



## ESTUDO DOS EFEITOS DA CORRENTE DO BRASIL NAS ONDAS DA REGIÃO SUL-SUDESTE

Adriano Wiermann Barroso

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Oceânica, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia Oceânica.

Orientador: Nelson Violante Carvalho

Rio de Janeiro  
Março de 2019

ESTUDO DOS EFEITOS DA CORRENTE DO BRASIL NAS ONDAS DA  
REGIÃO SUL-SUDESTE

Adriano Wiermann Barroso

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO INSTITUTO  
ALBERTO LUIZ COIMBRA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DE  
ENGENHARIA (COPPE) DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE  
JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A  
OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS EM ENGENHARIA  
OCEÂNICA.

Examinada por:

---

Prof. Claudio Neves, D.Sc.

---

Phd. Pedro Veras Guimaraes, D.Sc.

---

Phd. Pedro Veras Guimaraes, D.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ – BRASIL  
MARÇO DE 2019

Wiermann Barroso, Adriano

Estudo dos efeitos da corrente do brasil nas ondas da região sul-sudeste/Adriano Wiermann Barroso. – Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2019.

XI, 11 p.: il.; 29,7cm.

Orientador: Nelson Violante Carvalho

Dissertação (mestrado) – UFRJ/COPPE/Programa de Engenharia Oceânica, 2019.

Referências Bibliográficas: p. 9 – 10.

1. Previsão de ondas. 2. Interação onda-corrente.
3. Corrente do Brasil. I. Violante Carvalho, Nelson.
- II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Programa de Engenharia Oceânica. III. Título.

*A alguém cujo valor é digno  
desta dedicatória.*

# Agradecimentos

Gostaria de agradecer a todos.

Resumo da Dissertação apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências (M.Sc.)

ESTUDO DOS EFEITOS DA CORRENTE DO BRASIL NAS ONDAS DA  
REGIÃO SUL-SUDESTE

Adriano Wiermann Barroso

Março/2019

Orientador: Nelson Violante Carvalho

Programa: Engenharia Oceânica

Os efeitos de correntes superficiais em ondas são amplamente conhecidos, quando estas estão sujeitas a um campo de correntes existe uma troca de energia entre a onda e a corrente. Em casos de alto cizalhamento horizontal do campo de corrente é mais notável estes efeitos. O presente trabalho tem como principal objetivo analisar o efeito da Corrente do Brasil no campo de ondas na região sul-sudeste do Brasil. Para isso foram escolhidos alguns eventos para estudo de caso em que a Corrente do Brasil apresentava estruturas de mesoescala (meandros e vórtices). Estes eventos foram simulados através de modelagem numérica com o modelo de ondas Wave Watch III com o campo de correntes provenientes do modelo Hycom. Foram empregadas simulações com e sem o campo de correntes afim de verificar os impactos.

Abstract of Dissertation presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science (M.Sc.)

STUDY OF BRAZIL CURRENT EFFECTS ON OCEAN WAVES WITHIN  
SOUTHEASTERN REGION

Adriano Wiermann Barroso

March/2019

Advisor: Nelson Violante Carvalho

Department: Ocean Engineering

Abstract here...

# Sumário

<b>Lista de Figuras</b>	<b>ix</b>
<b>Lista de Tabelas</b>	<b>x</b>
<b>Lista de Abreviaturas</b>	<b>xi</b>
<b>1 Introdução</b>	<b>1</b>
1.1 Interação onda-corrente . . . . .	3
<b>2 Revisão Bibliográfica</b>	<b>5</b>
<b>3 Método Proposto</b>	<b>6</b>
<b>4 Resultados e Discussões</b>	<b>7</b>
<b>5 Conclusões</b>	<b>8</b>
<b>Referências Bibliográficas</b>	<b>9</b>
<b>A Algumas Demonstrações</b>	<b>11</b>

# **Lista de Figuras**

1.1	Temperatura superficial do oceano imagem de satélite (AVHRR-NOAA) demonstrando ressurgência em Cabo Frio/RJ (cores azuis) e também um vórtice quente da CB. Imagem retirada do artigo de RODRIGUES e LORENZZETTI [1] . . . . .	2
1.2	Ilustração da bimodalidade que ocorre na região. . . . .	2
1.3	Campo de corrente superficial do modelo Hycom para a data de 01/01/2013. Pontos em preto representam a bóias do programa PNBIA . . . . .	3
1.4	Imagen retirada do artigo citado. Impacto da corrente do Golfo nas ondas do tipo swell em 18 de Setembro de 2014, 6:00 UTC. Mapas de (a) altura de onda modelada com corrente, (b) altura de onda do modelo sem corrente, (c) corrente de alta resolução do ROMS (d) mesma corrente filtrada. (e,f) diferença na altura de onda para (e) caso com corrente de alta resolução menos caso sem corrente e (f) caso com corrente de alta resolução menos caso com corrente filtrada. A área pontilhada refere-se a região usada para análise espectral. . . .	4

## Lista de Tabelas

# **Lista de Abreviaturas**

AAS      Anticiclone do Atlântico Sul, p. 2

CB      Corrente do Brasil, p. 1

# Capítulo 1

## Introdução

A análise e modelagem numérica de correntes oceânicas e ondas foram historicamente desenvolvidas separadamente. No entanto, é bem conhecido os efeitos de correntes superficiais nas ondas, muitos trabalhos já investigaram os efeitos que ocorrem nas ondas quando estas estão sujeitas a um campo de correntes em larga escala. Trabalhos que fizeram essa análise em sub e mesoescala são mais escassos, no entanto, regiões como a corrente das Agulhas e corrente do Golfo já foram estudados estes efeitos. Embora sejam os mesmos princípios físicos empregados, o impacto de correntes de menor escala ainda foi pouco explorado no oceano aberto ARDHUIN *et al.* [2].

Segundo conclusões de HOLTHUIJSEN e TOLMAN [3] em oceano aberto os efeitos locais das correntes podem ser consideráveis, por conta dos processos de geração e dissipaçāo de onda serem mais afetados nessa região.

A forma de interação de correntes com as ondas é através da tensão de radiação e em casos que o cisalhamento horizontal do campo de corrente é diferente de 0, ou seja não uniforme, ocorre maior troca de energia entre as ondas e a corrente através dos termos de fluxo de momento CRAPPER [4]. Os principais locais em que este gradiente é diferente de zero são em correntes contorno oeste pois devido a sua maior intensidade, instabilidades da corrente como meandros e vórtices ocorrem com maior frequência.

A Corrente do Brasil (CB), corrente de contorno oeste se origina em latitudes próximas a 15°S flui em direção ao sul até a região da confluência brasil-malvinas próximo de 28°S onde retroflete em direção a África, ela se intensifica a medida que flui para baixas latitudes, com velocidades de corrente que alcançam a ordem de  $1\text{ ms}^{-1}$  DA SILVEIRA *et al.* [5] e com intensa atividade de mesoescala reportada na literatura MILL *et al.* [6], SOUTELINO *et al.* [7], MANO *et al.* [8], CASTELAO *et al.* [9], RODRIGUES e LORENZZETTI [1], CAMPOS [10], SCHMID *et al.* [11], SIGNORINI [12] e MASCARENHAS [13]. Como pode ser visto na (Figura 1.1).

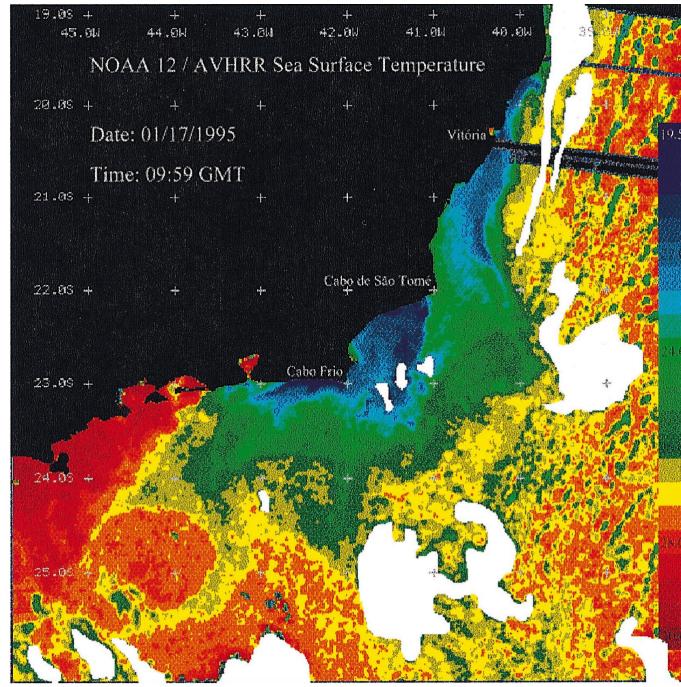


Figura 1.1: Temperatura superficial do oceano imagem de satélite (AVHRR-NOAA) demonstrando ressurgência em Cabo Frio/RJ (cores azuis) e também um vórtice quente da CB. Imagem retirada do artigo de RODRIGUES e LORENZZETTI [1]

Apesar da existência de uma corrente de contorno oeste intensa e com atividade de mesoescala conhecida, ainda não há na literatura estudos que investiguem a influência da CB no campo de ondas na região sul-sudeste.

O clima de ondas nesta região é muito característico com persistência das vagas do quadrante leste geradas pelo AAS (Anticiclone do Atlântico Sul) e a chegada de ondulações do quadrante sul com longos períodos oriundas de ciclones extratropicais, apresentando a bimodalidade do mar (Figura 1.2) muito constante na região CAMPOS [14], ARAJO *et al.* [15].

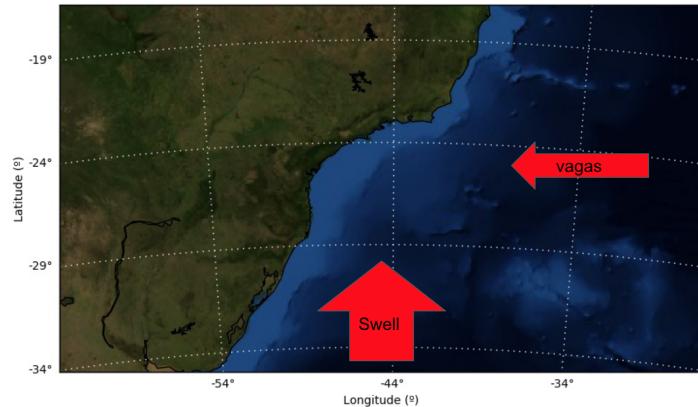


Figura 1.2: Ilustração da bimodalidade que ocorre na região.

A ocorrência desses dois principais fatores: corrente intensa com atividade de mesoescala e área de geração e propagação de ondas evidenciam a região da costa sul-sudeste do Brasil como potencial local em que a interação onda-corrente se faz importante.

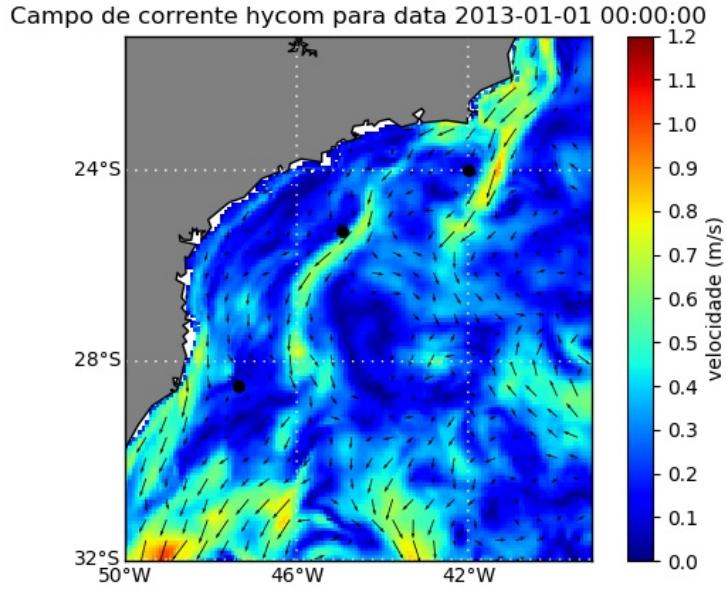


Figura 1.3: Campo de corrente superficial do modelo Hycom para a data de 01/01/2013. Pontos em preto representam a bóias do programa PNBOIA

## 1.1 Interação onda-corrente

No estudo recente de ARDHUIN *et al.* [2] eles analisaram a influência da corrente do Golfo no campo de ondas. Pode-se verificar uma grande diferença no campo de ondas nas simulações com (Figura 1.4a) e sem corrente Golfo (Figura 1.4b).

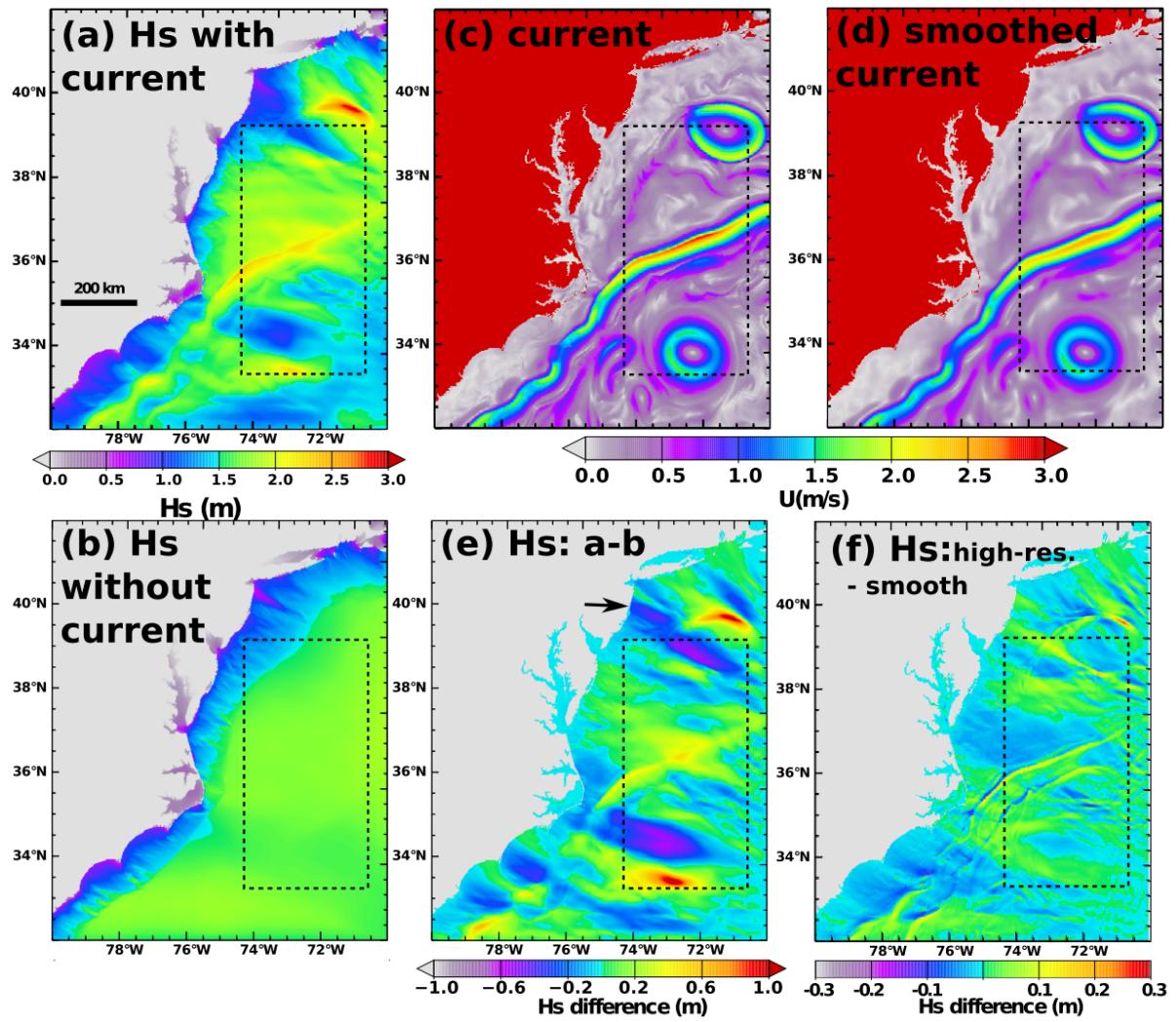


Figura 1.4: Imagem retirada do artigo citado. Impacto da corrente do Golfo nas ondas do tipo swell em 18 de Setembro de 2014, 6:00 UTC. Mapas de (a) altura de onda modelada com corrente, (b) altura de onda do modelo sem corrente, (c) corrente de alta resolução do ROMS (d) mesma corrente filtrada. (e,f) diferença na altura de onda para (e) caso com corrente de alta resolução menos caso sem corrente e (f) caso com corrente de alta resolução menos caso com corrente filtrada. A área pontilhada refere-se a região usada para análise espectral.

# Capítulo 2

## Revisão Bibliográfica

Para ilustrar a completa adesão ao estilo de citações e listagem de referências bibliográficas, a Tabela 2.1 apresenta citações de alguns dos trabalhos contidos na norma fornecida pela CPGP da COPPE, utilizando o estilo numérico.

Tabela 2.1: Exemplos de citações utilizando o comando padrão `\cite` do L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X e o comando `\citet`, fornecido pelo pacote `natbib`.

Tipo da Publicação	<code>\cite</code>	<code>\citet</code>
Livro		
Artigo		
Relatório		
Relatório		
Anais de Congresso		
Séries		
Em Livro		
Dissertação de mestrado		
Tese de doutorado		

# **Capítulo 3**

## **Método Proposto**

Foram feitas simulações numéricas com o modelo de ondas Wave Watch III com dados de campo de corrente superficiais provenientes do modelo Hycom. Foram escolhidos eventos de alta instabilidade da CB para serem analisados.

# Capítulo 4

## Resultados e Discussões

# Capítulo 5

## Conclusões

# Referências Bibliográficas

- [1] RODRIGUES, R. R., LORENZZETTI, J. A. “A numerical study of the effects of bottom topography and coastline geometry on the Southeast Brazilian coastal upwelling”, *Continental Shelf Research*, v. 21, n. 4, pp. 371–394, 2001. ISSN: 02784343. doi: 10.1016/S0278-4343(00)00094-7.
- [2] ARDHUIN, F., GILLE, S., MENEMENLIS, D., et al. “Small scale open ocean currents have large effects on ocean wave heights”, *Journal of Geophysical Research: Oceans*, v. , Revised, 04 2017. doi: 10.1002/2016JC012413.
- [3] HOLTHUIJSEN, L. H., TOLMAN, H. L. “Effects of the Gulf Stream on Ocean Waves”, *JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH*, v. 96, n. C7, pp. 12755–12771, jul. 1991.
- [4] CRAPPER, G. D. *Introduction to Water Waves*. New York, Ellis Horwood, 1984. ISBN: 978-0-521-36829-2.
- [5] DA SILVEIRA, I. C. A., LIMA, J. A. M., SCHMIDT, A. C. K., et al. “Is the meander growth in the Brazil Current system off Southeast Brazil due to baroclinic instability?” *Dynamics of Atmospheres and Oceans*, v. 45, n. 3-4, pp. 187–207, 2008. ISSN: 03770265. doi: 10.1016/j.dynatmoce.2008.01.002.
- [6] MILL, G. N., DA COSTA, V. S., LIMA, N. D., et al. “Northward migration of Cape So Tom rings, Brazil”, *Continental Shelf Research*, v. 106, pp. 27 – 37, 2015. ISSN: 0278-4343. doi: <https://doi.org/10.1016/j.csr.2015.06.010>. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0278434315300017>>.
- [7] SOUTELINO, R., C A DA SILVEIRA, I., GANGOPADHYAY, A., et al. “Is the Brazil Current eddy-dominated to the north of 20S?” *Geophysical Research Letters*, v. 38, pp. L03607, 02 2011. doi: 10.1029/2010GL046276.
- [8] MANO, M. F., PAIVA, A. M., TORRES, A. R., et al. “Energy Flux to a Cyclonic Eddy off Cabo Frio, Brazil”, *Journal of Physical Oceanography*, v. 39, n. 11, pp. 2999–3010, 2009. ISSN: 0022-3670. doi: 10.1175/2009jpo4026.1.

- [9] CASTELAO, R. M., CAMPOS, E. J. D., MILLER, J. L. “A Modelling Study of Coastal Upwelling Driven by Wind and Meanders of the Brazil Current”, *Journal of Coastal Research*, v. 203, n. 1987, pp. 662–671, 2006. ISSN: 0749-0208. doi: 10.2112/1551-5036(2004)20[662:amsocu]2.0.co;2.
- [10] CAMPOS, E. J. D. “Equatorward translation of the vitoria eddy in a numerical simulation.” *Geophysical Research Letters*, v. 33, pp. 253–259, 2006.
- [11] SCHMID, C., SCHFER, H., PODESTA, G., et al. “The Vitória Eddy and Its Relation to the Brazil Current”, *Journal of Physical Oceanography*, v. 25, pp. 2532–2546, 11 1995. doi: 10.1175/1520-0485(1995)025<2532:TVEAIR>2.0.CO;2.
- [12] SIGNORINI, S. R. “On the circulation and the volume transport of the Brazil Current between the Cape of So Tom and Guanabara Bay”, *Deep Sea Research*, v. 25, n. 5, pp. 481 – 490, 1978. ISSN: 0146-6291. doi: [https://doi.org/10.1016/0146-6291\(78\)90556-8](https://doi.org/10.1016/0146-6291(78)90556-8). Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0146629178905568>>.
- [13] MASCARENHAS, A.S., M. L. R. N. “A study of oceanographic conditions in the region of Cabo Frio.” *Fertility of the Sea*, pp. 285–308, 1971.
- [14] CAMPOS, R. M. *ANÁLISE DOS EXTREMOS DE ONDA NO RIO DE JANEIRO ASSOCIADOS A CICLONES EXTRATROPICAIS NO ATLÂNTICO SUL*. M.Sc. dissertação, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ BRASIL, 2009.
- [15] ARAJO, C., FRANCO, D., MELO, E., et al. “Wave regime characteristics of the Southern Brazilian coast”, *VI International Conference on Coastal and Port Engineering in Developing Countries*, v. 4, pp. 1–15, 01 2003.

## Apêndice A

### Algumas Demonstrações