

Análise das Condições Meteoceanográficas em Eventos de Ressaca do Mar no Litoral do Estado do Rio de Janeiro, Brasil no Período de 1948 a 2008

Analysis of Meteoceanographic Conditions in Storm Surges Events of the Coast of the State of Rio de Janeiro, Brazil between 1948 and 2008

Rafael de França Lima¹ , Flavia Moraes Lins-de-Barros¹  & Mauro Cirano² 

¹Universidade Federal do Rio de Janeiro, Departamento de Geografia, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

²Universidade Federal do Rio de Janeiro, Departamento de Meteorologia, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

E-mail: rafaelfona4@gmail.com; flaviamlb@igeo.ufrj.br; mauro.cirano@igeo.ufrj.br

Resumo

As ressacas do mar podem ser compreendidas como fenômenos de sobrelevação do nível do mar de origem astronômica e meteoceanográfica que, somados à ação das ondas, geram efeitos e impactos no litoral, podendo resultar em danos e prejuízos. Considerando a forte incidência deste fenômeno no Brasil, este artigo tem como objetivo analisar os eventos de ressaca do mar que ocorreram no estado do Rio de Janeiro, no período de 1948 a 2008, a partir de duas perspectivas: a primeira de âmbito geral, caracterizando o estado de mar, a frequência, a sazonalidade e a correlação com os fenômenos El Niño/La Niña dos eventos para todo o litoral do estado; e a segunda, destacando dois eventos de ressaca que merecem atenção especial pela quantidade de locais que sofreram danos. Matérias de jornais sobre eventos de ressaca foram correlacionados com dados de reanálise de ondas do modelo Wavewatch III, dados de maré astronômica e de reanálise de maré meteorológica do SMC-Brasil. Além disso, estes eventos também foram correlacionados com os dados do Índice de Oscilação do Sul (IOS) com o objetivo de compreender a influência ou não dos fenômenos El Niño/ La Niña durante estes eventos. Os resultados indicaram, em eventos de ressaca, uma concentração de ondas no quadrante sul, principalmente de direção SSO, com predomínio de ondas entre 2,5 m a 4,0 m, e períodos de pico mais significativos (120 eventos) compreendidos entre 7 s e 13s. Em relação ao IOS, os resultados indicaram quase a mesma quantidade de ressacas em períodos com a ocorrência de El Niño/La Niña (72 eventos), quando comparado com períodos de neutralidade (68 eventos). Comparando os fenômenos El Niño e La Niña, os resultados indicaram que 44 eventos ocorreram no período de La Niña, enquanto que 28 ocorreram no período de El Niño. Finalmente, os resultados deste artigo apresentaram as características mais significativas dos eventos de ressacas do mar ocorridos no Rio de Janeiro ao longo de 60 anos, reunindo informações importantes para os agentes responsáveis pela gestão dos espaços costeiros.

Palavras-chave: Nível do mar; Ondas; Maré astronômica

Abstract

Storm surges can be understood as phenomena of rising sea level with astronomical and meteoceanographic origins that, added to the action of the waves, generate consequences and impacts on the coast, which can result in damages and losses. Considering the strong incidence of this phenomenon in Brazil, this article aims to analyze the storm surge events that occurred along the state of Rio de Janeiro coast, from 1948 to 2008, based on two perspectives: the first one focused on a general scope, characterizing the sea state, the frequency, the seasonality and the correlation with the El Niño / La Niña phenomena of all events for the entire coast of the state; and the second one, highlighting two events that deserved special attention due to the number of locations affected by each event. Newspaper sources about storm surge events were correlated with NOAA's Wavewatch III wave reanalysis data, astronomical tide data, and meteorological tide reanalysis data, both produced by IH-Cantabria for the Brazilian Coastal Modeling System (SMC project -Brazil). In addition, these events were also correlated with data from the Southern Oscillation Index (SOI) to understand the influence or not of the El Niño/La Niña phenomena during these events. The storm surge events indicated a concentration of waves in the south quadrant, mainly in the SSO direction, with a predominance of waves between 2.5 m and 4.0 m, and more significant peak periods (120 events) between 7 s and 13 s. Regarding the SOI, the results indicated almost the same amount of storm surges events during periods under the influence of El Niño/La Niña (72 events), when compared with periods of neutrality (68 events). Comparing the phenomena El Niño and La Niña, the results indicated that 44 events occurred under La Niña condition, while 28 events occurred under El Niño condition. Finally, the results presented in this article showed the most significant characteristics of the storm surge events that occurred in Rio de Janeiro over 60 years, gathering important information for the agents responsible for the management of coastal spaces.

Keywords: Sea level; Waves; Astronomical tides

1 Introdução

Os eventos de ressaca do mar costumam atrair os olhares dos veículos de informação, como os jornais, os telejornais e os portais de informação na internet (e.g., Dutra et al. 2014; Lins-de-Barros, Zeidan & Lima 2016; Paula et al. 2015). Tal atenção, muitas vezes, está atribuída à percepção das ressacas como um espetáculo da natureza, assim como uma ameaça às populações que habitam as zonas costeiras.

A origem do termo vem da palavra espanhola “resaca”, significando o fluxo e o refluxo das ondas do mar com lançamento de objetos pelas ondas na areia (saca) para, em seguida, trazer ou sugar de volta para o mar (resaca) (Etimologia de “ressaca” n.d.). Uma matéria em um portal da internet (Lucena 2021) discorreu sobre os efeitos de um evento de ressaca do mar na cidade do Rio de Janeiro, em 1908. Este portal apresenta uma cópia de um jornal da época que noticiou o evento ainda com a palavra em espanhol “resaca”: “A resaca ataca o litoral da cidade” (Lucena 2021). Na literatura acadêmica brasileira, Christofolletti (1980) também utilizou a palavra “saca” para referir-se ao fluxo de água arremessado à praia depois da arrebentação.

Ao pensar nos danos provocados por eventos de ressaca, percebe-se que esse termo não surge apenas por sua natureza física, ou seja, de um evento de fluxo e refluxo das ondas, mas também por conta dos efeitos que elas ocasionaram na linha de costa, da repercussão que trouxeram e da percepção que a população tem sobre essas ondas, ou seja, um produto social. Sendo assim, as ressacas possuem uma natureza física (fluxo e refluxo das ondas) e social (efeitos sobre a população). Tal relação foi estudada também por Mattedi & Butzke (2001), onde os autores discutiram as interações entre as dimensões naturais e sociais em função dos danos potenciais e dos desastres.

Com isso, a palavra ganha uma nova dimensão que ultrapassa o seu sentido etimológico, considerando também o elemento social em eventos de ressaca, conforme tratado por Lins-de-Barros, Klumb-Oliveira & Lima (2018), onde, segundo os autores, este conceito não se limita apenas às forças naturais, pois trata-se também de um conceito que permeia os efeitos negativos que ocorrem na linha de costa em interação com as forças naturais. Ainda segundo os autores, as ressacas estão associadas também à acumulação de água na costa gerada por maré meteorológica. Bitencourt, Quadro & Calbet (2002) também associaram o fenômeno ao aumento do nível do mar causado pela elevação da maré astronômica e meteorológica, juntamente com ondas de amplitudes acima do normal.

Logo, ressacas do mar podem ser compreendidas como fenômenos de sobrelevação do nível do mar de origem

astronômica e meteorológica que, somados à ação de ondas geram algum tipo de dano dentre outros impactos sentidos no litoral.

Não só o estado do Rio de Janeiro, como todo litoral brasileiro, ao longo dos anos, passou e vem passando por diversas transformações em seus espaços, resultado do processo de ocupação que, por sua vez, tornam os espaços costeiros mais vulneráveis às ressacas do mar.

A presença de estruturas de engenharia costeira e outras atividades socioeconômicas pode aumentar a vulnerabilidade da costa aos processos oceânicos, como as ressacas, potencializando os riscos de erosão costeira e galgamentos oceânicos (Paula et al. 2015). Isso pode trazer, ainda segundo os autores, consequências, como danos físicos, econômicos, sociais e patrimoniais em núcleos urbanos costeiros.

Além das ressacas, outros fenômenos são capazes de impactar os espaços costeiros como decorrência do processo de ocupação. Segundo o Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (2016), a expansão das cidades sobre as áreas costeiras não considera questões como o risco e exposição da elevação do nível médio do mar e dos extremos meteorológicos, o que ocorre com a maioria das cidades costeiras do Brasil. Tal situação se agrava se considerarmos ainda que fenômenos como tempestades, ciclones extratropicais, tsunamis, terremotos, maremotos, tornados e elevação do nível médio do mar estão sendo cada vez mais frequentes nas zonas costeiras (Maia & Pinheiro 2016).

No estado do Rio de Janeiro, as notícias sobre ressacas do mar não são uma novidade. O jornal O Globo do dia 6 de Abril de 1966 registrou 17 locais impactados por um evento de ressaca, relatando a destruição de casas, lojas e barcos; inundações; mortes, entre outros (Acervo O Globo 1966). A matéria do dia 09 de Outubro de 1971, também do jornal O Globo, registrou uma ressaca que causou a inundação de 400 casas em Barra de Macaé (Acervo O Globo 1971). Estes são apenas alguns exemplos das consequências das ressacas que atingem o litoral do estado do Rio de Janeiro e que também não são recentes no Brasil, demonstrando que não se trata de um fenômeno desconhecido ou apenas vinculado às mudanças ambientais atuais. Como exemplo, em 1541, uma ressaca atingiu a Vila de São Vicente, localizada dentro do atual território do estado de São Paulo, destruindo a Casa da Câmara, a Igreja e o Pelourinho, o que fez com que muitos moradores se transferissem para o povoado do Enguaguaçu, por ser considerado mais seguro (Barbosa, Dias & Cerqueira 2020).

Diante desse cenário, torna-se relevante a realização de estudos sobre fenômenos que são considerados uma ameaça às populações que ocupam os espaços costeiros,

possibilitando a atualização de informações relevantes para o planejamento de uso e ocupação das zonas costeiras. No Rio de Janeiro, alguns estudos sobre as ressacas do mar ganharam destaque, como os trabalhos de Santos, Silva & Salvador (2004) que analisaram a morfodinâmica das praias em eventos de ressaca, bem como as frequências e problemas mais relevantes provocados por estes eventos com o auxílio de arquivos de jornais, no litoral do município de Niterói, no período de 1991 a 2002. Lins-de-Barros, Klumb-Oliveira & Lima (2018) realizaram uma análise histórica das ressacas e danos associados ocorridos no estado do Rio de Janeiro, no período de 1979 a 2013, correlacionando dados de reanálise de ondas com arquivos de jornais. Touceira (2018) caracterizou e mapeou os riscos dos danos causados por ressacas do mar na cidade do Rio de Janeiro, também com o auxílio de jornais, no período de 1990 a 2017.

Diferente dos trabalhos anteriores, este trabalho tem o objetivo de analisar e caracterizar as condições meteorológicas locais e regionais dos eventos de ressaca do mar no estado do Rio de Janeiro, em 60 anos, no período de 1948 a 2008. Foram ainda escolhidos dois eventos de ressaca tendo por base a quantidade de locais noticiados em matérias de jornais que sofreram os impactos decorrentes destes eventos.

2 Metodologia e Dados

2.1 Área de Estudo

A área de estudo compreende o litoral do estado do Rio de Janeiro (Figura 1), com uma extensão de, aproximadamente, 1.188 km, distribuídos entre praias e costões rochosos (Muehe et al. 2018). De acordo com a orientação da linha de costa e com as características geomorfológicas da região, o litoral foi subdividido em dois macrocompartimentos: i) a Baía de Campos, litoral oriental, com direção NNO – SSO e ii) os Cordões Litorâneos, litoral sul, com direção L – O (Muehe, Lima & Lins-de-Barros 2006; Muehe et al. 2018).

Parente (1999) classificou o estado de mar na Baía de Campos de acordo com os padrões de circulação atmosférica da região em quatro categorias: i) bom tempo com swell; ii) bom tempo sem swell; iii) mal tempo com tempestade de SO e iv) mau tempo com tempestade de SE.

De uma forma geral, as condições de bom tempo são influenciadas pelo posicionamento do Anticiclone do Atlântico Sul (ASAS), responsável por ondas com menores alturas e períodos, com predomínio de céu claro e com ventos de direção E-NE (Muehe et al. 2018). Nesta

categoria dominam estados do mar com ventos de N, L e NE, principalmente NE (Pinho 2003).

Padrões de circulação atmosférica que surgem no sul do país, principalmente ciclones ao longo da costa, podem produzir ondas de swell quando se aproximam da Baía de Campos (Parente 1999), caracterizando as condições de bom tempo com swell; já as condições de mal tempo estão associadas à chegada de frente fria com swell de SO seguido de um ciclone extratropical; e mal tempo de SE, quando um anticiclone polar domina a circulação da região após a passagem de uma frente fria (Pinho 2003).

Nascimento (2013) usou as mesmas categorias para classificar o estado de mar da Baía de Santos, que compreende o macrocompartimento cordões litorâneos, no litoral sul do estado do Rio de Janeiro. Todavia, ressaltou que na Baía de Santos é difícil ocorrer condições de bom tempo sem swell. Isso ocorre, segundo a autora, devido ao posicionamento mais ao sul da Baía de Santos que facilita a entrada de ondulações mais distantes geradas ao sul da América do Sul. Por fim, a região enquadra-se no regime de micromaré, com amplitudes abaixo de 2 m (Melo 2017).

2.2 Identificação dos Eventos de Ressaca

A identificação dos eventos de ressaca dividiu-se em duas etapas: na primeira, foi realizada uma caracterização geral das ressacas do mar no litoral do estado do Rio de Janeiro; na segunda, foram escolhidos dois eventos de ressaca para análise. A identificação dos eventos de ressaca para a etapa 1 seguiu a metodologia adotada por Lins-de-Barros, Klumb-Oliveira & Lima (2018); Lima & Lins-de-Barros (2018); e Lima, Lins-de-Barros & Cirano (2019), tendo sido realizada com base em fontes de matérias de jornais, que se encontram digitalizados no portal Acervo O Globo¹. Ressalta-se que vários outros autores recorreram aos jornais como fonte de pesquisa para a produção de conhecimento científico (e.g., Dutra et al. 2014; Paula et al. 2015; Santos, Silva & Salvador 2004; Simó & Horn Filho 2004; Touceira 2018; Vanz & Fernandez 2012). Foram pesquisadas para o presente trabalho as edições no período de 1948 a 2008, totalizando 60 anos. O portal possui ferramentas com possibilidade de filtrar informações para atender aos objetivos do usuário. Uma das ferramentas é a busca por palavras-chave, sendo aplicado nesta pesquisa o termo “ressaca do mar” para identificar as matérias relacionadas aos eventos estudados. Além disso, outras informações foram levantadas, tais como: a data do evento, os locais onde foram registrados os danos decorrentes do evento de ressaca e os tipos de danos ocorridos.

¹ Link do Portal Acervo O Globo: <https://acervo.oglobo.globo.com>.

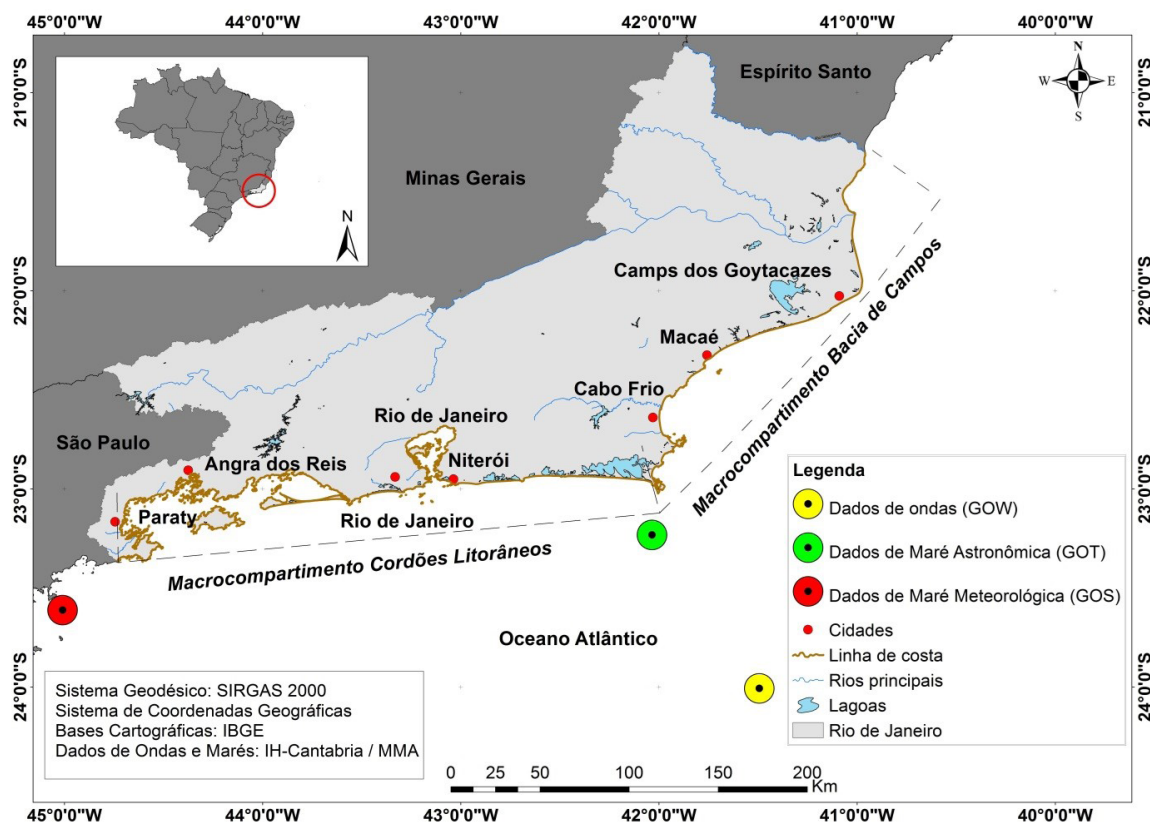


Figura 1 Localização da área de estudo.

2.3 Aquisição dos Dados Metroceanográficos

2.3.1. O Sistema de Modelagem Costeira

Foram utilizados os resultados das saídas de uma reanálise de ondas do IH-Cantabria (Ministério do Meio Ambiente 2018a), simulados numericamente com o modelo *Wavewatch III* e forçados com reanálise atmosférica do *National Centers for Environmental Prediction/National Center for Atmospheric Research (NCEP/NCAR)*, que inclui variabilidade de ventos globais e cobertura do gelo. Esta reanálise cobre um período de 60 anos (1948 - 2008), com saídas em intervalos horários em uma grade horizontal de $0,5^\circ \times 0,5^\circ$, próxima à costa do Brasil (Ministério do Meio Ambiente 2018a). O modelo de ondas, chamado de *Global Ocean Wave (GOW)* faz parte do projeto Sistema de Modelagem Costeira (SMC-Brasil), e, para este trabalho, foi utilizado o ponto de saída de dados de ondas localizado nas coordenadas $24^\circ \text{S}; 41,5^\circ \text{W}$ (Figura 1), onde foram extraídos os parâmetros do maior valor de altura significativa de ondas, direção e período de pico.

Já para os dados de maré astronômica, foi utilizado o modelo chamado de *Global Ocean Tide (GOT)*, que

também é parte integrante do projeto SMC-Brasil. Os dados apresentam intervalo de tempo de 1 hora e resolução espacial de $0,25^\circ$ (Ministério do Meio Ambiente 2018b). Para esta pesquisa, foi escolhido o ponto de saída de dados localizado nas coordenadas $23^\circ \text{S}; 42^\circ \text{W}$ (Figura 1). Os dados de maré meteorológica também procedem de reanálise fazendo parte do SMC-Brasil, com resolução espacial de $0,25^\circ$, sendo chamados de *Global Ocean Surge (GOS)* (Ministério do Meio Ambiente 2018b). Para esta pesquisa foi escolhido o ponto de saída de dados localizado nas coordenadas $23^\circ \text{S}; 45^\circ \text{W}$ (Figura 1). Para maiores detalhes sobre a metodologia adotada para a construção da base de dados *GOT* e *GOS*, consultar Ministério do Meio Ambiente (2018b) “Documento Temático de Níveis e Cota de Inundação”.

2.3.2. Índice de Oscilação do Sul (IOS)

Foram obtidos, dentro do período de 1949 a 2008, dados de 59 anos do IOS no site da NOAA², sendo esta uma

² Os dados do IOS bem como seu conceito, foram obtidos no site: <https://ncdc.noaa.gov/teleconnections/enso/indicators/soi/>.

medida, em grande escala, das flutuações na pressão do ar que ocorrem entre o Pacífico tropical ocidental e oriental durante os episódios de El Niño e La Niña. Períodos de valores abaixo de -0,5 coincidem com valores quentes das águas do oceano em todo leste do Pacífico tropical, caracterizando El Niño. Em caso de valores acima de +0,5, ocorre o contrário, caracterizando La Niña. IOS compreendido entre os valores de +0,5 caracteriza a fase de neutralidade entre os fenômenos El Niño e La Niña. Conforme a metodologia apresentada por Pereira & Klumb-Oliveira (2015), foi adotado um período de defasagem de quatro meses entre os fenômenos El Niño/La Niña e a data da ocorrência dos eventos de ressaca registrados no estado do Rio de Janeiro.

2.4 Compilação das Informações

Com a identificação dos eventos de ressaca por fontes de jornais e o levantamento de dados de ondas e marés, foi possível identificar a frequência de eventos por ano, a sazonalidade dos eventos, a altura, período e direção de ondas, o período de maré (transição, sizígia e quadratura), e a quantidade de locais impactados por cada evento de ressaca. Estas informações foram identificadas pela data dos eventos, sendo que, no caso da identificação das marés, adotou-se o seguinte procedimento:

- Maré de sizígia – data das luas nova e cheia, considerando também um dia anterior e um dia posterior à data;
- Maré de quadratura – data das luas crescente e minguante, considerando também um dia anterior e um dia posterior à data;
- Maré de transição – as datas que não estão no intervalo dos itens anteriores.

A análise das condições de mar foi realizada a partir do cruzamento dos dados de onda e maré (astronômica e meteorológica) com a data dos eventos identificados pelas fontes de jornais. Todavia, foi levado em consideração que o evento teve seu início antes de ser noticiado. Portanto, o cruzamento dos dados ocorreu sempre um dia antes da data da notícia. Este cruzamento de dados já havia sido proposto em trabalho anterior, por um menor período de tempo e

utilizando outra fonte de dados de ondas (Lins-de-Barros, Klumb-Oliveira & Lima 2018).

O intervalo de altura de ondas adotado segue a Escala Douglas (Centro de Hidrografia da Marinha n.d.), também adotada pela Marinha do Brasil para classificar os estados do mar. No presente trabalho utilizou-se o maior valor da altura significativa de ondas da data do evento de ressaca.

2.5 Critério para Escolha dos Estudos de Caso

A escolha dos estudos de caso teve como critério a intensidade dos efeitos na costa, medida pela quantidade de locais que foram impactados (Tabela 1). A partir deste critério, foi escolhido um evento de ressaca que impactou 20 locais e outro que impactou 17 locais.

3 Resultados

3.1 Frequência e Sazonalidade dos Eventos de Ressaca

Foi verificado que, durante o período de 1948 a 2008, foram registrados pelo jornal O Globo, 141 eventos de ressaca (Figura 2). Subdividindo o período em intervalos de 10 anos, houve um crescimento do número de registros, ainda que, nas décadas de 1980, 1990 e 2000, tenha sido contabilizada uma pequena queda, comparando com as décadas de 1950, 1960 e 1970, percebe-se um número muito maior a partir da década de 1980 em diante.

Uma das hipóteses para o aumento do número de registros se deve ao crescimento do processo de ocupação nas áreas costeiras. Paula et al. (2015), defendem que as ressacas do mar registradas pelos jornais ocorrem em função do nível de ocupação do litoral e dos dramas sociais ocorridos. Em estudo realizado no litoral de Fortaleza, estes autores destacaram que mais de 95% das ressacas registradas e publicadas nos jornais ocorreram a partir da década de 1980, justamente quando ocorreu o aumento do processo de ocupação e urbanização do litoral de Fortaleza. Além disso, fizeram importantes observações a respeito da lógica midiática onde, segundo os mesmos, separa a notícia da não notícia. O que não é notícia não afeta pessoas e bens,

Tabela 1 Relação entre a quantidade de locais registrados por eventos de ressaca, compilado a partir das notícias do Acervo O Globo.

Número de eventos de ressaca versus número de locais com registro de impactos														
Número de eventos	3	62	34	12	11	3	4	4	2	1	2	1	1	1
Número de locais	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	17	20

sendo assim, não é publicado. Acrescenta-se à reflexão dos autores que, além dos dramas sociais, os jornais registram as ressacas também como algo inusitado, muitas vezes noticiado como um espetáculo da natureza, como na matéria do jornal O Globo do dia 10 de abril de 1988, com o título “Ressaca: espetáculo do mar” (Acervo O Globo 1988).

Com relação à sazonalidade (Tabela 2), os resultados mostraram que 63 eventos ocorreram no outono, seguidos de 48 no inverno, 19 no verão e 11 na primavera. Resultado semelhante foi encontrado por autores que estudaram eventos de ressaca na região sul (e.g., Simó & Horn Filho 2004; Vanz & Fernandez 2012).

Há um consenso entre os pesquisadores que os eventos de ressaca nas regiões sul e sudeste costumam ocorrer com mais frequência no outono e inverno devido à chegada de frentes frias e a atuação de ciclones extratropicais no oceano durante estas estações. Vanz & Fernandez (2012) destacaram a chegada de uma frente fria em conjunto com um ciclone extratropical, localizado no oceano em uma condição de maré astronômica de sizígia como causadores

das ressacas de outono e inverno na costa Gaúcha e Catarinense. Da mesma forma, no Rio de Janeiro, Bulhões et al. (2014); Campos (2009); e Lins-de-Barros, Klumb-Oliveira & Lima (2018) destacaram também uma maior frequência de eventos de ressaca no Outono seguido do Inverno.

3.2 Condições de Mar associadas aos Eventos de Ressaca

A rosa direcional de ondas para os eventos de ressaca analisados no presente trabalho para o período entre 1948 a 2008 (Figura 3) representa uma concentração de ondas no quadrante sul, principalmente de direção SSO, com predomínio de ondas entre 2,5 m a 4,0 m. Os períodos de pico (Tabela 3) mais significativos concentraram-se nos intervalos compreendidos entre 7s a 13s, somando 120 eventos, enquanto que os valores abaixo de 7s e acima de 13s foram menos frequentes, somando 21 eventos. Essas características correspondem ao esperado para estados de mar de ressaca para o estado do Rio de Janeiro.

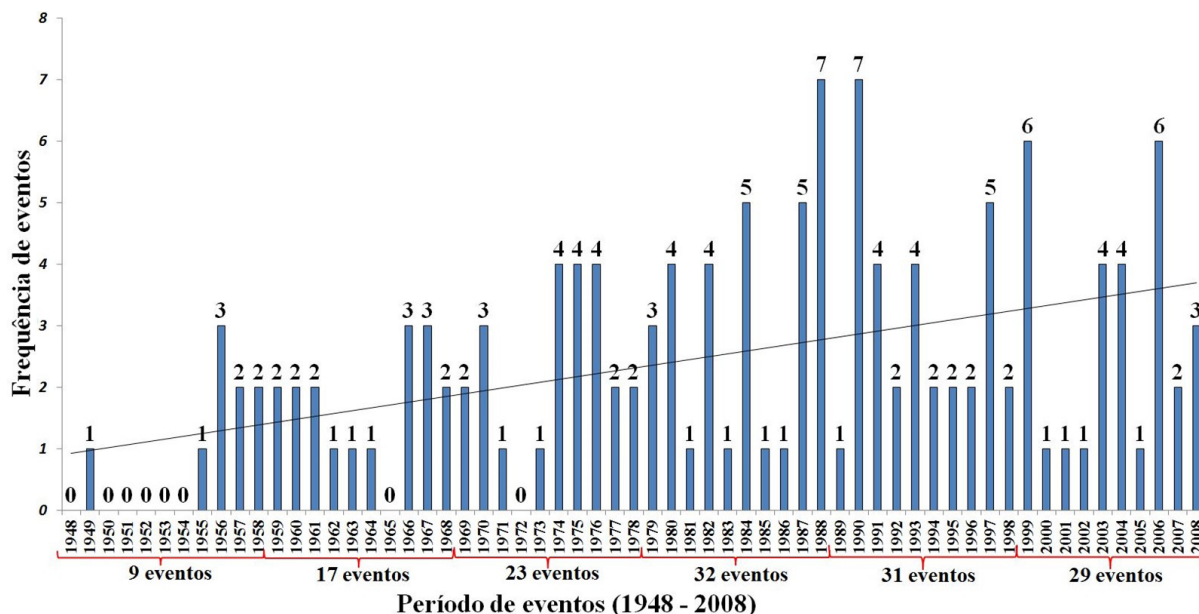


Figura 2 Frequência anual de eventos de ressaca no estado do Rio de Janeiro (1948 – 2008), compilado a partir das notícias do Acervo O Globo.

Tabela 2 Sazonalidade dos eventos de ressaca no estado do Rio de Janeiro (1948 – 2008), compilado a partir de notícias do jornal O Globo.

Relação entre eventos de ressaca com as estações do ano				
Estações do ano	Primavera	Verão	Outono	Inverno
Número de eventos	11	19	63	48

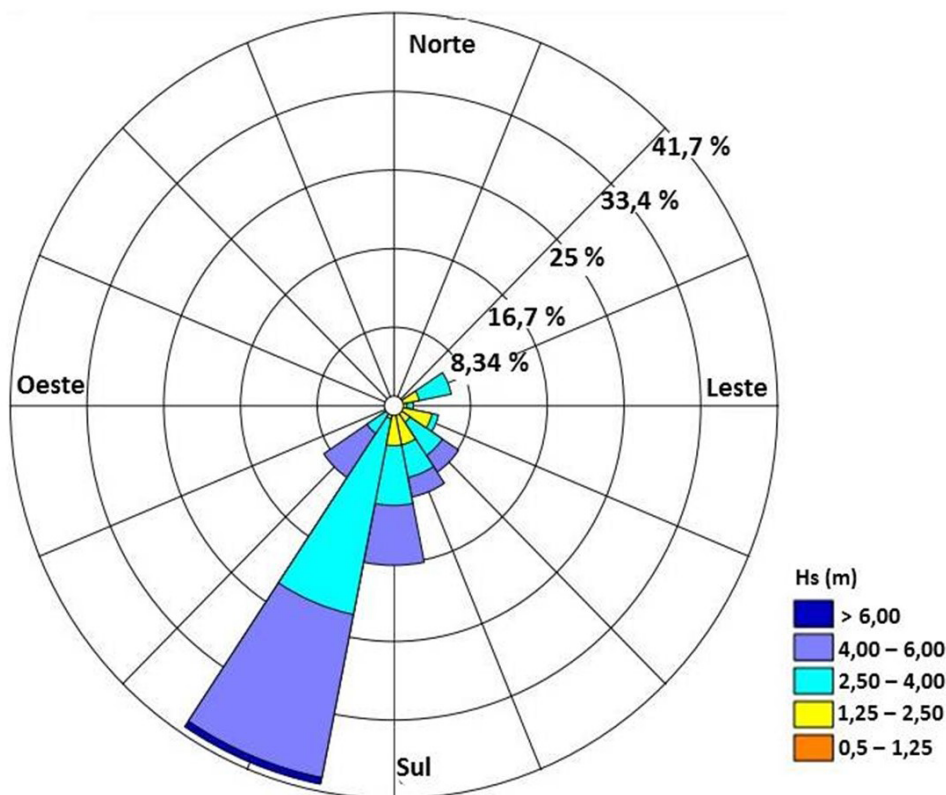


Figura 3 Rosa direcional do maior valor de altura significativa de ondas em eventos de ressaca no estado do Rio de Janeiro (1948 – 2008).

Tabela 3 Período de pico durante eventos de ressaca entre os anos de 1948 a 2008.

Período de pico dos eventos de ressaca no estado do Rio de Janeiro (1948 – 2008)					
Período de pico	5s – 7s	7s – 9s	9s – 11s	11s – 13s	13s – 15s
Número de eventos	16	34	49	37	5

Distribuindo os eventos por cada divisão de classe baseada na Escala Douglas, os estudos indicaram que 62 eventos ocorreram em condições de maior valor de altura significativa de ondas de 2,5 m a 4,0 m (grosso), seguidos de 48 eventos com ondas de 4,0 m a 6,0 m (muito grosso), 29 eventos com ondas de 1,25 m a 2,5 m (moderado) e 1 evento com ondas de 0,5 m a 1,25 m (fraco) e 1 evento com ondas de 6,0 m a 9,0 m (Alto).

3.3 Índice de Oscilação do Sul (IOS) associado aos Eventos de Ressaca

Os resultados (Tabela 4) indicaram quase a mesma quantidade de ressacas em períodos com a ocorrência de El Niño/La Niña, com 72 eventos e em períodos de neutralidade, com 68 eventos. Comparando os fenômenos

El Niño e La Niña, 44 eventos ocorreram no período de La Niña, enquanto que 28 ocorreram no período de El Niño. Em relação ao maior valor de altura significativa de ondas, comparando os eventos de El Niño e La Niña, os dados indicaram uma maior frequência de eventos de La Niña nos intervalos de ondas classificados na Escala Douglas como fraco, moderado e muito grosso, ficando apenas o predomínio de eventos de El Niño no intervalo classificado como grosso.

3.4 Nível do Mar associado aos Eventos de Ressaca

Os resultados indicam que, em um total de 141 eventos, a maioria ocorreu em intervalos de maré meteorológica compreendidos entre 0 m a 0,3 m, totalizando

52 eventos. Já os valores de maré astronômica indicaram que, dos 141 eventos, a maioria encontra-se no intervalo de 0,3 m a 0,6 m, totalizando 85 eventos. O efeito conjunto da maré meteorológica e da maré astronômica indica que, dos 141 eventos de ressaca, 52 eventos encontram-se em amplitudes do nível do mar de 0,6 m a 0,9 m.

Vale lembrar que o ponto de saída dos dados de maré astronômica está localizado em área oceânica. Entre outras palavras, há uma menor influência do continente sobre a amplitude de maré.

Os resultados da maré astronômica indicam que 61% dos eventos ocorreram na condição de maré de transição; seguidos de 22% em maré de sizígia; e 17% em maré de quadratura.

3.5 Síntese dos Resultados Anteriores

De acordo com os resultados apresentados, o estado do Rio de Janeiro, durante o período de 1948 a 2008, contou com 141 eventos, onde a estação do Outono apresentou a maior quantidade de registros, contabilizando 63 eventos.

Quanto aos parâmetros de ondas predominantes, o maior valor de altura significativa de ondas ficou no intervalo de 2,5 m a 4,0 m, direção SSO e período de pico no intervalo de 9 s a 11 s. Com relação ao nível do mar, predominaram marés meteorológicas no intervalo de 0 m a 0,3 m e astronômicas no intervalo entre 0,3 m a 0,6 m, enquanto que o efeito conjunto das marés meteorológica e astronômica predominou o intervalo de 0,6 m a 0,9 m. É importante destacar que a maioria dos eventos ocorreu em um período de transição entre as marés de sizígia e quadratura. Já em relação ao IOS, dos 141 eventos, a maioria ocorreu com valores de IOS acima de 0,5, indicando La Niña e abaixo de -0,5, indicando El Niño (Tabela 5).

3.6 Estudos de Caso

Conforme detalhado na metodologia, a escolha dos eventos baseou-se na quantidade de locais impactados por um evento de ressaca, sendo escolhido um evento com registro de impactos em 20 locais e outro com 17 locais.

Tabela 4 IOS e maior valor de altura significativa de ondas associados à El Niño/La Niña durante as ressacas no RJ (1948 – 2008), a partir de dados de IOS da NOAA.

Hs(m)	Eventos	El Niño	La Niña	El Niño + La Niña	Neutro	Sem dados
0,5 m a 1,25 m (Fraco)	1	0	1	1	0	0
1,25 m a 2,5 m (Moderado)	29	3	13	16	12	1
2,5 m a 4,0 m (Grosso)	62	14	13	27	35	0
4,0 m a 6,0 m (Muito Grosso)	48	11	17	28	20	0
Acima de 6,0 m (Alto)	1	0	0	0	1	0
Total de número de eventos	141	28	44	72	68	1

Tabela 5 Caracterização regional dos eventos de ressaca no estado do Rio de Janeiro durante o período de 1948 a 2008 para a classe mais abundante em cada um dos parâmetros.

Parâmetros meteorológicos das ressacas no litoral do estado do Rio de Janeiro (1948 - 2008)	Valores médios frequentes para todo o estado
Sazonalidade	Outono
Maior valor de altura significativa de onda (m)	2,5 – 4,0
Direção de onda	SSW
Período de pico (s)	9 - 11
Maré meteorológica (m)	0,0 – 0,3
Maré astronômica (m)	0,3 – 0,6
Soma das marés astronômica e meteorológica (m)	0,6 – 0,9
Condição da maré astronômica	Transição
Índice de Oscilação do Sul – IOS	<-0,5 ou > +0,5
Fenômeno climático associado	El Niño ou La Niña

O primeiro evento foi noticiado nos dias 11, 12, 13 e 14 de agosto de 1988, enquanto o segundo foi noticiado no dia 06 de abril de 1966 e, posteriormente, nos dias 7 e 9 de abril, ambos no jornal O Globo (Figura 4).

Embora o primeiro evento tenha sido registrado por quatro dias consecutivos no mês de agosto de 1988, foram correlacionados os parâmetros de ondas, marés e IOS do dia 11 de agosto com a notícia do dia 12 de agosto de 1988, uma vez que este dia possui o maior parâmetro de maior valor de altura significativa de ondas.

Em relação ao primeiro evento, os parâmetros (Tabela 6) de maior valor de altura significativa de ondas registrado nos dados de reanálise foi de 6,1 m, acima do intervalo de ondas de 2,5 m a 4,0 m que foi registrado com mais frequência para todo o estado, o que enfatiza que este é um evento extremo. Além disso, o período de pico foi de 13 s e o evento ocorreu em uma condição de maré de sizígia. O valor do efeito conjunto das marés astronômica e meteorológica foi de 0,7 m, estando dentro do intervalo compreendido na caracterização geral para este parâmetro.

No entanto, somando este valor com a altura de ondas de 6,1 m, há uma altura total de 6,8 m, o que indica que o nível do mar contribuiu para a potencialidade do evento. Os dados de IOS indicaram que o evento ocorreu em um período de neutralidade, diferente da caracterização geral, onde a maioria dos eventos ocorreram em períodos de El Niño/La Niña.

Analizando os parâmetros para este evento que afetou tantas praias e causou diversos danos, nota-se a maior altura de ondas registrada em todo o período de 60 anos analisado (6,1 m), o que revela a importância deste parâmetro na intensidade dos efeitos na orla.

No segundo evento, os dados de ondas, marés e IOS foram correlacionados com a notícia do evento no dia 6 de abril de 1966. Os resultados (Tabela 6) indicaram que, enquanto que na caracterização geral dos eventos de ressaca predominaram ondas de SSO, neste evento, predominaram ondas de SSE. Isso explica o porquê das ondas desta ressaca terem atingido locais dentro da Baía de Guanabara, como Ilha Fiscal, Fortaleza da Laje e Aeroporto Santos Dumont.

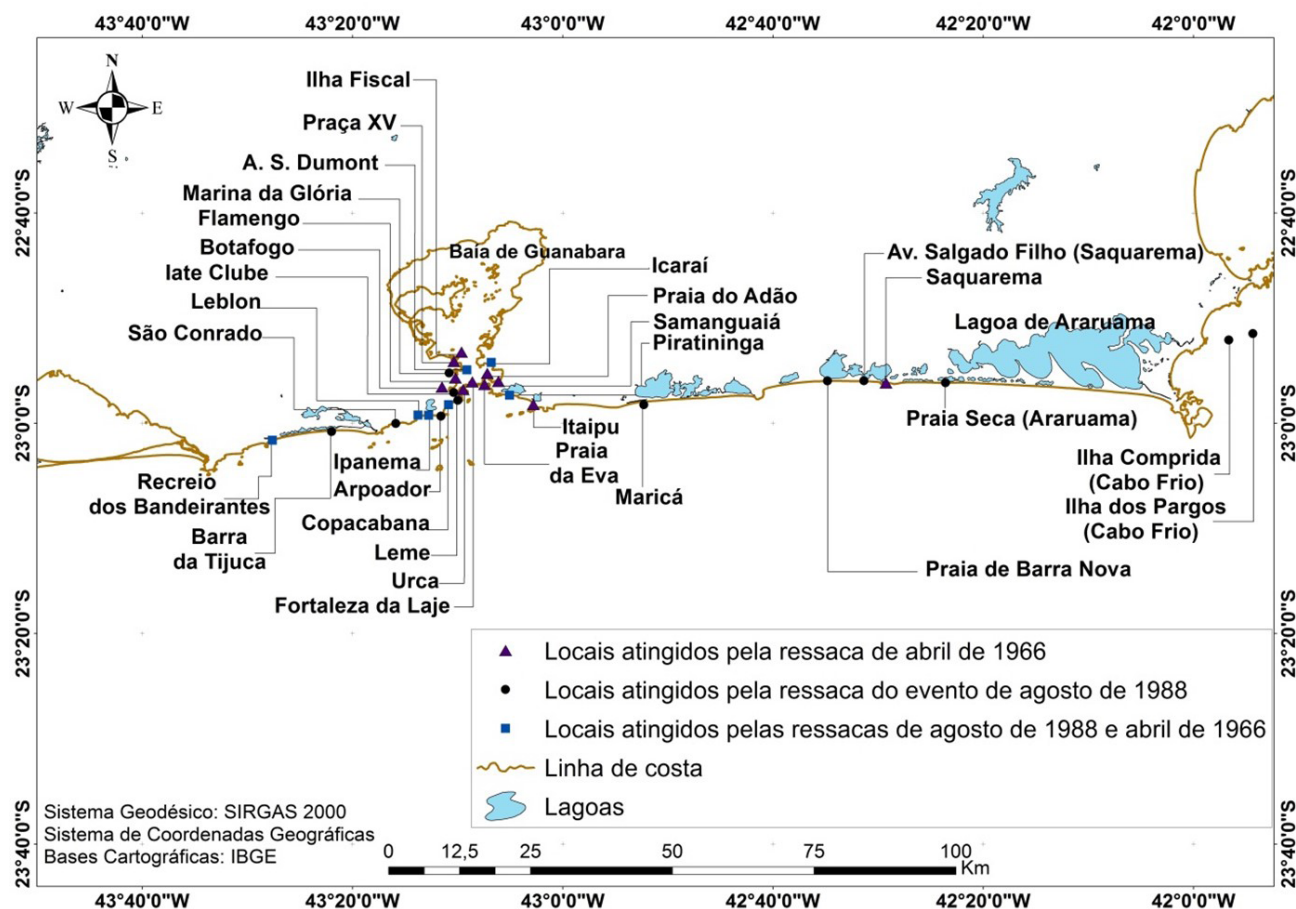


Figura 4 Locais atingidos pelos eventos de ressaca do mar ocorridos em agosto de 1988 e abril de 1966 segundo registros nos jornais pesquisados no acervo O Globo.

Tabela 6 Comparação entre os parâmetros de valores médios mais frequentes para todo o estado com os dois eventos analisados.

Parâmetros meteorológicos das ressacas no litoral do estado do Rio de Janeiro (1948 - 2008)	Valores médios frequentes para todo o estado	Valores do evento de agosto de 1988	Valores do evento de abril de 1966
Sazonalidade	Outono	Outono	Outono
Maior valor de altura significativa de onda (m)	2,5 – 4,0	6,1	2,9
Direção de onda (°)	SSO	SSO	SSE
Período de pico (s)	9 - 11	13	9
Maré meteorológica (m)	0,0 – 0,3	0,3	-0,04
Maré astronômica (m)	0,3 – 0,6	0,4	0,6
Soma da maré astronômica e meteorológica (m)	0,6 – 0,9	0,7	0,56
Condição da maré astronômica	Transição	Sizígia	Sizígia
Índice de Oscilação do Sul – IOS	<-0,5 ou > +0,5	0,1	0,2
Fenômeno climático	El Niño ou La Niña	Neutro	Neutro

Este evento ocorreu em uma condição de maré de sizígia, diferente da caracterização geral, onde há o predomínio de transição entre as marés de sizígia e quadratura, o que contribuiu para a magnitude do evento. Embora o efeito conjunto das marés astronômica e meteorológica no valor de 0,56 m esteja dentro do intervalo compreendido na caracterização geral para este parâmetro, ao somar o nível do mar de 0,56 m com a altura de ondas de 2,9 m, teremos uma altura total de 3,46 m, o que indica que o nível do mar contribuiu para a potencialidade do evento. Os dados de IOS indicaram que o evento ocorreu em um período de neutralidade, diferente da caracterização geral, onde a maioria dos eventos ocorreram em períodos de El Niño/La Niña.

4 Conclusão

O artigo analisou os eventos de ressaca do mar ocorridos no estado do Rio de Janeiro, no período de 1948 a 2008. A identificação pelos jornais permitiu quantificar os eventos, revelando que, ao longo dos anos, houve um aumento do número de notícias relacionadas às ressacas, o que pode estar relacionado ao processo de urbanização das áreas costeiras em locais onde, possivelmente, já era comum a ocorrência destes eventos.

A ocupação das áreas permitiu que as ressacas causassem danos que chamaram a atenção dos jornais por conta dos dramas sociais ocorridos, tornando os locais vulneráveis às ressacas. Os jornais permitiram identificar que as ressacas no estado do Rio de Janeiro ocorreram, principalmente, no Outono e Inverno, uma vez que, nesta época, a entrada de frentes frias e o posicionamento dos sistemas de baixa pressão no Atlântico Sul são mais intensos.

A correlação dos dados de ondas com as datas dos jornais que noticiaram os eventos indicou que grande parte

dos eventos ocorreu dentro do intervalo do maior valor de altura significativa de ondas de 2,5 m a 4,0 m. As ondas do quadrante sul são predominantes em eventos de ressaca, estando associadas, como dito anteriormente, à passagem de frentes frias com a atuação de sistemas de baixa pressão no Atlântico Sul, impactando tanto a região sul quanto a região sudeste do Brasil. As ressacas não tiveram grande influência das marés de sizígia e quadratura, uma vez que a maioria dos eventos ocorreu em um período de transição entre as marés, embora nos estudos de caso, a maré de sizígia tenha contribuído para a intensificação dos eventos. Em relação ao IOS, os resultados indicaram quase a mesma quantidade de ressacas em períodos com a ocorrência de El Niño/La Niña, com 72 eventos, e em períodos de neutralidade, com 68 eventos. Comparando os fenômenos El Niño e La Niña, os resultados indicaram que 44 eventos ocorreram no período de La Niña, enquanto que 28 ocorreram no período de El Niño.

Algumas particularidades do primeiro evento analisado chamaram atenção quando comparado com os resultados da caracterização geral das ressacas. O maior valor de altura significativa de ondas e o período de pico ficaram acima dos valores de maior valor de altura significativa de ondas e período de pico da caracterização geral; e o evento ocorreu em um período de maré de sizígia, e, além disso, não ocorreu durante eventos de El Niño e La Niña. Com relação ao segundo evento, muitos locais dentro da Baía de Guanabara — de difícil entrada de ondas com alta energia — como o Aeroporto Santos Dumont e Ilha Fiscal, foram atingidos por esta ressaca, e isso só foi possível devido à entrada de ondas de direção SSE, conforme indicado no estudo. Diferente da caracterização geral das ressacas no estado, este evento sofreu a influência das marés de sizígia, não havendo influência de eventos

como El Niño e La Niña. Por fim, o efeito conjunto das marés astronômica e meteorológica juntamente com a altura de ondas contribuiu para a potencialidade do evento.

5 Referências

- Acervo O Globo 1966, *Massa Fria e maré de lua cheia causa ressaca*, visto em 6 de Novembro de 2020, <<https://acervo.oglobo.globo.com/busca/?tipo=Conteudo=pagina&ordenacaoData=relevancia&allwords=mar+em+ressaca&anyword=&noword=&exactword=&decadaSelecionada=1960&anoSelecionado=1966&mesSelecionado=4&diaSelecionado=6>>.
- Acervo O Globo 1971, *Em Macaé, muitas casas inundadas*, visto em 5 de Outubro de 2020, <<https://acervo.oglobo.globo.com/busca/?tipo=Conteudo=pagina&ordenacaoData=relevancia&allwords=mar+em+ressaca&anyword=&noword=&exactword=&decadaSelecionada=1970&anoSelecionado=1971&mesSelecionado=10>>.
- Acervo O Globo 1988, *Ressaca: espetáculo do mar*, visto em 5 de Outubro de 2020, <<https://acervo.oglobo.globo.com/busca/?tipo=Conteudo=pagina&ordenacaoData=relevancia&allwords=mar+em+ressaca&anyword=&noword=&exactword=&decadaSelecionada=1980&anoSelecionado=1988&mesSelecionado=4>>.
- Barbosa, M.V., Dias, N.S. & Cerqueira, R.M.M. 2020, *Santos na formação do Brasil: 500 anos de história*, Prefeitura Municipal de Santos, Secretaria Municipal de Cultura: Fundação Arquivo e Memória de Santos, São Paulo. http://fundasantos.org.br/e107_files/public/santos_na_formacao_do_brasil_pdf.
- Bitencourt, D.P., Quadro, M.F.L. & Calbete, N.O. 2002, 'Análise de dois casos de ressaca no litoral da região Sul no verão de 2002', *XII Congresso Brasileiro de Meteorologia*, Foz de Iguaçu – PR, pp. 3910-17. http://mtcm16b.sid.inpe.br/col/cptec.inpe.br/walmeida/2003/06.06.16.30/doc/Bitencourt_Analise%20de%20dois%20casos.pdf.
- Bulhões, E.M.R., Fernandez, G.B., Filho, S.R.O., Pereira, T.G. & Rocha, T.B. 2014, 'Impactos costeiros induzidos por ondas de tempestade entre o Cabo Frio e o Cabo Búzios, Rio de Janeiro, Brasil', *Quaternary and Environmental Geosciences*, vol. 5, no. 2, pp. 155-65. <http://dx.doi.org/10.5380/abequa.v5i2.36460>
- Campos, R.F. 2009, 'Análise dos extremos de onda no Rio de Janeiro associados a ciclones extratropicais no Atlântico Sul', Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro. <http://livros01.livrosgratis.com.br/cp103377.pdf>.
- Centro de Hidrografia da Marinha n.d., *Escala Douglas do Estado do Mar Marinha do Brasil*, visto em 2020, <https://www.marinha.mil.br/chm/sites/www.marinha.mil.br/chm/files/u2035/estado_do_mar.pdf>.
- Christofoletti, A. 1980, *Geomorfologia*, Blucher. 2nd edn - 14ª reimpressão - São Paulo.
- Dutra, F.R.L.S., Cirano, M., Bitencourt, A.C.S.P., Tanajura, C.A.S. & Lima, M. 2014, Meteorological Tides and episodes of severe coastal erosion on the coast of Salvador, Bahia State, Brazil. *Revista Brasileira de Geofísica*, vol. 32, no. 4, pp. 615-36. <http://dx.doi.org/10.22564/rbgf.v32i4.551>
- Etimologia de "ressaca" n.d., *Gramática.net.br Conhecimento da Língua Portuguesa*, visto em Janeiro de 2021, <<https://gramatica.net.br/?s=ressaca>>.
- Lima, R.F. & Lins-de-Barros, F. 2018, 'Análise dos danos e impactos causados por eventos de ressaca no estado do Rio de Janeiro no período de 1979 a 2012', *Anais do I Simpósio de Brasileiro de Geologia e Geofísica Marinha*, Rio de Janeiro, pp. 101-4.
- Lima, R. F., Lins-de-Barros, F. & Cirano, M. 2019, 'Análise espaço-temporal dos eventos de ressaca no estado do Rio de Janeiro', *XII Simpósio sobre Ondas, Marés, Engenharia Oceânica e Oceanografia por Satélite, Arraial do Cabo*, Arraial do Cabo, Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira, p. 107-10. http://numa.lamce.coppe.ufrj.br/DATA/producao/2019/Anais_XIII_OMARSAT.pdf.
- Lins-de-Barros, F., Zeidan, F. & Lima, R.F. 2016, 'Adaptações e percepção da população a eventos de ressaca do mar no litoral de Maricá, Rio de Janeiro, Brasil', *Revista de Revista de Gestão Costeira Integrada*, vol. 16, no. 2, pp. 147-61. <http://dx.doi.org/10.5894/rgci591>
- Lins-de-Barros, F., Klumb-Oliveira, L. & Lima, R.F. 2018, 'Avaliação histórica da ocorrência de ressacas marinhas e danos associados entre os anos de 1979 e 2013 no litoral do estado do Rio de Janeiro (Brasil)', *Revista de Revista de Gestão Costeira Integrada*, vol. 18, no. 2, pp. 85-102. <http://dx.doi.org/10.5894/rgci-n146>
- Lucena, F. 2021, *Conheça a história da maior ressaca do Rio de Janeiro*, visto em 5 de março de 2021, <<https://diariodorio.com/conheca-a-historia-da-maior-ressaca-do-rio-de-janeiro-2/>>.
- Mattedi, M.A. & Butzke, I.C. 2001, 'A relação entre o social e o natural nas abordagens de hazards e de desastres', *Ambiente & Sociedade*, vol. 4, no. 9, pp. 1-23. <https://doi.org/10.1590/S1414-753X2001000900006>
- Maia, G.O. & Pinheiro, L. de S. 2016, 'Eventos de alta energia e suas consequências na zona costeira do Município de Aquiraz, Estado do Ceará', *Arq. Ciên. Mar*, Fortaleza, vol. 49, no. 1, pp. 74-90. <http://repositorio.ufc.br/handle/riufc/34542>
- Melo, E.F. 2017, 'Maré Meteorológica na Costa Brasileira', Tese de Professor Titular, Universidade Federal do Rio Grande. <http://repositorio.furg.br/handle/1/7212>
- Ministério do Meio Ambiente 2018a, *Sistema de Modelagem Costeira, SMC: Documento temático – Ondas*. Brasília, MMA. <https://smcbrasil.paginas.ufsc.br/files/2018/06/Documento-Temático-de-Ondas.pdf>.
- Ministério do Meio Ambiente 2018b, *Sistema de Modelagem Costeira, SMC: Documento temático – Níveis e cota de inundação*. Brasília: MMA. <https://smcbrasil.paginas.ufsc.br/files/2018/06/Documento-Temático-de-Níveis-e-CI.pdf>.
- Muehe, D., Lima, C.F. & Lins-de-Barros, F. 2006, 'Rio de Janeiro' in D. Muehe (ed), *Erosão e Progradação do Litoral Brasileiro*, MMA, Brasil. pp. 267-96. https://researchgate.net/profile/DieterMuehe/publication/317332731_Rio_de_Janeiro/links/5932abf60f7e9bee79765d1/Rio-de-Janeiro.pdf.
- Muehe, D., Lins-de-Barros, F., Bulhões, E.M.R., Klumb, L.O., Nara, P. & Sperle, M. 2018, 'Rio de Janeiro' in D. Muehe (ed), *Panorama da Erosão Costeira no Brasil*, MMA, Brasil.

- pp. 478- 545. https://researchgate.net/publication/328902617_Panorama_da_Erosao_Costeira_no_Brasil_Capitulo_Rio_de_Janeiro.
- Nascimento, M.X. 2013, 'Análise das condições meteorológicas na região da Baía de Santos', Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas 2016, *Impacto, vulnerabilidade e adaptação das cidades costeiras brasileiras às mudanças climáticas: Relatório Especial do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas*, J.A. Marengo & F.R. Scarano (eds), PBMC, COPPE - UFRJ. Rio de Janeiro, Brasil. <http://educaclima.mma.gov.br/wp-content/uploads/2020/03/Adaptacao-cidades-costeiras-relatorio-PBMC-2016.pdf>
- Parente, C.E.R. 1999, 'Uma Nova Técnica Espectral para análise Direcional de Ondas', Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- Paula, D.P. de, Morais, J.O., Ferreira, O. & Dias, J.A. 2015, 'Análise Histórica das Ressacas do Mar no Litoral de Fortaleza (Ceará, Brasil): origem, características e impactos' in D.P. Paula de & J.A. Dias (eds), *Ressacas do Mar/Temporais e Gestão Costeira*, Fortaleza, Brasil, Editora Premium, pp. 173-201.
- Pereira, N.E.S. & Klumb-Oliveira, L.A. 2015, 'Analysis of the influence of ENSO phenomena on wave climate on the central coastal zone of Rio de Janeiro (Brazil)', *Revista de Gestão Costeira Integrada*, vol. 15, no. 3, pp. 353-70. <http://dx.doi.org/10.5894/rgci570>
- Pinho, U.F. 2003, 'Caracterização dos estados de mar na Baía de Campos', Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- Santos, C.L., Silva, M.A.M. & Salvador, M.V.S. 2004, 'Dinâmica sazonal e os efeitos das ressacas nas praias de Niterói/RJ', *Revista Brasileira de Geociências*, vol. 34, no. 3, pp. 355-60. <http://www.ppegeo.igc.usp.br/index.php/rbg/article/viewFile/9758/9119>
- Simó, D.H. & Horn Filho, N.O. 2004, 'Caracterização e distribuição espacial das "ressacas" e áreas de risco na ilha de Santa Catarina', SC, Brasil. *Gravel*, no. 2, pp. 93-103. https://ufrgs.br/gravel/2/Gravel_2_09.pdf
- Touceira, M.C.C. 2018, 'Caracterização e mapeamento de risco dos danos causados pelo mar na cidade do Rio de Janeiro – RJ, Brasil', Monografia de curso em Bacharel em Oceanografia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro. https://researchgate.net/publication/335241561_Caracterizacao_e_mapeamento_de_risco_dos_danos_causados_pelo_mar_na_cidade_do_Rio_de_Janeiro_-_RJ_Brasil.
- Vanz, A. & Fernandez, L.G. 2012, 'Ressacas, Afogamentos e Acidentes em Embarcações no Sul do Brasil nos Anos de 2009 e 2010'. *Gravel*, vol. 10, no. 1, pp. 47-57. https://ufrgs.br/gravel/10/1/Gravel_10_V1_05.pdf

Recebido em: 24/02/2021

Aprovado em: 09/06/2021

Como citar:

Lima, R.F., Lins-de-Barros, F.M. & Cirano, M. 2021. 'Análise das Condições Meteorológicas em Eventos de Ressaca do Mar no Litoral do Estado do Rio de Janeiro, Brasil no Período de 1948 e 2008', *Anuário do Instituto de Geociências*, vol. 44: 41726. https://doi.org/10.11137/1982-3908_2021_44_41726