



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM OCEANOGRAFIA**

IVENIS ITALO CAPISTRANO PITA

**UMA ANÁLISE COMPARATIVA DA VELOCIDADE SUPERFICIAL
E DO TRANSPORTE DE VOLUME AO LONGO DA RADIAL DE
XBT DE ALTA DENSIDADE LOCALIZADA ENTRE O RIO DE
JANEIRO E A ILHA DE TRINDADE (AX97): DADOS IN SITU E
ALTIMETRIA**

Salvador
2016

IVENIS ITALO CAPISTRANO PITA

**UMA ANÁLISE COMPARATIVA DA VELOCIDADE SUPERFICIAL
E DO TRANSPORTE DE VOLUME AO LONGO DA RADIAL DE
XBT DE ALTA DENSIDADE LOCALIZADA ENTRE O RIO DE
JANEIRO E A ILHA DE TRINDADE (AX97): DADOS IN SITU E
ALTIMETRIA**

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Oceanografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Oceanografia.

Orientador: Prof. Dr. Mauro Cirano

Salvador
2016

TERMO DE APROVAÇÃO

IVENIS ITALO CAPISTRANO PITA

Monografia aprovada como requisito parcial para a obtenção do grau de bacharel em Oceanografia, Universidade Federal da Bahia, pela seguinte banca examinadora:

Mauro Cirano – Orientador

Ph.D em Oceanografia Física pela University of New South Wales, Austrália.

Universidade Federal do Rio de Janeiro

Janini Pereira

Doutora em Oceanografia pela Universidade de São Paulo, Brasil.

Universidade Federal da Bahia

Filipe Bitencourt Costa

Mestre em Geofísica pela Universidade Federal da Bahia, Brasil.

Universidade Federal da Bahia

Salvador, 27 de Outubro de 2016

AGRADECIMENTOS

Não tenho palavras para descrever o quanto eu agradeço a todos por tudo o que passei durante esses 6 anos de graduação. Passei por diversos momentos e emoções diferentes durante essa jornada chamada graduação, mas certamente estou vivendo meu melhor momento dentro e fora da vida acadêmica.

Agradeço a meus pais, minhas irmãs e toda minha família por tudo o que sou e pelo apoio que recebi para seguir meus sonhos, mesmo que isso signifique todos esses anos longe deles.

Agradeço a todos que me acolheram em suas casas e me fizeram sentir na minha casa. Muito obrigado por tudo! Vocês foram muito importantes nessa etapa da minha vida. Obrigado Vanessa, Ingreth, Tio Xavier, Tia Marli, Dona Clésia e Bernardo!

Agradeço a minha companheira Érika por tudo o que ela me ensinou, por me fazer sentir esse amor incondicional que sinto por você e por ser quem você é!

Agradeço especialmente a Mirela, Sheldon, Ana Paula e Natalie. Vocês são como irmãos para mim, e me ajudaram bastante a superar a distância que me separava dos meus pais.

Agradeço a todos meus amigos de faculdade, a minha turma oceano11, aos meus amigos de laboratório e a todos que fizeram crescer como pessoa durante esses anos de faculdade.

Agradeço a todos do edital CSF167, especialmente a Felipe, Gugão, Lorena, Der, Aninha, Cíntia, Cecília, Natasha, e mais uma vez a Érika.

E por último, agradeço ao meu orientador Mauro Cirano por todas as horas dedicadas a mim, por todos e-mails respondidos, por acreditar em mim e por me inserir na área da oceanografia física e da pesquisa científica.

RESUMO

A Corrente do Brasil (CB) é uma Corrente de Contorno Oeste associada à circulação do giro subtropical do Atlântico Sul, que é considerada a feição dinâmica dominante do Oceano Atlântico Sul. O principal objetivo deste trabalho é realizar uma comparação dos campos de velocidade superficial e do transporte de volume da CB ao longo da radial AX97 (área de atuação do Projeto Monitoramento da variabilidade do Transporte de Calor entre o Rio de Janeiro e a Ilha de Trindade - MOVAR) através de dados altimétricos (Archiving, Validation and Interpretation of Satellite Oceanographic data - AVISO; e Altimetry Tailored and Optimized for Brazilian Applications - ATOBA) e *in situ* (MOVAR). Os dados *in situ* foram coletados durante 43 cruzeiros oceanográficos. Os dados do AVISO (ATOBA) são diários (semanais) e apresentam resolução espacial de $1/4^\circ$ ($1/12^\circ$). O presente estudo trabalhou com dados de Jan/2004 a Dez/2013. Os valores de velocidade geostrófica do MOVAR foram calculados com base em dados de XBT e referenciados à profundidade da isopicnal de $\sigma_\theta=26,8$. A velocidade geostrófica superficial dos dados altimétricos foram calculados com base em mapas de topografia dinâmica absoluta. Foi realizado um acoplamento de dados *in situ* com a altimetria através da utilização da velocidade geostrófica superficial fornecida pelos dados altimétricos e a utilização da equação do vento térmico para fornecer os campos de velocidade em subsuperfície. O transporte de volume foi estimado pela integração vertical dos campos de velocidade, para a radial AX97, da superfície até a profundidade da isopicnal $\sigma_\theta=26,8$. A CB apresenta valores médios de velocidade superficial de -0.18 ± 0.26 , -0.21 ± 0.12 e -0.15 ± 0.17 m/s (MOVAR, ATOBA e AVISO, respectivamente). A análise do transporte que flui ao longo da radial AX97 mostra que a CB apresenta um transporte líquido médio de $-2,66\pm 3,52$ Sv para os dados do MOVAR, $-6,28\pm 9,54$ Sv para os dados do AVISO e $-5,16\pm 7,64$ Sv para os dados do ATOBA. A extensão da radial AX97 deve ser considerada para a obtenção de uma melhor amostragem de dados *in situ*. O acoplamento da velocidade superficial dos dados altimétricos com os dados *in situ* apresentou um resultado positivo.

Palavras-chave: AX97; Velocidade superficial; Transporte de Volume.

ABSTRACT

Brazil Current (BC) is the Western Boundary Current linked to the circulation of the South Atlantic subtropical gyre. The BC is considered the main dynamic feature of the South Atlantic Ocean. The focus of this project was to compare the surface velocity fields and the BC transport volume along the AX97 transect (reference transect between Cabo Frio - RJ (42°W, 23°S) and Trindade Island (30°W, 20 °S)). Altimetry (AVISO and ATOBA) and *in situ* (MOVAR) data are used on this comparison. MOVAR data were collected during 43 oceanographic cruises. AVISO (ATOBA) data are daily (weekly) and present a spatial resolution of 1/4° (1/12°). This project analysed data from Jan/2004 to Dec/2013. MOVAR geostrophic velocity values were calculated based on XBT data using the $\sigma_{\theta}=26,8$ as the isopycnal reference level. The altimetry surface geostrophic velocities were obtained based on maps of absolute dynamic topography. A coupling between altimetry and *in situ* data was carried out by using the surface geostrophic velocities provided by AVISO and ATOBA, and using the thermal wind equation to obtain the subsurface velocity fields. The volume transport was inferred by the vertical integration of the velocity fields, from the surface to the $\sigma_{\theta}=26,8$ isopycnal depth, for the AX97 transect. The BC mean surface velocity is -0.18 ± 0.26 , -0.21 ± 0.12 and -0.15 ± 0.17 m.s⁻¹ for the MOVAR, ATOBA and AVISO data, respectively. The analysis of the BC flow indicates that along the AX97 transect, the mean volume transport is $-2,66\pm 3,52$ Sv for the MOVAR data, $-6,28\pm 9,54$ Sv for the AVISO data, and $-5,16\pm 7,64$ Sv for the ATOBA data. The extension of AX97 transect is an aspect that must be considered in order to achieve a better *in situ* data sampling. The altimetry and *in situ* data coupling showed a positive outcome.

Keywords: AX97; Surface Velocity; Volume Transport

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	11
1.1	OBJETIVO.....	15
2	ÁREA DE ESTUDO	16
2.1	RADIAL AX97.....	16
3	METODOLOGIA	17
3.1	DADOS <i>IN SITU</i>	17
3.2	DADOS ALTIMÉTRICOS	19
3.3	ANÁLISES REALIZADAS.....	21
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
4.1	VELOCIDADE SUPERFICIAL.....	23
4.2	TRANSPORTE INTEGRADO DE VOLUME.....	30
4.3	ESTUDO DE CASO	33
5	CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS	36
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	38
7	ANEXO 1	42

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1:** Diagrama esquemático da explicação da diferença de transporte entre as Correntes do Golfo e do Brasil. As massas d'águas citadas são: Água Intermediária (AI); Água Profunda (AP); Água Antártica de Fundo. Modificado de Stommel (1965).
.....14
- Figura 2:** Batimetria da região de estudo. A cidade de Cabo Frio e a Ilha Trindade estão representadas por CF e IT, respectivamente. A linha preta corresponde à Radial AX97 e a linha azul representa a Radial Costeira (RC). Escala de cores indicam a profundidade em metros.15
- Figura 3:** Velocidade superficial normal à Radial Costeira e à AX97. a) Velocidade média do Período Total; b) Variabilidade do Período Total; c) Velocidade média do Período de Cruzeiro; d) Variabilidade do Período de Cruzeiro. Linha contínua (tracejada) representa a Radial AX97 (RC). A localização geográfica das radiais é apresentada na Figura 2. Valores negativos de velocidade indicam um fluxo cruzando a radial em direção ao polo sul.23
- Figura 4:** Velocidade superficial normal à Radial Costeira e à AX97. a) Velocidade média, e b) variabilidade dos cruzeiros onde o núcleo da CB foi amostrado na Radial AX97 para ambos produtos altimétricos. Linha contínua (tracejada) representa a Radial AX97 (RC). A localização geográfica das radiais é apresentada na Figura 2. Valores negativos de velocidade indicam um fluxo cruzando a radial em direção ao polo sul.27
- Figura 5:** Velocidade superficial normal à Radial Costeira e à AX97. a) Velocidade média, e b) variabilidade dos cruzeiros onde o núcleo da CB foi amostrado na Radial Costeira para ambos produtos altimétricos. Linha contínua (tracejada) representa a Radial AX97 (RC). A localização geográfica das radiais é apresentada na Figura 2. Valores negativos de velocidade indicam um fluxo cruzando a radial em direção ao polo sul.27
- Figura 6:** Velocidade superficial normal à Radial Costeira e à AX97. a) Velocidade média, e b) variabilidade dos cruzeiros onde apenas um dos produtos altimétricos detectou o núcleo da CB na radial AX97. Linha contínua (tracejada) representa a Radial AX97 (Radial Costeira). A localização geográfica das radiais é apresentada na Figura 2. Valores negativos de velocidade indicam um fluxo cruzando a radial em direção ao polo sul.28

Figura 7: Diferença da média da velocidade superficial dos produtos altimétricos para o MOVAR considerando todos os cruzeiros.....30

Figura 8: Gráfico cumulativo do transporte integrado (da superfície até a profundidade da isopicnal de $\sigma_\theta = 26,8 \text{ kg/m}^3$) do volume líquido (em Sv) normal à radial AX97 para o Período de Cruzeiro com os dados dos projetos: MOVAR (a), AVISO (b) e ATOBA (c). O desvio padrão é representado pelas linhas verticais. A localização geográfica da radial AX97 é apresentada na Figura 2. Valores negativos indicam um transporte resultante cruzando a radial em direção ao polo sul31

Figura 9: Gráfico cumulativo do transporte integrado (da superfície até a profundidade da isopicnal de $\sigma_\theta = 26,8 \text{ kg/m}^3$) do volume líquido (em Sv) para sul normal à radial AX97 para o Período de Cruzeiro com os dados dos projetos: MOVAR (a), AVISO (b) e ATOBA (c). O desvio padrão é representado pelas linhas verticais. A localização geográfica da radial AX97 é apresentada na Figura 2. Valores negativos indicam um transporte cruzando a radial em direção ao polo sul.32

Figura 10: Perfil da Velocidade Média normal à radial AX97 para o Período de Cruzeiro. a) MOVAR; b) AVISO; c) ATOBA. A linha tracejada representa a profundidade média da isopicnal de $\sigma_\theta = 26,8$. A localização geográfica da radial AX97 é apresentada na Figura 2. Valores negativos de velocidade indicam um fluxo cruzando a radial em direção ao polo sul.33

Figura 11: Gráfico cumulativo do transporte integrado (da superfície até a profundidade da isopicnal de $\sigma_\theta = 26,8 \text{ kg/m}^3$) do volume líquido (em Sv) normal à radial AX97 para o cruzeiro nº 7 com os dados dos projetos: MOVAR (a), AVISO (b) e ATOBA (c). A localização geográfica da radial AX97 é apresentada na Figura 2. Valores negativos indicam um transporte resultante cruzando a radial em direção ao polo sul.34

Figura 12: Perfil da Velocidade normal à radial AX97 para o cruzeiro nº 7. a) MOVAR; b) AVISO; c) ATOBA. Os círculos pretos representam a profundidade média da isopicnal de $\sigma_\theta = 26,8$. A localização geográfica da radial AX97 é apresentada na Figura 2. Valores negativos de velocidade indicam um fluxo cruzando a radial em direção ao polo sul.35

Figura A1: Velocidade superficial normal à Radial Costeira e à AX97 para os cruzeiros 1 (painel superior) e 2 (painel inferior). Linha contínua (tracejada) representa a Radial AX97 (Radial Costeira). A localização geográfica das radiais é apresentada na Figura 2. Valores negativos de velocidade indicam um fluxo cruzando a radial em direção ao polo sul. A cor azul representa o dado do MOVAR, a preta representa o dado do AVISO e a vermelha representa o dado do ATOBA. O núcleo amostrado em cada conjunto de dados está representado pelos quadrados, respeitando o esquema de cores proposto acima.42

Figura A2: Velocidade superficial normal à Radial Costeira e à AX97 para os cruzeiros 3 (painel superior) e 4 (painel inferior). Linha contínua (tracejada) representa a Radial AX97 (Radial Costeira). A localização geográfica das radiais é apresentada na Figura 2. V Valores negativos de velocidade indicam um fluxo cruzando a radial em direção ao polo sul. A cor azul representa o dado do MOVAR, a preta representa o dado do AVISO e a vermelha representa o dado do ATOBA. O núcleo amostrado em cada conjunto de dados está representado pelos quadrados, respeitando o esquema de cores proposto acima.43

Figura A3: Velocidade superficial normal à Radial Costeira e à AX97 para os cruzeiros 5 (painel superior) e 6 (painel inferior). Linha contínua (tracejada) representa a Radial AX97 (Radial Costeira). A localização geográfica das radiais é apresentada na Figura 2. Valores negativos de velocidade indicam um fluxo cruzando a radial em direção ao polo sul. A cor azul representa o dado do MOVAR, a preta representa o dado do AVISO e a vermelha representa o dado do ATOBA. O núcleo amostrado em cada conjunto de dados está representado pelos quadrados, respeitando o esquema de cores proposto acima.44

Figura A4: Velocidade superficial normal à Radial Costeira e à AX97 para os cruzeiros 7 (painel superior) e 8 (painel inferior). Linha contínua (tracejada) representa a Radial AX97 (Radial Costeira). A localização geográfica das radiais é apresentada na Figura 2. Valores negativos de velocidade indicam um fluxo cruzando a radial em direção ao polo sul. A cor azul representa o dado do MOVAR, a preta representa o dado do AVISO e a vermelha representa o dado do ATOBA. O núcleo amostrado em cada conjunto de dados está representado pelos quadrados, respeitando o esquema de cores proposto acima.45

Figura A5: Velocidade superficial normal à Radial Costeira e à AX97 para os cruzeiros 9 (painel superior) e 10 (painel inferior). Linha contínua (tracejada) representa a Radial AX97 (Radial Costeira). A localização geográfica das radiais é apresentada na Figura 2. Valores negativos de velocidade indicam um fluxo cruzando a radial em direção ao polo sul. A cor azul representa o dado do MOVAR, a preta representa o dado do AVISO e a vermelha representa o dado do ATOBA. O núcleo amostrado em cada conjunto de dados está representado pelos quadrados, respeitando o esquema de cores proposto acima.46

Figura A6: Velocidade superficial normal à Radial Costeira e à AX97 para os cruzeiros 11 (painel superior) e 12 (painel inferior). Linha contínua (tracejada) representa a Radial AX97 (Radial Costeira). A localização geográfica das radiais é apresentada na Figura 2. Valores negativos de velocidade indicam um fluxo cruzando a radial em direção ao polo sul. A cor azul representa o dado do MOVAR, a preta representa o dado do AVISO e a vermelha representa o dado do ATOBA. O núcleo amostrado em cada conjunto de dados está representado pelos quadrados, respeitando o esquema de cores proposto acima.47

Figura A7: Velocidade superficial normal à Radial Costeira e à AX97 para os cruzeiros 13 (painel superior) e 14 (painel inferior). Linha contínua (tracejada) representa a Radial AX97 (Radial Costeira). A localização geográfica das radiais é apresentada na Figura 2. Valores negativos de velocidade indicam um fluxo cruzando a radial em direção ao polo sul. A cor azul representa o dado do MOVAR, a preta representa o dado do AVISO e a vermelha representa o dado do ATOBA. O núcleo amostrado em cada conjunto de dados está representado pelos quadrados, respeitando o esquema de cores proposto acima.48

Figura A8: Velocidade superficial normal à Radial Costeira e à AX97 para os cruzeiros 15 (painel superior) e 16 (painel inferior). Linha contínua (tracejada) representa a Radial AX97 (Radial Costeira). A localização geográfica das radiais é apresentada na Figura 2. Valores negativos de velocidade indicam um fluxo cruzando a radial em direção ao polo sul. A cor azul representa o dado do MOVAR, a preta representa o dado do AVISO e a vermelha representa o dado do ATOBA. O núcleo amostrado em cada conjunto de dados está representado pelos quadrados, respeitando o esquema de cores proposto acima.49

Figura A9: Velocidade superficial normal à Radial Costeira e à AX97 para os cruzeiros 17 (painel superior) e 18 (painel inferior). Linha contínua (tracejada) representa a Radial AX97 (Radial Costeira). A localização geográfica das radiais é apresentada na Figura 2. Valores negativos de velocidade indicam um fluxo cruzando a radial em direção ao polo sul. A cor azul representa o dado do MOVAR, a preta representa o dado do AVISO e a vermelha representa o dado do ATOBA. O núcleo amostrado em cada conjunto de dados está representado pelos quadrados, respeitando o esquema de cores proposto acima.50

Figura A10: Velocidade superficial normal à Radial Costeira e à AX97 para os cruzeiros 19 (painel superior) e 20 (painel inferior). Linha contínua (tracejada) representa a Radial AX97 (Radial Costeira). A localização geográfica das radiais é apresentada na Figura 2. Valores negativos de velocidade indicam um fluxo cruzando a radial em direção ao polo sul. A cor azul representa o dado do MOVAR, a preta representa o dado do AVISO e a vermelha representa o dado do ATOBA. O núcleo amostrado em cada conjunto de dados está representado pelos quadrados, respeitando o esquema de cores proposto acima.51

Figura A11: Velocidade superficial normal à Radial Costeira e à AX97 para os cruzeiros 21 (painel superior) e 22 (painel inferior). Linha contínua (tracejada) representa a Radial AX97 (Radial Costeira). A localização geográfica das radiais é apresentada na Figura 2. Valores negativos de velocidade indicam um fluxo cruzando a radial em direção ao polo sul. A cor azul representa o dado do MOVAR, a preta representa o dado do AVISO e a vermelha representa o dado do ATOBA. O núcleo amostrado em cada conjunto de dados está representado pelos quadrados, respeitando o esquema de cores proposto acima.52

Figura A12: Velocidade superficial normal à Radial Costeira e à AX97 para os cruzeiros 23 (painel superior) e 24 (painel inferior). Linha contínua (tracejada) representa a Radial AX97 (Radial Costeira). A localização geográfica das radiais é apresentada na Figura 2. Valores negativos de velocidade indicam um fluxo cruzando a radial em direção ao polo sul. A cor azul representa o dado do MOVAR, a preta representa o dado do AVISO e a vermelha representa o dado do ATOBA. O núcleo amostrado em cada conjunto de dados está representado pelos quadrados, respeitando o esquema de cores proposto acima.53

Figura A13: Velocidade superficial normal à Radial Costeira e à AX97 para os cruzeiros 25 (painel superior) e 26 (painel inferior). Linha contínua (tracejada) representa a Radial AX97 (Radial Costeira). A localização geográfica das radiais é apresentada na Figura 2. Valores negativos de velocidade indicam um fluxo cruzando a radial em direção ao polo sul. A cor azul representa o dado do MOVAR, a preta representa o dado do AVISO e a vermelha representa o dado do ATOBA. O núcleo amostrado em cada conjunto de dados está representado pelos quadrados, respeitando o esquema de cores proposto acima.54

Figura A14: Velocidade superficial normal à Radial Costeira e à AX97 para os cruzeiros 27 (painel superior) e 28 (painel inferior). Linha contínua (tracejada) representa a Radial AX97 (Radial Costeira). A localização geográfica das radiais é apresentada na Figura 2. Valores negativos de velocidade indicam um fluxo cruzando a radial em direção ao polo sul. A cor azul representa o dado do MOVAR, a preta representa o dado do AVISO e a vermelha representa o dado do ATOBA. O núcleo amostrado em cada conjunto de dados está representado pelos quadrados, respeitando o esquema de cores proposto acima.55

Figura A15: Velocidade superficial normal à Radial Costeira e à AX97 para os cruzeiros 29 (painel superior) e 30 (painel inferior). Linha contínua (tracejada) representa a Radial AX97 (Radial Costeira). A localização geográfica das radiais é apresentada na Figura 2. Valores negativos de velocidade indicam um fluxo cruzando a radial em direção ao polo sul. A cor azul representa o dado do MOVAR, a preta representa o dado do AVISO e a vermelha representa o dado do ATOBA. O núcleo amostrado em cada conjunto de dados está representado pelos quadrados, respeitando o esquema de cores proposto acima.56

Figura A16: Velocidade superficial normal à Radial Costeira e à AX97 para os cruzeiros 31 (painel superior) e 32 (painel inferior). Linha contínua (tracejada) representa a Radial AX97 (Radial Costeira). A localização geográfica das radiais é apresentada na Figura 2. Valores negativos de velocidade indicam um fluxo cruzando a radial em direção ao polo sul. A cor azul representa o dado do MOVAR, a preta representa o dado do AVISO e a vermelha representa o dado do ATOBA. O núcleo amostrado em cada conjunto de dados está representado pelos quadrados, respeitando o esquema de cores proposto acima.57

Figura A17: Velocidade superficial normal à Radial Costeira e à AX97 para os cruzeiros 33 (painel superior) e 34 (painel inferior). Linha contínua (tracejada) representa a Radial AX97 (Radial Costeira). A localização geográfica das radiais é apresentada na Figura 2. Valores negativos de velocidade indicam um fluxo cruzando a radial em direção ao polo sul. A cor azul representa o dado do MOVAR, a preta representa o dado do AVISO e a vermelha representa o dado do ATOBA. O núcleo amostrado em cada conjunto de dados está representado pelos quadrados, respeitando o esquema de cores proposto acima.58

Figura A18: Velocidade superficial normal à Radial Costeira e à AX97 para os cruzeiros 35 (painel superior) e 36 (painel inferior). Linha contínua (tracejada) representa a Radial AX97 (Radial Costeira). A localização geográfica das radiais é apresentada na Figura 2. Valores negativos de velocidade indicam um fluxo cruzando a radial em direção ao polo sul. A cor azul representa o dado do MOVAR, a preta representa o dado do AVISO e a vermelha representa o dado do ATOBA. O núcleo amostrado em cada conjunto de dados está representado pelos quadrados, respeitando o esquema de cores proposto acima.59

Figura A19: Velocidade superficial normal à Radial Costeira e à AX97 para os cruzeiros 37 (painel superior) e 386 (painel inferior). Linha contínua (tracejada) representa a Radial AX97 (Radial Costeira). A localização geográfica das radiais é apresentada na Figura 2. Valores negativos de velocidade indicam um fluxo cruzando a radial em direção ao polo sul. A cor azul representa o dado do MOVAR, a preta representa o dado do AVISO e a vermelha representa o dado do ATOBA. O núcleo amostrado em cada conjunto de dados está representado pelos quadrados, respeitando o esquema de cores proposto acima.60

Figura A20: Velocidade superficial normal à Radial Costeira e à AX97 para os cruzeiros 39 (painel superior) e 40 (painel inferior). Linha contínua (tracejada) representa a Radial AX97 (Radial Costeira). A localização geográfica das radiais é apresentada na Figura 2. Valores negativos de velocidade indicam um fluxo cruzando a radial em direção ao polo sul. A cor azul representa o dado do MOVAR, a preta representa o dado do AVISO e a vermelha representa o dado do ATOBA. O núcleo amostrado em cada conjunto de dados está representado pelos quadrados, respeitando o esquema de cores proposto acima.61

Figura A21: Velocidade superficial normal à Radial Costeira e à AX97 para os cruzeiros 41 (painel superior) e 42 (painel inferior). Linha contínua (tracejada) representa a Radial AX97 (Radial Costeira). A localização geográfica das radiais é apresentada na Figura 2. Valores negativos de velocidade indicam um fluxo cruzando a radial em direção ao polo sul. A cor azul representa o dado do MOVAR, a preta representa o dado do AVISO e a vermelha representa o dado do ATOBA. O núcleo amostrado em cada conjunto de dados está representado pelos quadrados, respeitando o esquema de cores proposto acima.62

Figura A22: Velocidade superficial normal à Radial Costeira e à AX97 para o cruzeiro 43. Linha contínua (tracejada) representa a Radial AX97 (Radial Costeira). A localização geográfica das radiais é apresentada na Figura 2. Valores negativos de velocidade indicam um fluxo cruzando a radial em direção ao polo sul. A cor azul representa o dado do MOVAR, a preta representa o dado do AVISO e a vermelha representa o dado do ATOBA. O núcleo amostrado em cada conjunto de dados está representado pelos quadrados, respeitando o esquema de cores proposto acima...63

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Estimativas do Transporte de Volume da CB entre 20 e 25 S.	13
Tabela 2: Lista de Cruzeiros realizados de 2004 até 2013. Contém as datas iniciais e finais dos cruzeiros, sua duração e estação do ano no momento da coleta dos dados. Lima et al. (2016) classificou a intensidade dos transportes para o período de cruzeiro entre os anos de 2004 e 2012.	18
Tabela 3: Frequência e posicionamento do núcleo da CB calculado com base no AVISO e ATOBA para o Período Total. A coluna “AX97” representa os eventos onde o AVISO e o ATOBA diagnosticaram o núcleo da CB dentro dos limites da radial AX97. A coluna “Radial Costeira” representa os eventos onde o AVISO e o ATOBA diagnosticaram o núcleo da CB fora dos limites da radial AX97. A última coluna representa os eventos onde um dos produtos altimétricos amostraram o núcleo da CB dentro da AX97. As linhas representam a quantidade de semanas onde o evento acontece, e a sua frequência observada no período estudado.	25
Tabela 4: Frequência e posicionamento do núcleo da CB calculado com base no AVISO e ATOBA para o Período de Cruzeiro. A coluna “AX97” representa os eventos onde o AVISO e o ATOBA diagnosticaram o núcleo da CB dentro dos limites da radial AX97. A coluna “Radial Costeira” representa os eventos onde o AVISO e o ATOBA diagnosticaram o núcleo da CB fora dos limites da radial AX97. A última coluna representa os eventos onde um dos produtos altimétricos amostraram o núcleo da CB dentro da AX97. As linhas representam a quantidade de Cruzeiros onde o evento acontece, e a sua frequência com base no número total de cruzeiros.	25
Tabela 5: Correlação Cruzada dos dados altimétricos com os dados do Projeto MOVAR para a radial AX97.	29
Tabela 6: Correlação Cruzada dos dados altimétricos com os dados do Projeto MOVAR para a radial AX97, para cada estação do ano.	29

1 INTRODUÇÃO

A velocidade de uma porção de água e seu transporte resultante são aspectos fundamentais para o entendimento das correntes oceânicas e massas d'água. As correntes oceânicas podem ter seu deslocamento influenciado por diversos tipos de movimento, dentre eles estão: o movimento termohalino, o movimento gerado pelo vento, as correntes de maré, e o movimento geostrófico.

O movimento termohalino ocorre quando a densidade da água muda de modo que a ação diferencial da gravidade causa um movimento relativo. A circulação termohalina é uma das maiores componentes da circulação oceânica global. Sua circulação está relacionada à formação de diversas massas d'água próximo à superfície, ao transporte dessas massas no interior dos oceanos, e o retorno ao local de origem. A velocidade de suas correntes é lenta ($\sim 1\text{cm/s}$), e seu fluxo demora milhares de anos para ser renovado (Huang 2015).

O movimento gerado pelo vento ocorre quando o vento que flui perto da superfície dos oceanos transfere momento e energia para a camada superior da água, causando o início de seu deslocamento. A intensidade desse processo pode atingir diferentes escalas, variando de pequenos fluxos turbulentos gerados pela quebra de ondas de gravidade na costa, a até a circulação dos giros oceânicos, que apresentam tamanho semelhante ao da bacia oceânica e estendem-se a profundidades que podem alcançar até milhares de metros (Bogden & Edwards 2001). As correntes de maré são movimentos periódicos causados pela atração gravitacional que a Lua e o Sol exercem sobre a Terra. O sentido da corrente acompanha a subida e a descida do nível da maré do local.

O movimento geostrófico, que está relacionado ao gradiente gerado pela diferença de pressão entre dois pontos de mesma profundidade, onde o escoamento flui ao longo de isóbaras, pois a força gradiente de pressão se equilibra com a força de Coriolis. Esse processo é chamado de equilíbrio geostrófico (Pond & Pickard 1983). As correntes geostróficas podem ser mensuradas de forma indireta, através do cálculo da topografia dinâmica. Para se obter um mapeamento da topografia dinâmica, deve-se medir os valores de temperatura e salinidade da coluna de água pois as áreas onde ocorre o empilhamento da água são, geralmente, menos densas que a porção vizinha. A principal premissa do método dinâmico é que o termo da

pressão e da aceleração de Coriolis são dominantes em relação ao atrito e à força centrípeta. Essas condições são observadas em eventos de larga e mesoescala, o que permite a caracterização das principais feições oceânicas através de medições do campo termohalino. Para a obtenção de uma velocidade absoluta torna-se necessário definir um nível de referência em z . Geralmente esse nível de referência é escolhido onde a velocidade é nula, ou seja, a profundidade do nível de não movimento (NNM) (Reid,1989; De Madron & Weatherly,1994). Neste caso a velocidade geostrófica é referida como sendo a velocidade absoluta. Os transportes provenientes destes movimentos são amplamente relatados na literatura devido à sua importância para o entendimento da dinâmica dos oceanos (Chu *et al.* 1988; Ozer *et al.* 2016; Shen & Gong 2009; Stramma 1991).

Embora o cálculo da intensidade de correntes oceânicas considerando apenas a velocidade geostrófica seja uma aproximação com base em um processo complexo, os resultados obtidos são satisfatórios, e uma ampla porção do que se é conhecido atualmente foi obtido através desses cálculos (Gordon & Greengrove 1986; Salat *et al.* 1992; Reid 1994; Meyers *et al.* 1995; Vallis 1996; Crokelet 2016;). Ampla maioria dos estudos realizados na Corrente do Brasil (CB), e principalmente nos arredores de Cabo Frio – RJ (23° S) com foco no transporte de volume da CB foram baseados em cálculos geostrófico (Signorini 1978; Campos *et al.* 1995; Silveira *et al.* 2000; Mata *et al.* 2012; Biló *et al.* 2014; Lima *et al.* 2016).

A origem da CB se dá através da bifurcação da Corrente Sul Equatorial (CSE). Entretanto, sua origem não é fixada em apenas um processo de bifurcação, ela apresenta diferentes faixas de latitudes onde as bifurcações ocorrem em níveis de profundidade variados. Pereira *et al.* (2014) realizaram simulações globais, realistas e independentes, e constataram que a CB apresenta um sistema de bifurcação robusto e os valores apresentados são confiáveis com base nos estudos anteriores. A bifurcação da CSE ocorre entre 13-15°S para a Água Tropical, em 22°S para a Água Central do Atlântico Sul. Já no nível da Água Intermediária Antártica, a CSE se bifurca entre 28°-30°S. Sendo assim, a CB tem um aumento na extensão vertical à medida em que segue seu fluxo para sul. O mesmo tende a acontecer com o transporte de volume (Tabela 1). Muller *et al.* (1998) e Rocha *et al.* (2014) observaram o aumento do transporte total da CB de 4,9 a 10 Sv enquanto flui de 22°S a 28°S.

A CB é a Corrente de Contorno Oeste (CCO) associada à circulação do giro subtropical do Atlântico Sul, que é considerada a feição dinâmica dominante do oceano Atlântico Sul. A CB pode ser classificada como uma CCO de baixa magnitude em termos de transporte, especialmente se comparada com a CCO do Atlântico Norte, a Corrente do Golfo (CG) (Peterson & Stramma 1991). A explicação mais aceita atualmente para essa diferença de transporte observada nas CCO's do Oceano Atlântico é que a circulação termohalina interfere positivamente no transporte da CG e reduz o da CB (Figura 1). Além disso, a porção superficial do ramo sul da Corrente Sul Equatorial injeta 12 Sv para o Hemisfério Norte por meio da Corrente Norte do Brasil e apenas 4 Sv fluem para o Sul constituindo a CB (Stramma *et al.* 1990).

Tabela 1: Estimativas do Transporte de Volume da CB entre 20 e 25 S. Coluna da direita representa o NNM usado no cálculo geostrófico.

Latitude	Transporte (Sv)	Estudo	NNM (m)
9-13 S	-4,1	Stramma <i>et al.</i> (1990)	390-510
20,28 S	-3,8	Evans <i>et al.</i> (1983)	500
20,3 S	-1,6	Stramma <i>et al.</i> (1990)	590-630
20,5 S	-5,6	Passos (2011)	500
21 S	-9,4	Schmid <i>et al.</i> (1995)	600
21,4 S	-4,4	Evans <i>et al.</i> (1983)	500
22 S	-2,99	Pereira <i>et al.</i> (2014)	300
22 S	-5,2	Signorini (1978)	500
22 S	-5,5	Lima (1997)	Correntômetro
22,5 S	-2,3	Mata <i>et al.</i> (2010)	400
22,5 S	-2,7	Lima <i>et al.</i> (2016)	Isopicnal ($\sigma_{\theta}=26.8$)
22-25 S	-4,8	Silveira <i>et al.</i> (2008)	Correntômetro
28 S	-11,4	Fisher (1964)	1500-1600
32 S	13	Evans <i>et al.</i> (1983)	1000

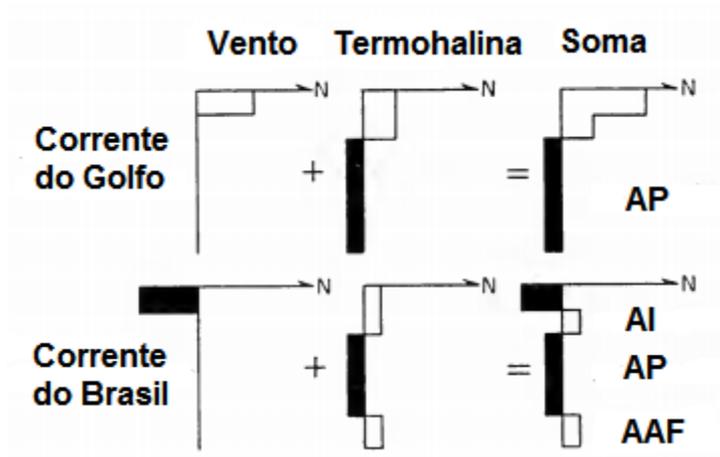


Figura 1: Diagrama esquemático da explicação da diferença de transporte entre as Correntes do Golfo e do Brasil. As massas d'águas citadas são: Água Intermediária (AI); Água Profunda (AP); Água Antártica de Fundo. Modificado de Stommel (1965).

Na região da Cadeia Vitória-Trindade (CVT) (Figura 2), a CB, que flui ao longo da quebra da plataforma, sofre forte influência da batimetria local e tem seu fluxo subdividido por entre os montes da região. Ao passar pela CVT, a CB se reorganiza em um ramo único (Evans *et al.* 1983; Legeais *et al.* 2012). Ao sul da CVT, Schmid *et al.* (1995) encontraram a CB, durante o verão, com um fluxo ao longo do talude continental devido à presença do Vórtice de Vitória. No inverno, a CB se reorganizou em um ramo único sem a presença de vórtice. Caspel (2009) relacionou o comportamento da CB ao passar pela CVT com sua intensidade. Em períodos onde o transporte da CB é intenso, a corrente sofre uma bifurcação evidente, sendo que o fluxo se reorganiza ao longo da quebra da plataforma após a passagem pela CVT. Entretanto, quando o transporte da CB é fraco, a corrente apresenta um perfil meandrante ao sul da CVT. Essa influência de processos de mesoescala está condicionada principalmente à batimetria local.

Apesar da influência das CCO's nos oceanos e no clima, desde escalas regionais a globais, a CB necessita de uma maior realização de estudos focados em sua variabilidade ou em sua relação com a variabilidade do giro subtropical em larga-escala (Mata *et al.* 2012).

O presente estudo é uma extensão dos estudos elaborados por Mata *et al.* (2012) e Lima *et al.* (2016). Mata *et al.* (2012) realizou um estudo do transporte baroclínico da CB com base em dados do projeto MOVAR de 2004 a 2011, adotando o NNM de 400 dbar. Já Lima *et al.* (2016) baseou suas análises de transporte em dados de modelo e do projeto MOVAR para o período de 2004 a 2012, sendo que o NNM adotado foi a profundidade da isopical de $\sigma_{\theta}=26,8$.

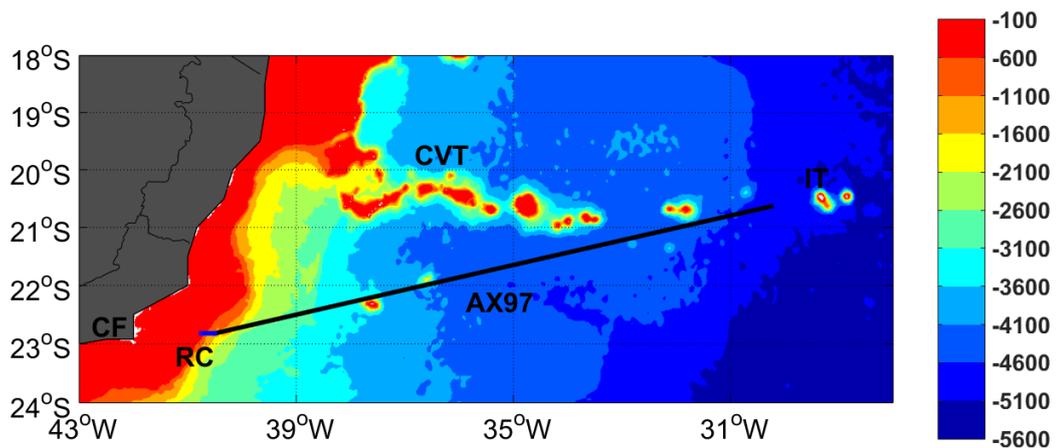


Figura 2: Batimetria da região de estudo. A cidade de Cabo Frio e a Ilha Trindade estão representadas por CF e IT, respectivamente. A região da Cadeia de Montanhas Vitória – Trindade (CVT) está identificada. A linha preta corresponde à Radial AX97 e a linha azul representa a Radial Costeira (RC). Escala de cores indicam a profundidade em metros.

1.1 Objetivo

O objetivo principal deste trabalho é comparar o campo superficial da velocidade geostrófica e o transporte integrado de volume da CB ao longo da radial AX97 através de dados altimétricos e *in situ*.

Dentre os objetivos secundários, tem-se:

- Colaborar com o aperfeiçoamento metodológico do cálculo do transporte integrado de volume da CB
- Desenvolver um acoplamento com dados *in situ* e dados altimétricos

2 ÁREA DE ESTUDO

2.1 Radial AX97

O Projeto MOVAR (**MO**nitoramento da **VAR**iability Regional do transporte de calor e volume na camada superficial do oceano Atlântico Sul entre o Rio de Janeiro - RJ e a Ilha Trindade - ES), fruto de uma ação conjunta de diversas universidades brasileiras ao lado da Marinha do Brasil e da National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), corrobora no aumento do número de observações obtidas através do lançamento de eXpandable-BathyThermograph (XBT) indo desde a plataforma continental ao largo de Cabo Frio – RJ (42°O, 23°S) até a Ilha de Trindade (30°O, 20°S) (Figura 2). Essa radial foi nomeada de AX97 pela NOAA. A elaboração de uma série temporal de longa duração para o transporte da CB é um dos principais objetivos do Projeto MOVAR. Esses dados possibilitam o estudo das feições de mesoescala da região, além de melhorar o entendimento da variabilidade da CB (Caspel *et al.* 2010; Mata *et al.* 2012). Bell *et al.* (2015) faz referência aos dados de XBT como um produto utilizado para a assimilação de dados em sistemas oceânicos de previsão e reanálises que estão em fase de desenvolvimento e validação. O autor também cita a importância das radiais de XBT de alta resolução, que são distribuídas mundialmente, para o cálculo de transporte nos oceanos.

O projeto apresenta uma boa viabilidade pois apresenta um baixo custo operacional onde os lançamentos dos XBTs são realizados pela Marinha do Brasil em cruzeiros chamados de cruzeiros de oportunidade, e os equipamentos são doados pela instituição americana. O projeto iniciou em 2004 e se estende até o presente momento, acumulando mais de 60 cruzeiros oceanográficos. A radial AX97 apresenta uma alta resolução espacial de aproximadamente 27 km entre as estações (Caspel *et al.* 2010). Grande parte das sondas usadas medem a temperatura em até 800 m. O tempo de descida das sondas é convertido para a profundidade, correspondente a cada aferição, através da equação de taxa de queda que é utilizada pelo fabricante das sondas (Cheng *et al.* 2014). A resolução vertical do dado antes de ser processado é de 1 aferição a cada 0,64 m aproximadamente.

Com o intuito de diminuir os erros incorporados na aquisição de dados pelo XBT, um controle de qualidade dos dados é realizado. Primeiramente, uma análise visual dos perfis verticais de temperatura é feita, onde os perfis de temperatura com grandes desvios sistemáticos em relação às estações vizinhas são eliminados da análise. Picos isolados são desconsiderados após a aplicação de uma média móvel de 5 pontos. Por último, os dados são interpolados para $1/4^\circ$ ao longo da radial e a cada 10 m ao longo da coluna d'água. A radial de referência AX97 foi adotada para auxiliar nas comparações diretas entre os cruzeiros (Lima *et al.* 2016).

3 METODOLOGIA

O presente estudo foi realizado com base em dados *in situ* e dados altimétricos. Para o melhor entendimento das análises dos dados, esse trabalho irá se referir ao intervalo entre Jan/2004 e Dez/2013 como “Período Total”, e aos dias onde foram realizados os cruzeiros do Projeto MOVAR como “Período de Cruzeiro”. A manipulação dos dados e as análises, que serão apresentadas abaixo, foram realizadas no software MATLAB R2015a.

3.1 Dados *in situ*

Dados de temperatura são obtidos pelo Projeto MOVAR através de lançamento de XBTs entre as proximidades de Cabo Frio (RJ) e a Ilha Trindade (Figura 2). A amostragem do XBT é realizada com um espaçamento de 27 km ao longo do transecto, sendo que a resolução aumenta para 18 km próximo às extremidades da radial. As sondas usadas na medição alcançam profundidades de até 800 m. O perfil da salinidade, para cada cruzeiro, é estimado por uma função quadrática da temperatura, com base nas relações históricas de T-S (Thacker 2007). Após isso, os dados são interpolados para a radial de referência AX97, que possui resolução espacial horizontal de $1/4^\circ$, e vertical de 10 m, seguindo o método descrito por Lima *et al.* (2016). Os dados são disponibilizados livremente pelo Atlantic Oceanographic and Meteorological Laboratory, e são financiados pelo NOAA Office of Climate Observations. Entre 2004 e 2013, 43 cruzeiros oceanográficos com duração média de 4 dias, foram realizados na radial AX97, com uma frequência média de 4 a 5 cruzeiros por ano. A Tabela 2 detalha a realização de cada cruzeiro.

Tabela 2: Lista de Cruzeiros realizados de 2004 até 2013. Contém as datas iniciais e finais dos cruzeiros, sua duração e estação do ano no momento da coleta dos dados. Lima et al. (2016) classificou a intensidade dos transportes para o período de cruzeiro entre os anos de 2004 e 2012. Modificado de Lima et al. (2016).

N	Data Inicial	Data Final	Duração (dias)	Estação	Transporte
1	29/08/2004	02/09/2004	5	Inverno	Fraco
2	17/02/2005	20/02/2005	4	Verão	Moderado
3	12/08/2005	15/08/2005	4	Inverno	Fraco
4	14/02/2006	16/02/2006	3	Verão	Intenso
5	30/06/2006	02/07/2006	3	Inverno	Moderado
6	16/08/2006	18/08/2006	3	Inverno	Moderado
7	11/12/2006	14/12/2006	4	Primavera	Intenso
8	25/02/2007	28/02/2007	4	Verão	Fraco
9	05/03/2007	07/03/2007	3	Verão	Moderado
10	21/04/2007	24/04/2007	4	Outono	Intenso
11	27/06/2007	29/06/2007	3	Inverno	Moderado
12	24/08/2007	30/08/2007	7	Inverno	Fraco
13	14/02/2008	16/02/2008	3	Verão	Intenso
14	17/04/2008	19/04/2008	3	Outono	Fraco
15	11/06/2008	13/06/2008	3	Outono	Moderado
16	19/08/2008	21/08/2008	3	Inverno	Moderado
17	06/12/2008	08/12/2008	3	Primavera	Fraco
18	03/02/2009	06/02/2009	4	Verão	Moderado
19	10/04/2009	13/04/2009	4	Outono	Intenso
20	21/06/2009	23/06/2009	3	Inverno	Moderado
21	14/10/2009	16/10/2009	3	Primavera	Intenso
22	09/12/2009	11/12/2009	3	Primavera	Moderado
23	04/05/2010	08/05/2010	5	Outono	Intenso
24	02/12/2010	05/12/2010	4	Primavera	Moderado
25	08/02/2011	10/02/2011	3	Verão	Fraco
26	03/05/2011	06/05/2011	4	Outono	Moderado
27	13/06/2011	15/06/2011	3	Outono	Fraco
28	16/08/2011	23/08/2011	8	Inverno	Moderado
29	18/10/2011	21/10/2011	4	Primavera	Fraco
30	29/11/2011	05/12/2011	7	Primavera	Moderado
31	24/02/2012	27/02/2012	4	Verão	Moderado
32	02/04/2012	04/04/2012	3	Outono	Intenso
33	07/06/2012	10/06/2012	4	Outono	Moderado
34	26/07/2012	01/08/2012	7	Inverno	Moderado
35	15/08/2012	18/08/2012	4	Inverno	Moderado

36	22/10/2012	01/11/2012	11	Primavera	Moderado
37	05/12/2012	07/12/2012	3	Primavera	Intenso
38	15/02/2013	17/02/2013	3	Verão	--
39	13/04/2013	17/04/2013	5	Outono	--
40	24/06/2013	28/06/2013	5	Inverno	--
41	17/08/2013	19/08/2013	3	Inverno	--
42	16/10/2013	19/10/2013	4	Primavera	--
43	30/11/2013	03/12/2013	4	Primavera	--

A anomalia geopotencial, calculada pelo campo termohalino, foi usada na obtenção da velocidade geostrófica. A isopicnal de $\sigma_{\theta}=26,8$ foi usada como Nível de Não Movimento (NMM) para o cálculo da velocidade geostrófica, pois esse valor de densidade é aceito como a interface entre a CB e a Corrente de Contorno Oeste Intermediária (CCOI) (Biló *et al.* 2014; Pereira *et al.* 2014). Posteriormente, os dados de velocidade geostrófica foram agrupados por estação do ano a qual os cruzeiros foram realizados.

O transporte de volume foi estimado pela integração vertical do campo de velocidade, para a radial AX97, da superfície até a profundidade da isopicnal $\sigma_{\theta}=26,8$ (Mata *et al.* 2012). O transporte de volume para sul foi estimado da mesma forma, sendo que apenas as velocidades negativas (sentido sul) foram consideradas.

3.2 Dados Altimétricos

Ao todo, dois conjuntos de dados altimétricos foram utilizados nas análises. Dados de velocidade geostrófica superficial (entre 18-24°S e 28-43°O) foram obtidos através do produto Delayed Time disponibilizado pelo AVISO (Archiving, Validation, and Interpretation of Satellite Oceanographic) SSALTO/DUAC. Esses dados estavam em mapas diários de topografia dinâmica absoluta, com resolução espacial de 1/4° (CSL 2015a). Já os dados do ATOBA (Altimetry Tailored and Optimized for Brazilian Applications) foram obtidos através do produto Delayed Time da área V2 (54°O a 32°O e 11°S a 35°S) disponibilizados pelo sistema SSALTO/DUAC (CLS 2015b). Os dados ATOBA V2 têm as correções de marés feitas pelo modelo FES-2012 e a grade dos produtos apresenta resolução espacial de 1/12° (Daher & Costa Junior 2014).

Dados semanais de Anomalia da Superfície do Mar (ASM) foram obtidos, e a média da Topografia Dinâmica (TDM) foi calculada com base em dados históricos de 20 anos. A velocidade geostrófica superficial foi calculada com base nas equações 1 e 2 (Benny *et al.* 2015). Onde as componentes da anomalia da velocidade geostrófica (u' e v') foram calculadas através da ASM (Eq. 1), sendo g , a gravidade, f , o parâmetro de Coriolis, δx e δy , a distância entre os pontos gridados e δh , a diferença da ASM entre os pontos.

$$u' = \frac{-g}{f} \cdot \frac{\delta h}{\delta y} \qquad v' = \frac{g}{f} \cdot \frac{\delta h}{\delta x} \qquad (\text{Eq. 1})$$

A velocidade geostrófica média (Vmg), obtida através da TDM, foi somada à anomalia da velocidade geostrófica (Vg'), obtida através da ASM, e o produto resultante foi a velocidade geostrófica total (Eq. 2).

$$Vg(x, y, t) = Vmg(x, y) + Vg'(x, y, t) \qquad (\text{Eq. 2})$$

Os dados de velocidade superficial do AVISO e do ATOBA foram interpolados e rotacionados para os pontos da radial de referência AX97. Foi criada uma radial costeira que conecta a costa da cidade de Cabo Frio (RJ) com o limite oeste da AX97 (Figura 2). Essa radial apresenta a mesma resolução espacial da radial principal. Todas as estações com profundidade menor que 200 m não foram consideradas nas análises. Para isso, foram usados os dados batimétricos obtidos pelo GEBCO 2014.

Para a realização de um experimento de sensibilidade, além da velocidade geostrófica do MOVAR ter sido calculada com base em um NNM isopicnal, também foi avaliado um acoplamento de dados *in situ* com a altimetria através da utilização da velocidade geostrófica superficial fornecida pelos dados altimétricos e a utilização da equação do vento térmico para fornecer os campos em subsuperfície. Após o conhecimento estrutural do campo de subsuperfície (Eq. 3), a velocidade superficial fornecida pelos dados altimétricos é usada como referência e, a partir da superfície, as componentes da velocidade são calculadas para as camadas abaixo. O cálculo segue até a profundidade da isopicnal de $\sigma_{\theta}=26,8$, que não mais será o referencial de não movimento.

$$\frac{\delta u}{\delta z} = \frac{g}{\rho f} \cdot \frac{\delta \rho}{\delta y} \quad \frac{\delta v}{\delta z} = -\frac{g}{\rho f} \cdot \frac{\delta \rho}{\delta x} \quad (\text{Eq. 3})$$

Onde, u e v são as componentes zonal e meridional da velocidade, respectivamente; g é a gravidade; f representa o parâmetro de Coriolis; ρ é a densidade; e x , y e z são as coordenadas espaciais.

Para os dados do ATOBA, como eles apresentam uma frequência semanal, a velocidade média de cada cruzeiro foi calculada com base em uma média ponderada, onde o peso de cada dado semanal está diretamente relacionado à quantidade de dias em que o cruzeiro operou durante a semana vigente. Já a velocidade média de cada cruzeiro para os dados do AVISO foi calculada com base na média das velocidades diárias correspondentes ao período de realização de cada cruzeiro (Tabela 2). As velocidades superficiais também foram agrupadas por estação do ano tanto para o período total, quanto para o período de cruzeiro.

O transporte de volume foi obtido através da integração vertical (da superfície até a profundidade da isopical de $\sigma_\theta=26,8$) do perfil de velocidade geostrófica para a radial AX97. O transporte de volume para sul foi estimado pela integração vertical (da superfície até a profundidade da isopical de $\sigma_\theta=26,8$) do campo de velocidade geostrófica para a radial AX97, considerando apenas as velocidades negativas (sentido Sul). Esses cálculos foram realizados para o período total dos dados altimétricos (Jan/2004 a Dez/2013).

3.3 Análises Realizadas

Todos os 3 conjuntos de dados foram subdivididos em período de cruzeiro, enquanto apenas os dados altimétricos tiveram o período total estabelecidos. Não foi possível a inclusão do período total para os dados *in situ* pois não há coleta contínua de dados.

Para a análise da extensão longitudinal da CB, a média e o desvio padrão (representado pela variabilidade) da velocidade superficial de cada cruzeiro para os dados do MOVAR, AVISO e ATOBA foram plotadas. O ponto de maior intensidade pertencente à CB foi identificado nas imagens e definido como o ponto onde o fluxo apresenta a maior intensidade para sul entre a costa e 39°O. O mesmo foi realizado para os dados equivalentes ao período total, porém as imagens não são mostradas.

Com base nessas análises, foi possível identificar qual a frequência em que a radial AX97 conseguia amostrar o núcleo da CB em pelo menos um dos produtos altimétricos, tanto no período de cruzeiro quanto no período total.

Os eventos de bifurcação da CB para a área de estudo foram analisados através de perfis de velocidade superficial média que foram subdivididos em 3 categorias, em relação aos dados do AVISO e ATOBA: núcleo presente na AX97 para ambos os dados; núcleo presente na AX97 em apenas um produto altimétrico; e núcleo ausente na AX97 para os dois dados.

Um comparativo das intensidades representadas no AVISO e ATOBA foi realizado através da análise do gráfico de diferença da média da velocidade superficial do AVISO e do ATOBA em relação ao MOVAR. Para essa análise, foram considerados, para cada cruzeiro, apenas os pontos onde os dados altimétricos comparados (AVISO ou ATOBA) e os dados do MOVAR apresentam o fluxo no mesmo sentido. O nível de similaridade das séries foi analisado pela correlação cruzada dos dados do AVISO com o MOVAR e do ATOBA com o MOVAR para todos os cruzeiros, e para todos os cruzeiros de cada estação do ano. A correlação cruzada foi calculada abrangendo os dados desde o limite oeste da radial AX97 até 32°O. Essa área foi utilizada pois é o único trecho onde os 3 conjuntos estudados (MOVAR, AVISO e ATOBA) possuem dados válidos.

O transporte total foi representado pelo gráfico cumulativo do transporte de volume, para os dados altimétricos e *in situ*. A seção transversal da velocidade geostrófica corroborou com a análise do transporte. O transporte para sul também foi analisado com base em um gráfico cumulativo do transporte sul para todos os dados.

Análises do transporte de volume também foram realizadas para o estudo de caso do cruzeiro nº7. Esse cruzeiro foi selecionado pois apresenta perfis semelhantes da velocidade geostrófica superficial (Figura A4 – painel superior), mas apresenta diferentes perfis de velocidade em subsuperfície.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Velocidade Superficial

O posicionamento da CB pode ser identificado através da análise da Figura 3. A maior intensidade do fluxo para o sul está concentrada na porção oeste da radial AX97 (Figura 3a e 3c). A região de maior variabilidade também está relacionada à atividade da CB (Figura 3b e 3d). Sendo assim, a CB está confinada na porção leste da AX97 até 39°O. O limite leste da CB encontrado por este trabalho está de acordo com Lima *et al.* (2016), que encontraram esses valores para os dados *in situ* e de modelos. Não é possível determinar o contorno oeste da CB devido à falta de dado confiável nesta região. O pico de velocidade positiva entre 36-37° O pode estar condicionado à influência da batimetria local, uma vez que os montes submarinos Almirante Saldanha e São Tomé estão localizados nas proximidades.

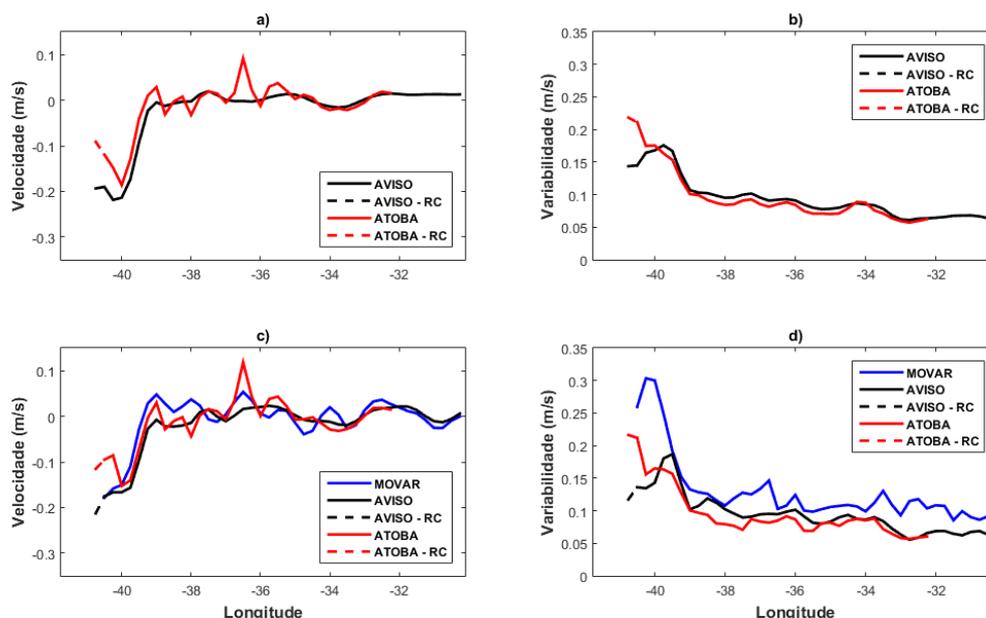


Figura 3 Velocidade superficial normal à Radial Costeira e à AX97. a) Velocidade média do Período Total; b) Variabilidade do Período Total; c) Velocidade média do Período de Cruzeiro; d) Variabilidade do Período de Cruzeiro. Linha contínua (tracejada) representa a Radial AX97 (RC). A localização geográfica das radiais é apresentada na Figura 2. Valores negativos de velocidade indicam um fluxo cruzando a radial em direção ao polo sul.

Com base na análise acima, o núcleo da CB foi definido como o local onde a velocidade superficial apresenta maior intensidade para sul entre a costa e 39°O. O núcleo da CB apresentou valores médios de -0.18 ± 0.26 , -0.21 ± 0.12 e -0.15 ± 0.17 m/s (MOVAR, ATOBA e AVISO, respectivamente), para o período de cruzeiro.

Analisando o período total, a média dos valores máximos foi de $-0,22 \pm 0,16$ m/s e $-0,18 \pm 0,17$ m/s para o AVISO e ATOBA. O perfil da variabilidade dos dados altimétricos para o período total é similar ao encontrado considerando o período de cruzeiro para os mesmos dados. Fato este que confirma a boa representatividade temporal dos dados do Projeto MOVAR.

O posicionamento do núcleo referente a cada um dos 3 conjuntos de dados, considerando o período de cruzeiro, está disponível no ANEXO 1. As figuras do ANEXO 1 representam a componente normal da velocidade média ao longo das radiais costeiras e AX97 para cada cruzeiro. A posição do núcleo da CB com base nos 3 conjuntos de dados analisados (MOVAR, AVISO e ATOBA) é representada pelos quadrados coloridos.

As Tabelas 3 e 4 detalham a frequência de ocorrência e a localização do núcleo da CB, referente aos dados do AVISO e ATOBA para o Período Total e o Período de Cruzeiro. Se considerarmos a série temporal completa, em 60% dos casos, o núcleo da CB esteve localizado dentro da área de atuação do Projeto MOVAR. Além disso, o núcleo da CB é detectado na radial AX97 por pelo menos um dos produtos altimétricos estudados em, no mínimo, 80 % das ocasiões (60 % onde ambos os produtos altimétricos detecta o núcleo da CB na radial AX97, e 20 % onde pelo menos um dos produtos altimétricos o faz). Esses são fortes argumentos para a continuidade do Projeto MOVAR, e evidenciam o acerto na escolha da radial AX97 para a realização de estudos sobre a variabilidade espacial da CB. As similaridades encontradas entre as frequências de amostragem do núcleo da CB demonstradas nas Tabelas 3 e 4, contribuem para a afirmação de que a frequência amostral do Projeto MOVAR está suficientemente boa para a análise da variabilidade temporal da CB.

Tabela 3: Frequência e posicionamento do núcleo da CB calculado com base no AVISO e ATOBA para o Período Total. A coluna “AX97” representa os eventos onde o AVISO e o ATOBA diagnosticaram o núcleo da CB dentro dos limites da radial AX97. A coluna “Radial Costeira” representa os eventos onde o AVISO e o ATOBA diagnosticaram o núcleo da CB fora dos limites da radial AX97. A última coluna representa os eventos onde um dos produtos altimétricos amostraram o núcleo da CB dentro da AX97. As linhas representam a quantidade de semanas onde o evento acontece, e a sua frequência observada no período estudado.

	AX97	Radial Costeira	AX97/Costeira
Semanas	314	101	106
Frequência (%)	60	20	20

Tabela 4: Frequência e posicionamento do núcleo da CB calculado com base no AVISO e ATOBA para o Período de Cruzeiro. A coluna “AX97” representa os eventos onde o AVISO e o ATOBA diagnosticaram o núcleo da CB dentro dos limites da radial AX97. A coluna “Radial Costeira” representa os eventos onde o AVISO e o ATOBA diagnosticaram o núcleo da CB fora dos limites da radial AX97. A última coluna representa os eventos onde um dos produtos altimétricos amostraram o núcleo da CB dentro da AX97. As linhas representam a quantidade de Cruzeiros onde o evento acontece, e a sua frequência com base no número total de cruzeiros.

	AX97	Radial Costeira	AX97/Costeira
Cruzeiros	21	11	11
Frequência (%)	49	25,5	25,5

Uma análise mais detalhada desses 3 cenários, que foram apresentados nas tabelas 3 e 4, pode ser feita com base nas Figuras 4, 5 e 6. Quando o núcleo da CB se encontra na área de estudo do Projeto MOVAR (Figura 4) existe a tendência de ser centrado em 40°O em todos os conjuntos de dados estudados. O núcleo da CB apresentou valores médios de -0.23 ± 0.31 , -0.24 ± 0.18 e -0.26 ± 0.12 m/s (MOVAR, ATOBA e AVISO, respectivamente). A maior variabilidade apresentada pelo MOVAR pode estar condicionada à toda a energia do fluxo que está resumida no dado, incluindo as escalas menores que $1/4^\circ$ (Lima *et al.* 2016); ao fato de que os dados, coletados de forma sinótica, abrangem escalas temporais menores do que uma semana, que é o limite de corte dos dados altimétricos; e às incertezas do próprio método de coleta (e.g. erro do instrumento; taxa de decaimento; corrente) e da salinidade gerada em função da temperatura, que por consequência, causam uma

maior variabilidade. Além disso, a maior variabilidade do ATOBA em relação ao AVISO é explicada pela maior resolução espacial do produto. Quando o núcleo da CB se encontra fora área de estudo do Projeto MOVAR (Figura 5), a localização do núcleo não pode ser precisada, mas o ramo principal da CB é flagrado até longitudes próximas a 39.6°O . As maiores intensidades de fluxo para sul foram encontradas na radial costeira ($-0,34\pm 0,09$ m/s AVISO e $-0,31\pm 0,09$ m/s para o ATOBA), ou no limite oeste da radial AX97 ($-0,24\pm 0,23$ m/s para o MOVAR). No caso dos dados da altimetria de alta resolução, o ramo principal da CB tem seu limite leste aproximado na longitude de 40.2°O , mas uma pequena bifurcação é encontrada alcançando velocidades de -0.05 ± 0.05 m/s em média.

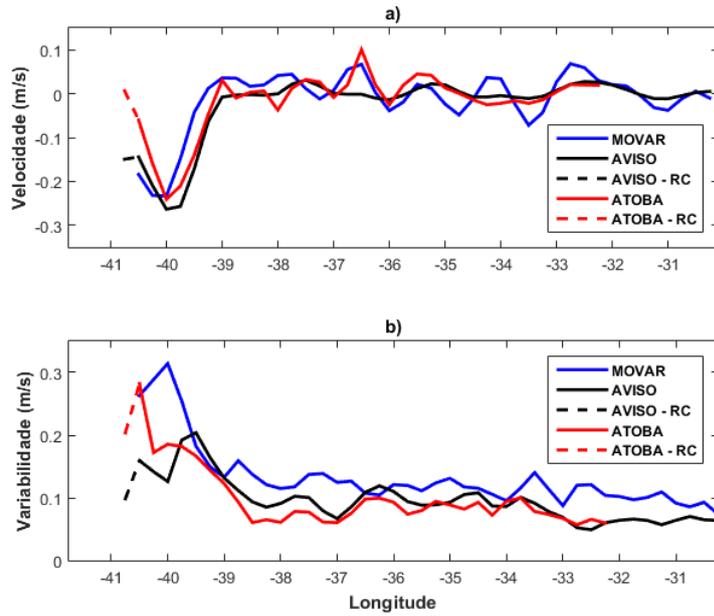


Figura 4: Velocidade superficial normal à Radial Costeira e à AX97. a) Velocidade média, e b) variabilidade dos cruzeiros onde o núcleo da CB foi amostrado na Radial AX97 para ambos produtos altimétricos. Linha contínua (tracejada) representa a Radial AX97 (RC). A localização geográfica das radiais é apresentada na Figura 2. Valores negativos de velocidade indicam um fluxo cruzando a radial em direção ao polo sul.

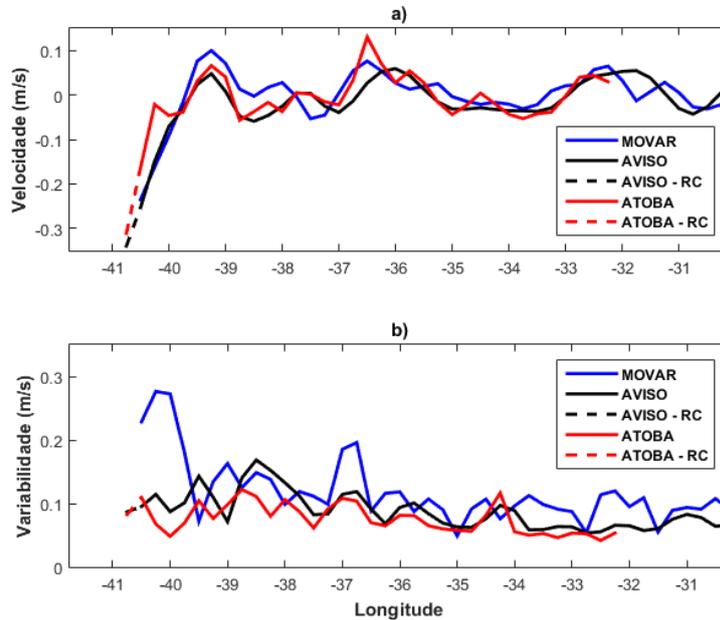


Figura 5: Velocidade superficial normal à Radial Costeira e à AX97. a) Velocidade média, e b) variabilidade dos cruzeiros onde o núcleo da CB foi amostrado na Radial Costeira para ambos produtos altimétricos. Linha contínua (tracejada) representa a Radial AX97 (RC). A localização geográfica das radiais é apresentada na Figura 2. Valores negativos de velocidade indicam um fluxo cruzando a radial em direção ao polo sul.

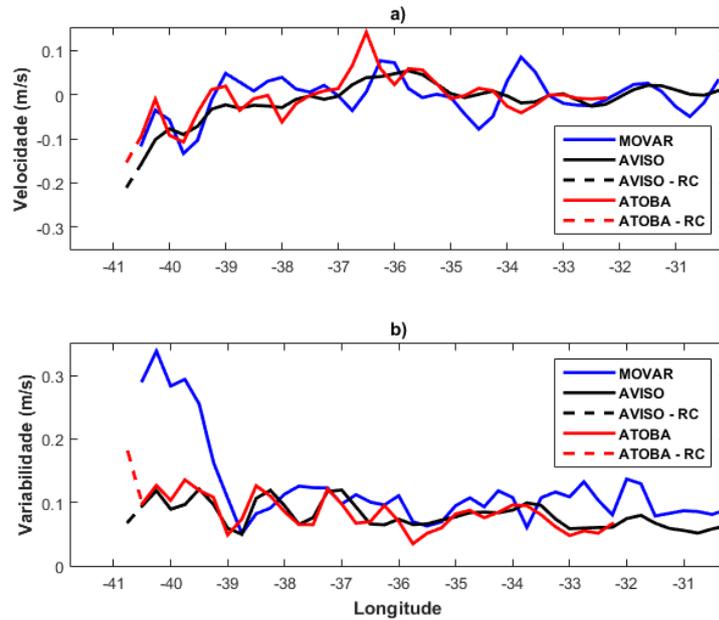


Figura 6: Velocidade superficial normal à Radial Costeira e à AX97. a) Velocidade média, e b) variabilidade dos cruzeiros onde apenas um dos produtos altimétricos detectou o núcleo da CB na radial AX97. Linha contínua (tracejada) representa a Radial AX97 (Radial Costeira). A localização geográfica das radiais é apresentada na Figura 2. Valores negativos de velocidade indicam um fluxo cruzando a radial em direção ao polo sul.

A bifurcação da CB (Figura 6) está presente na maioria dos casos quando o núcleo da CB é amostrado na área de estudo do Projeto MOVAR em apenas um dos produtos altimétricos. Em alguns casos o AVISO detecta o núcleo da CB na radial costeira e o ATOBA amostra o núcleo da CB na radial AX97, mas o inverso também é observado (Anexo 1). O ramo principal da CB não pode ter sua localização precisa, ele tende a fluir em áreas com profundidades menores que 200 m, onde não há dados confiáveis, ou no limite oeste de radial costeira. Entretanto, um ramo secundário é observado nas proximidades de 39.7°O. O ramo secundário da CB apresentou valores médios de -0.13 ± 0.29 , -0.11 ± 0.13 e -0.09 ± 0.09 m/s (MOVAR, ATOBA e AVISO, respectivamente). Nas figuras 6b e 7b, a variabilidade do MOVAR está bastante elevada se comparado aos valores obtidos para o AVISO e o ATOBA. Este fato pode estar relacionado ao intenso gradiente de temperatura e altura dinâmica da costa brasileira (Lima *et al.* 2016).

O comparativo das intensidades da velocidade superficial representadas pelos dados do AVISO e do ATOBA é feito na figura 7. Valores negativos indicam que o produto altimétrico apresentou uma maior intensidade no ponto se comparado ao dado do Projeto MOVAR. Para a região da CB (borda oeste até 39°O), os dados

de velocidade superficial derivados do AVISO e do ATOBA tendem a apresentar menor intensidade do que os dados *in situ*. Analisando a longitude de 40°O, que representa a posição média do núcleo da CB quando os produtos altimétricos identificam o fluxo de maior intensidade na AX97 (Figura 4), os dados do MOVAR apresentam, em média, uma intensidade de 0.06 ± 0.24 (0.09 ± 0.24) m/s a mais do que os dados do AVISO (ATOBA).

As tabelas 5 e 6, apresentam os valores das correlações cruzadas dos dados do AVISO e ATOBA com os dados do Projeto MOVAR para o período de cruzeiro, e repartindo os dados com base nas estações do ano, respectivamente. Para o Período de Cruzeiro, o dado do AVISO apresentou uma maior similaridade com o dado do MOVAR se comparar com o dado do ATOBA (43% e 40%), esse resultado foi surpreendente pois se era esperado que o dado altimétrico com o processamento específico para a área de estudo obtivesse um resultado melhor do que um dado altimétrico global.

Tabela 5: Correlação Cruzada dos dados altimétricos com os dados do Projeto MOVAR para a radial AX97.

	AVISO	ATOBA
Correlação Cruzada	0,43	0,40

Tabela 6: Correlação Cruzada dos dados altimétricos com os dados do Projeto MOVAR para a radial AX97, para cada estação do ano.

	Verão		Outono		Inverno		Primavera	
	AVISO	ATOBA	AVISO	ATOBA	AVISO	ATOBA	AVISO	ATOBA
Correlação Cruzada	0,53	0,50	0,35	0,33	0,47	0,41	0,16	0,15

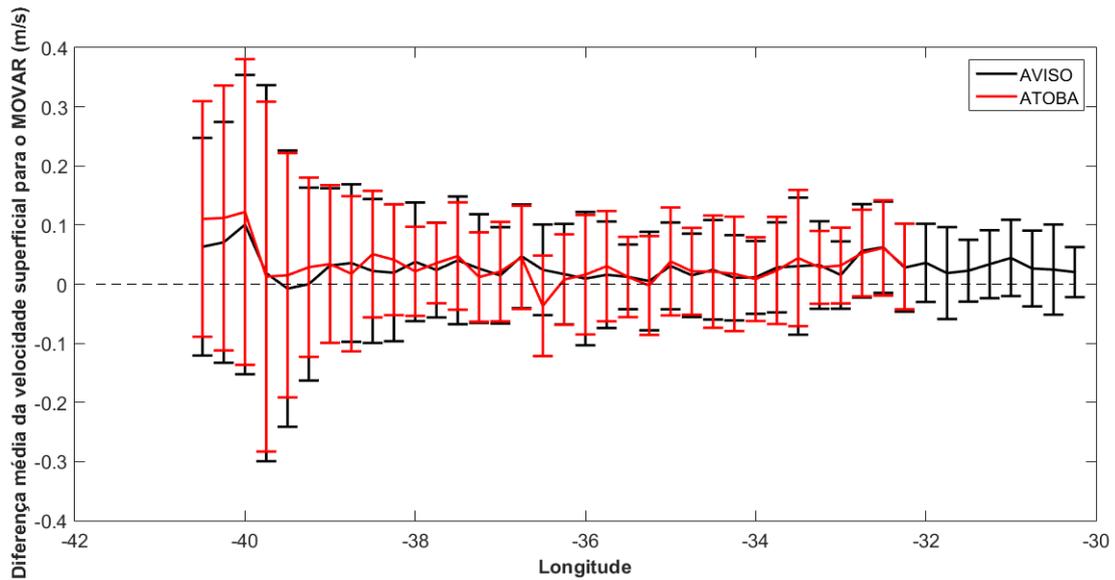


Figura 7: Diferença da média da velocidade superficial dos produtos altimétricos para o MOVAR considerando todos os cruzeiros.

Em todas as estações do ano, os dados provenientes do AVISO forneceram uma correlação melhor com os dados do Projeto MOVAR em comparação com os dados do ATOBA (Tabela 6). A maior correlação foi encontrada para o verão (0,53 para o AVISO e 0,50 para o ATOBA), seguido do inverno (0,47 para o AVISO e 0,41 para o ATOBA) e do outono (0,35 para o AVISO e 0,33 para o ATOBA). A primavera obteve a menor correlação entre os dados (0,16 para o AVISO e 0,15 para o ATOBA). Em uma primeira análise, as correlações cruzadas obtidas foram baixas em relação ao esperado, mas como se trata de uma correlação espacial de uma radial longa, os valores obtidos são aceitáveis.

4.2 Transporte Integrado de Volume

A análise do transporte que flui ao longo das radiais AX97 e costeira mostra que a CB apresenta um transporte líquido médio de $-2,66 \pm 3,52$ Sv para os dados do MOVAR, $-6,28 \pm 9,54$ Sv para os dados do AVISO e $-5,16 \pm 7,64$ Sv para os dados do ATOBA (Figura 8). Já a figura 9 mostra o transporte médio para sul correspondente à mesma área e ao mesmo período de tempo. Nesse caso, a CB apresentou um transporte médio para sul de $-4,39 \pm 3,50$ Sv (MOVAR), $-10,39 \pm 6,34$ Sv (AVISO) e $-10,54 \pm 5,67$ Sv (ATOBA)

O acoplamento da velocidade superficial dos dados altimétricos com os dados *in situ*, com o intuito de obter os campos em subsuperfície, apresentou um resultado positivo. Esperava-se que os resultados obtidos fossem discrepantes, devido a essa diferença metodológica entre a obtenção dos campos de velocidade em subsuperfície para os dados do MOVAR e os dados altimétricos. Os resultados obtidos pelos dados do MOVAR estão de acordo com estimativas observacionais anteriores (Silveira *et al.* 2008; Mata *et al.* 2012; Lima *et al.* 2016). O transporte integrado de volume líquido da CB obtido para os 3 conjuntos de dados estão de acordo com diversos estudos publicados (Tabela 1). Fato este que evidencia o potencial do acoplamento realizado nesse estudo.

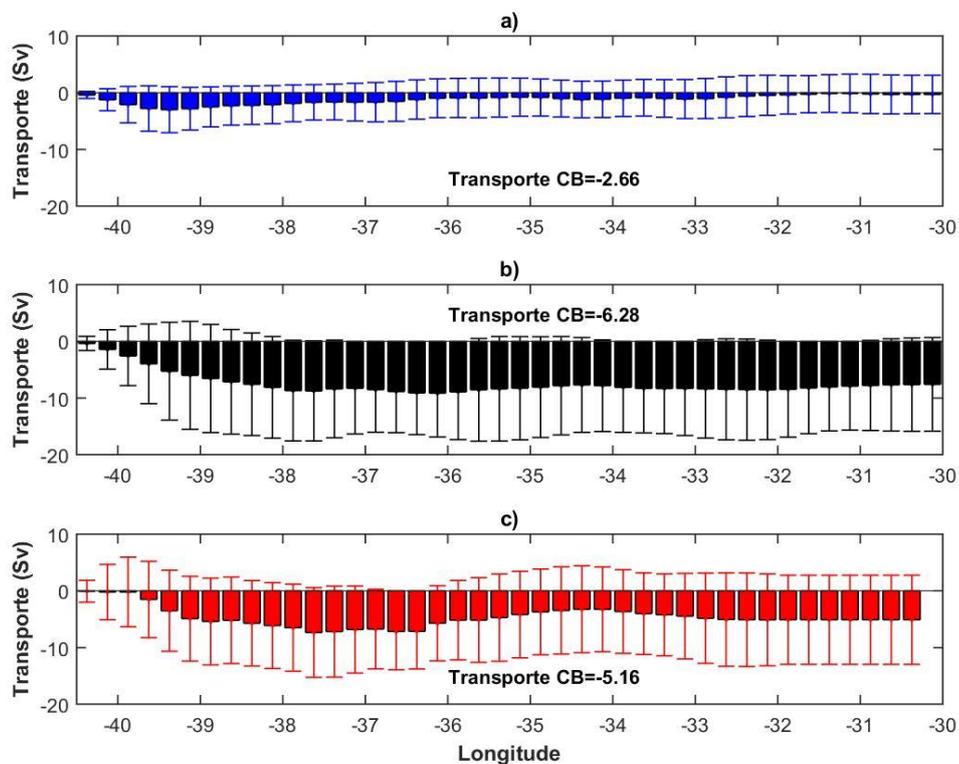


Figura 8: Gráfico cumulativo do transporte integrado (da superfície até a profundidade da isopical de $\sigma_\theta = 26,8 \text{ kg/m}^3$) do volume líquido (em Sv) normal à radial AX97 para o Período de Cruzeiro com os dados dos projetos: MOVAR (a), AVISO (b) e ATOBA (c). O desvio padrão é representado pelas linhas verticais. A localização geográfica da radial AX97 é apresentada na Figura 2. Valores negativos indicam um transporte resultante cruzando a radial em direção ao polo sul

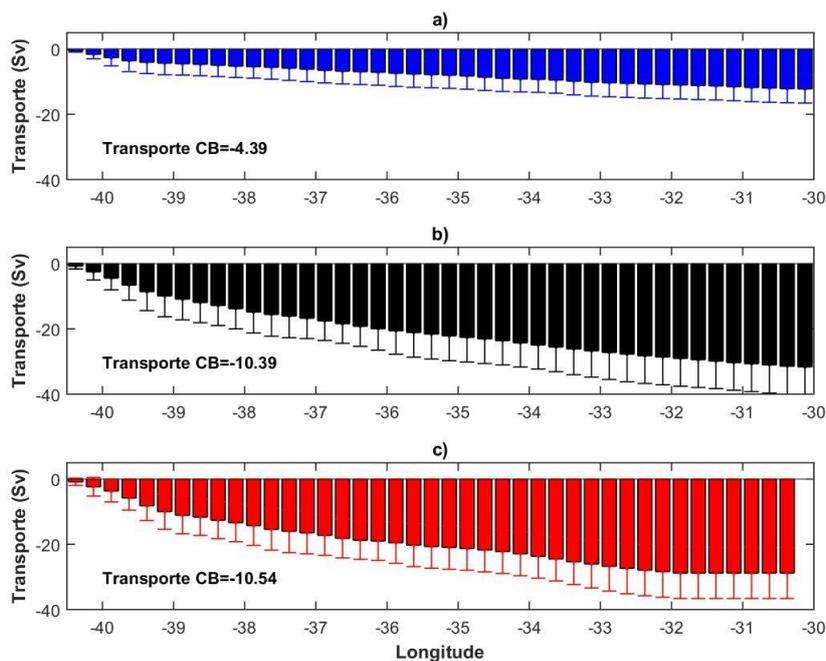


Figura 9: Gráfico cumulativo do transporte integrado (da superfície até a profundidade da isopical de $\sigma_\theta=26,8 \text{ kg/m}^3$) do volume líquido (em Sv) para sul normal à radial AX97 para o Período de Cruzeiro com os dados dos projetos: MOVAR (a), AVISO (b) e ATOBA (c). O desvio padrão é representado pelas linhas verticais. A localização geográfica da radial AX97 é apresentada na Figura 2. Valores negativos indicam um transporte cruzando a radial em direção ao polo sul.

O perfil da velocidade média normal à radial AX97 para o período de cruzeiro pode ser analisado na figura 10. É possível observar uma tendência de fluxo para sul em subsuperfície do limite oeste da radial AX97 até $37,5^\circ\text{O}$ para os dados altimétricos (Figuras 10b e 10c). As intensidades médias máxima da CB calculada pelos dados do MOVAR, AVISO e ATOBA são de $-0,18\pm 0,26 \text{ m/s}$, $-0,17\pm 0,13 \text{ m/s}$ e $-0,14\pm 0,16 \text{ m/s}$, respectivamente. O núcleo da CB está localizado aproximadamente entre os 100 primeiros metros da coluna d'água, centrado na longitude 40°O , para os dados do MOVAR e AVISO. Lima *et al.* (2016) demonstra que a CB apresenta seu núcleo nos primeiros 100m da coluna d'água. Já o dado do ATOBA (Figura 10c) apresenta uma CB rasa próximo a longitude 40°O , e uma zona de intensidade máxima que percorre todos os níveis de profundidade ao longo da longitude $39,4^\circ\text{O}$.

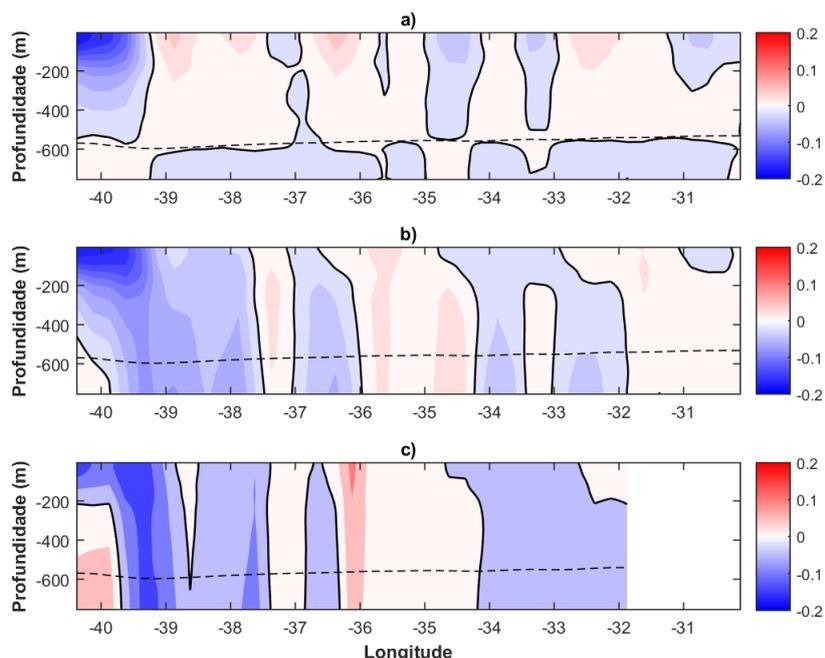


Figura 10: Perfil da Velocidade Média normal à radial AX97 para o Período de Cruzeiro. a) MOVAR; b) AVISO; c) ATOBA. A linha tracejada representa a profundidade média da isopicnal de $\sigma\theta=26.8$. A localização geográfica da radial AX97 é apresentada na Figura 2. Valores negativos de velocidade indicam um fluxo cruzando a radial em direção ao polo sul.

4.3 Estudo de Caso

O cruzeiro 7 foi analisado como estudo de caso. Para o cruzeiro nº 7, o transporte de volume normal à radial AX97 da CB foi de -5,94 Sv para o MOVAR, -6,53 Sv para o AVISO e 1,21 Sv para o ATOBA (Figura 11). Dentre os 3 perfis analisados, o perfil com o dado do MOVAR se apresentou mais realista. A figura 12 ajuda a entender os valores obtidos para o transporte de volume da CB, pois há a presença de um fluxo sentido norte dentro da área definida como CB, para os dados altimétricos. Este fluxo é demonstrado com mais intensidade pelo ATOBA, que resulta num transporte de volume líquido para norte na região da CB.

Caso o transporte fosse integrado da superfície até uma profundidade maior do que a profundidade da isopicnal $\sigma\theta=26,8$, o resultado seria um transporte mais intenso para norte, porque o núcleo dessa corrente que flui para norte está situado em profundidades maiores que 600 m. Esse fluxo para norte, que pode estar relacionado com a CCOI, teve seu transporte de volume estimado em 3,6 Sv por meio de observações diretas na área do presente estudo (Silveira *et al.* 2004). Para o AVISO, a CCOI apresenta um transporte de 4,33 Sv, enquanto o ATOBA

caracteriza a CCOI com um transporte de volume de 15,51 Sv. Os valores obtidos pelo AVISO são equiparáveis aos descritos por Silveira *et al.* (2004).

Apesar de estudos relatarem a presença de uma COOI fluindo para norte em subsuperfície (Biló *et al.* 2014; Pereira *et al.* 2014), essa corrente não apresenta potencial para influenciar profundidades menores que 600 m. A partir da figura 12, o fluxo para norte alcança até a superfície ao longo da radial costeira e da margem oeste da AX97.

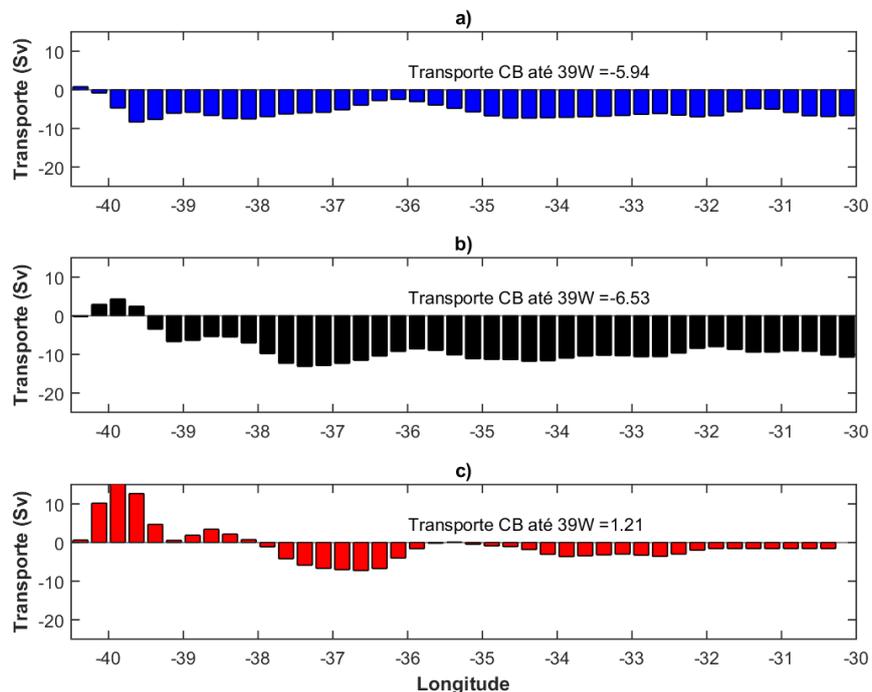


Figura 11: Gráfico cumulativo do transporte integrado (da superfície até a profundidade da isopicnal de $\sigma_\theta=26,8 \text{ kg/m}^3$) do volume líquido (em Sv) normal à radial AX97 para o cruzeiro n° 7 com os dados dos projetos: MOVAR (a), AVISO (b) e ATOBA (c). A localização geográfica da radial AX97 é apresentada na Figura 2. Valores negativos indicam um transporte resultante cruzando a radial em direção ao polo sul.

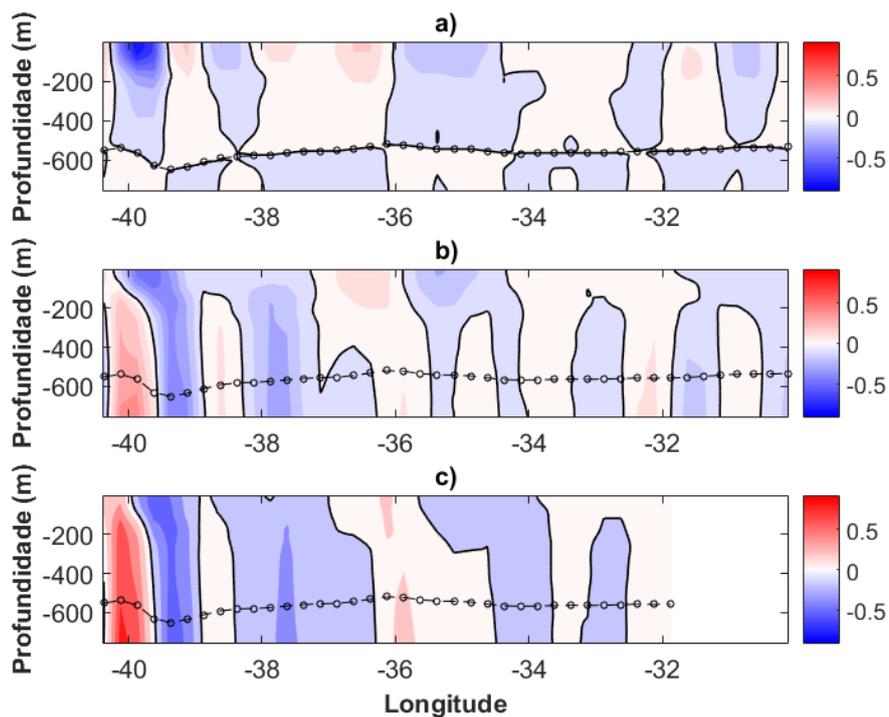


Figura 12: Perfil da Velocidade normal à radial AX97 para o cruzeiro nº 7. a) MOVAR; b) AVISO; c) ATOBA. Os círculos pretos representam a profundidade média da isopicnal de $\sigma_{\theta}=26,8$. A localização geográfica da radial AX97 é apresentada na Figura 2. Valores negativos de velocidade indicam um fluxo cruzando a radial em direção ao polo sul.

5 CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Métodos de obtenção de velocidade geostrófica e seus respectivos transportes foram comparados para dados altimétricos e *in situ* com o intuito de avaliar a estrutura de aquisição de dados do Projeto MOVAR. Foi verificado que o Projeto MOVAR está bem estruturado em termos de resolução espacial e temporal. Seus dados apresentam uma boa representatividade da área estudada. Os produtos altimétricos apresentaram uma menor variabilidade da velocidade superficial da CB se comparado com os dados do Projeto MOVAR devido ao intenso gradiente de temperatura e altura dinâmica da costa brasileira.

A relação de similaridade entre os dados altimétricos e o dado *in situ*, em termos de velocidade superficial, foi maior para o dado do AVISO em vez do ATOBA. Sendo assim, mais pesquisas devem ser realizadas com o intuito de melhorar o reprocessamento utilizado no ATOBA. A inclusão da radial costeira, assim como realizado em Lima *et al.* (2016), foi de extrema importância para a análise dos dados, pois a grande atividade de mesoescala da CB causa a alternância da localização do núcleo da corrente. Sendo assim, a probabilidade de o jato da CB não fluir dentro dos limites da radial AX97 aumenta. A extensão da radial AX97 deve ser considerada para a obtenção de uma melhor amostragem de dados *in situ*.

Com base nas análises do transporte de volume, é possível afirmar que os resultados obtidos através do acoplamento entre os dados altimétricos e *in situ* são promissores. A presença dos dados *in situ* foi fundamental para o bom funcionamento do acoplamento, mas ainda há espaço para melhorias no acoplamento. Em termos de transporte para sul, os valores observados demonstram uma injeção de muita energia no sistema, e esse tipo de apreciação deve ser usada com parcimônia. Novos métodos de acoplamento entre os dados altimétricos e dados *in situ* devem ser desenvolvidos e testados.

As maiores fontes de erro desse trabalho são incorporadas na aquisição dos dados provenientes dos XBTs usados pelo Projeto MOVAR. Esses erros estão relacionados à precisão do dado de temperatura, à profundidade obtida pela equação de taxa de queda disponibilizada pelo fabricante do equipamento, e à inferência da salinidade.

O acoplamento entre dados altimétricos e *in situ* já foi realizado em pesquisas anteriores (e.g. Goes *et al.* 2013), mas novas possibilidades de acoplamento de diferentes dados *in situ* (e.g. ARGO) com produtos altimétricos devem ser considerados.

O trabalho apresentado nesse manuscrito foi elaborado de forma simples, concisa, porém objetiva. Suas principais limitações foram os erros embutidos na aquisição dos dados *in situ*, e o problema enfrentado para definir da melhor forma possível o posicionamento do núcleo da CB. O fato de os dados altimétricos não serem confiáveis em áreas com profundidade menor que 200 m restringiu a área de estudo abordada neste estudo. Além disso, é válido ressaltar a necessidade da realização de análises complementares para o transporte de volume da CB, para entender o porquê da intensa injeção de energia no sistema.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bell, M.J., Schiller, A., Le Traon, P.Y., Smith, N.R., Dombrowsky, E., Wilmer-Becker, K. (2015) An introduction to GODAE OceanView. *J. of Operat. Oceanog.*, 8(S1):2-11.
- Benny, N.P., Mridula, K.R., Mahmud, M.R., Ses, S., Omar, K.M. (2015) Northern South China Sea surface circulation and its variability derived by combining satellite altimetry and surface drifter data. *Terr. Atmos. Ocean. Sci.*, 26 (2) 193-203.
- Biló T.C., Silveira I.C.A, Belo W.C., Castro B.M., Piola A.R. (2014) Methods for estimating the velocities of the Brazil current in the pre-salt reservoir area off southeast Brazil. *Ocean Dyn* 64:1431–1446.
- Bogden, P.S, Edwards, C.A. (2001) Wind-driven Circulation. *Módulo de Referência em Earth Systems and Environmental Sciences. Enc. of Atmosp. Sci*, 1(6):346-354.
- Campos, E.J.D., Gonçalves, J.E., Ikeda, Y. (1995) Water mass structure and geostrophic circulation in the South Brazil Bight – summer of 1991. *J. Geophys. Res.*, 100(C9):18537-18550.
- Caspel, M.R.V., (2009) Sobre a variabilidade temporal do transporte de volume da Corrente do Brasil nas imediações da Cadeia Submarina Vitória- Trindade. *Dissertação de Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Oceanografia Física, Química e Geológica - Universidade Federal do Rio Grande. Rio Grande. 1-98.*
- Caspel, M.R.V., Mata, M.M., Cirano, M. (2010) Sobre a relação TS na porção central do Atlântico Sudoeste: uma contribuição para o estudo da variabilidade oceânica no entorno da cadeia Vitória-Trindade. *Atlântica*, Rio Grande, 32(1)95-110.

- Cheng,L., Zhu,J., Cowley, R., Boyer, T., Wijffels, S. (2014) Time, probe type, and temperature variable bias correction to historical expendable bathythermograph observations. *J. Atmos. Oceanic Technol.*, 31:1.793-1.825.
- Chu, W., BARKER, B., AKBAR, A. (1988) Modelling Tidal Transport in the Arabian Gulf. *J. Waterway, Port, Coastal, Ocean Eng*, Vol. 114, p 455-471.
- CLS, (2015a) AVISO SSALTO/DUACS User Handbook: (M)SLA and (M)ADT Near-Real Time and Delayed Time Products. CLS. Ref.: CLS-DOS-NT-06-034.
- CLS, (2015b) SSALTO/DUACS User Handbook: Regional Brazilian Altimetry products (ATOBA). CLS. Ref.: CLS-DOS-NT-2013-242.
- Cokelet, E. D. (2016) 3-D water properties and geostrophic circulation on the eastern Bering Sea shelf. *Deep-Sea Research II*.
- Daher, V.B., Costa Junior, P.R. (2014) Regional Altimetry Product to the area of interests of the Oceanographic Modeling and Observation Network (REMO). *Rev. Pesq. Naval*, 26:22-33.
- De Madron, X.D. & Weatherly, G. (1994) Circulation, transport and bottom boundary layers of the deep currents in the Brazil Basin. *Journal of Marine Research*, 52(4):583-638.
- Evans, D., Signorini, S. R., Miranda, L. B., (1983) A note on the Transport of the Brazil Current. *Journal of Physical Oceanography*, 13:1732-1738.
- Goes, M., Goni, G., Hormann, V., Perez, R.C. (2013) Variability of the Atlantic off-equatorial eastward currents during 1993-2010 using a synthetic method. *Journ. Of Geophysic. Res.:Oceans*. 118:1-20.
- Gordon, A.L., Greengrove, C.L. (1986) Geostrophic circulation of the Brazil-Falkland confluence. *Deep-Sea Research*, 33(5):573-585.
- Huang, R.X. (2015) Thermohaline Circulation. *Módulo de Referência em Earth Systems and Environmental Sciences. Enc. of Atmosp. Sci*, 2:315-328
- Legeais, J. F., Ollitrault, M., Arhan, M., (2012) Lagrangian Observation in the Intermediate Western Boundary Current of the South Atlantic. *Deep-Sea Research, Parte II*:109-228.

- Lima, M.O., Cirano, M., Mata, M.M., Goes, C., Goni, G., Baringer, M. (2016) An assessment of the Brazil Current baroclinic structure and variability near 22°S in distinct ocean forecasting and analysis systems. *Ocean Dyn*, 66(6):893-961.
- Mata, M.M., Cirano, M., Caspel, M.R.V., Fonteles, C.S., Goni, G., Baringer, M. (2012) Observation of Brazil Current baroclinic transport near 22°S: Variability from the AX97 XBT transect. *Clivar Exchanges*, 58(17):5-10.
- Meyers, G., Bailey, R.J., Worby, A.P. (1995) Geostrophic transport of Indonesian throughflow. *Deep-Sea Research I*, 42(7):1163-1174.
- Muller, T.J., Ikeda, Y., Zangenberg, N., Nonato, L.V. (1998) Direct measurements of the western currents between 20°S and 28°S. *J. Geophys. Res.*, 103(C3):5.429-5.437.
- Ozer, T., Gertman, I., Kress, N., Silverman, J., Herut, B. (2016) Interannual thermohaline (1979-2014) and nutrient (2002-2014) dynamics in the Levantine surface and intermediate water masses, SE Mediterranean Sea. *Global and Planetary Change*, xx:8.
- Pereira J., Gabioux M., Marta-Almeida M., Cirano M., Paiva A.M., Aguiar A.M. (2014) The bifurcation of the western boundary current system of the South Atlantic Ocean. *Revista Brasileira de Geofísica* 32(2): 241–257.
- Peterson, R.G., Stramma, E.L. (1991) Upper-level circulation in the South Atlantic Ocean. *Prog. Oceanogr.*, 26:1-73.
- Pond, S., Pickard, G.L. (1983) *Introductory Dynamical Oceanography*. 2nd Edition. Canada: Elsevier, 1983.
- Reid, J.L. (1989) On the total geostrophic circulation of the South Atlantic Ocean: flow patterns, tracers, and transports. *Prog. Oceanog.*, 23:149-244.
- Reid, J.L. (1994) On the total geostrophic circulation of the North Atlantic Ocean: Flow patterns, tracers, and transport. *Prog. Oceanog.*, 33:1-92.
- Rocha, C.B., Silveira, I.C.A., Castro, B.M. Lima, J.A.M. (2014) Vertical structure, energetics, and dynamics of the Brazil current system at 22°S-28°S. *J. Geophys. Res. Oceans.*, 119:52-69.

- Salat, J., Masó, M., Boyd, A.J. (1992) Water mass distribution and geostrophic circulation off Namibia during April 1986. *Continental Shelf Research*, 12(2/3):355-366.
- Shen, J., Gong, W. (2009) Influence of model domain size, wind direction and Ekman transport on storm surge development inside the Chesapeake Bay: A case study of extratropical cyclone Ernesto, 2006. *Journal of Marine Systems*, 75:198-215
- Signorini, S.R. (1978) On the circulation and the volume transport of the Brazil Current between the Cape of São Tomé and Guanabara Bay. *Deep-Sea Res.*, 25(5):481-490.
- Silveira, I.C.A., Schmidt, A.C.K., Campos, E.J.D., Godoi, S.S.D., Ikeda, E.Y. (2000) A Corrente do Brasil ao largo da costa leste brasileira. *Rev. Bras. Oceanogr.*, 48(2):171-183.
- Silveira, I.C.A., Calado, L., Castro, B.M., Cirano, M., Lima, J.A.M., Mascarenhas, A.D.S. (2004) On the caroclinic structure of the Brazil Current – Intermediate Western Boundary Current system at 22°-23°. *Geophys. Rev. Lett.*, 31:1-5.
- Silveira, I.C.A., Lima, J.A.M., Schmidt, A.C.K., Ceccopieri, W., Sartori, A., Francisco, C.P.F., Fontes, R.C.F. (2008) Is the meander growth in the Brazil Current System due to baroclinic stability?. *Dyn. Atmospheres and Oceans*, 42:187-207.
- Stramma, L. (1991) Geostrophic transport of the South Equatorial Current in the Atlantic. *Journal of Marine Research*, 49:281-294.
- Stramma, L., Ikeda, Y., Peterson, R.G., (1990) Geostrophic transport in the Brazil Current north of 20°S. *Deep-Sea Res.*, 37(12):1.875-1.886.
- Thacker W.C. (2007) Estimating salinity to complement observed temperature: Gulf of Mexico. *J Mar Syst* 65(1–4):224–248.
- Vallis, G.K. (1996) Approximate geostrophic models for large-scale flow in the ocean and atmosphere. *Physic. D*, 98:647-651.

7 ANEXO 1

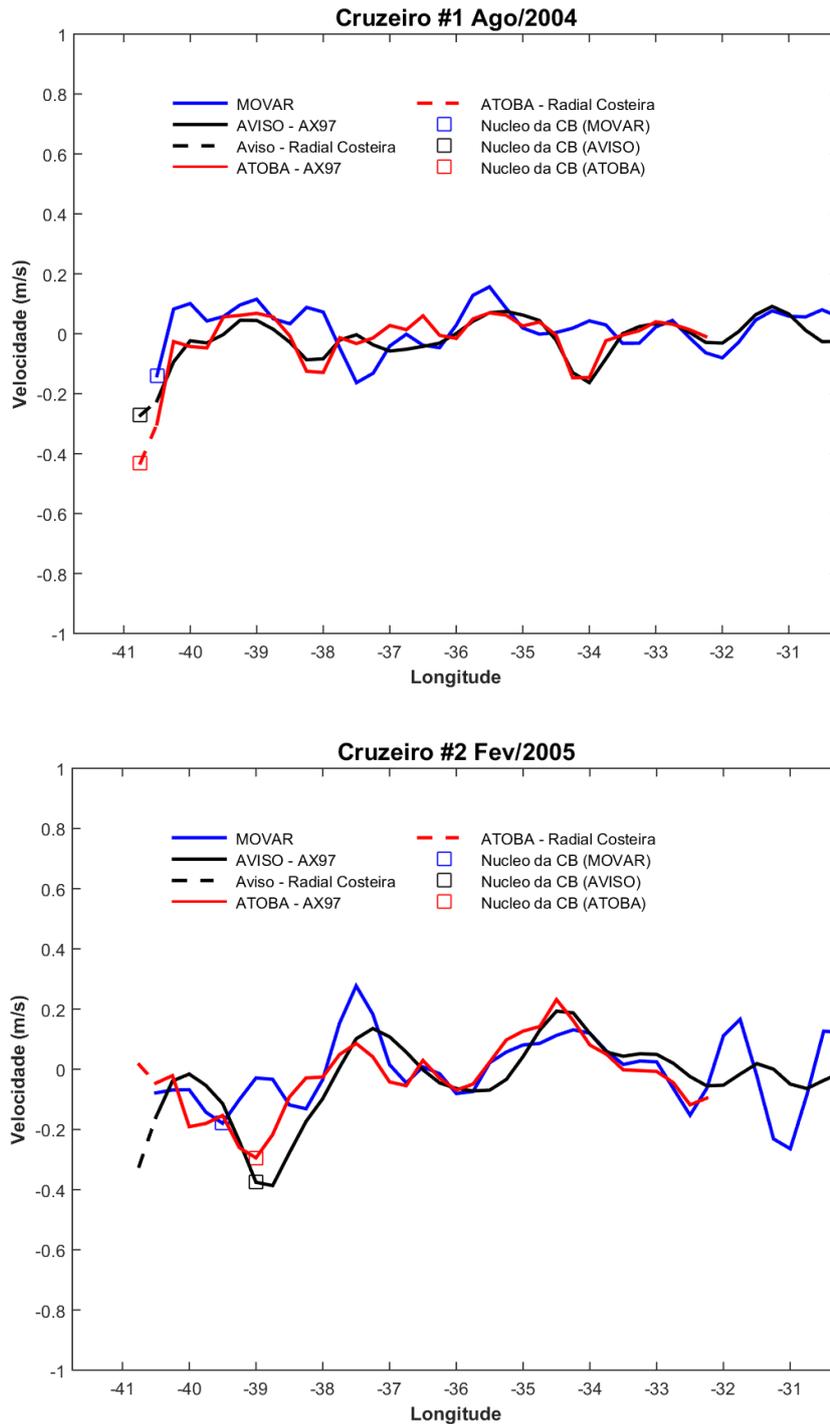


Figura A1: Velocidade superficial normal à Radial Costeira e à AX97 para os cruzeiros 1 (painel superior) e 2 (painel inferior). Linha contínua (tracejada) representa a Radial AX97 (Radial Costeira). A localização geográfica das radiais é apresentada na Figura 2. Valores negativos de velocidade indicam um fluxo cruzando a radial em direção ao polo sul. A cor azul representa o dado do MOVAR, a preta representa o dado do AVISO e a vermelha representa o dado do ATOBA. O núcleo amostrado em cada conjunto de dados está representado pelos quadrados, respeitando o esquema de cores proposto acima.

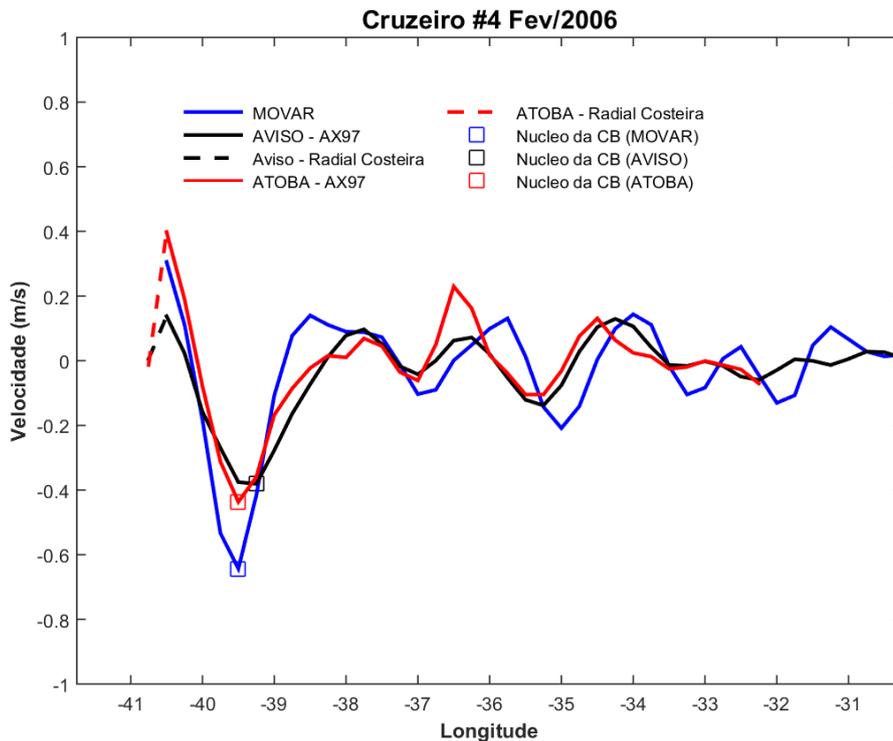
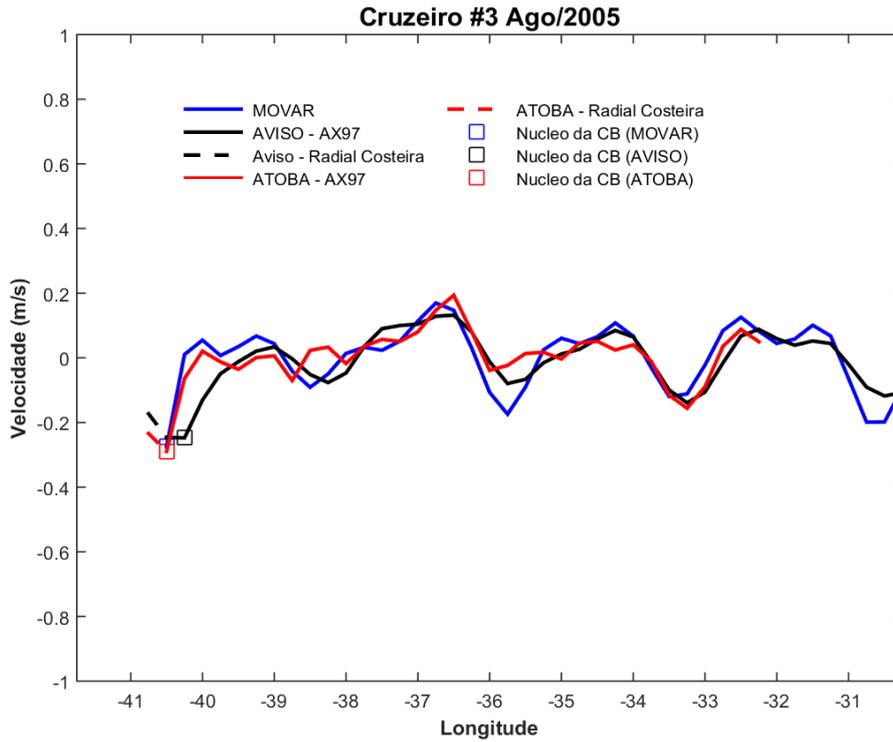


Figura A2: Velocidade superficial normal à Radial Costeira e à AX97 para os cruzeiros 3 (painel superior) e 4 (painel inferior). Linha contínua (tracejada) representa a Radial AX97 (Radial Costeira). A localização geográfica das radiais é apresentada na Figura 2. V Valores negativos de velocidade indicam um fluxo cruzando a radial em direção ao polo sul. A cor azul representa o dado do MOVAR, a preta representa o dado do AVISO e a vermelha representa o dado do ATOBA. O núcleo amostrado em cada conjunto de dados está representado pelos quadrados, respeitando o esquema de cores proposto acima.

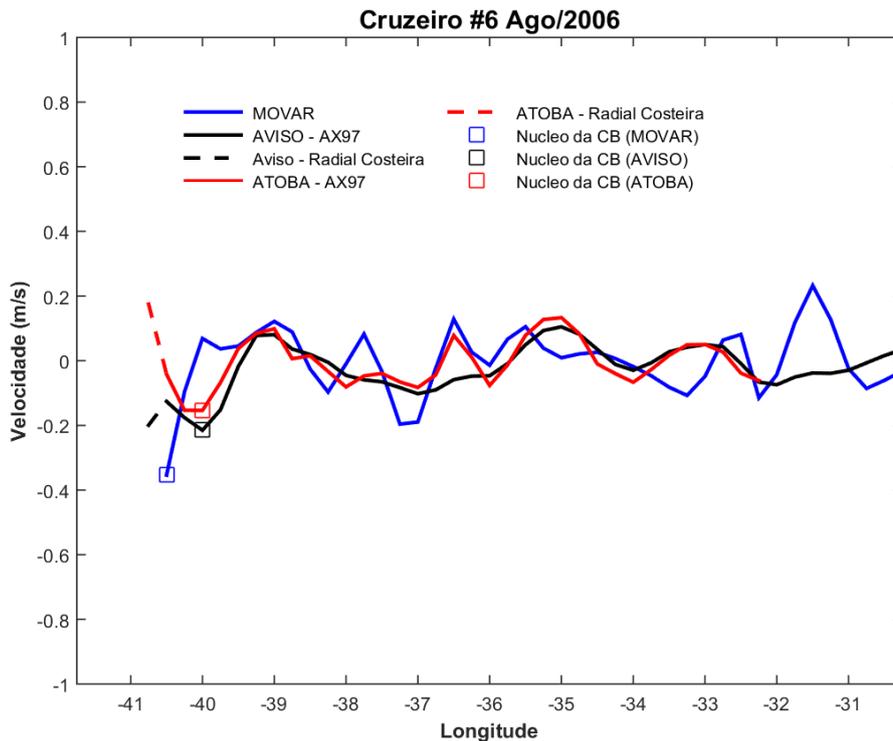
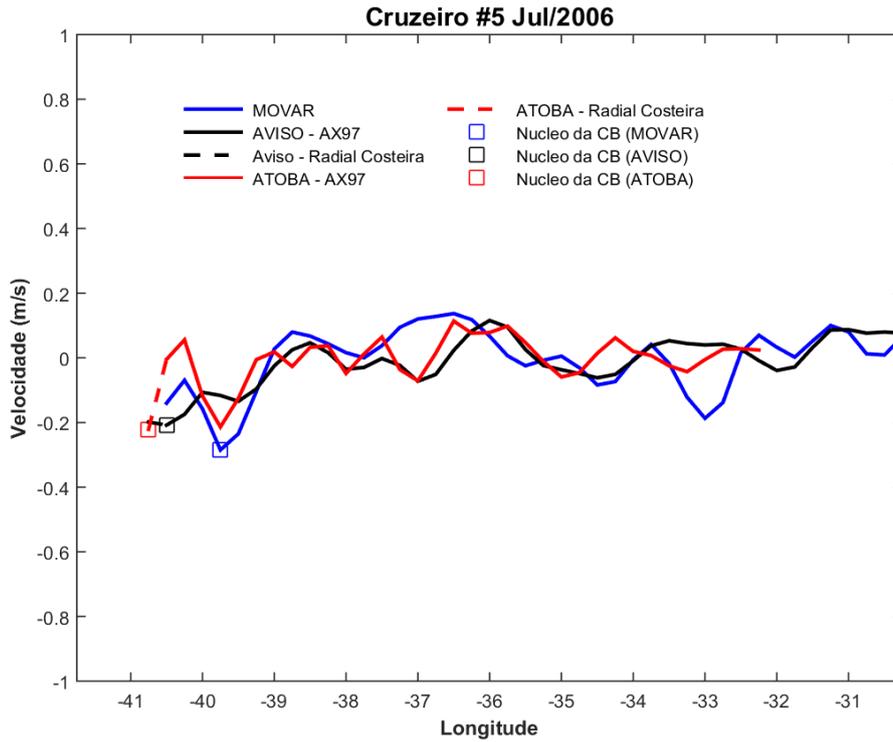


Figura A3: Velocidade superficial normal à Radial Costeira e à AX97 para os cruzeiros 5 (painel superior) e 6 (painel inferior). Linha contínua (tracejada) representa a Radial AX97 (Radial Costeira). A localização geográfica das radiais é apresentada na Figura 2. Valores negativos de velocidade indicam um fluxo cruzando a radial em direção ao polo sul. A cor azul representa o dado do MOVAR, a preta representa o dado do AVISO e a vermelha representa o dado do ATOBA. O núcleo amostrado em cada conjunto de dados está representado pelos quadrados, respeitando o esquema de cores proposto acima.

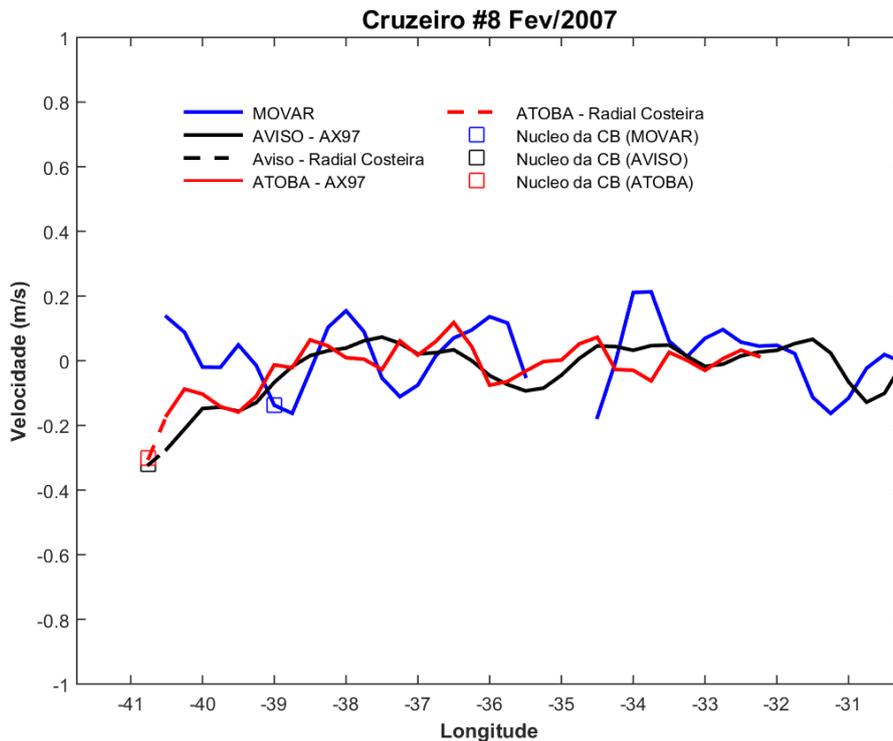
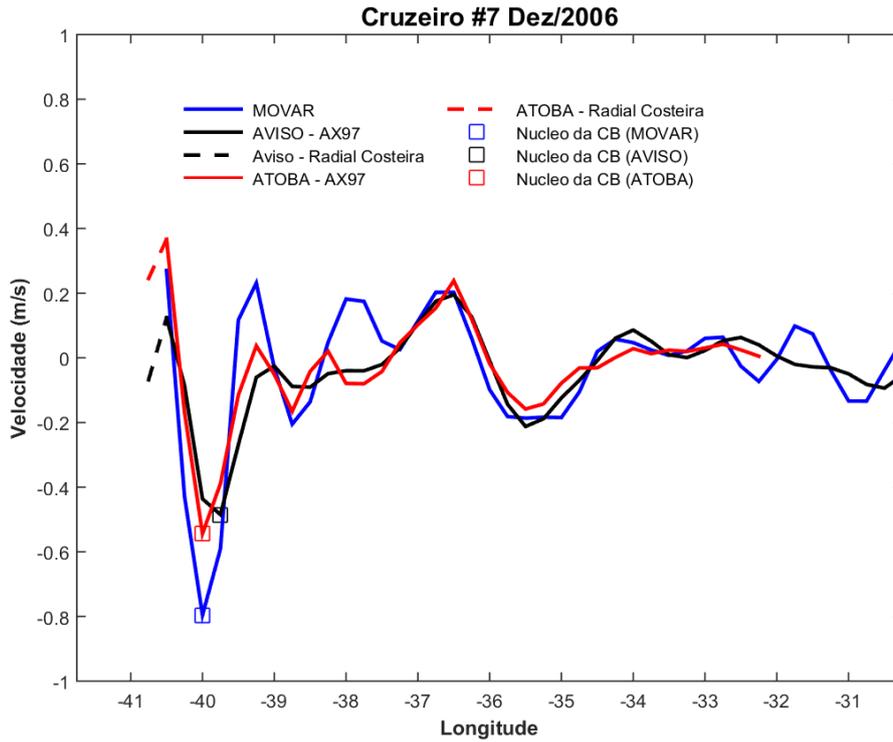


Figura A4: Velocidade superficial normal à Radial Costeira e à AX97 para os cruzeiros 7 (painel superior) e 8 (painel inferior). Linha contínua (tracejada) representa a Radial AX97 (Radial Costeira). A localização geográfica das radiais é apresentada na Figura 2. Valores negativos de velocidade indicam um fluxo cruzando a radial em direção ao polo sul. A cor azul representa o dado do MOVAR, a preta representa o dado do AVISO e a vermelha representa o dado do ATOBA. O núcleo amostrado em cada conjunto de dados está representado pelos quadrados, respeitando o esquema de cores proposto acima.

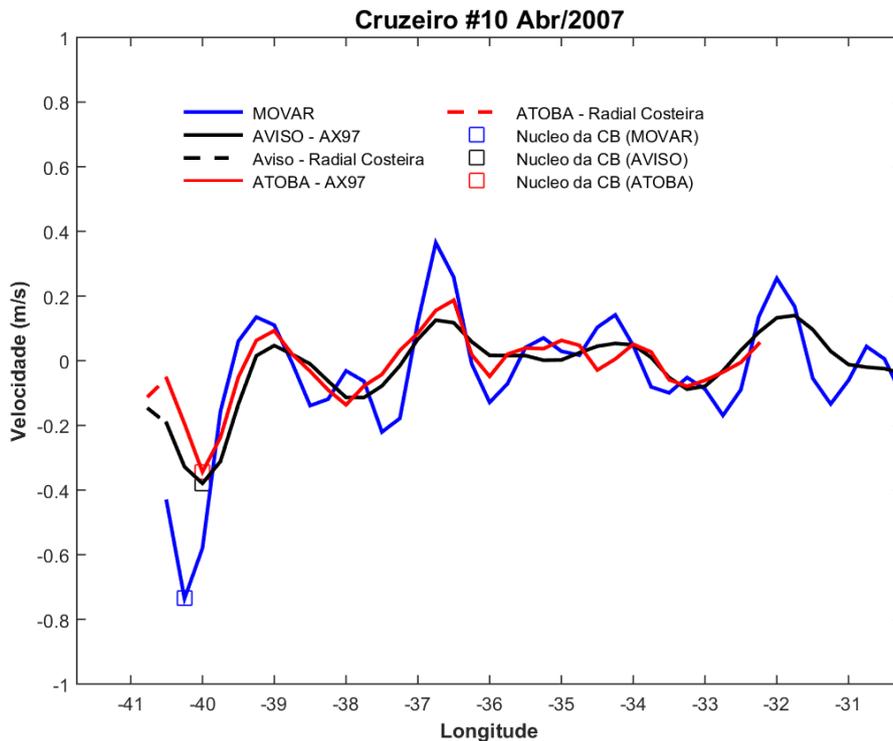
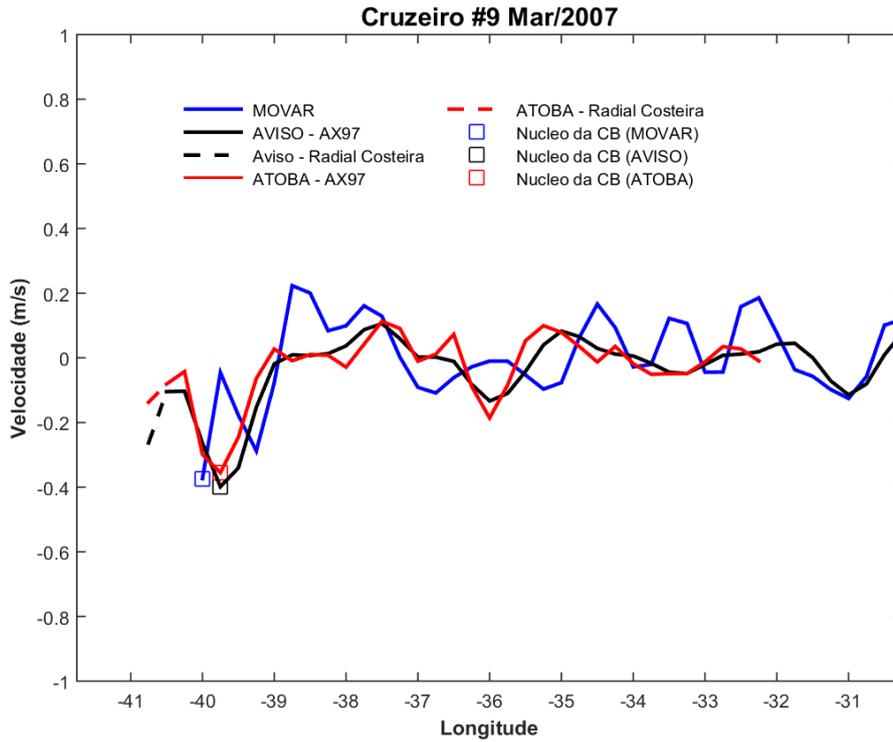


Figura A5: Velocidade superficial normal à Radial Costeira e à AX97 para os cruzeiros 9 (painel superior) e 10 (painel inferior). Linha contínua (tracejada) representa a Radial AX97 (Radial Costeira). A localização geográfica das radiais é apresentada na Figura 2. Valores negativos de velocidade indicam um fluxo cruzando a radial em direção ao polo sul. A cor azul representa o dado do MOVAR, a preta representa o dado do AVISO e a vermelha representa o dado do ATOBA. O núcleo amostrado em cada conjunto de dados está representado pelos quadrados, respeitando o esquema de cores proposto acima.

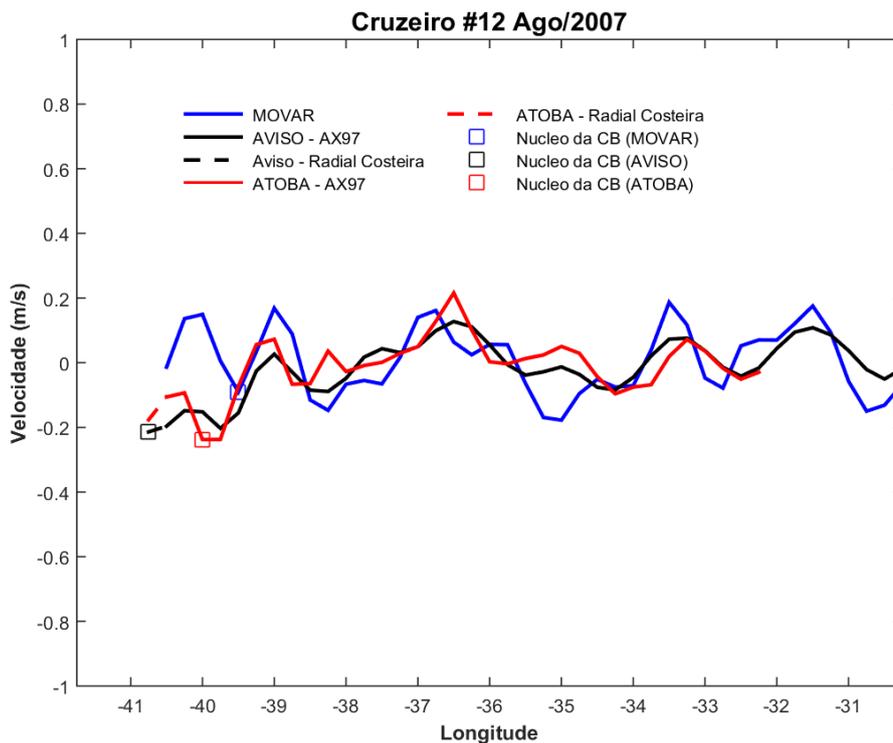
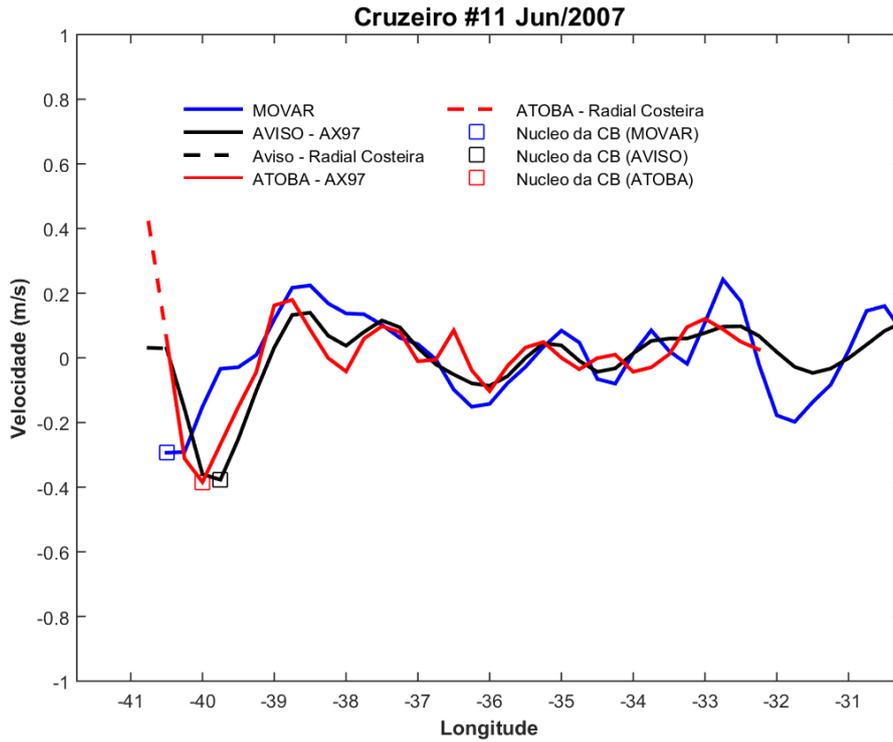


Figura A6: Velocidade superficial normal à Radial Costeira e à AX97 para os cruzeiros 11 (painel superior) e 12 (painel inferior). Linha contínua (tracejada) representa a Radial AX97 (Radial Costeira). A localização geográfica das radiais é apresentada na Figura 2. Valores negativos de velocidade indicam um fluxo cruzando a radial em direção ao polo sul. A cor azul representa o dado do MOVAR, a preta representa o dado do AVISO e a vermelha representa o dado do ATOBA. O núcleo amostrado em cada conjunto de dados está representado pelos quadrados, respeitando o esquema de cores proposto acima.

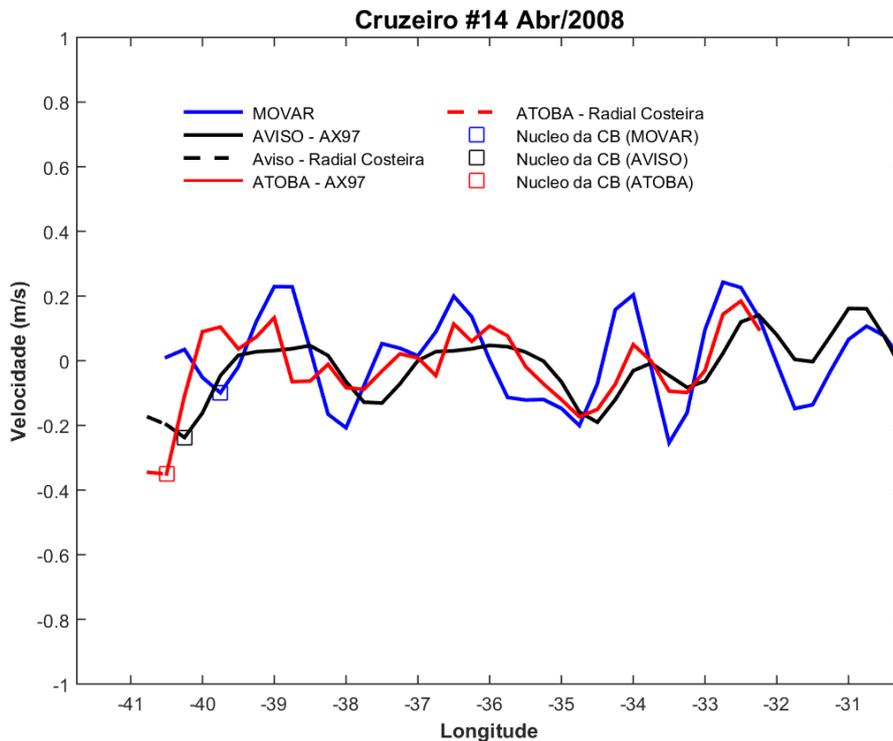
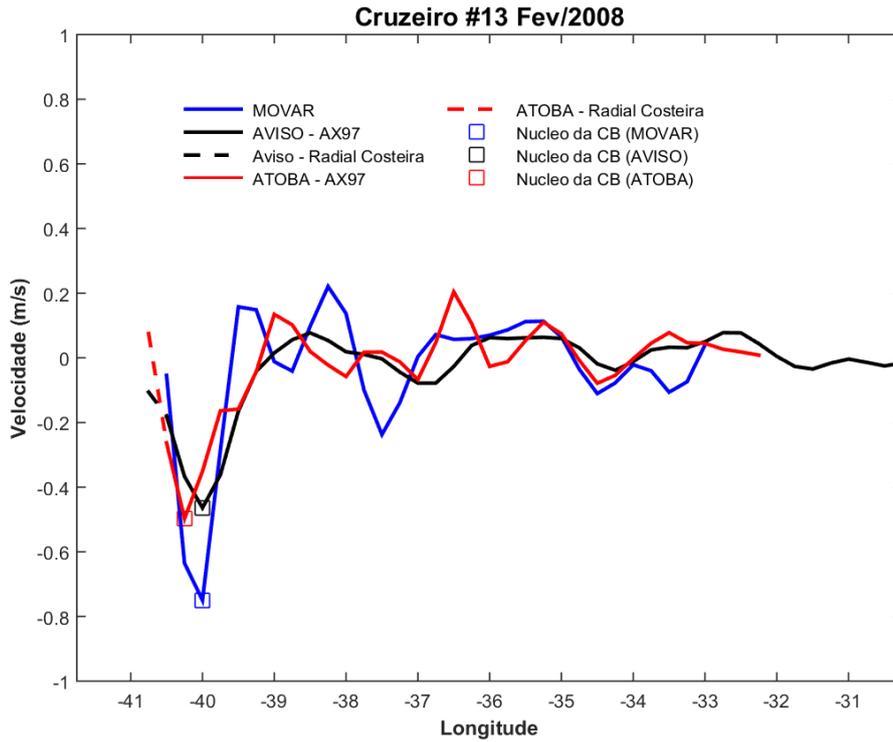


Figura A7: Velocidade superficial normal à Radial Costeira e à AX97 para os cruzeiros 13 (painel superior) e 14 (painel inferior). Linha contínua (tracejada) representa a Radial AX97 (Radial Costeira). A localização geográfica das radiais é apresentada na Figura 2. Valores negativos de velocidade indicam um fluxo cruzando a radial em direção ao polo sul. A cor azul representa o dado do MOVAR, a preta representa o dado do AVISO e a vermelha representa o dado do ATOBA. O núcleo amostrado em cada conjunto de dados está representado pelos quadrados, respeitando o esquema de cores proposto acima.

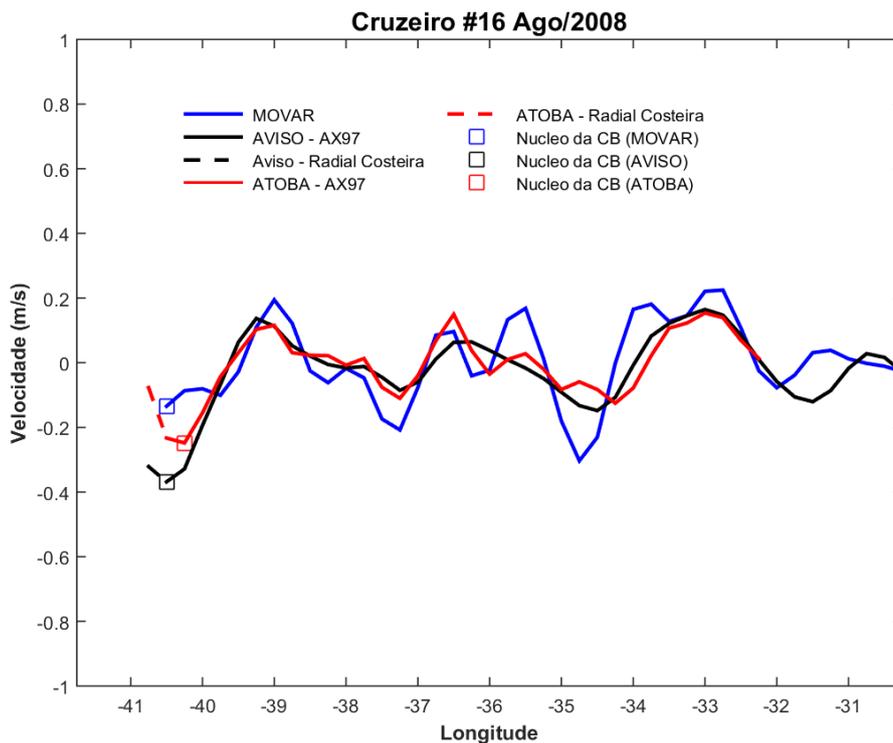
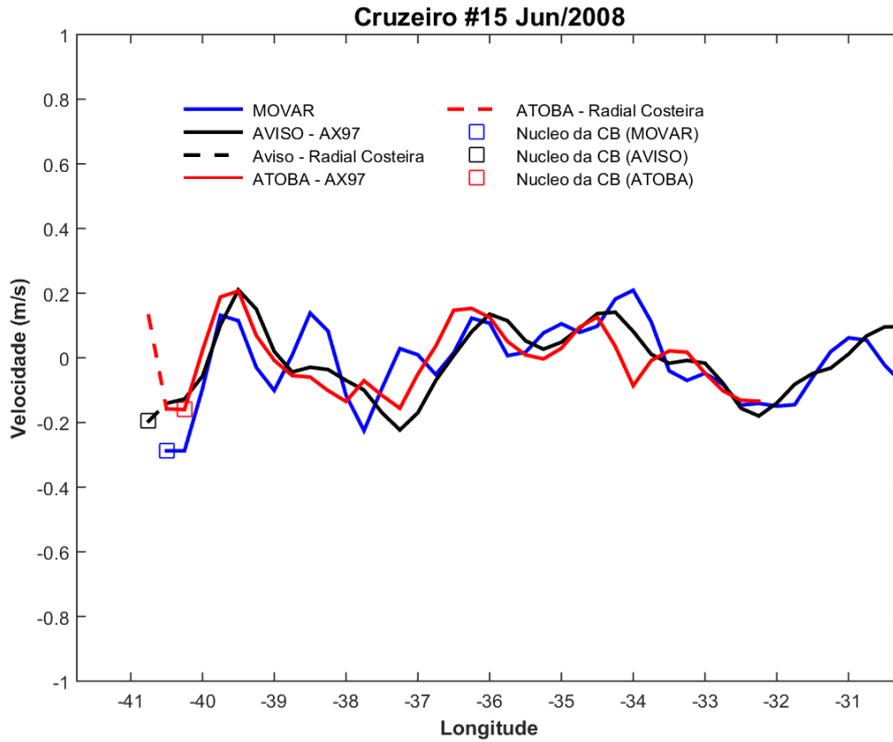


Figura A8: Velocidade superficial normal à Radial Costeira e à AX97 para os cruzeiros 15 (painel superior) e 16 (painel inferior). Linha contínua (tracejada) representa a Radial AX97 (Radial Costeira). A localização geográfica das radiais é apresentada na Figura 2. Valores negativos de velocidade indicam um fluxo cruzando a radial em direção ao polo sul. A cor azul representa o dado do MOVAR, a preta representa o dado do AVISO e a vermelha representa o dado do ATOBA. O núcleo amostrado em cada conjunto de dados está representado pelos quadrados, respeitando o esquema de cores proposto acima.

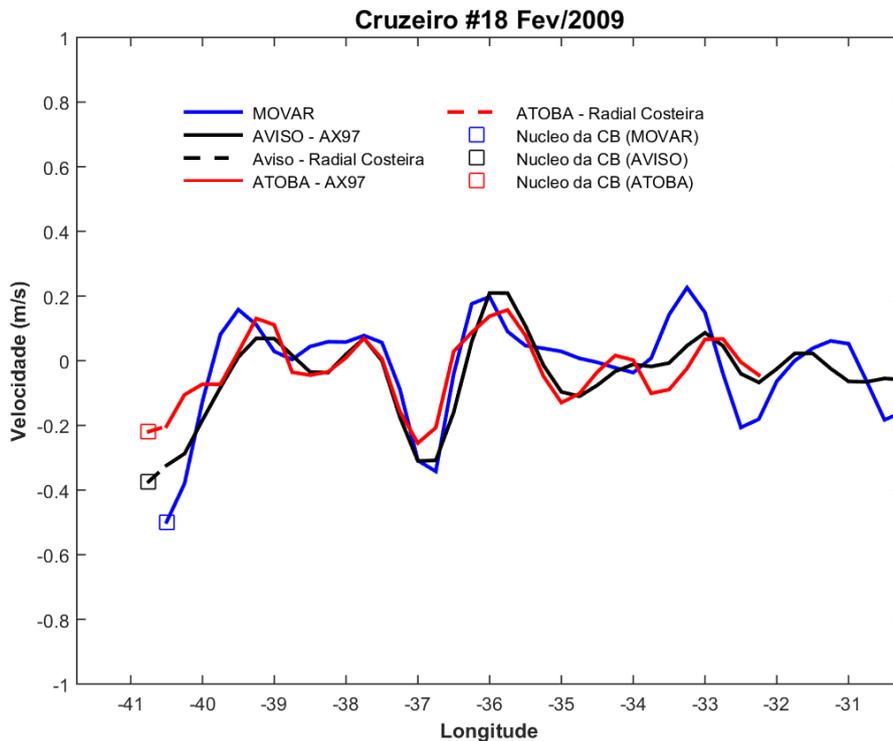
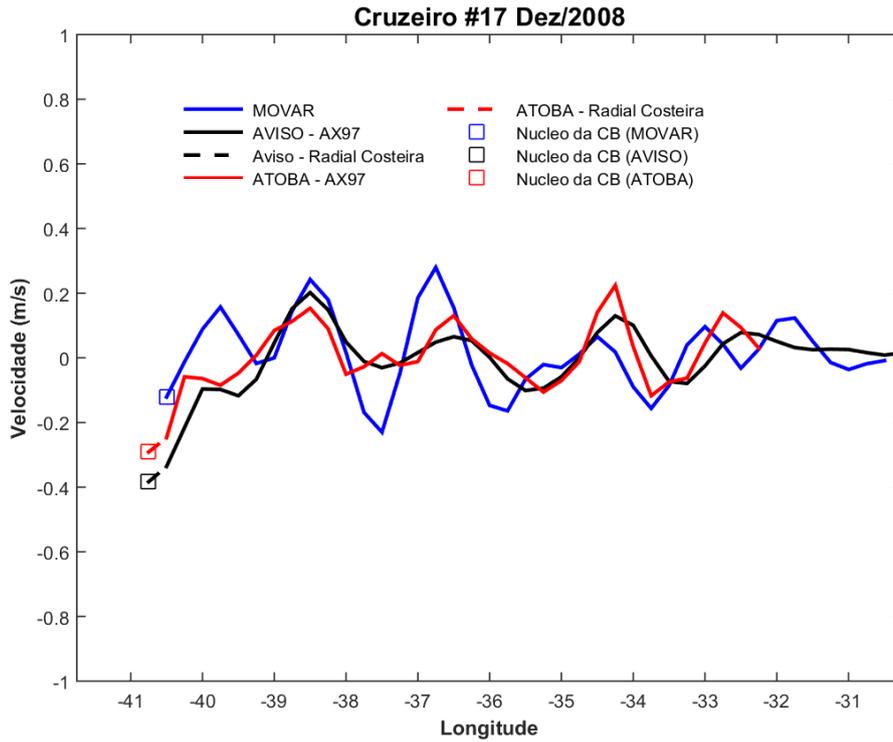


Figura A9: Velocidade superficial normal à Radial Costeira e à AX97 para os cruzeiros 17 (painel superior) e 18 (painel inferior). Linha contínua (tracejada) representa a Radial AX97 (Radial Costeira). A localização geográfica das radiais é apresentada na Figura 2. Valores negativos de velocidade indicam um fluxo cruzando a radial em direção ao polo sul. A cor azul representa o dado do MOVAR, a preta representa o dado do AVISO e a vermelha representa o dado do ATOBA. O núcleo amostrado em cada conjunto de dados está representado pelos quadrados, respeitando o esquema de cores proposto acima.

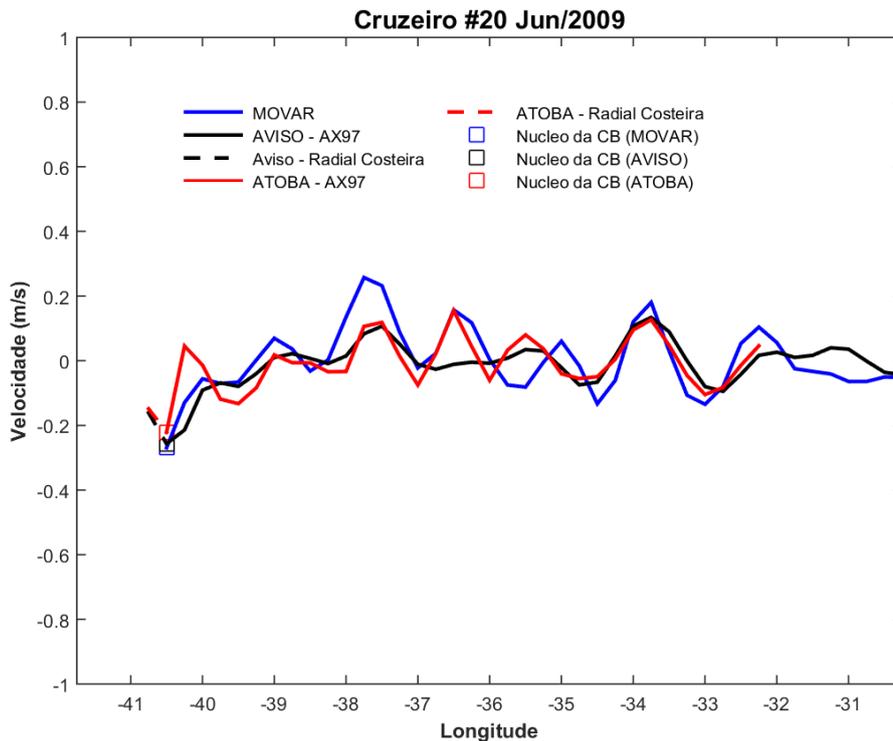
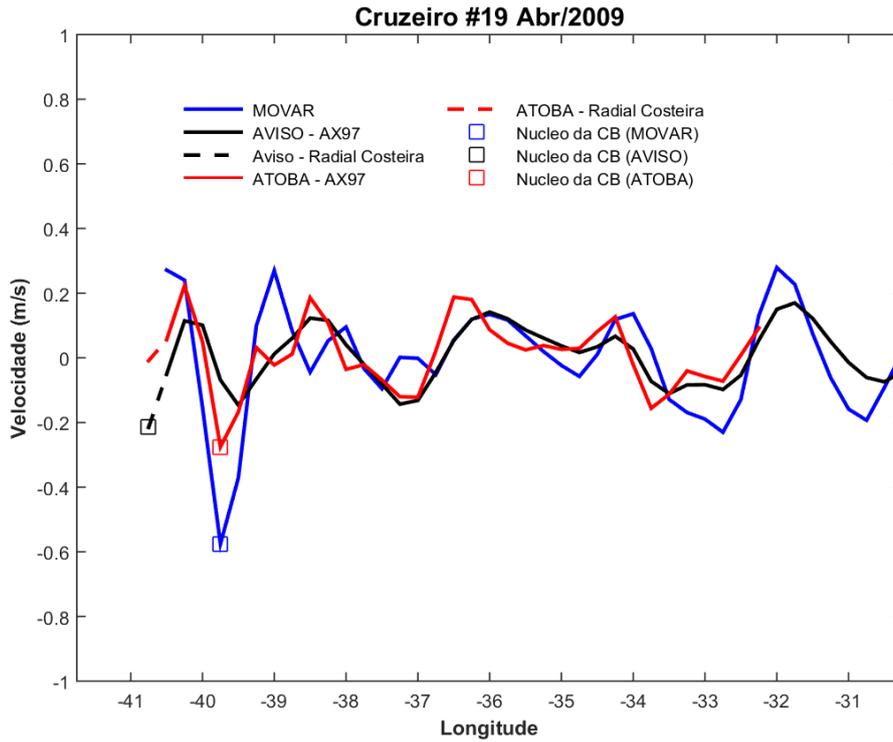


Figura A10: Velocidade superficial normal à Radial Costeira e à AX97 para os cruzeiros 19 (painel superior) e 20 (painel inferior). Linha contínua (tracejada) representa a Radial AX97 (Radial Costeira). A localização geográfica das radiais é apresentada na Figura 2. Valores negativos de velocidade indicam um fluxo cruzando a radial em direção ao polo sul. A cor azul representa o dado do MOVAR, a preta representa o dado do AVISO e a vermelha representa o dado do ATOBA. O núcleo amostrado em cada conjunto de dados está representado pelos quadrados, respeitando o esquema de cores proposto acima.

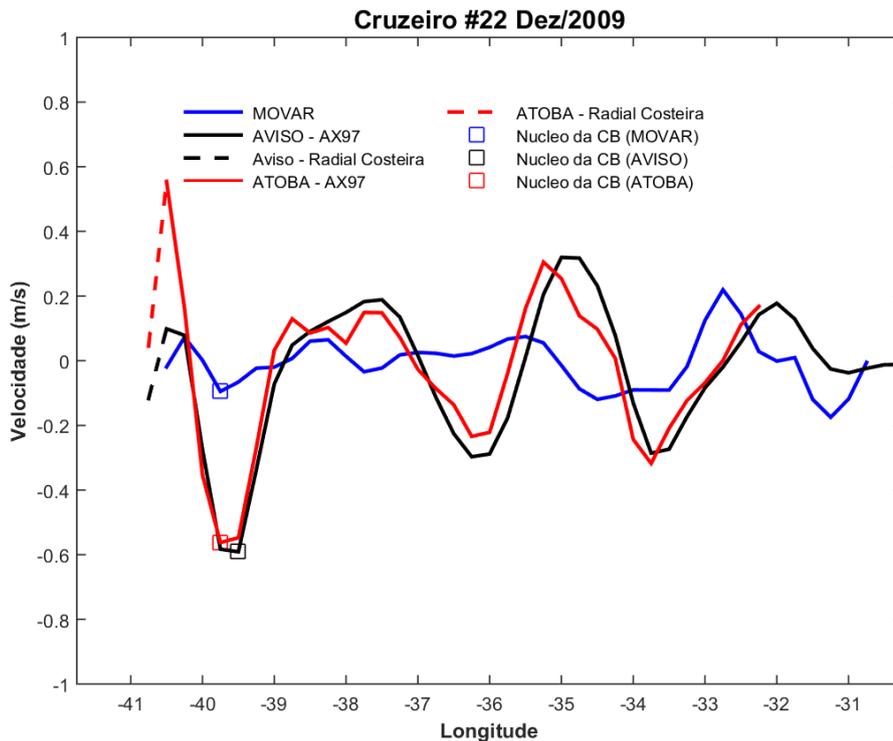
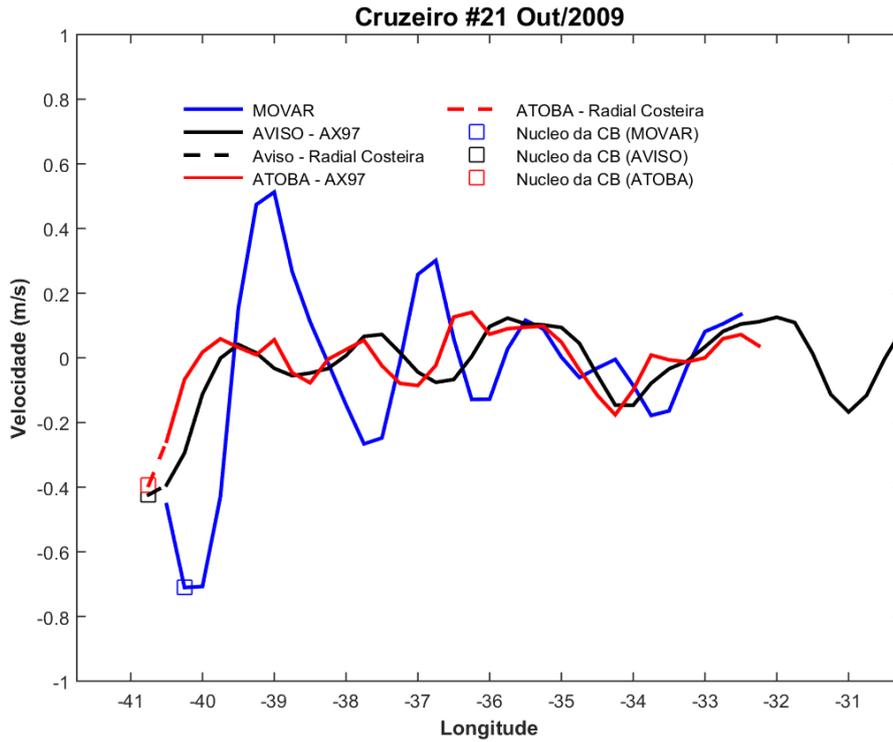


Figura A11: Velocidade superficial normal à Radial Costeira e à AX97 para os cruzeiros 21 (painel superior) e 22 (painel inferior). Linha contínua (tracejada) representa a Radial AX97 (Radial Costeira). A localização geográfica das radiais é apresentada na Figura 2. Valores negativos de velocidade indicam um fluxo cruzando a radial em direção ao polo sul. A cor azul representa o dado do MOVAR, a preta representa o dado do AVISO e a vermelha representa o dado do ATOBA. O núcleo amostrado em cada conjunto de dados está representado pelos quadrados, respeitando o esquema de cores proposto acima.

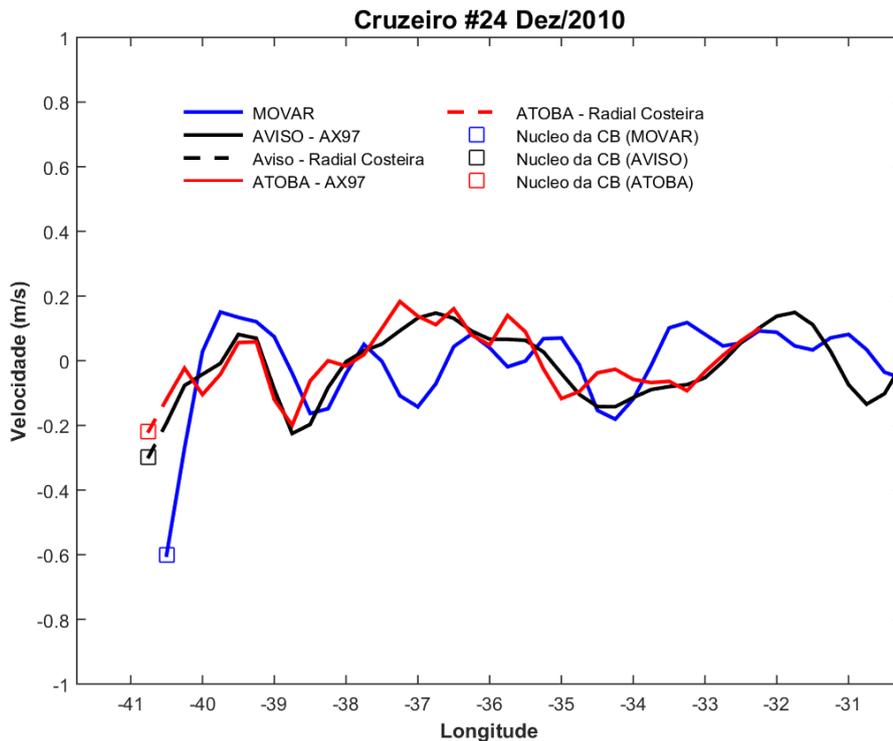
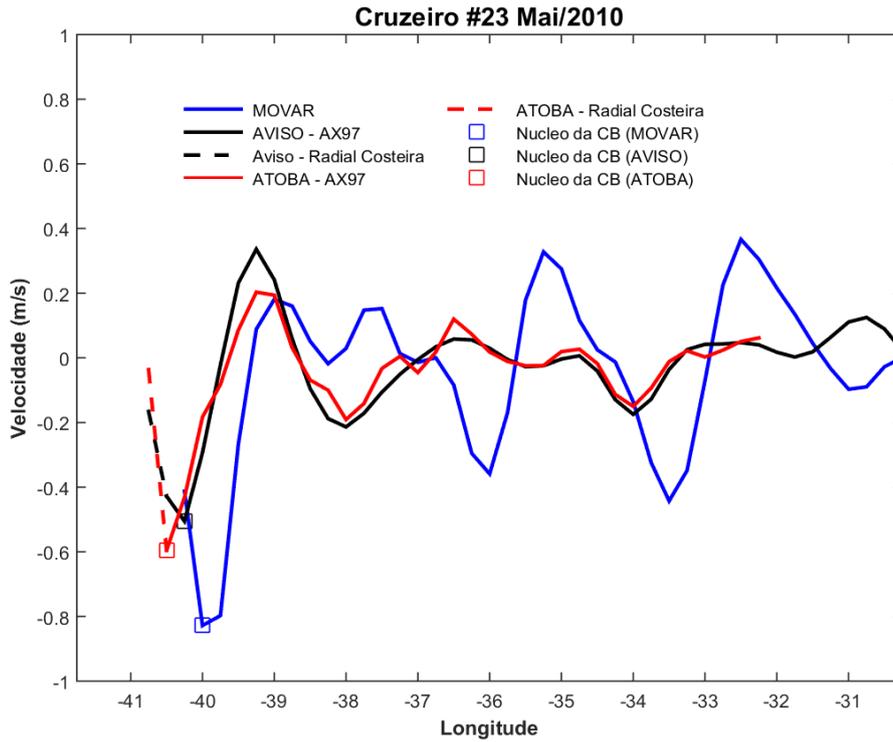


Figura A12: Velocidade superficial normal à Radial Costeira e à AX97 para os cruzeiros 23 (painel superior) e 24 (painel inferior). Linha contínua (tracejada) representa a Radial AX97 (Radial Costeira). A localização geográfica das radiais é apresentada na Figura 2. Valores negativos de velocidade indicam um fluxo cruzando a radial em direção ao polo sul. A cor azul representa o dado do MOVAR, a preta representa o dado do AVISO e a vermelha representa o dado do ATOBA. O núcleo amostrado em cada conjunto de dados está representado pelos quadrados, respeitando o esquema de cores proposto acima.

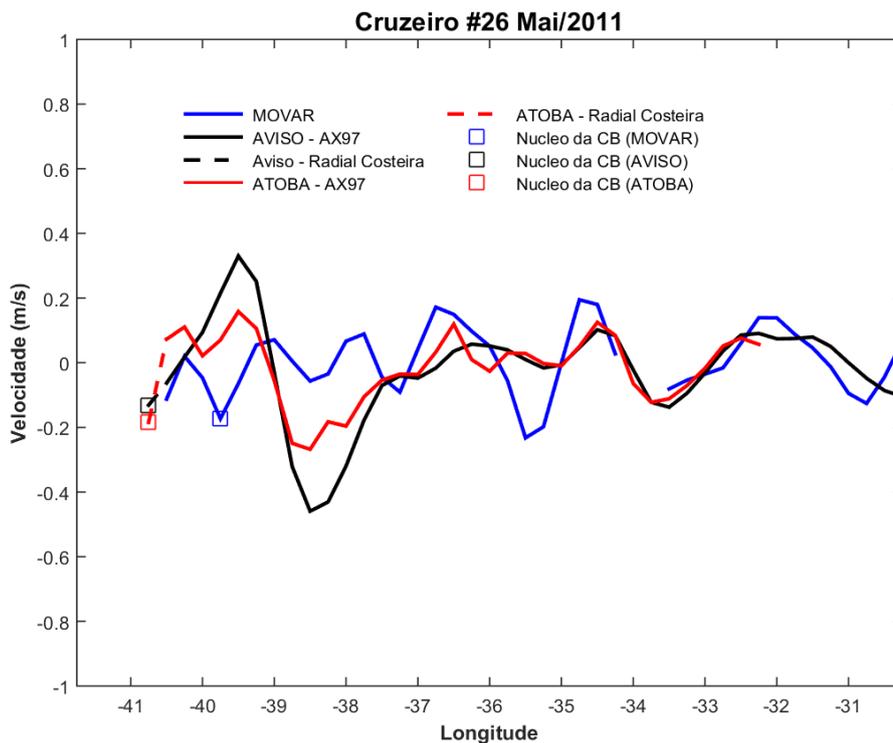
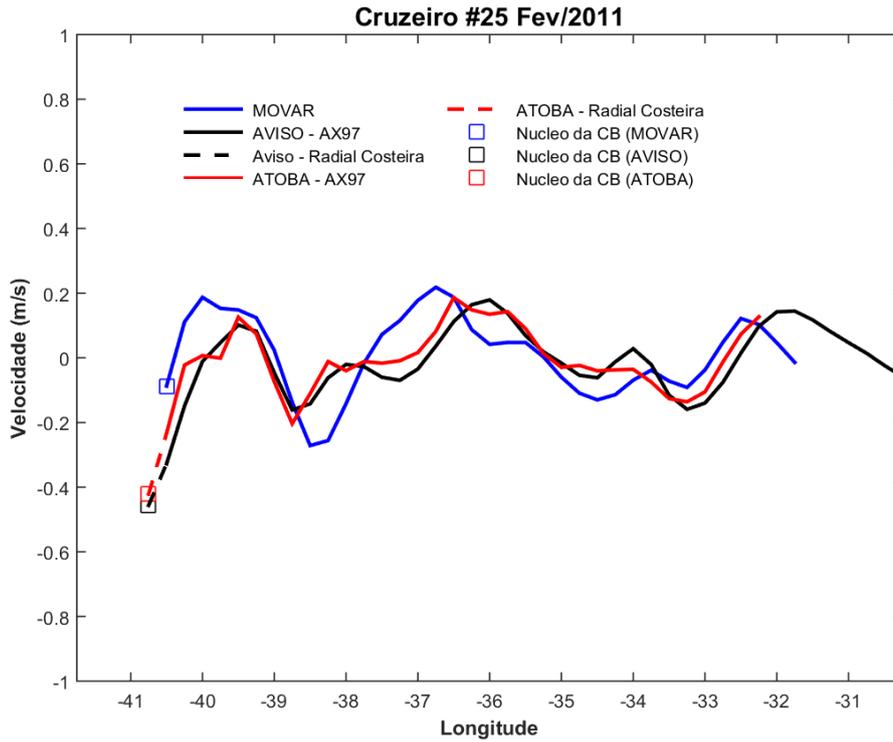


Figura A13: Velocidade superficial normal à Radial Costeira e à AX97 para os cruzeiros 25 (painel superior) e 26 (painel inferior). Linha contínua (tracejada) representa a Radial AX97 (Radial Costeira). A localização geográfica das radiais é apresentada na Figura 2. Valores negativos de velocidade indicam um fluxo cruzando a radial em direção ao polo sul. A cor azul representa o dado do MOVAR, a preta representa o dado do AVISO e a vermelha representa o dado do ATOBA. O núcleo amostrado em cada conjunto de dados está representado pelos quadrados, respeitando o esquema de cores proposto acima.

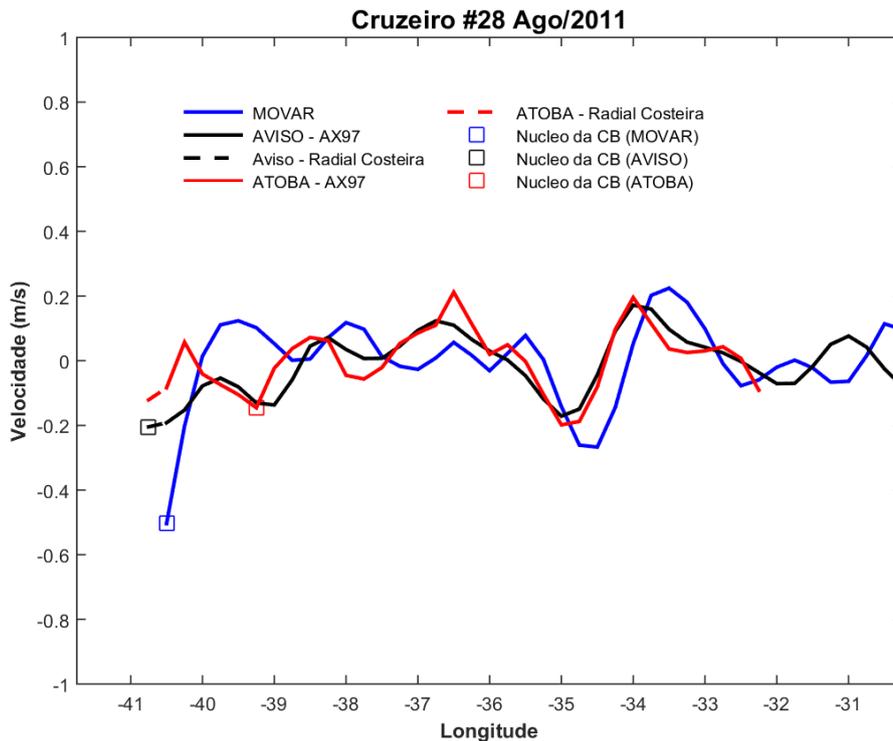
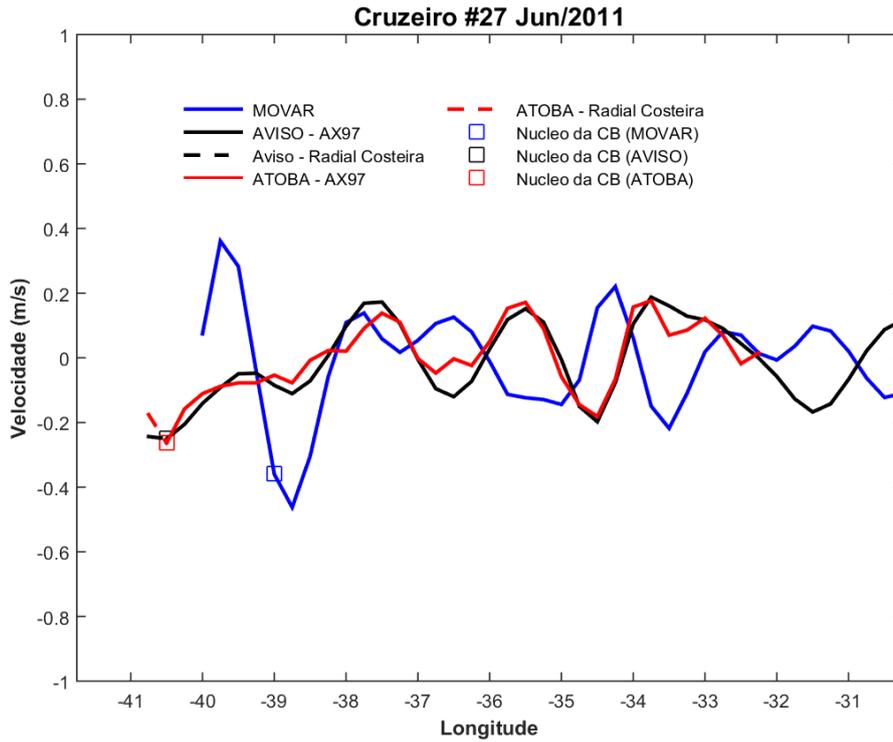


Figura A14: Velocidade superficial normal à Radial Costeira e à AX97 para os cruzeiros 27 (painel superior) e 28 (painel inferior). Linha contínua (tracejada) representa a Radial AX97 (Radial Costeira). A localização geográfica das radiais é apresentada na Figura 2. Valores negativos de velocidade indicam um fluxo cruzando a radial em direção ao polo sul. A cor azul representa o dado do MOVAR, a preta representa o dado do AVISO e a vermelha representa o dado do ATOBA. O núcleo amostrado em cada conjunto de dados está representado pelos quadrados, respeitando o esquema de cores proposto acima.

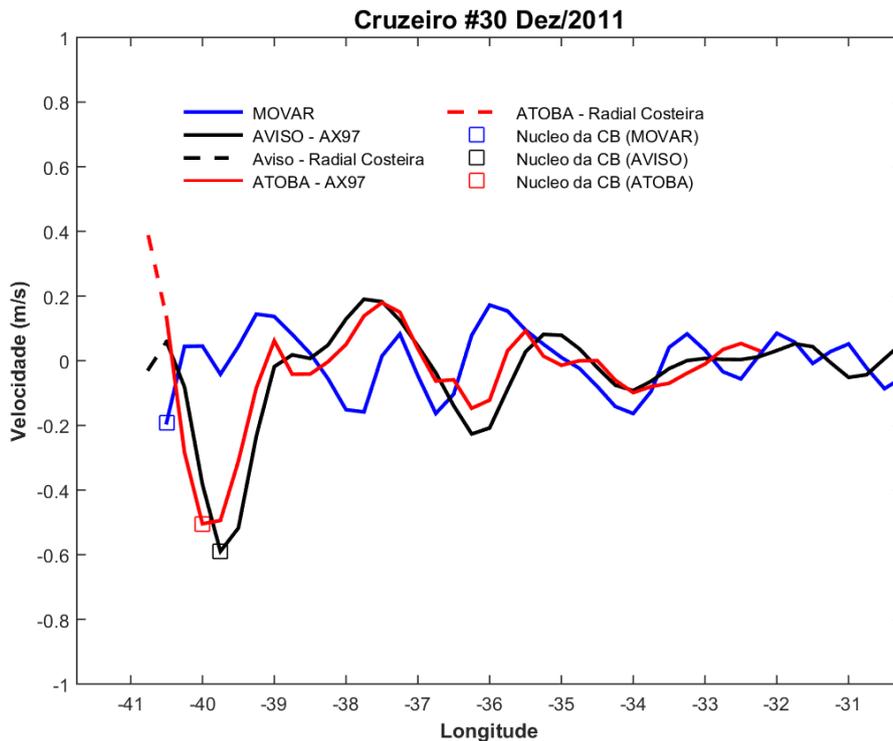
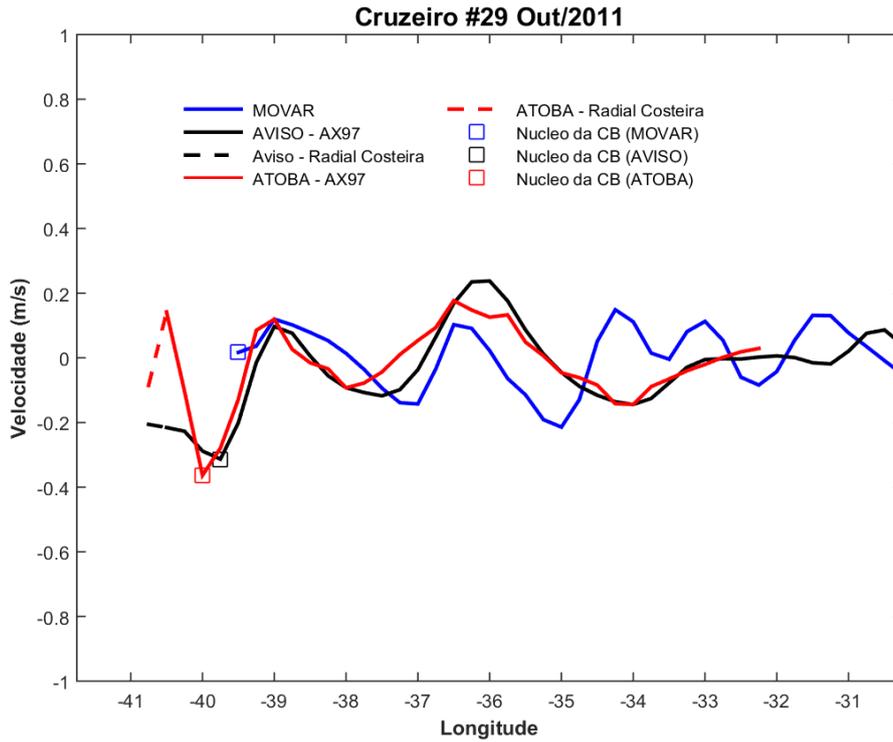


Figura A15: Velocidade superficial normal à Radial Costeira e à AX97 para os cruzeiros 29 (painel superior) e 30 (painel inferior). Linha contínua (tracejada) representa a Radial AX97 (Radial Costeira). A localização geográfica das radiais é apresentada na Figura 2. Valores negativos de velocidade indicam um fluxo cruzando a radial em direção ao polo sul. A cor azul representa o dado do MOVAR, a preta representa o dado do AVISO e a vermelha representa o dado do ATOBA. O núcleo amostrado em cada conjunto de dados está representado pelos quadrados, respeitando o esquema de cores proposto acima.

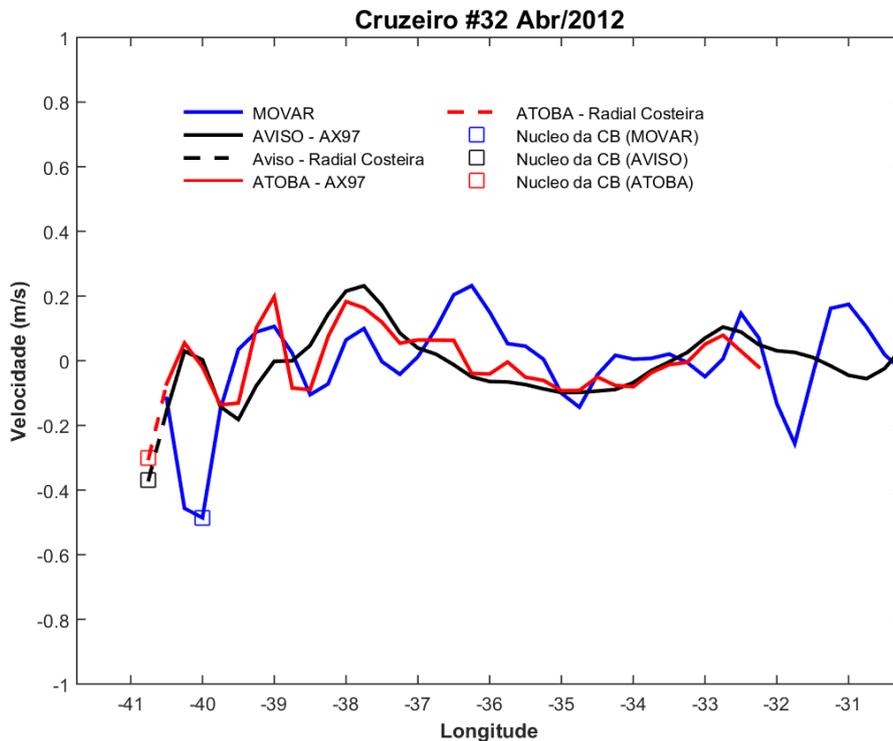
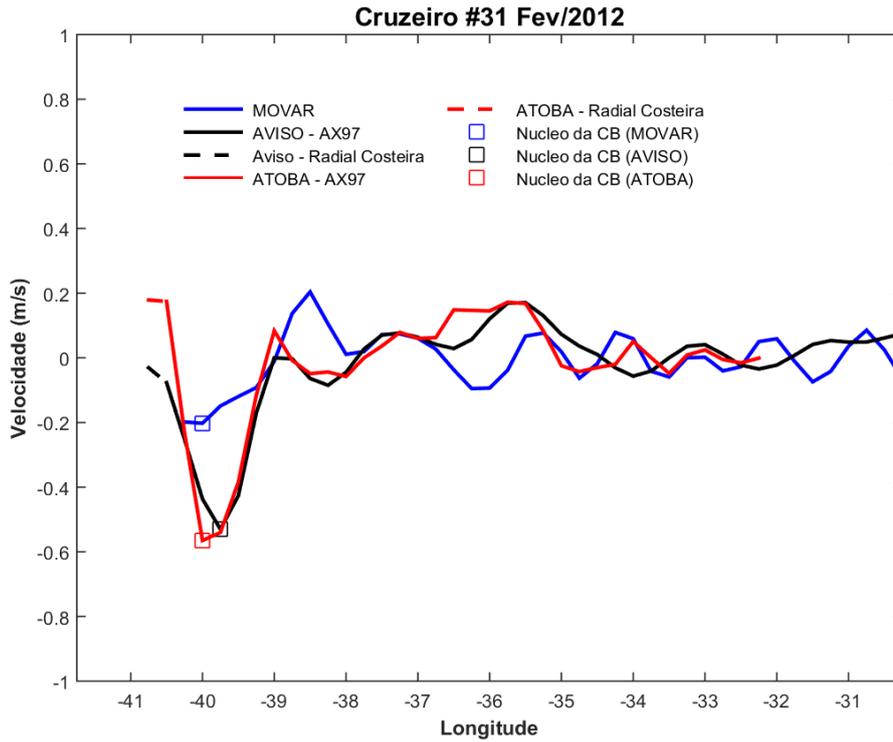


Figura A16: Velocidade superficial normal à Radial Costeira e à AX97 para os cruzeiros 31 (painel superior) e 32 (painel inferior). Linha contínua (tracejada) representa a Radial AX97 (Radial Costeira). A localização geográfica das radiais é apresentada na Figura 2. Valores negativos de velocidade indicam um fluxo cruzando a radial em direção ao polo sul. A cor azul representa o dado do MOVAR, a preta representa o dado do AVISO e a vermelha representa o dado do ATOBA. O núcleo amostrado em cada conjunto de dados está representado pelos quadrados, respeitando o esquema de cores proposto acima.

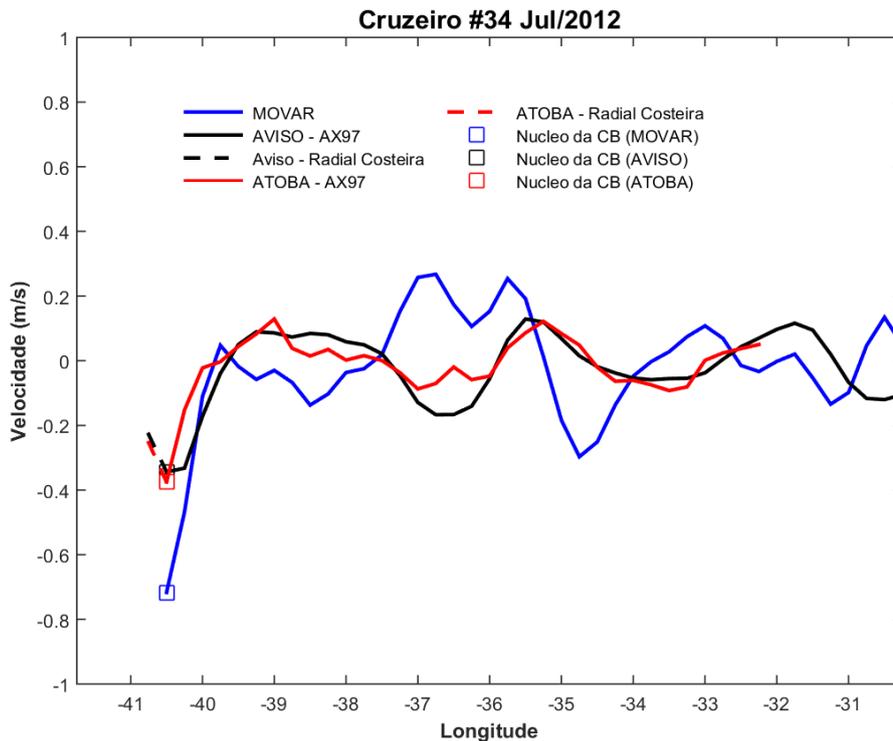
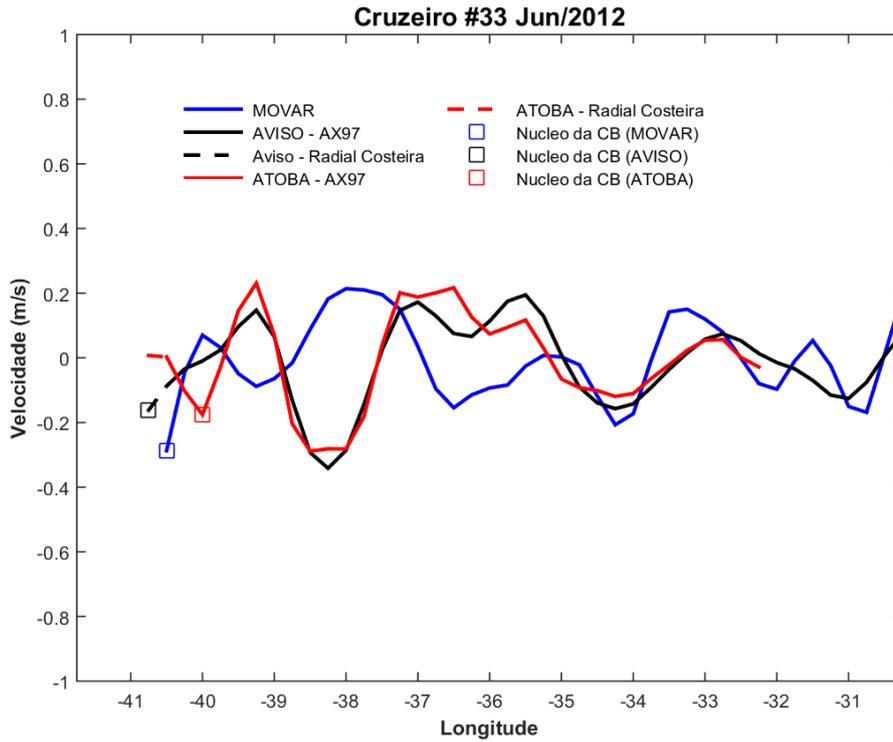


Figura A17: Velocidade superficial normal à Radial Costeira e à AX97 para os cruzeiros 33 (painel superior) e 34 (painel inferior). Linha contínua (tracejada) representa a Radial AX97 (Radial Costeira). A localização geográfica das radiais é apresentada na Figura 2. Valores negativos de velocidade indicam um fluxo cruzando a radial em direção ao polo sul. A cor azul representa o dado do MOVAR, a preta representa o dado do AVISO e a vermelha representa o dado do ATOBA. O núcleo amostrado em cada conjunto de dados está representado pelos quadrados, respeitando o esquema de cores proposto acima.

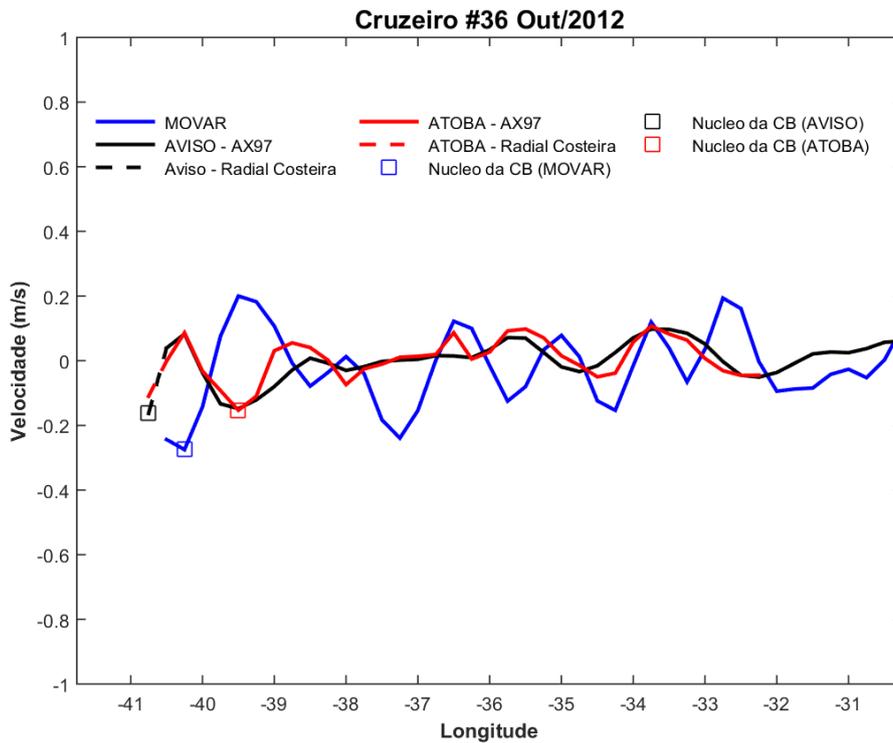
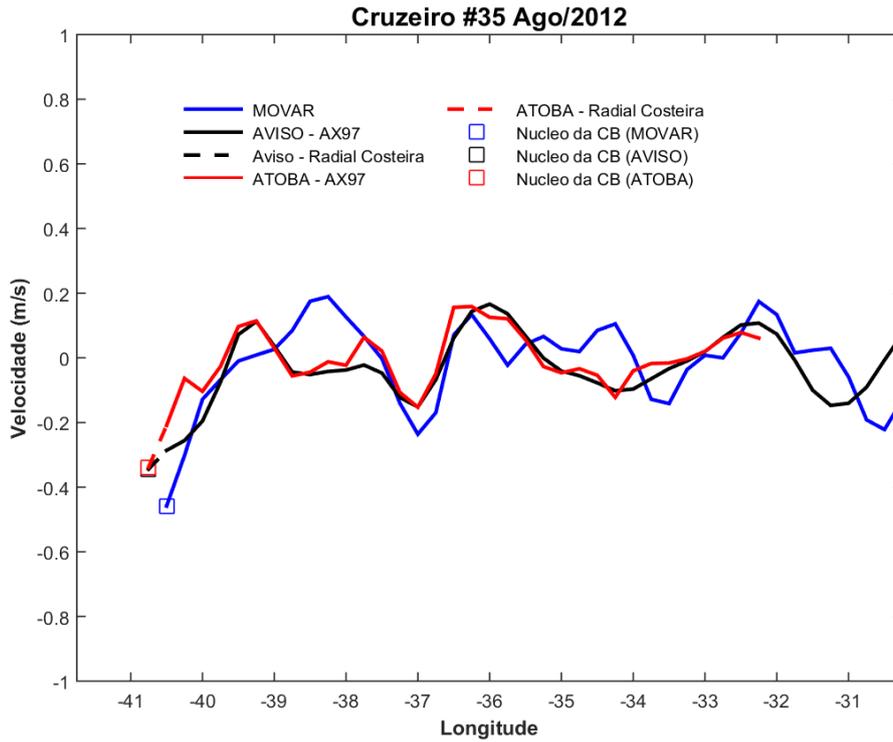


Figura A18: Velocidade superficial normal à Radial Costeira e à AX97 para os cruzeiros 35 (painel superior) e 36 (painel inferior). Linha contínua (tracejada) representa a Radial AX97 (Radial Costeira). A localização geográfica das radiais é apresentada na Figura 2. Valores negativos de velocidade indicam um fluxo cruzando a radial em direção ao polo sul. A cor azul representa o dado do MOVAR, a preta representa o dado do AVISO e a vermelha representa o dado do ATOBA. O núcleo amostrado em cada conjunto de dados está representado pelos quadrados, respeitando o esquema de cores proposto acima.

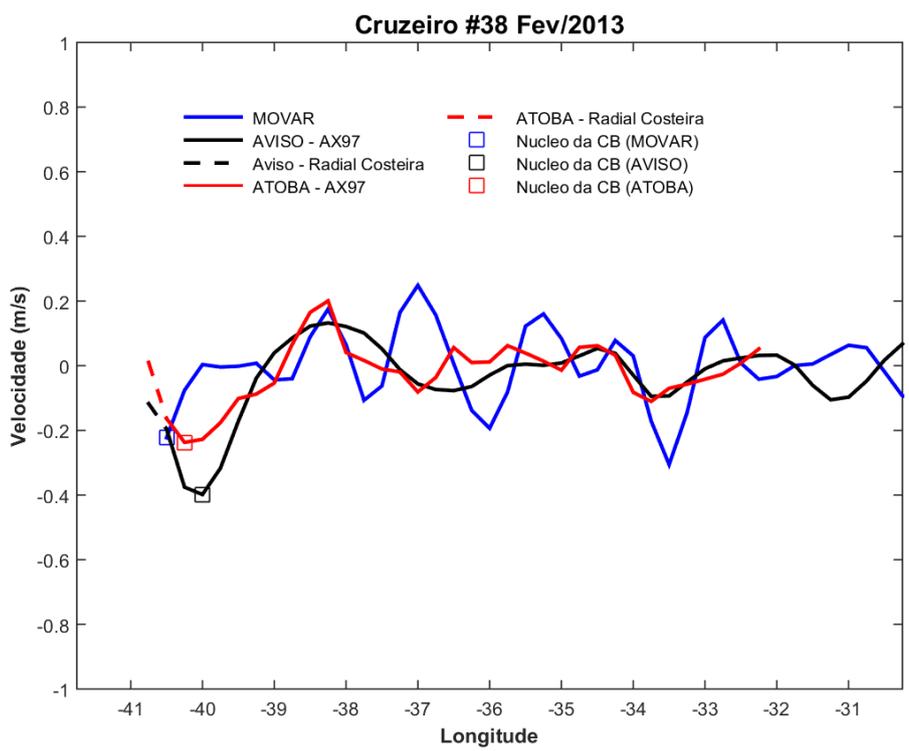
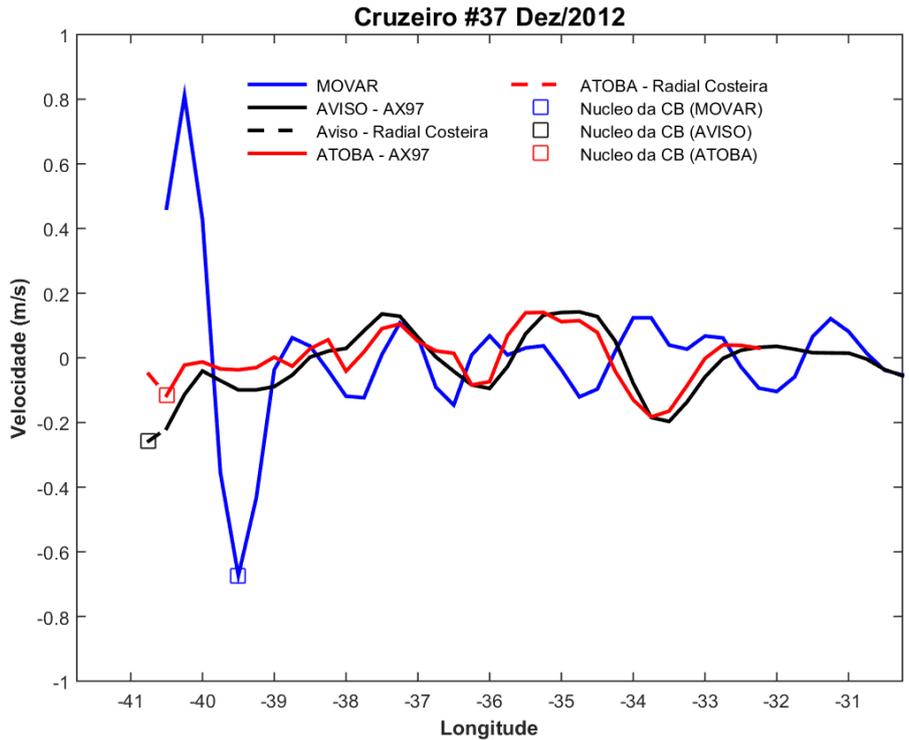


Figura A19: Velocidade superficial normal à Radial Costeira e à AX97 para os cruzeiros 37 (painel superior) e386 (painel inferior). Linha contínua (tracejada) representa a Radial AX97 (Radial Costeira). A localização geográfica das radiais é apresentada na Figura 2. Valores negativos de velocidade indicam um fluxo cruzando a radial em direção ao polo sul. A cor azul representa o dado do MOVAR, a preta representa o dado do AVISO e a vermelha representa o dado do ATOBA. O núcleo amostrado em cada conjunto de dados está representado pelos quadrados, respeitando o esquema de cores proposto acima.

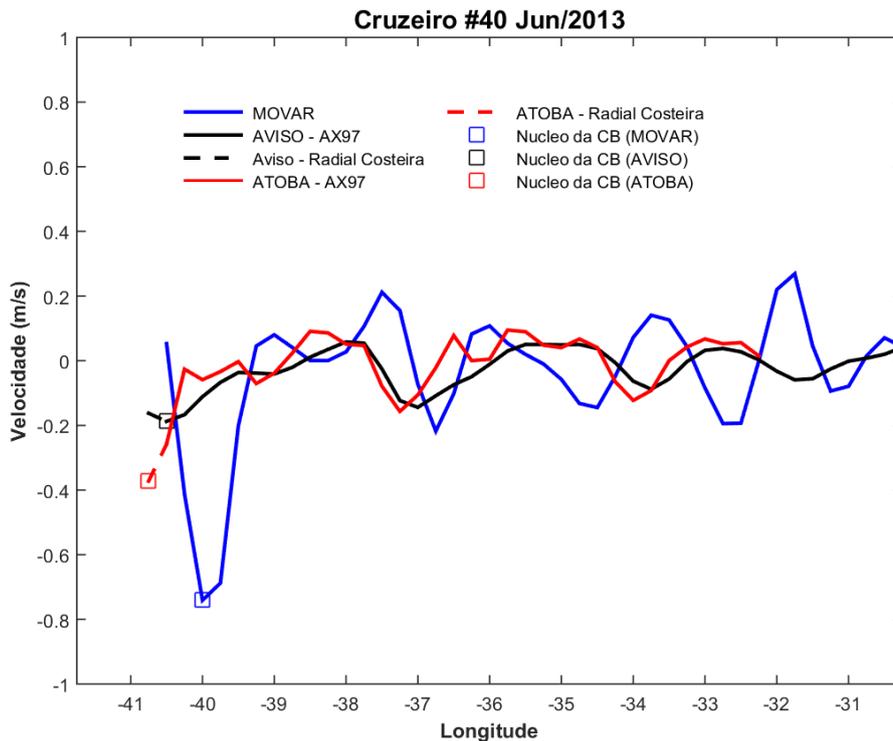
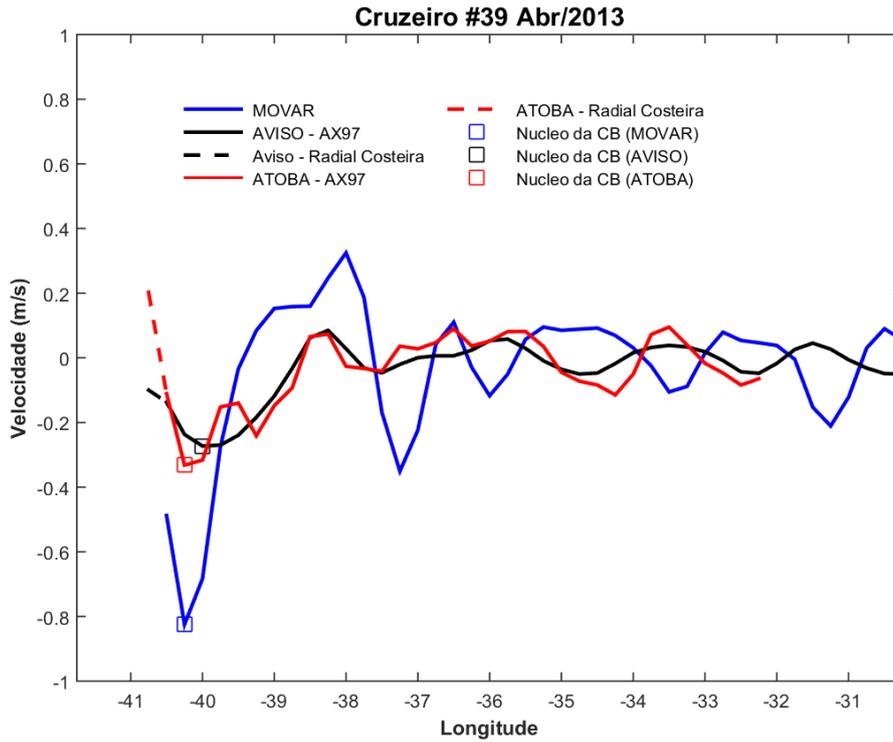


Figura A20: Velocidade superficial normal à Radial Costeira e à AX97 para os cruzeiros 39 (painel superior) e 40 (painel inferior). Linha contínua (tracejada) representa a Radial AX97 (Radial Costeira). A localização geográfica das radiais é apresentada na Figura 2. Valores negativos de velocidade indicam um fluxo cruzando a radial em direção ao polo sul. A cor azul representa o dado do MOVAR, a preta representa o dado do AVISO e a vermelha representa o dado do ATOBA. O núcleo amostrado em cada conjunto de dados está representado pelos quadrados, respeitando o esquema de cores proposto acima.

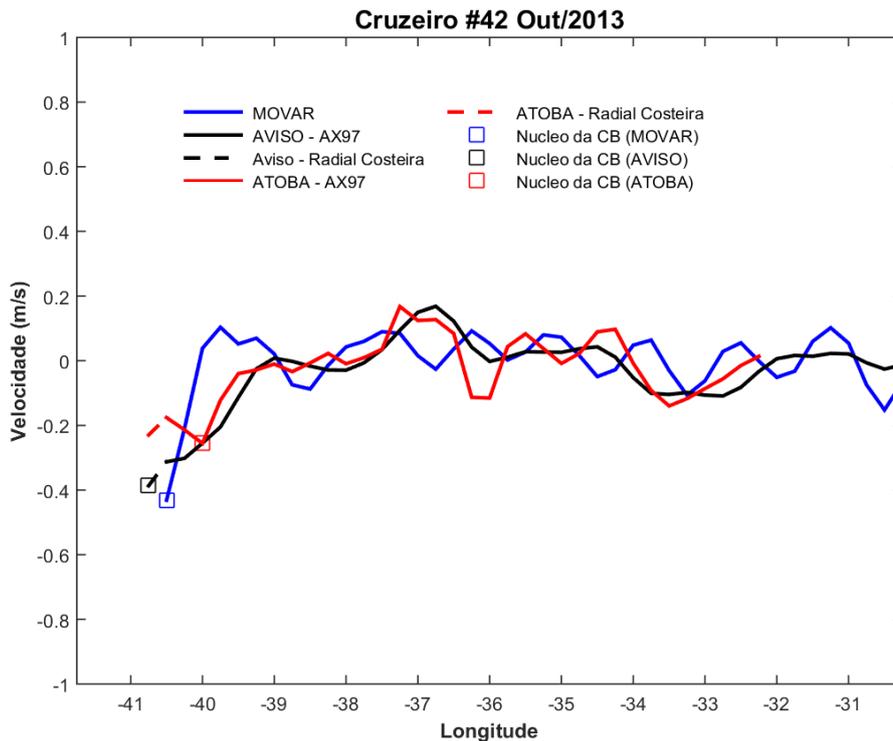
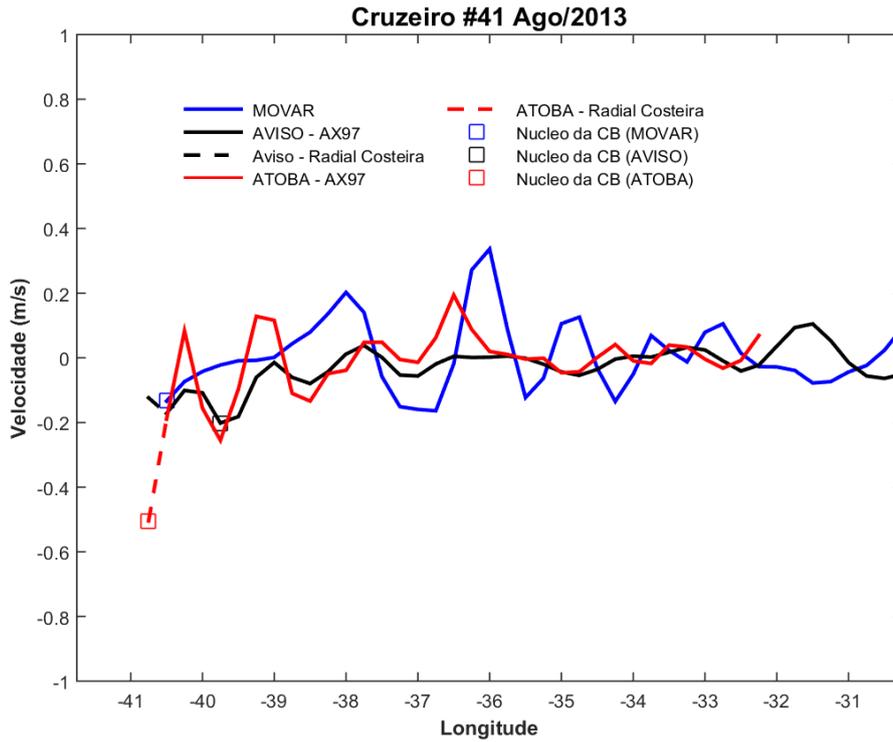


Figura A21: Velocidade superficial normal à Radial Costeira e à AX97 para os cruzeiros 41 (painel superior) e 42 (painel inferior). Linha contínua (tracejada) representa a Radial AX97 (Radial Costeira). A localização geográfica das radiais é apresentada na Figura 2. Valores negativos de velocidade indicam um fluxo cruzando a radial em direção ao polo sul. A cor azul representa o dado do MOVAR, a preta representa o dado do AVISO e a vermelha representa o dado do ATOBA. O núcleo amostrado em cada conjunto de dados está representado pelos quadrados, respeitando o esquema de cores proposto acima.

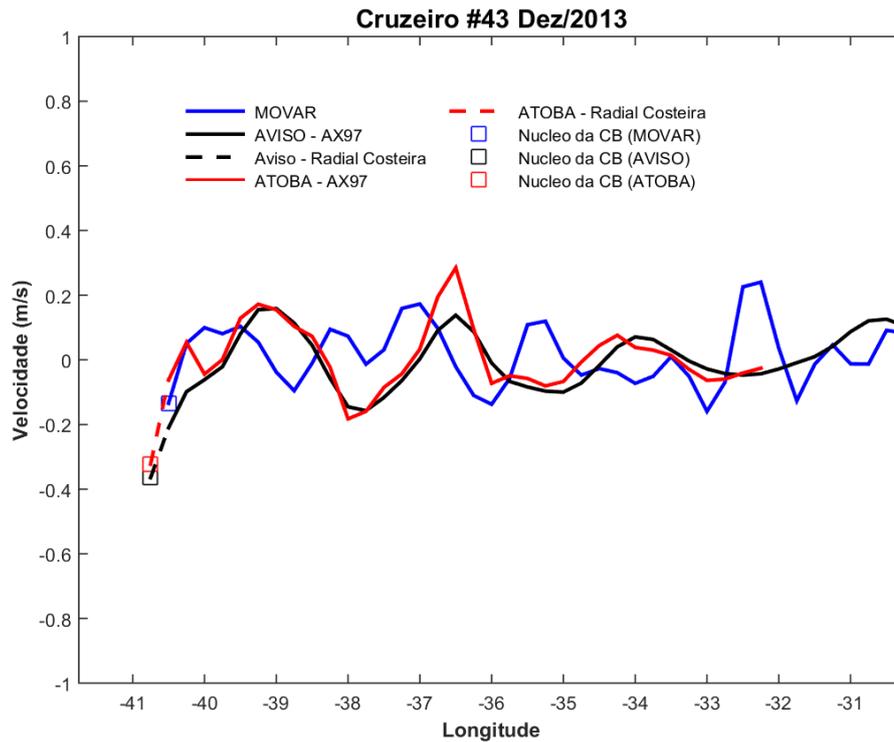


Figura A22: Velocidade superficial normal à Radial Costeira e à AX97 para o cruzeiro 43. Linha contínua (tracejada) representa a Radial AX97 (Radial Costeira). A localização geográfica das radiais é apresentada na Figura 2. Valores negativos de velocidade indicam um fluxo cruzando a radial em direção ao polo sul. A cor azul representa o dado do MOVAR, a preta representa o dado do AVISO e a vermelha representa o dado do ATOBA. O núcleo amostrado em cada conjunto de dados está representado pelos quadrados, respeitando o esquema de cores proposto acima.