificial na década de 1980 (ANGULO e ANDRADE, 1981). A partir de 2003 é notada uma acreção da linha de costa que, segundo Angulo *et al.* (2006, 2018) pode ser atribuída à efetividade das obras rígidas ou mesmo às forças naturais, na qual a formação do delta de maré vazante tem contribuído para diminuição dos efeitos das ondas e consequente deposição de sedimentos.

Os resultados apresentados nesta pesquisa não indicaram recuos de grande magnitude no período de 1953-1980. É possível atribuir a disparidade de resultados ao processo de georreferenciamento das imagens de 1953 e as distorções nas bordas das imagens.

4.2 Largura da pós-praia

A pós-praia apresentou um decréscimo progressivo nas larguras de norte a sul no APPL (Figura 9A). As maiores extensões da pós-praia são observadas entre Shangri-lá e Pontal do Sul (Transectos 1 ao 22) no qual ocorre a desembocadura do Complexo Estuarino do Paranaguá onde se forma um extenso delta de maré vazante e são realizadas dragagens com finalidade de navegação portuária. As medidas variaram entre 80 e 364 m, com valor médio de 197 m.

No trecho Shangri-lá- Albatroz (Transectos 24-51) as larguras variaram entre 38 e 142, com valor médio de 74 m. Todo este trecho da orla está associado a áreas urbanizadas. No entanto, o trecho central, correspondente ao Balneário Praia de Leste, apresenta extensões maiores de pós-praia, mostrando um comportamento anômalo em relação aos balneários vizinhos, apesar das características de urbanização serem praticamente as mesmas.

No trecho Albatroz- Caiobá (Transectos 52-77) esta faixa apresentou variação entre 0 e 119 m de largura, com valor médio de aproximadamente 29 m.

A ausência e/ou o estreitamento (≤ 45 m) na **pós-praia** estão atrelados aos processos de ocupação urbana sobre esta região, principalmente nos Balneários de Flamingo, Riviera, Santa Etienne e Albatroz. Essa ocupação reduziu sobremaneira o estoque de sedimentos disponíveis para o transporte longitudinal e que teve a consequente edificação de obras para a proteção costeira, conforme relatado por Angulo *et. al* (2006, 2018).

A pequena extensão ou mesmo ausência da pós-praia contribui para a perda de resiliência do perfil praiado durante a ocorrência de eventos de alta energia (ressacas), que acabaram por retirar sedimentos do sistema, degradando as obras de contenção e a orla.

Neste sentido, a manutenção da faixa costeira serve como amortecimento para a dissipação de energia de ondas de tempestades e para que os processos erosivos desencadeados não atinjam as áreas com edificações (MUEHE, 2006). Diversas pesquisas que utilizaram a pós-praia como um indicador na avaliação do risco à erosão costeira sustentam que esta região atua como zona de recarga sedimentar para o sistema costeiro, aportando sedimentos no perfil praiado e recuperando durante e posteriormente às ressacas (MAZZER *et. al* 2008; SOUZA e SUGUIO, 2003; ANGULO *et. al.* 2018).

4.3 Sangradouros

Os sangradouros de origem antrópica e com comportamento efêmero ocorreram principalmente no trecho Shangri-lá- Caiobá em uma taxa de (4 km^{-1}). Na contramão desta tendência foram observadas apenas duas ocorrências de sangradouros naturais e perenes nos Balneários Barrancos e Olho D'água (Figura 8A) e os naturais e efêmeros ocorreram distribuídos no trecho Pontal do Sul- Shangri-lá (6 km^{-1}). Ambos os tipos estão associados sempre às drenagens dos brejos entrecordões da planície costeira que rompem as dunas frontais. No geral, a densidade de sangradouros diminui (2 km^{-1}) no trecho Matinhos Caiobá.

A maioria dos sangradouros naturais e efêmeros esteve presente em áreas com vegetação de restinga, enquanto que a concentração de sangradouros antrópicos se dá nas áreas pavimentadas. No município de Pontal do Paraná a percolação da água acaba sendo mais eficiente, pois a pavimentação é reduzida ou quase inexistente na maioria dos Balneários, exceto em Ipanema, Shangri-lá e Praia de Leste, onde as ruas próximas à orla são pavimen-

tadas por bloquetes de concreto. Neste sentido, a impermeabilização do solo promovida pela urbanização parece ser determinante para a alta concentração de sangradouros antrópicos na praia, corroborando com as afirmações de Figueiredo e Calliari (2005) que em áreas urbanizadas há um aumento na densidade de sangradouros na praia, muitas vezes causando um déficit sedimentar.

Na Praia Central e Caiobá a frequência dos sangradouros diminui, pois as águas pluviais podem fluir diretamente para os rios Matinhos e Caiobá ou as galerias podem se conectar a eles. Lindroth (1982) associou os processos erosivos que ocorriam na praia Mansa, na década de 1970, às descargas de galerias de águas pluviais. O problema foi contido pela implantação de um dique de enrocamento ao sul e de inúmeros gabiões distribuídos ao longo deste arco praial.

4.4 Características granulométricas e vetores de tendência de transporte

O diâmetro médio dos sedimentos variou entre areias finas (0,125 a 0,250 mm) e médias (0,250 a 0,500 mm), com valor máximo de 0,362 mm (Balneário Riviera) e mínimo de 0,142 mm (Balneário Ipanema). As areias finas são muito bem a moderadamente selecionadas predominaram no trecho Praia de Leste-Pontal do Sul, enquanto que as areias médias pobremente a moderadamente selecionadas são observadas com maior frequência na porção sul, mais especificamente na região dos Balneários Riviera e Praia Mansa. Os valores relativos ao grau de assimetria variaram de muito positiva a muito negativa, sem apresentar um padrão de ocorrência.

Com base nestas características granulométricas os vetores de tendência de transporte longitudinal evidenciaram a ocorrência de células de circulação costeira, que se distribuíram com intensidades diferentes em cada trecho da costa (Figura 9A). Os resultados mostram 6 zonas de convergência de células e 5 zonas de divergência de células. As 6 convergências estão nas proximidades dos Balneários Riviera, Albatroz, Ipanema, Barrancos e Pontal do Sul, enquanto que as 5 divergências se encontram nos Santa Etienne, Santa Terezinha, Shangri-lá e Atami.

Na área norte, em Pontal do Sul, nota-se uma zona de convergência e uma de divergência. O mapa de variação da linha de costa indica uma área de aproximadamente 1 km com erosão severa, que parece relacionada a essa zona de divergência.

Entre Shangri-lá e Santa Terezinha foram identificadas 4 células de circulação costeira, com 2 zonas de convergência e 2 zonas de divergência e uma área de 1 km de extensão com erosão branda a intensa. A partir da Praia de Leste até a Praia Central foram identificadas 2 convergências e 1 divergência.

Conforme observado, as relações entre zonas de divergência e áreas erosivas, e de convergência e áreas em progradação ou estabilidade, nem sempre foram observadas. Este resultado pode ser explicado pelas diferenças entre escalas temporais de análise, pois a variação da linha de costa indica uma tendência de longo-médio período, enquanto que as células de circulação costeira representam as condições à época de amostragem.

Desta forma, o ideal seria obter dados a partir de um monitoramento praial em diversas condições meteo-oceanográficas da praia, para então obter uma tendência de circulação costeira (SOUZA *et al.*, 2018)

4.5 Distribuição dos indicadores e relações espaciais

O trecho Pontal do Sul - Shangri-lá concentra a maioria dos sangradouros intermitentes naturais e a linha de costa tendeu à acreção no período de 1953-2016. As galerias de águas pluviais ocorrem principalmente no trecho Shangri-lá - Santa Etienne, onde a linha de costa também apresentou acreção, exceto nos Balneários Ipanema e Shangri-lá onde o comportamento foi o de erosão (Figura 8A).

A R1 (variação da posição da linha de costa e das distribuições espaciais dos sangradouros e das galerias de escoamento de águas pluviais) evidenciou alto risco à erosão no trecho entre o Balneário Olho d'água-Ipanema e Santa Terezinha-Riviera, enquanto que nos trechos Pontal do Sul-Shangri-lá, Ipanema e Santa Terezinha-Riviera, o risco à erosão foi baixo (Figuras 8B). Apesar da distribuição setorizada entre diferentes tipos de sangradouros, as áreas de acreção ou erosão na linha de costa não mostraram uma proporcionalidade evidente.

A figura 9A mostra a grande extensão da pós-praia entre Pontal do Sul e Praia de Leste, e a partir de Praia de Leste até Caiobá sua extensão começa a diminuir. A variação da linha de costa indica pequenos trechos com recuo, como Shangri-lá, Ipanema, Riviera-Praia Central e Praia Mansa, enquanto o restante da área apresenta acreção da linha de costa.

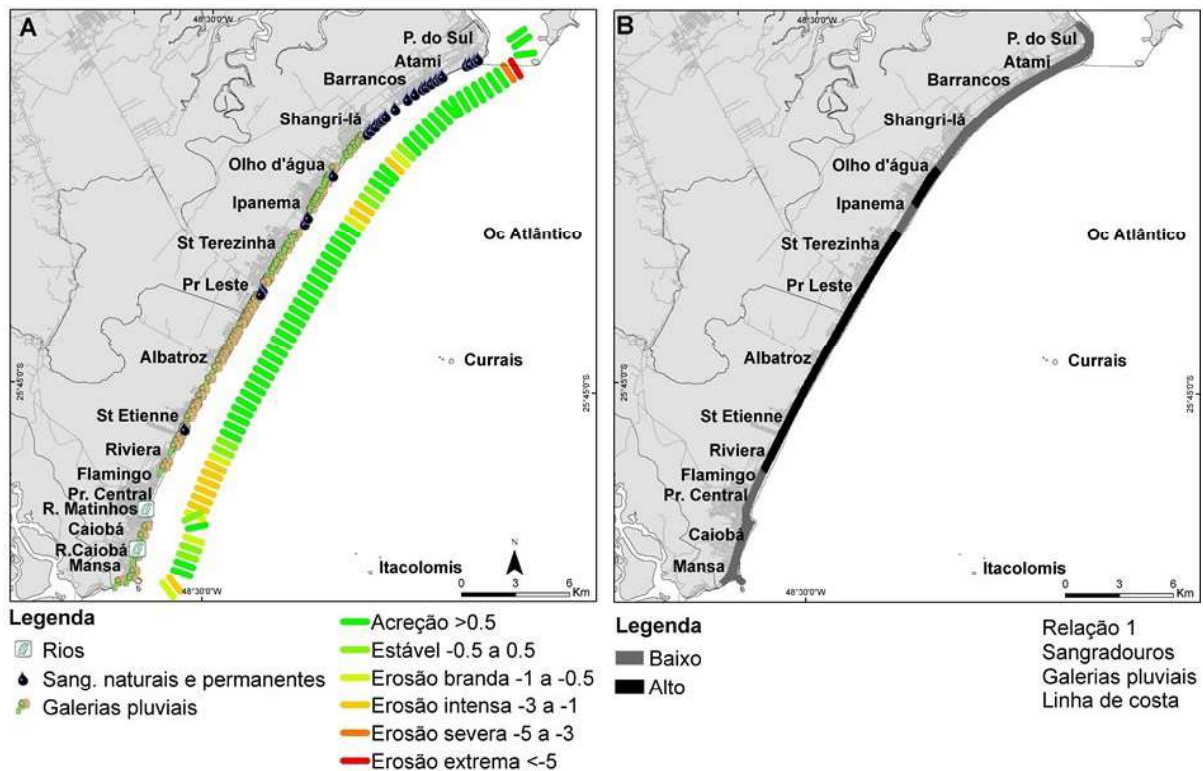


Figura 8 - Mapa de distribuição dos indicadores (A) e a disposição espacial dos resultados (B) considerados na Relação 1.

As convergências de transporte apresentaram alternância na orla. Foram observadas convergências nos Balneários Shangri-lá, Ipanema e Riviera, que são trechos erosivos crônicos na costa, enquanto que o oposto ocorreu em Barrancos, Santa Terezinha e Santa Etienne, onde as divergências estão associadas a zonas de acreção entre 1953 e 2016. Assim, a R2 (largura da pós-praia, vetores de transporte e variação da posição da linha de costa) classificou pequenos segmentos dos Balneários Pontal do Sul e Olho D'água, e o trecho Albatroz-Mansa com risco alto à erosão, onde coincidiram linhas de costa com erosão crônica e a pequena largura do pós-praia, apesar da convergência dos vetores de tendência de transporte sedimentar. No restante da área de estudo houve o predomínio de baixo risco, evidenciado pela largura da pós-praia e do processo resultante de acreção da linha de costa (Figura 9B).

No entanto, como já mencionado anteriormente, ainda não é possível estabelecer uma relação entre as zonas de divergência e convergência das células de deriva e as zonas de erosão e deposição de sedimentos com apenas uma amostragem, pois segundo Souza (2007) e Souza *et al.* (2018) o estabelecimento de um padrão de circulação costeira somente pode ser obtido a partir de um monitoramento da praia em diferentes condições meteo-oceano-gráficas.

A figura 10A indica a distribuição dos sangradouros, a extensão da largura da pós-praia e a variação da posição da linha de costa, conforme já descrito nas relações R1 e R2.

Quando considerados estes três indicadores observa-se que apesar da grande extensão da pós-praia, as taxas de recuo foram determinantes na classificação de alto risco no Balneário Olho D'água, onde ocorre um dos sangradouros naturais e perenes. Comparativamente, o mesmo tipo de sangradouro ocorre no Balneário Barrancos, mas a posição da linha de costa revelou acreção ou estabilidade no período de 1953-2016, sendo a classificação de baixo risco. No trecho Albatroz-Caiobá a largura da pós-praia é reduzida e apesar de ocorrer oscilações entre tendências de erosão e acreção, o risco é alto. Portanto, na R3 a região dos Balneários Santa Etienne, Riviera e Caiobá demonstraram alto risco à erosão, assim como a área entre os Balneários Olho D'água e Ipanema. Entre estes últimos há grande concentração de sangradouros e a variação da linha de costa teve tendência erosiva. Nos outros balneários classificados com alto risco, o contexto difere, pois a largura da pós-praia foi mais estreita e a linha de costa teve recuo ao longo dos anos (Figura 10B).

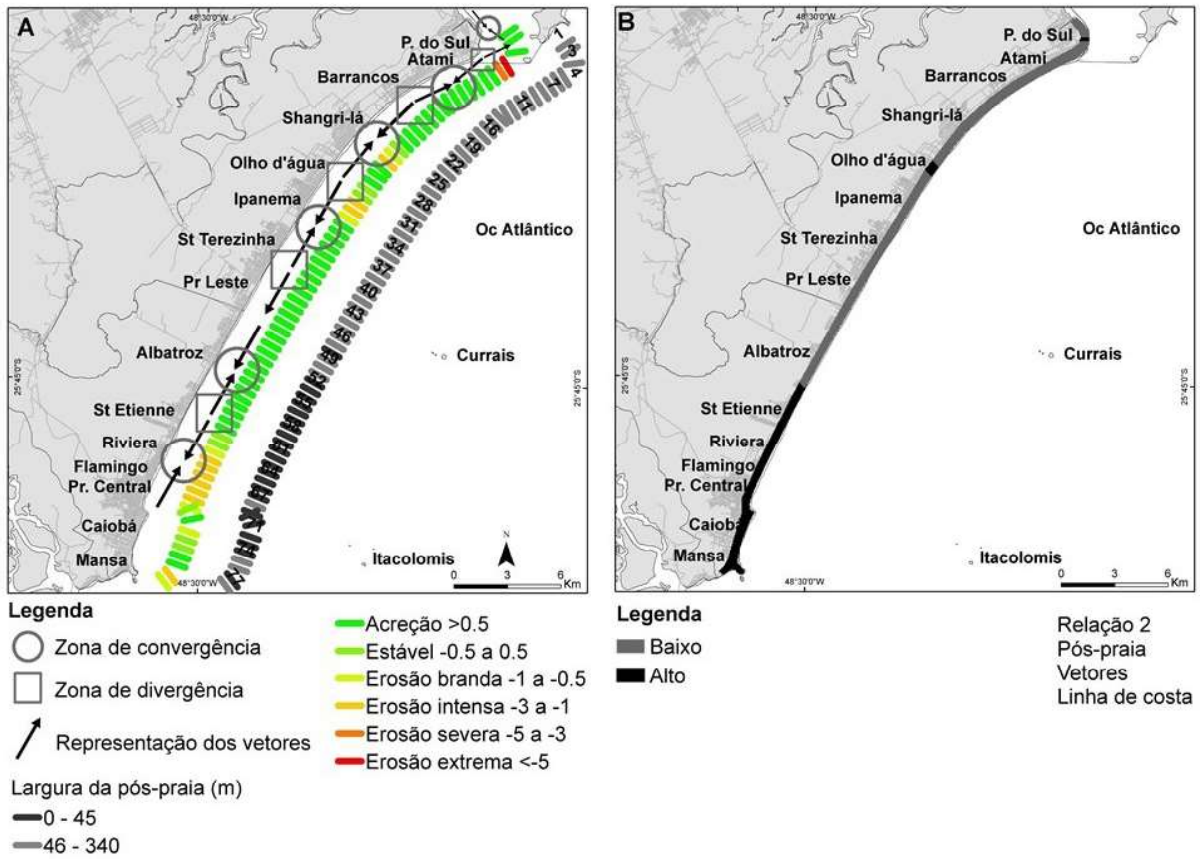


Figura 9 - Mapa de distribuição dos indicadores (A) e a disposição espacial dos resultados (B) considerados na Relação 2.

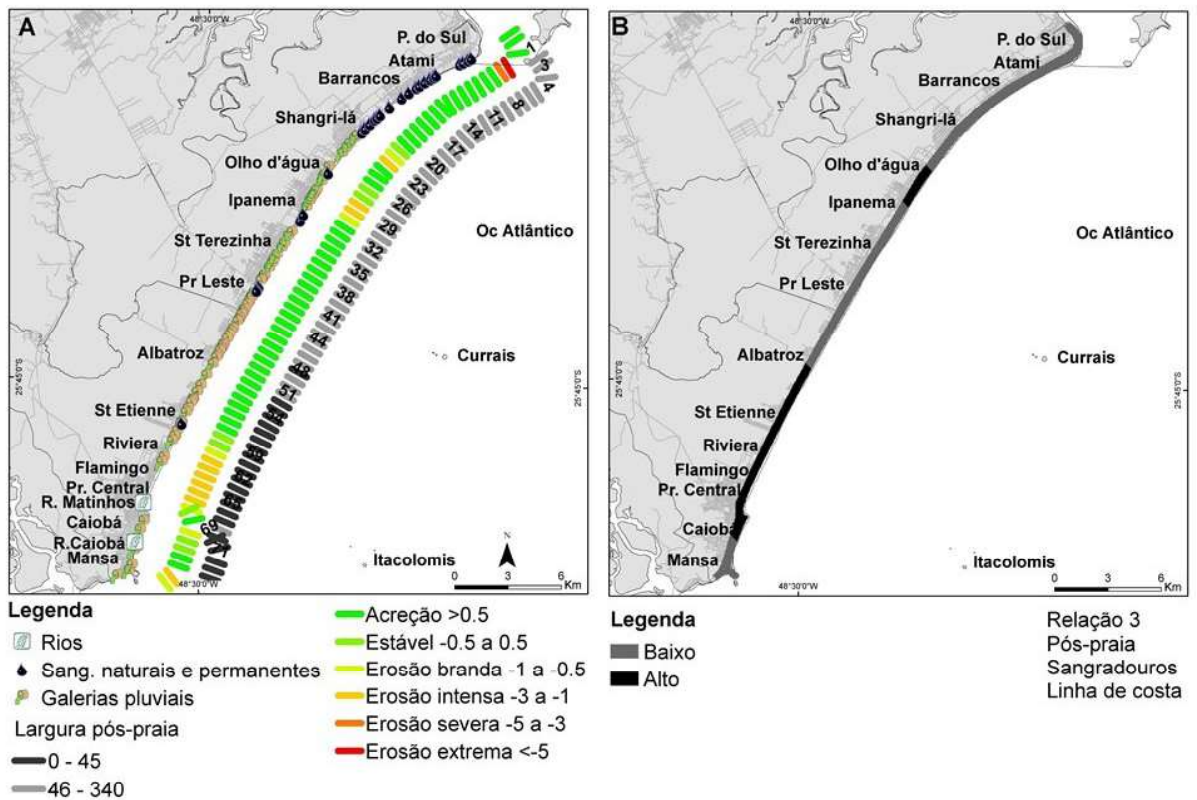


Figura 10 - Mapa de distribuição dos indicadores (A) e a disposição espacial dos resultados (B) considerados na Relação 3.

Na R4 (média ponderada entre os indicadores), os trechos Olho D'água-Ipanema, no Balneário Santa Terezinha e Albatroz -Caiobá foram classificados com alto risco à erosão. No trecho Albatroz-Caiobá ocorreram as menores larguras da pós-praia, ou mesmo sua inexistência em determinados locais associadas ao recuo crônico da linha de costa. Adicionalmente, são observadas 2 convergências de vetores de tendência de transporte costeiro e uma redução

notável da ocorrência dos sangradouros e das galerias de escoamento de água pluvial. No trecho Olho D'água- Ipanema e no Balneário Santa Terezinha a largura da pós-praia é maior e há concentração de sangradouros e de galerias. Por sua vez, a posição da linha de costa apresentou estabilidade-erosão-acreção em um setor caracterizado como de transporte, entre uma zona de divergência e outra de convergência de vetores (Figura 11).

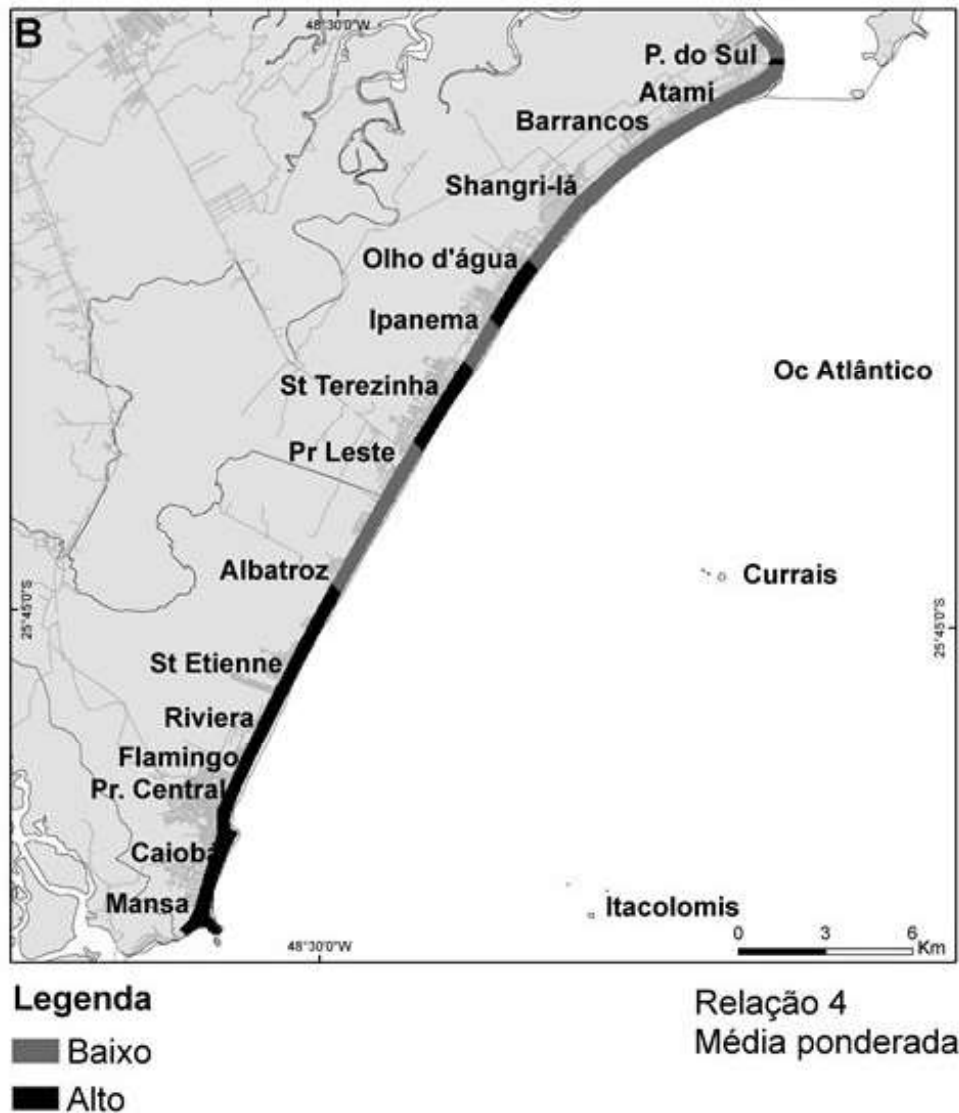


Figura 11 - Mapa de risco à erosão costeira considerando a média ponderada entre as variáveis (R4).

Síntese das relações R1, R2, R3 e R4.

A partir da análise das relações foi possível verificar que R1 e R2 não podem ser consideradas representativas, pois apontaram discrepâncias entre os resultados e evidências de campo. Neste sentido, merecem destaque os seguintes resultados: na R1 (concentração dos sangradouros, galerias pluviais e a variação da linha

de costa) o trecho correspondente ao Balneário Riviera foi classificado como de baixo risco à erosão, porém apresenta processos erosivos acentuados; na R2 (largura da pós-praia, vetores de tendência de transporte e variação da posição da linha de costa) toda a extensão de Caiobá foi classificada como de alto risco, mas o trecho sul se apresenta em avanço. Angulo (1993) menciona

que Caiobá apresenta dois comportamentos da linha de costa distintos, nos quais ao norte há erosão e ao sul há predomínio de acreção. Portanto, o trecho ao sul não pode ser considerado de alto risco.

A R3 pode ser considerada a mais representativa, pois os trechos em que a largura da pós-praia foi ≤ 45 m e a variação da posição da linha de costa apresenta tendência ao recuo são classificados com alto risco à erosão costeira. No entanto, a área em que se concentra grande parte dos sangradouros foi considerada como de baixo risco à erosão, influenciada pela largura da pós-praia (> 45 m) e pela tendência de progradação da linha de costa. Nesse caso, estes dois últimos indicadores exerceram maior influência na classificação de baixo risco neste trecho.

A R4 Pontal do Sul apresenta tendência ao avanço da linha de costa e apenas um trecho pequeno é classificado com alto risco, onde os vetores de tendência ao transporte de sedimentos divergiram. Os Balneários Olho D'água e Santa Terezinha são classificados com alto risco aos processos erosivos, onde foi identificada alta densidade de sangradouros e a resultante das taxas de variação de LC indica recuo ao longo dos anos. O trecho Albatroz-Caiobá também apresenta alto risco à erosão, pois a largura da pós-praia foi ≤ 45 m, e em alguns pontos a pós-praia está ocupada por edificações e obras costeiras. Portanto, em eventos de tempestades as ondas que chegam à costa têm um maior poder destrutivo, considerando o alto adensamento de construções próximas à orla nessa região. No entanto, o trecho sul ao Balneário Caiobá, apesar de ter sido classificado com alto risco à erosão, apresenta taxas de avanço de LC e a largura da pós-praia é extensa, ultrapassando os 100 m.

Dessa forma, considerando as análises realizadas e à luz das verdades de campo é possível indicar que a R3 se mostrou a mais representativa. Mesmo que, os trechos Santa Etienne- Albatroz e Praia de Leste- Santa Terezinha não apresentem processos erosivos evidentes, é possível que pelos fatores já levantados como a menor extensão da pós-praia, a alta densidade de sangradouros e a tendência de recuo da linha de costa possam representar riscos futuros. Como já demonstrado em pesquisas anteriores (PORTZ *et al.*, 2014; CALLIARI *et al.*, 2010, PEREIRA DA SILVA, 2003) a alta densidade de sangradouros em uma praia tornam estas áreas mais suscetíveis à erosão, principalmente em regiões urbanizadas as edificações e pavimentação das ruas reduz a possibilidade de infiltração, quando ocorre o

direcionamento das águas pluviais para as galerias de escoamento aumentando assim a concentração dos sangradouros artificiais no perfil praia.

Mas, ressalta-se que caso a praia possua tendência ao avanço da linha de costa e a largura da pós-praia seja ampla, a densidade dos sangradouros pode não influenciar no alto risco à erosão costeira.

5. Conclusões

A maior extensão de áreas com baixo risco à erosão costeira está localizada no município de Pontal do Paraná. Já as regiões com baixo risco aos processos erosivos em Matinhos correspondem à parte central de Caiobá até a Praia Mansa, sendo que nestas, a linha de costa tendeu ao avanço crônico e a largura da pós-praia foi extensa.

Por outro lado, aproximadamente 70% do município de Matinhos apresentou (Santa Etienne, Riviera, Flamingo, Praia Central e setor norte da Praia de Caiobá) alto risco à erosão, enquanto Pontal do Paraná apresentou uma região com alto risco à erosão. As áreas com tendência ao recuo se referem aos locais em que largura da pós-praia é menor que 45 m. Este indicador assumiu grande importância na avaliação do risco à erosão, juntamente com a variação temporal da linha de costa, pois quanto maior a extensão da pós-praia menor o risco de perdas socioeconômicas para a população costeira. Assim, a existência de uma faixa não edificada sobre a orla marítima possui grande relevância como zona de amortecimento, em especial quando se consideram as tendências de recuo da linha de costa e os possíveis cenários de elevação do nível do mar e de aumento de eventos extremos.

Os sangradouros desempenham papel importante na dinâmica costeira. No entanto, de acordo com as correlações feitas, áreas onde os sangradouros estão mais concentrados foram consideradas com baixo risco (R1: sangradouros, galerias, linha de costa). Nesta relação a largura da pós-praia e a taxa de variação da anual da linha de costa tiveram maior importância. Além disso, deve-se salientar a escala temporal, considerando que os sangradouros antrópicos dependem de fatores pluviométricos para sua formação.

A R3 foi a relação que se mostrou mais aplicável na área de estudo e condizente com as áreas notadamente com problemas erosivos.

O indicador “vetores de transporte sedimentar” não se mostrou efetivo na avaliação do risco à erosão, uma vez que, o comportamento das células de deriva encontrado retrata apenas condições específicas relacionadas ao período das coletas e não o padrão de transporte das praias. Para o aprimoramento da metodologia recomenda-se um monitoramento mensal ou anual e em diferentes condições de tempo. No entanto, este indicador não invalida os resultados encontrados, considerando que as melhores classificações de risco apontadas não consideram este indicador (Relação 3) ou quando considerada o peso atribuído foi menor em relação aos outros indicadores avaliados. (Relação 4).

Dessa maneira, conclui-se que a abordagem metodológica aqui apresentada contribuiu para nortear os estudos voltados para esta temática, considerando a escassez de trabalhos que abordem risco à erosão costeira no litoral paranaense. Além disso, os resultados poderão ser utilizados para tomada de decisão por parte dos gestores públicos no planejamento da zona costeira paranaense. Cabe ressaltar que a metodologia apresentada deve ser aprimorada, por meio da inclusão de mais dados de monitoramento de campo por períodos mais longos, a exemplo de dados de ondas e dados pluviométricos, entre outros; podendo realizar ajustes nas relações entre os indicadores a serem aplicado em outras praias, contribuindo para o avanço da pesquisa na região costeira.

Agradecimentos

Agradecemos à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior- Brasil (Capes) pela concessão da bolsa de mestrado no período de 2015 a 2017. Além disso, agradecemos ao revisor(a) pelas importantes contribuições para a melhoria deste artigo.

Referências Bibliográficas

ANGULO, R.J. **Geologia da planície costeira do Estado do Paraná**. Tese (Programa de Pós-graduação em Geologia Sedimentar). Instituto de Geociências, USP, São Paulo. 1992. 335p.

ANGULO, R. J. Variações na configuração da linha de costa no Paraná nas últimas quatro décadas. **Boletim Paranaense de Geociências**, Curitiba, n.41, p.52-72, 1993.

ANGULO R. J. Morphological characterization of the tidal deltas

on the coast of the State of Paraná. **Anais... Academia Brasileira de Ciências**. São Paulo 71(4-II).1999. p.935-959.

ANGULO, R. J. As praias do Paraná: problemas decorrentes de uma ocupação inadequada. **Revista Paranaense de Desenvolvimento**, Curitiba, n° 99, p. 97-103.2000.

ANGULO R. J. & ANDRADE J. J. Viabilidade de controle de erosão nas praias de Caiobá e Guaratuba. **Ipardes**, Curitiba,65 p.1981.

ANGULO, R.J.; ARAÚJO, A.D. Classificação da costa paranaense com base na sua dinâmica, como subsídio à ocupação da orla litorânea. **Boletim Paranaense de Geociências**, Curitiba, v. 44, p. 7-17. 1996.

ANGULO, R.J.; SOUZA, M.C.de; MUELLER, M.E.J.; NOERBERG, M.A.; SOARES, C.R.; BORZONE, C.A.; MARONE, E.; QUADROS, C.J.de L.(2006). Paraná. In: MUEHE, D. **Erosão e progradação do litoral brasileiro**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente.p.349-400.

AMB-PLANEJAMENTO AMBIENTAL E BIOTECNOLOGIA LTDA. (2010). **Relatório de Impacto Ambiental-RIMA das obras de recuperação da Orla marítima de Matinhos, Paraná**.Curitiba.373p.

ANGULO, R.J.; SOUZA, M.C.de; MUELLER, M.E.J.; NOERBERG, M.A.; OLIVEIRA, L.H.S de, SOARES, C.R.; BORZONE, C.A. Paraná. In: MUEHE, D. (2018). **Panorama da Erosão Costeira no Brasil**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente.p.588-635.

BIGARELLA, J.J; BEKER, R.D.; DE MATOS, D.J.; WENER, A. **A Serra do mar e a porção oriental do estado do Paraná. Um problema de segurança ambiental e nacional (contribuição à geografia, geologia e ecologia regional)**. Governo do Estado do Paraná, Secretaria de Estado do Planejamento – Associação de Defesa e Educação Ambiental (ADEA). Curitiba. 1978. 248p.

BIO, A., BASTOS, L., GRANJA, H., PINHO, J.L.S., GONÇALVES, J.A., HENRIQUES, R., MADEIRA, S., MAGALHÃES, A., & RODRIGUES, D. 2015. Methods for coastal monitoring and erosion risk assessment: two Portuguese case studies. **Revista de Gestão Costeira Integrada/ Journal of Integrated Coastal Zone Management**. v. 15, n.1, p.47-63. 2015. DOI: 10.5894/rgci490.

BIRD, E. **Coastal geomorphology: an introduction**. John Wiley & Sons Ltd. 2ed. West Sussex, Inglaterra.2008.436p.

BIRD, E. C. F. **Coastline changes: A Global Review**. Wiley, Chichester.1985.219p.

- BOAK, E.H.; TURNER, I.L. Shoreline definition and detection: a review. **Journal of Coastal Research**. v.21, n.4, p.688–703. West Palm Beach (Florida).2005.
- BUSH, D. M.; NEAL, W.; YOUNG, R.; PILKEY, O. Utilização de geoindicadores para rápida avaliação de risco costeiro e mitigação. **Ocean and Coastal Management**, v.42, n.8, p.647-670, 1999. DOI:[https://doi.org/10.1016/S0964-5691\(99\)00027-7](https://doi.org/10.1016/S0964-5691(99)00027-7).
- CALLIARI, L.J.; GUEDES, R.M.C.; PEREIRA, P.S.; LÉLIS, R.F.; ANTIQUEIRA, J.A.; FIGUEIREDO, S.A. Perigos e riscos associados a processos costeiros no litoral sul do Brasil (RS): Uma Síntese. **Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology**. v.14, n.1. p. 51-63.2010. DOI: <https://doi.org/10.14210/bjast.v14n1.p51-63>.
- CALLIARI, L.J., PEREIRA DA SILVA, R. Erosion Processes Associated to Storm Surge and Washout Along the South Brazilian Coastline. **Journal of Coastal Research**, v.26, p.1-7.1998.
- CASTRO, J.W.A.; FERNANDES, D.; DIAS F.F. Monitoramento do processo de erosão costeira na praia das Tartarugas, Rio das Ostras - Estado do Rio de Janeiro / Brasil: Aplicação de metodologia quantitativa. **Revista de Gestão Costeira Integrada / Journal of Integrated Coastal Zone Management**. v.11, n.1, p.355-368.2011. DOI:10.5894/rgci276.
- COMERLATO, T., LAMOUR, M.R., SILVEIRA, C.T da. Mapeamento Digital de Formas de Relevo no Ambiente Costeiro no Paraná. **Caminhos de Geografia**. Uberlândia. v. 21, n. 73. p. 477-49. Mar/2020. DOI: <https://doi.org/10.14393/RCG217349608>.
- CHANG, Y.H., SCRIMSHAW, M.D., LESTER, J.N. A revised grain-size trend analysis program to define net sediment transport pathways. **Computers & Geosciences**, v. 27, p.109-114, 2001. DOI: 10.1016/S0098-3004(00)00065-0.
- CHENG, P.; GAO, S.; BOKUNIEWICZ, H. Net sediment transport patterns over the Bohai Strait based on grain size trend analysis. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**. v.60, p.203-212.2004. DOI: 10.1016/j.ecss.2003.12.009.
- DAL CIN, R.; SIMEONI, U.A Model for determining the classification, vulnerability and risk in the southern coastal zone of the Marche (Italy). **Journal of Coastal Research**. v.10. p.18-29. 1994. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/4298189>. Acesso em abril 2016.
- DOLAN, A. H., AND I. J. WALKER. Understanding Vulnerability of Coastal Communities to Climate Change Related Risks. **Journal of Coastal Research**, 2006, Special Issue N. 39. Proceedings of the 8th International Coastal Symposium (ICS 2004). V.III. p. 1316–1323., Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/25742967>. Acesso em: abril 2016.
- ESRI- Environmental Systems Research Institute. ARCGIS. 9.2 desktop help. ESRI, Redlands, CA. ArcGIS, v. 9, 2008.
- FIGUEIREDO, S. A de; CALLIARI, L. J. Sangradouros: distribuição espacial, variação sazonal, padrões morfológicos e implicações no gerenciamento costeiro. Porto Alegre: **Gravel**. n.3, p.47-57. 2005.
- FIGUEIREDO, S.; COWELL, P.; SHORT, A. Intermittent back-beach discharge to the surfzone: Modes and geomorphologic implications. **Journal of Coastal Research**. (Proceedings of the 9th International Coastal Symposium). v. 50, p.610 – 614, Gold Coast, Australia, ISSN 0749.0208. 2007.
- FOLK, R.L.; WARD, W.C. Brazos river bar: A study in the significance of grain size parameters. **Journal of Sedimentary Petrology**, v.27, n.1, p.3-27,1957.
- GORNITZ V.M. DANIELS R.C., WHITE T.W., BIRDWELL K.R. The Development of a Coastal Risk Assessment Database: Vulnerability to Sea Level Rise in the U.S. Southeast. **Journal of Coastal Research**. SI, v.12, p.327-338.1992.
- HARVEY, N.; CLOUSTON B.; CARVALHO P. Improving coastal vulnerability assessment methodologies for integrated coastal zone management: an approach from South Australia. **Australian Geographical Studies**, v. 37, n.1, p.50-69, 1999. DOI: 10.1111/1467-8470.00065.
- HILL, S.H.; MCLAREN, P. A comparison between log hyperbolic and model-independent grain size distributions in sediment trend analysis (STA®). **Journal of Coastal Research**, v.17, n.4, p.931-935. 2001
- IAT. Instituto Água e Terra. **Fotografias aéreas-Litoral**. Disponível em: <http://www.iat.pr.gov.br/>. Acesso em: abril. 2016.
- KOERNER, K.F; OLIVEIRA, U.R; GONÇALVES, G. Efeito de estruturas de contenção à erosão costeira sobre a linha de costa: Balneário Hermenegildo, Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista da Gestão Costeira Integrada**, Lisboa, v.13, n.4, p.457-471.2013. DOI: 10.5894/rgci405.
- LAMOUR, M.R.; ANGULO, R.J.; SOARES, C.R. Bathymetric evolution of critical silting sectors on Galheta channel, access way to Paranaguá port, Paraná State – Brazil. **Journal of Coastal Research**, v.23, p.49-58. 2006.
- LAMOUR, M. R.; SOARES, C. R. (2008). A “Barra de Paranaguá” e a Evolução Batimétrica do delta de maré vazante na Desembocadura do Complexo Estuarino de Paranaguá (PR). In E. B. Boldrini, C. R. Soares, & E. V. D. Paula (Eds.), **Draga-**

- gens Portuárias no Brasil: Engenharia, Tecnologia e Meio Ambiente.** (p. 69-87). Antonina: ADEMADAN /UNIBEM / Secretaria de Ciência e tecnologia para Inclusão social.
- LIANG, J., LIU, J., XU, G, CHEN, B. Grain-size characteristics and net transport patterns of surficial sediments in the Zhejiang nearshore area, East China Sea. **Oceanologia** v.62, n.1, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.oceano.2019.06.002>.
- LINDROTH, G. 1982. Praia Mansa de Caiobá: um modelo em recuperação e proteção contra a erosão marinha. Curitiba: **EMOPAR**. 18p.
- LINS DE BARROS, F. M.; MUEHE, D. Avaliação local da vulnerabilidade e riscos de inundação na zona costeira da Região dos Lagos, Rio de Janeiro. **Quaternary and Environmental Geosciences** v. 2(1). p.55-66. 2010. DOI:<http://dx.doi.org/10.5380/abequa.v2i1-2.14106>.
- LUIJENDIJK, A., HAGENAARS, G., RANASINGHE, R., BART, F. DONCHYTS, G., AARNINKHOF, S. The State of the World's Beaches. **Scientific Reports**. v. 8.2018. DOI: 10.1038/s41598-018-24630-6.
- MARONE, E.; MANTOVANELLI, A.; NOERNBERG, M.A.; KLINGENFUSS, M.S.; LAUTERT, L.F.C.; PRATA JUNIOR, V.P. 1997. **Caracterização física do complexo estuarino da Baía de Paranaguá**. Relatório consolidado do convênio APPA/CEM. Pontal do Sul: UFPR.
- MAZZER, A.M; DILLENBURG, S.R. SOUZA, C.R de G. Proposta de método para análise de vulnerabilidade à erosão costeira no sudeste da ilha de Santa Catarina, Brasil. **Revista Brasileira de Geociências**. v.38, n. 2, p.278-294. 2008.
- McLAREN, P.; BOWLES, D. The effects of sediment transport on grain-size distributions. **Journal of Sedimentary Petrology**. v 55, p.457-470,1985.
- MENEZES, A, F.; PEREIRA, P. de S.; GONÇALVES, R. M.; ARAÚJO, T.C. M. de; SOUZA, P. H. G. de O. Análise da vulnerabilidade à erosão costeira através de geoindicadores nas praias de Piedade e Paiva (PE), Brasil. **Geociências**, São Paulo, UNESP, v. 37, n. 2, p. 455 - 465, 2018.
- MEUR-FÉREC, C.; DEBOUDT, P.; MOREL, V. Coastal Risks in France: An Integrated Method for Evaluating Vulnerability. **Journal of Coastal Research**. West Palm Beach. v.24, n.4B, p.178-189. 2008. Disponível em: <<https://www.jstor.org/stable/30138756>>. Acesso em: set. 2016.
- MMA- Ministério do Meio Ambiente. **Plano de Intervenção na Orla Marítima de Pontal do Paraná— Projeto Orla**. Pontal do Paraná. 2006. 65p.
- MODARRES, M. **Risk Analysis in Engineering: Techniques, Tools and Trends**. CRC/ Taylor & Francis.2006.401p.
- Morton, R. A. Factors Controlling Storm Impacts on Coastal Barriers and Beaches: a preliminary basis for near real-time forecasting. **Journal of Coastal Research**, v.18, n. 3, 2002, p. 486–501.
- Morton, R. A. Factors Controlling Storm Impacts on Coastal Barriers and Beaches: a preliminary basis for near real-time forecasting. *Journal of Coastal Research*, v.18, n. 3, 2002, p. 486–501. Disponível em:< <https://www.jstor.org/stable/4299096>>. Acesso em: 25 março 2020.
- MUEHE, D. **Erosão e Progradação do Litoral Brasileiro**. 2ª ed. Brasília: Ministério do Meio Ambiente.2006.476p.
- MUEHE, D. **Panorama da Erosão Costeira no Brasil**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos e Qualidade Ambiental, Departamento de Gestão Ambiental Territorial.2018.759p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL- NCR. **Managing wastewater in coastal urban areas**. National Academy Press, 478p., Washington, D.C., U.S.A. 1993.478p.
- NEMES, D. MARONE, E. Caracterização das ondas de superfície na plataforma interna do Estado do Paraná. **Boletim Paranaense de Geociências**. v.68-69, p.12-25, 2013.
- NOVAK, L.P; LAMOUR, M.R. ; CATTANI, P.E. Vulnerabilidade aos processos erosivos no litoral do Paraná estabelecida pela aplicação da análise multicritérios. **Rae'ga- O espaço geográfico em análise**. UFPR-Curitiba. v.38, p.195-218.2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/raega.v38i0.42955>.
- PAYO, A; HALL, J.; FRENCH, J.; SUTHERLAND, J.; NICHOLLS, R. Geomorphic State Indicators for coastal management over decades and longer time scales. Preprint. 2018. DOI: 10.13140/RG.2.2.27099.05923.
- PEREIRA DA SILVA, R.; CALLIARI, L.J.; TOZZI, H.A.M. The influence of washouts on the erosive susceptibility of Rio Grande do Sul between Cassino and Chuí beaches, Southern Brazil. **Journal of Coastal Research**, SI 35, p.332-338.2003.
- PEREIRA, C.; COELHO, C. Mapping erosion risk under different scenarios of climate change for Aveiro coast, Portugal. **Natural Hazards**. v.39, p.1033-1050, 2013. DOI:10.1007/s11069-013-0748-1.
- PIERRI, N.; ANGULO, R.J.; SOUZA, M.C., KIM, M.K. A ocupação do solo no litoral paranaense: condicionantes, conflitos e tendências. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, Curitiba: UFPR, v.13. p.137-167. 2006. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/dma.v13i0.9849>.

- PORTOBRÁS- Empresa de Portos do Brasil S.A. 1983. **Relatório de apresentação das medições meteorológicas observadas em Pontal do Sul, Paranaguá-PR, período set 1982 a dez. 1986.** Rio de Janeiro, INPH. 189p.
- PORTZ, L.; ROCKETT, G.; FRANCHINI, R.; MANZOLLI, R.; GRUBER, N. Gestão de dunas costeiras: o uso de sistema de informações geográficas (SIG) na implantação de planos de gestão no litoral do Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista de Gestão Costeira Integrada** v. 14, p. 517-534. 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.5894/rgci445>.
- QUADROS, C.J.L. **Variações morfológicas e volumétricas associadas à incidência de sistemas frontais em duas praias arenosas do litoral paranaense.** Dissertação (Mestrado em Geologia) -UFPR, Curitiba. 57p. 2002.
- QUADROS, C. J. L.; MARONE, E. ; ANGULO R. J. ; MARTINS, G. J. ; NETTO JR., J. P. B. . Dinâmica morfosedimentar associada à incidência de sistemas frontais em duas praias do litoral paranaense. **Boletim Paranaense de Geociências**, v. 60/61, p. 65- 74. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/geo.v60i0.11086>.
- ROSA, L. C.; BORZONE, C. A. Uma abordagem morfodinâmica na caracterização física das praias estuarinas da Baía de Paranaguá, sul do Brasil. **Revista Brasileira de Geociências**, v.38, n.2, p.237-245.2008.
- SAMPAIO, R. Ocupação das Orlas das Praias Paranaenses pelo Uso Balneário. **Desenvolvimento e Meio Ambiente** (UFPR), v. 13, p. 169-186, 2006. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/dma.v13i0.9850>.
- SANTOS FILHO, J.R.; LAMOUR, M.R.; FIGUEIREDO, A.G. Avaliação geoambiental das formas de relevo da plataforma continental da região centro-sul da Bacia de Santos. **Submetido à Revista Brasileira de Geomorfologia** em 2 outubro de 2019.
- SOARES, C.R.; PARANHOS FILHO, A.C.; SOUZA, M. C de; BRANCO, J.C.; FABIANOVICZ, R.; PRAZERES FILHO, H.J dos.; KOGUT, J.S. Variações da linha de costa no balneário Pontal do Sul (PR) no período 1953-1993: um balanço sedimentar. **Boletim Paranaense de Geociências**, n.42, p.161-171.1994.
- SOARES, C. R. ; BORZONE, C. A. ; SOUZA, J. R. B. Variações morfológicas e sedimentológicas ao longo de um ciclo anual numa praia arenosa no sul do Brasil. **Oecologia Brasiliensis**, Rio de Janeiro, v. 3, p. 245-258, 1997.
- SOUZA, C.R.de.G. Determination of Net Shore-Drift Cells Based on Textural and Morphological Gradations along Fore-shore of Sandy Beaches. **Journal of Coastal Research**. SI 50 (Proceedings of the 9th International Coastal Symposium), Gold Coast, Australia, 2007.
- SOUZA, C.R de G. A erosão costeira e os desafios da gestão costeira no Brasil. **Revista de Gestão Costeira Integrada**. n.9. p. 17-37. 2009.
- SOUZA, C.R de G., SOUZA FILHO, P.W.M., ESTEVES, S.L., VITAL, H., DILLENBURG, S.R., PATCHINEELAM, S.M. & ADDAD, J.E. (2005). Praias Arenosas e Erosão Costeira. In: C.R. de G. SOUZA, K. SUGUIO, A.M. SANTOS & P.E. Oliveira (eds.), **Quaternário do Brasil**. Holos Editora, Ribeirão Preto, SP, Brasil. (ISBN-10: 8586699470). p.130-152.
- SOUZA, C.R de G. Coastal erosion risk assessment, shoreline retreat rates and causes of coastal erosion along the state of São Paulo coast, Brazil. **Revista Pesquisas em Geociências**, v.28, n.2, p. 459-474.2001. DOI: 10.22456/1807-9806.20320..
- SOUZA, P. E; NICOLODI, J. L. Coastal Vulnerability Assessment using geoindicators: case study of Rio Grande do Sul coastline. **Brazilian Journal of Oceanography**, São Paulo, v. 64, n. 3, p. 309-322, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1679-87592016124106403>.
- SOUZA, C.R. de G., SUGUIO, K. The coastal erosion risk zoning and the State of São Paulo Plan for Coastal Management. **Journal of Coastal Research**. Special Issue 35, p. 530-547.2003. (ISSN: 0749-0208).
- SOUZA, C.R. de G; SOUZA, A.P; GOUVEIA, M.L. Identificação de processos sedimentares em praias por meio da variabilidade temporal de células de deriva litorânea. In: VII Congresso Latinoamericano de Sedimentologia – XV Reunión Argentina de Sedimentologia, **Anais...**Santa Rosa, Argentina 2016, p.160. Libro de Resúmenes. ISBN: 978-987-42-2083-7. (<http://redid.exactas.unlpam.edu.ar/xmlui/bitstream/handle/2013/201/VII%20CLS%20-%20XV%20RAS%20>).
- SOUZA, C.R de G., GOUVEIA, M.L., SOUZA, A, P. Dinâmica sedimentar da praia de Santos (São Paulo): correlação entre volume sedimentar, células de deriva litorânea e processos associados. In: II Simpósio Brasileiro sobre Praias Arenosas – II SBPA XI Encontro Nacional de Gerenciamento Costeiro – XI ENCOGERCO, 2018. Florianópolis-SC, **Anais...**https://www.google.com/search?rlz=1C1VASM_enBR529BR529&sxsrf=ALeKk02aF1M5XcEPOCWM6k3YwO7d2wmIIA:1603906679288&q=www.gov.br+%E2%80%BA+pt-br+%E2%80%BA+anais-ii-sbpa-e-xi-encogerc+2018-1&spell=1&sa=X&ved=2ahUKewiqqvz-6dfsAhUsIbkGHYGADeQQBSgAegQIBRAu.
- STELLFELD, M.C.; PASSOS, E. Variação da linha de costa e aspectos socioeconômicos da Praia Brava, Matinhos-PR. **Gaia Scientia**, v.12, n.2, 2018,p.187-201.
- SUTHERLAND, J. (2010) **Guidelines on Beach Monitoring for Coastal Erosion**. Concepts and Science for Coastal Erosion Management. 30p. Disponível em: < <http://www.conscience-eu.net/documents/deliverable15-guidelines-on-beach-monitoring-for-coastal-erosion.pdf>> . Acesso em julho 2020.
- THIELER, E.R.; HIMMELSTOSS, E.A.; ZICHICHI, J.L.;

ERGUL, A. **Digital shoreline analysis system (DSAS) version 4.0- An ArcGIS extension for calculating shoreline change:** U.S. Geological Survey Open-File Report.2009.

.TURNER, R.K. & ADGER, W.N. **Coastal zone resources assessment guidelines.** LOICZ (Land- Ocean Interactions in the Coastal Zone), LOICZ Reports & Studies n° 4., Texel, Holanda. 1996.101p.

VEIGA, F. A.; ANGULO R. J.; MARONE E.; BRANDINI F. P. Características sedimentológicas da plataforma continental interna rasa na porção central do litoral paranaense. **Boletim Paranaense de Geociências.** Curitiba. v.55. p.67-75. 2004. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/geo.v55i0.4285>.