



Circulação Oceânica a 1000 Metros na Região da Cadeia Vitória – Trindade Oceanic Circulation at 1000 Meters in the Region of Vitória Trindade Ridge

Sidney Rafael Gomes da Silva do Espírito Santo & Luiz Paulo de Freitas Assad

*Universidade Federal do Rio de Janeiro, Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza, Departamento de Meteorologia,
Avenida Athos da Silveira Ramos, 149, 21941-916, Ilha do Fundão, Rio de Janeiro, RJ, Brasil*

E-mails: sidneyrafaelgomes@gmail.com; luizpauloassad@gmail.com

Recebido em: 17/10/2018 Aprovado em: 21/02/2019

DOI: http://dx.doi.org/10.11137/2019_1_593_602

Resumo

A circulação oceânica de subsuperfície desempenha um papel crucial nos transportes oceânicos de calor e massa e consequentemente no sistema climático terrestre. Algumas regiões oceânicas até os dias atuais ainda apresentam poucos estudos que busquem caracterizar aspectos básicos relativos à dinâmica oceânica existente em níveis intermediários e profundos, como é o caso de parte significativa da região oceânica adjacente à costa leste brasileira. Este trabalho tem como objetivo a caracterização da circulação oceânica a 1000 metros e a estrutura termohalina na região da Cadeia Vitória – Trindade (CVT) a partir de perfiladores lagrangeanos Argo. Os resultados indicam que a profundidade de 1000 metros é uma região de transição na coluna d'água entre a circulação intermediária e a profunda, sobretudo sob o ponto de vista da análise da trajetória. Ao norte da cadeia, o fluxo é dominado por uma corrente de norte para sul, atribuído à Corrente de Contorno Profunda (CCP). Enquanto no sul da cadeia, um fluxo zonal de leste para oeste domina a região oceânica e a Corrente de Contorno Intermediária (CCI) aparece junto ao talude indo para norte, enquanto um fluxo contrário para sul ocorre mais afastado da costa. Na análise termohalina da região, as características termohalinas da Água Intermediária Antártica (AIA) dominam o nível de 1000 metros, o que sugere que ao norte da cadeia a CCP influencie no transporte da AIA para sul.

Palavras-chave: Água Intermediária Antártica; Cadeia Vitória-Trindade; Circulação a 1000 metros

Abstract

Oceanic subsurface circulation plays a crucial role in oceanic transport of heat and mass and consequently in the terrestrial climate system. Some oceanic regions to date still have few studies that seek to characterize basic aspects of ocean dynamics existing at intermediate and deep levels, as is the case of a significant portion of the adjacent oceanic region to the Brazilian east coast. The aim of this work is the characterization of the oceanic circulation at 1000 meters and the thermohaline structure in the region of the Vitória - Trindade Ridge (VTR) from Lagrangian profilers Argo. The results indicate that the level of 1000 meters is a transition region in the water column between the intermediate and deep circulation, especially from the point of view of the analysis of the trajectory. In north of the chain, the flow is dominated by a current from north to south, due to the Deep Western Boundary Current (DWBC). While in the south of the chain, a zonal flow from east to west dominates the oceanic region and the Intermediate Western Boundary Current (IWBC) appears along the slope going north, while an opposite flow to the south occurs further away from the coast. In the thermohaline analysis of the region, the characteristics Antarctic Intermediate Water (AAIW) dominate the depth of 1000 meters, which suggests that to the north of the chain the DWBC influences the transport of the AAIW to the south.

Keywords: Antarctic Intermediate Water; Vitória-Trindade Ridge; Circulation at 1000 meters

1 Introdução

O balanço dos fluxos intermediário-profundos é fundamental nas trocas de calor da Célula de Revolvimento Meridional Atlântica (De las heras & Schlitzer, 1999; Schmid & Garzoli, 2009). De las Heras & Schlitzer (1999), com base em modelagem numérica, descreveram que a Água Intermediária Antártica (AIA) consiste na maior contribuição da compensação da Água Profunda do Atlântico Norte (APAN) exportada. Portanto, estudos regionais que caracterizem a dinâmica intermediária-profunda podem contribuir para o melhor entendimento da circulação oceânica em grande escala. Além disso, a região de estudo apresenta intensa atividade de extração de petróleo e gás, onde informações em níveis subpicnais são fundamentais para o dimensionamento de estruturas, e para planos de contingências.

Há alguns estudos que abordam a circulação intermediária-profunda no Atlântico Sul (AS) (Muller *et al.*, 1998; Boebel *et al.*, 1999; Hogg & Owens, 1999; Schmid & Garzoli, 2009; Legeais *et al.*, 2013; Pereira *et al.*, 2014), contudo estudos específicos que foquem na interação e de que maneira a Corrente de Contorno Intermediária (CCI) e a Corrente de Contorno Profunda (CCP) lidam com a barreira física imposta pela Cadeia Vitória Trindade (CVT) são escassos. Destaca-se também a existência de poucos

trabalhos que abordem em detalhe as características termohalinas da AIA na costa leste brasileira.

Os fluxos superficiais, centrais e intermediários são afetados em diferentes intensidades pelo giro atmosférico subtropical (Stramma & England, 1999; Schmid *et al.*, 2000). A Corrente Sul Equatorial (CSE), que se localiza no limite norte do giro subtropical do Atlântico Sul, próximo ao talude continental oeste, dá origem a uma corrente que flui para sul (Corrente do Brasil - CB) em nível superficial em torno de 15°S, em níveis centrais a CB origina-se em 20°S (Stramma & England, 1999).

Em nível intermediário, a AIA (caracterizada pelo mínimo de salinidade no diagrama T-S) origina-se na passagem de Drake (You *et al.*, 2003) com salinidade variando entre 34,2 e 34,6 e temperatura na faixa de 3 a 6°C (Sverdrup, 1942). Esta massa de água atinge a costa brasileira em 27°S por meio da corrente sul equatorial (CSE), onde dois terços de seu volume fluem para sul juntando-se a Corrente Brasil (CB), e o volume de água restante flui para o norte formando a CCI (Boebel *et al.*, 1999; Schmid & Garzoli, 2009; Legeais *et al.*, 2013). Entretanto, o fluxo profundo não sofre influência do giro subtropical, este fluxo apresenta um escoamento essencialmente meridional ao longo da costa brasileira, com fluxos zonais mais significativos na região da CVT (Hogg & Owens, 1999) (Figura 1).

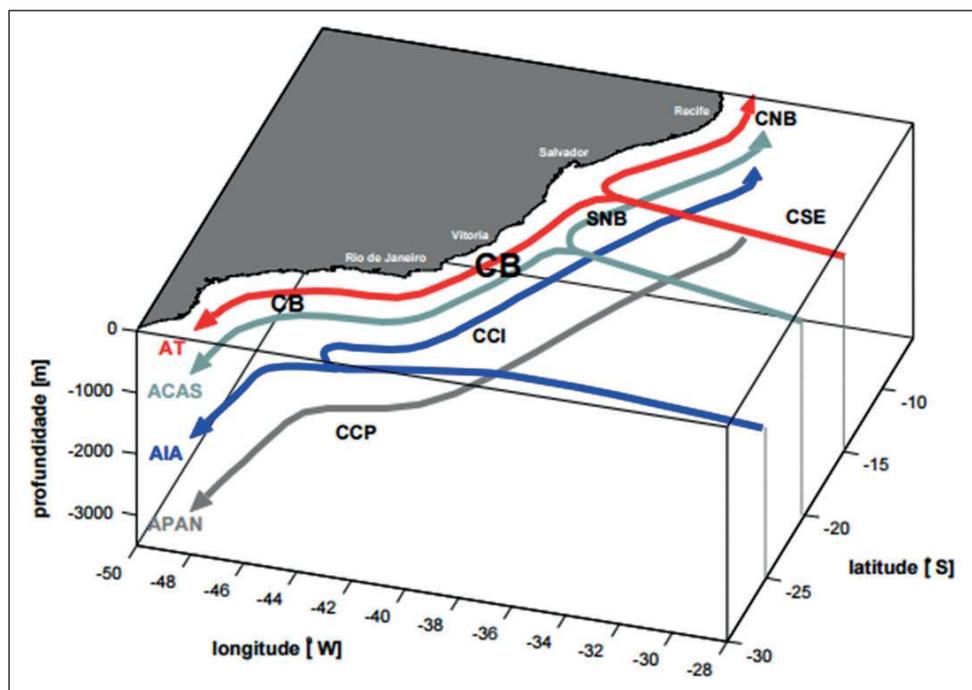


Figura 1 Esquema do escoamento do sistema de correntes de contorno oeste ao longo da margem brasileira, proposto por Stramma & England (1999), e adaptado por Soutelino (2008).

O objetivo desse trabalho é caracterizar a circulação a 1000 metros e a estrutura termohalina da AIA na área de estudo a partir de informações de trajetória, salinidade e temperatura de perfiladores lagrangeanos do programa *Argo* no período de 2003 ao primeiro semestre de 2012.

2 Materiais e Métodos

A metodologia do presente estudo consiste basicamente na utilização de dados adquiridos junto ao programa *Argo* na região entre as latitudes de 15°S até 25°S e as longitudes de 42°W até 24°W (Figura 2). A CVT apresenta dois montes emersos, a Ilha de Trindade e a Ilha de Martin Vaz, contudo a CVT possui uma série de vales com profundidades superiores a 1500 metros (Caspel, 2009).

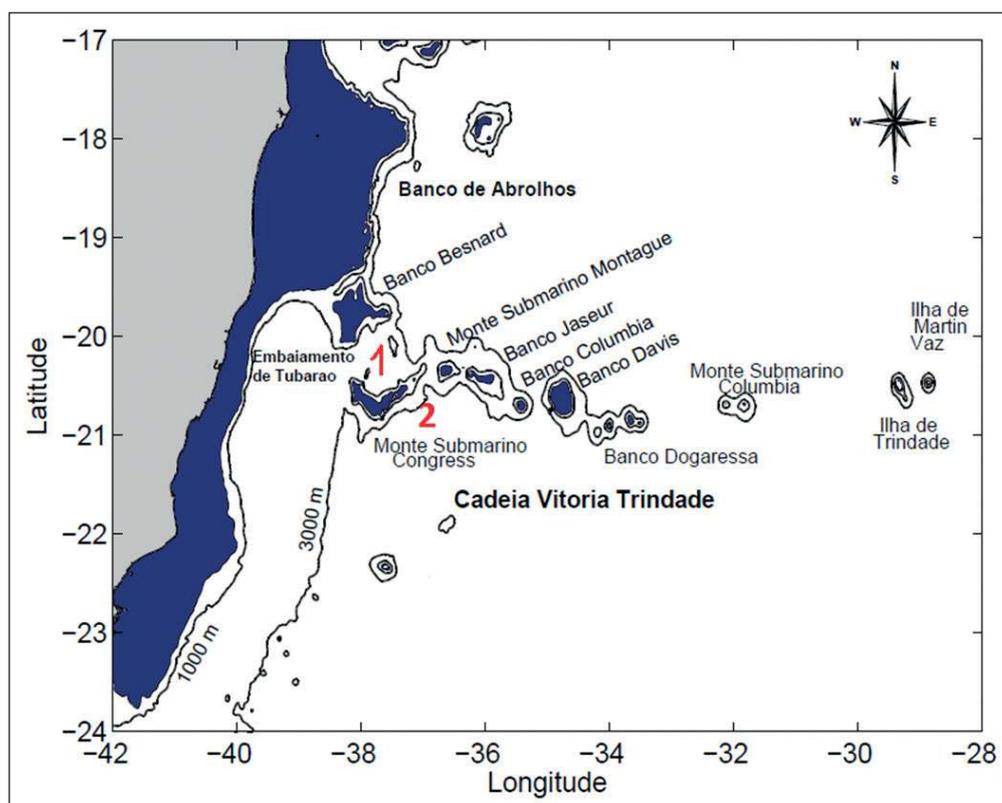
O fluxo zonal para oeste no sul da CVT foi descrito por Boebel *et al.* (1999) e Schmid *et al.* (2000), que descrevem um fluxo intermediário em direção a oeste, fechando o giro subtropical em níveis intermediários, até aproximadamente 22°S. Boebel *et al.* (1999) descreveram células de recircu-

lação ao sudoeste da CVT, geralmente associadas a recirculação do fluxo da CCI até 21 °S.

Para a realização deste estudo foram usados dados de perfiladores lagrangeanos disponibilizados pelo programa *Argo*. Este programa disponibiliza dados da trajetória de perfiladores autônomos em nível intermediário e dados de temperatura e salinidade da superfície até 2000 metros. Após serem lançados no mar, os perfiladores afundam até certa profundidade (*parking-depth*, em geral 1000 metros), onde derivam por nove dias, e por fim afundam até 2000 metros e ascendem até a superfície coletando temperatura e salinidade. Uma vez na superfície o instrumento envia os dados, e inicia um novo ciclo de mergulho.

Os dados disponíveis para a região de estudo, compreendidos entre o período de 2003 ao primeiro semestre de 2012 foram selecionados, totalizando 57 perfiladores. Dos 57 perfiladores foram utilizados somente os perfis previamente processados pelo programa e classificados como dados bons ou provavelmente bons (Gould, 2008).

Figura 2 Mapa com foco na Cadeia Vitória-Trindade com destaque para as principais feições topográficas, elaborado a partir da base batimétrica do ETOPO1. As regiões em azul correspondem a profundidade menores que 200 m. O número 1 indica o canal mais costeiro deste estudo. Adaptado de Pimentel (2012).



Na análise de trajetória dos perfiladores foram selecionados perfiladores que tiveram alguma interação com a CVT (cruzando-a ou fluindo ao longo dela), onde foi obtido 17 perfiladores dentre os 57 perfiladores pré-selecionados. Cinematicamente foi possível calcular a velocidade a 1000 metros de profundidade a partir da diferença consecutiva entre as posições de cada perfilador e o tempo percorrido entre ambos, técnica similar foi aplicada por Menna & Poulain (2010).

Para investigar a estrutura termohalina da coluna d'água, os perfiladores que dispusessem ao menos os dados de temperatura foram selecionados para esta análise (53 perfiladores), 2 perfiladores apresentaram perda total dos dados de condutividade. Os dados de temperatura e salinidade foram agrupados em áreas de 2° de latitude por 2° de longitude para o nível de 1000 metros, onde uma expressão matemática em função da média (M) e desvio padrão (dp) ($M \pm 1,5 * dp$) definiu a faixa aceitável para a variação destes parâmetros.

A fim de investigar a estrutura vertical da AIA nesta região. Utilizando a técnica de interpolação ótima, foram mapeados os limites superior e inferior e o núcleo da AIA a partir de índices halinos, uma vez que há uma faixa de sobreposição entre as temperaturas da AIA (3°C a 6°C) e da APAN (3°C a 4°C). A profundidade do núcleo da AIA foi tratada como a profundidade do mínimo de salinidade no diagrama T-S, já a salinidade de 34,6 definiu a profundidade do limite superior e inferior da AIA (Sverdrup, 1942). De acordo com a variação dos níveis da AIA documentada pela literatura, valores não realísticos foram eliminados para cada uma destas três faixas da AIA. Para a profundidade do limite superior da AIA, níveis entre 350 e 700 metros foram adotados. No núcleo da AIA, profundidades inferiores a 500 metros e superiores a 1000 metros foram eliminadas e, ainda alguns dados ruins remanescentes foram retirados na porção nordeste da área de estudo. Para profundidade do limite inferior da AIA, profundidades entre 700 e 1500 foram consideradas.

3 Resultados

Nesta seção são apresentados: os resultados da trajetória dos perfiladores Argo a 1000 metros;

foram analisados também o campo de temperatura e salinidade a 1000 metros; a espessura da AIA e a distribuição dos seus níveis verticais fronteiros e seu respectivo núcleo; e o diagrama TS da área estudada.

3.1 Trajetória

A partir da seleção dos perfiladores para estudar a trajetória foram observados diferentes padrões de circulação ao longo da região da CVT. Cerca de 10 perfiladores fluíram para costa ao sul da CVT. Embora alguns perfiladores derivem momentaneamente entre os canais mais oceânicos da CVT, a maioria dos perfiladores se desloca para sul, entre 45°W e 35°W, antes mesmo de chegar ao talude continental. A sudoeste da CVT foram observadas células de recirculação próximas ao talude continental, similares aos relatos de Boebel *et al.* (1999) e Costa *et al.* (2016). Estas feições ocasionaram recirculações de derivadores antes de seu fluxo para sul. O perfilador 1900645 é um exemplo característico destes perfiladores que fluem para costa (FIGURA 3A). Este fluíu para a costa ao longo dos primeiros 1025 dias de amostragem com velocidade média de 0,05 m s⁻¹, entre aproximadamente 24-39°W. Ao oeste de 39°W, o perfilador flui para sul com velocidade de 0,06 m s⁻¹, e quando o perfilador se aproxima do talude continental, ele é capturado pela CCI e flui para o norte com velocidade média de 0,08 m s⁻¹.

Foi observado quatro perfiladores que cruzaram a CVT indo para o norte. É possível constatar uma trajetória inicialmente de leste para oeste e novamente células de recirculação são observadas no sudoeste da CVT. Nota-se que o perfilador 3900611 permanece por algum tempo no interior do Embaiamento Tubarão. Este perfilador é analisado em detalhe a seguir. Dos quatro perfiladores que fluem para norte, dois fluem pelo canal 1, entre o Banco Besnard e o Monte Submarino Congress, o terceiro flui pelo segundo canal, entre os Montes Submarinos Congress e Montague, e o quarto perfilador flui por um canal mais oceânico, entre o Banco Davis e o Banco Dogaressa. Este resultado é semelhante ao apresentado por Legeais *et al.* (2013), que a partir de perfiladores acústicos do programa SAMBA, observaram 9 perfiladores de um total de 11 fluindo pelo canal mais costeiro. Resultados semelhantes foram

obtidos por Pimentel (2012) a partir de resultados de simulações numéricas na região da CVT.

Ao norte da CVT, os perfiladores se afastaram do talude e dois adquiriram uma trajetória oeste-leste. A ocorrência de recirculações e o afastamento de derivadores do talude continental sugerem o enfraquecimento ou ausência de uma corrente bem definida junto ao talude ao norte da CVT. Nesta região, Legeais *et al.* (2013) relatam uma intensa atividade de mesoescala e uma descontinuidade do fluxo da CCI entre 20°S e 15°S, com a reorganização da corrente após esta latitude.

O perfilador 3900611 cruza a CVT pelo vale costeiro 1 com velocidade média de 0,14 m s⁻¹ ao longo de aproximadamente 50 dias (Figura 3B). Antes de cruzar a CVT este perfilador flui para costa, entre 26°W e 39°W, com velocidade média de 0,05 m s⁻¹, velocidade similar a do perfilador 1900645. Ao chegar no talude, o perfilador permanece recirculando ciclonicamente no Embaiamento de Tubarão ao longo de 213 dias (de Junho de 2009 a Março de 2010). Neste trabalho, sugerimos que esta estrutura a 1000 metros seja o Vórtice de Vitória (VV).

Por fim, três perfiladores fluem para sul atravessando a CVT. Ao norte da cadeia, os derivadores apresentam diversas recirculações e têm sua trajetória alterada por acidentes topográficos. Entre 800 metros e 1100 metros, ao norte da CVT (15° e 20°S), Schmid & Garzoli (2009) descrevem um fluxo com diversas inversões das velocidades meridionais, sem um padrão definido. Dengler *et al.* (2004), através de cinco fundeios e modelagem numérica, discorrem que uma descontinuidade da Corrente de Contorno Profunda (CCP) ocorre a partir de 11°S.

Dois perfiladores fluem pelo canal mais costeiro da CVT e um terceiro flui entre o Banco Columbia e o Banco Davis. Fluindo para sul, o perfilador 1900060 apresenta diversas recirculações ao norte da CVT, fluindo entre 15°S e 19,5°S durante 615 dias com velocidade média de 0,1 m s⁻¹ (Figura 3C). Após passar pela CVT, o *Argo* 1900060 possui uma trajetória irregular até se aproximar do talude em 24°S, quando é capturado pela CCI e flui para o norte acompanhando o talude com velocidade de até 0,19 m s⁻¹. O perfilador então fica aprisionado

durante 153 dias (de Setembro de 2010 a Março de 2011) no Embaiamento de Tubarão, circulando ciclonicamente.

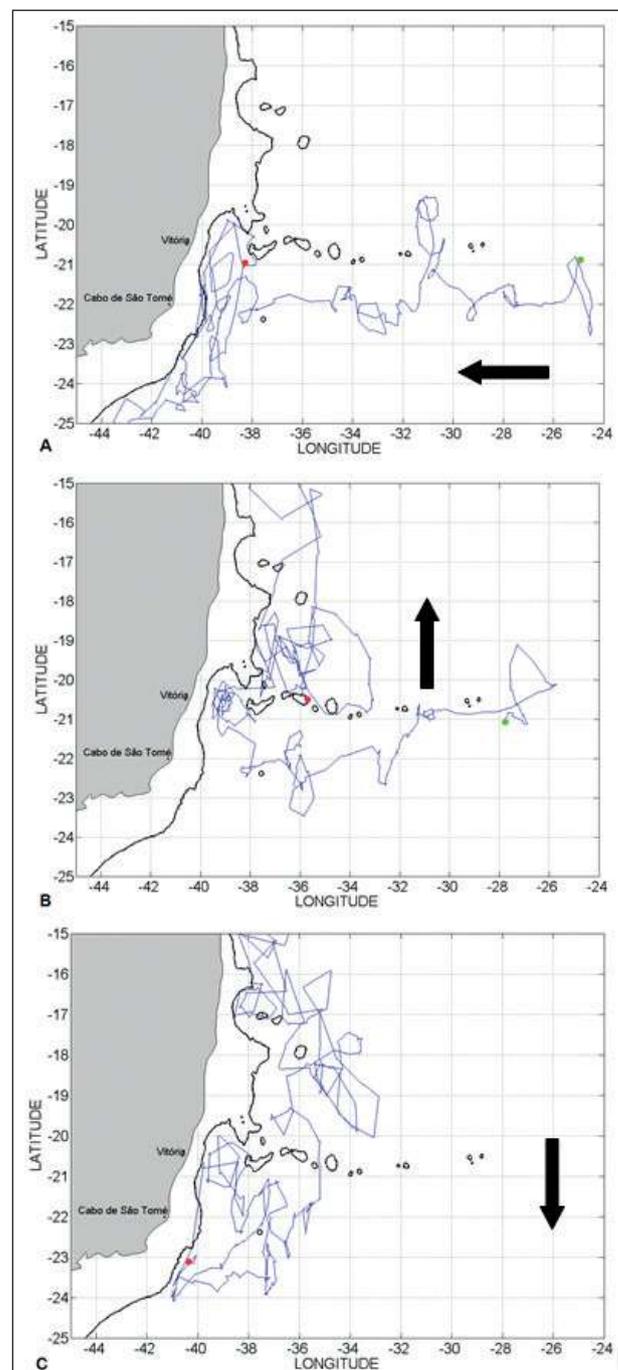


Figura 3 Ilustração da trajetória de perfiladores que demonstram um dos 3 padrões discutidos. A. Fluxo característico para costa indicado pelo perfilador 1900645; B. Trajetória característica para norte indicada pelo perfilador 3900611; C. Trajetória característica para sul indicada pelo perfilador 1900060.

Diante da análise dos campos de velocidade a 1000 metros referente aos 3 padrões supracitados. É possível esquematizar a circulação média nos trechos com maior densidade amostral de perfiladores *Argo* (Tabela 1). No talude continental entre 15°S e a CVT o fluxo vai para sul com velocidade média de 0,1 m s⁻¹. No vale mais costeiro da CVT, a maior velocidade média resultante é registrada com o fluxo apresentando velocidade de 0,19 m s⁻¹, em contrapartida Muller *et al.* (1998), a partir de dados de fundeio em 1015 metros retratam um fluxo de 0,007 m s⁻¹ para sul nesta área. Ao sul da CVT, junto ao talude, observa-se um fluxo para o norte com velocidade média de 0,12 m s⁻¹, valor idêntico encontrado por Muller *et al.* (1998) em fundeio a 900 metros realizado em 23°S. Ainda nesta mesma porção latitudinal, porém mais afastado do talude, foi observado um fluxo para o sul com velocidade média de 0,06 m s⁻¹, o que evidencia a presença da CCI e da contracorrente de contorno intermediária conforme já mencionado por Legeais *et al.* (2013) para esta região. Finalmente, analisando o fluxo para costa foi observada as menores velocidades médias, onde a corrente flui para oeste com velocidade de 0,05 m s⁻¹, resultado similar ao encontrado por Boebel *et al.* (1999) e Riboni *et al.* (2005), estes pesquisadores registraram o fluxo nesta região com velocidades para oeste da ordem de 0,03-0,05 m s⁻¹.

LATITUDE	VELOCIDADE EM m/s	SENTIDO DO FLUXO
15-20°S	-0,1	sul
20°S (canal 1)	0,19	norte
21-25°S (talude)	0,12	norte
21-25°S (offshore)	-0,06	sul
21-25°S (zonal)	-0,05	oeste

Tabela 1 Velocidade da corrente a 1000 metros de profundidade.

3.2 Estrutura Termohalina

Os valores de temperatura a 1000 metros de profundidade na região da CVT e adjacências variaram de 3,25 a 4,3°C (Figura 4A), demonstrando assim a existência de índices termais característicos da AIA e APAN nesta profundidade, o que ressalta o aspecto transitório neste nível. Esta característica

dos limites termais condicionou a preferência pelos campos de salinidade para o estudo termohalino no nível onde os perfiladores derivam.

Ao longo de toda porção oceânica é observado um gradiente meridional de salinidade, com a salinidade crescendo conforme a diminuição da latitude. Porém, a maioria dos dados a 1000 metros permanece com características de salinidade da AIA. Schmid & Garzoli (2009) relatam similar gradiente meridional de salinidade, para o núcleo da AIA. De maneira geral, os menores valores de salinidade foram encontrados no talude e ao sul da área de estudo. Na caixa preta na região noroeste da figura 4B, a intrusão de águas com baixa salinidade no talude contrasta com valores de salinidade mais elevados na porção *offshore*. Há um nítido gradiente zonal de salinidade, principalmente ao norte de 18°S, que sugere que eventualmente o fluxo da CCI, transportando AIA para o norte da CVT, se oriente paralelamente ao talude nesta região, contudo todos perfiladores encontrados nesta área fluíram essencialmente para o sul, o que demonstra que a CCP em atrito com a CCI transporta águas com características de salinidade da AIA para sul no noroeste da área de estudo. Similarmente, Legeais *et al.* (2013) não observaram perfiladores sendo transportados pela CCI nesta região.

No extremo sul da área de estudo, os valores de salinidade inferiores a 34,45 estão relacionados com o fluxo zonal da AIA, semelhante às observações lagrangeanas de Boebel *et al.* (1999) e Schmid *et al.* (2000), que descrevem um fluxo zonal associado a AIA até 22 °S, fechando o giro subtropical em níveis intermediários. Os máximos de salinidade, com valores superiores a 34,7, foram encontrados na porção de 16,5-18°S e 26-28°W, entretanto uma análise visual dos perfis nestes pontos indica que pode ocorrer uma deriva no sensor de condutividade deste *Argo*, tornando estes dados com baixa confiabilidade.

Há um padrão similar na variação dos campos de profundidade do limite superior, inferior e núcleo da AIA (Figura 5). Nos três campos, os valores mais elevados ocorrem ao sul da área de estudo, provavelmente devido ao ramo superior da CSE em nível intermediário se estender até aproximadamente 22°S conforme mostrado na tabela 1 e relatos de Boebel

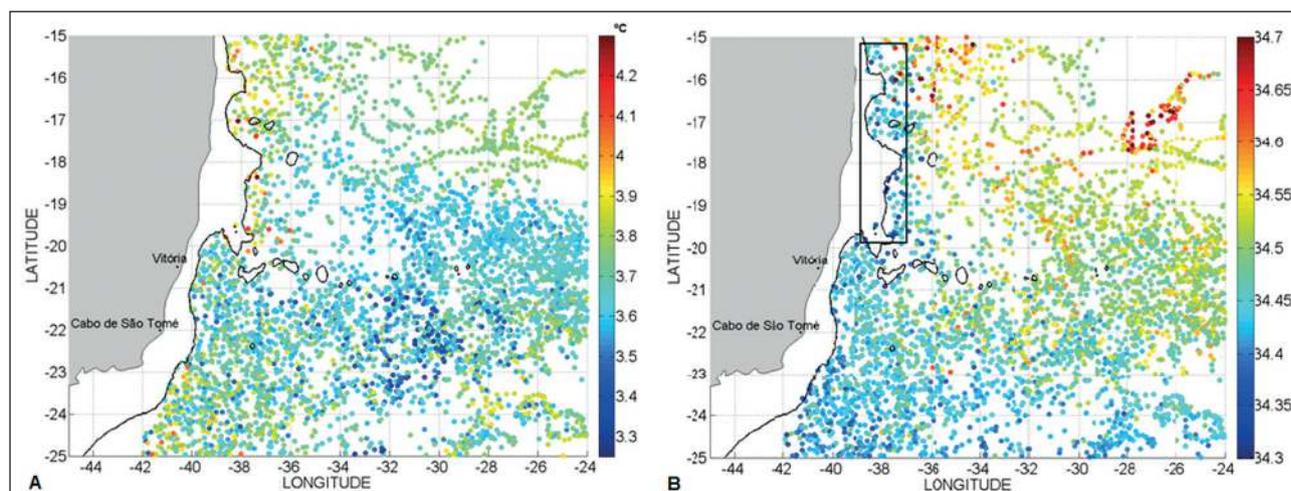


Figura 4 Campos termohalinos a 1000 metros de profundidade. A área hachurada indica o continente. A isobatimétrica de -1000 está destacada na linha em negrito. A. Campo de temperatura; B. Campo de salinidade.

et al. (1999) e Schmid *et al.* (2000). Adicionalmente a distribuição da profundidade do limite inferior da AIA e do seu núcleo também possui valores máximos no talude. Em ambas três distribuições, valores mínimos foram encontrados na porção nordeste da área de estudo, contudo, é importante ressaltar que a presença de poucos dados nesta área pode conduzir a resultados irreais. O gradiente meridional de distribuição de profundidade na região *offshore* observado na figura 5 é condizente com observado por Schmid & Garzoli (2009) e Pereira *et al.* (2014) em seus estudos referente a níveis da AIA. Foi constatado que conforme o nível de profundidade aumenta, as suas variações espaciais de profundidade tornam-se maiores, em acordo com relatado por Pereira *et al.* (2014).

O núcleo da AIA apresentou profundidades superiores a 800 metros ao longo do talude continental (Figura 5B). Silveira *et al.* (2004) relatam que, entre 22-23°S ao longo da borda oeste, o núcleo da CCI está compreendido entre 800-1000 metros. Ao norte da CVT, nota-se uma “língua” de maior profundidade. Esta feição sugere a presença do núcleo da AIA em profundidades próximas de 800 metros que foram transportadas com a CCI para baixas latitudes.

Ao analisar a distribuição de profundidades do limite inferior, observa-se uma pequena variação latitudinal de profundidade ao longo do talude con-

tinental (Figura 5C), exceto no norte da CVT, onde a AIA progressivamente torna-se mais rasa, possivelmente devido ao escapamento da CCI em latitudes próxima a CVT, conforme descrito por Schmid & Garzoli (2009) e Legeais *et al.* (2013). Em seus resultados numéricos, Pereira *et al.* (2014) encontraram padrão similar no talude continental, contudo no embaixamento de Tubarão, a presença do VV foi bem marcada, enquanto no presente estudo o sinal do VV é mais discreto, o que pode indicar uma natureza semipermanente do VV similarmente ao reportado por Costa *et al.* (2016).

A espessura da AIA variou de 350 até cerca de 750 metros, sendo a menor espessura observada na região *offshore* ao norte da CVT, enquanto que a maior espessura foi encontrada no talude continental (Figura 6). Boebel *et al.* (1999) afirmam que a CCI possui espessura média de 400 metros, enquanto que Silveira *et al.* (2004) relatam uma espessura de 1200 metros para esta corrente.

No geral para regiões *offshore*, o fluxo intermediário ao sul da CVT é ligeiramente mais espesso que o fluxo ao norte da CVT. No talude, de 25°S até cerca de 18°S o fluxo exibe uma espessura de aproximadamente 700 metros, sob praticamente os mesmos níveis de profundidade (topo e base da AIA), valores similares ao encontrado por Stramma & England (1999). Em contrapartida, de 18°S a 15°S, o fluxo fica menos espesso e mais raso. Com-

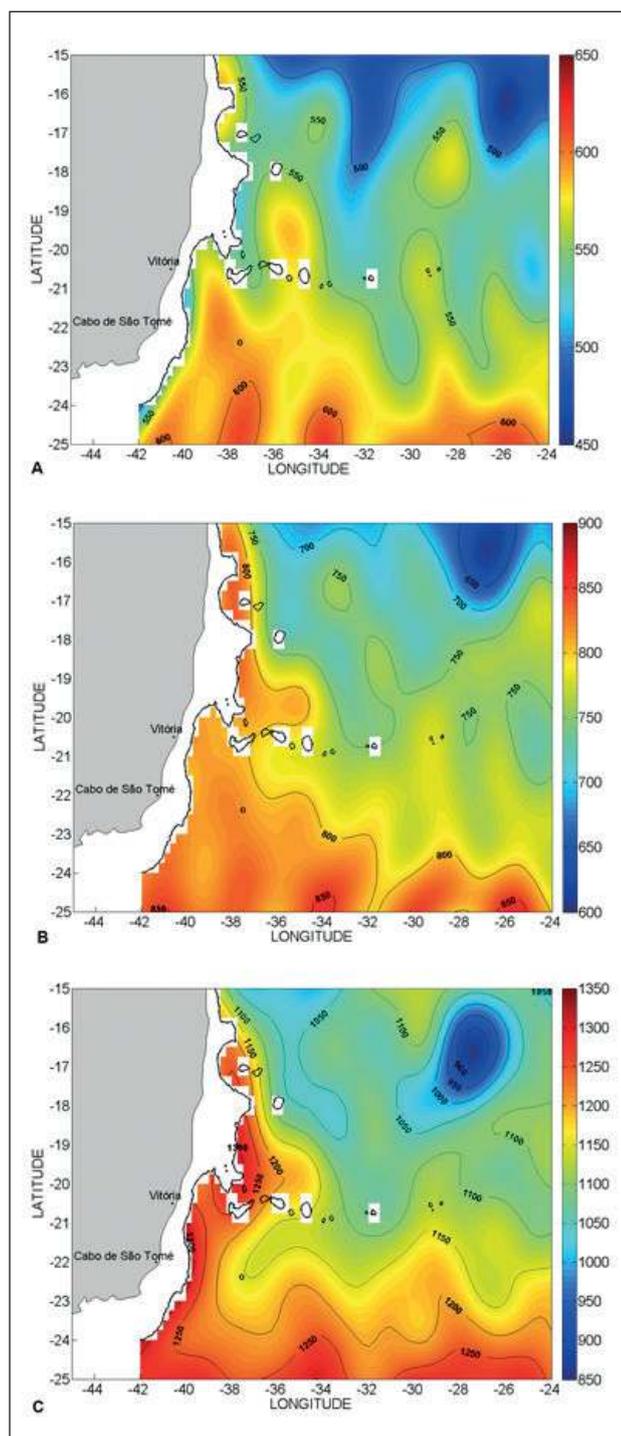


Figura 5 Distribuição de profundidade dos 3 níveis da AIA. A área hachurada indica o continente. A linha de contorno mais grossa indica a isobatimétrica de -1000 metros. Linhas de contorno mais finas marcam a distribuição de profundidade em intervalos de 50 em 50 metros. A) Distribuição da profundidade do limite superior da AIA. B) Distribuição da profundidade do núcleo da AIA. C) Distribuição da profundidade do limite inferior da AIA.

plementarmente, no embaixamento de Tubarão ocorre um ligeiro decréscimo da espessura da AIA em relação ao talude adjacente, recirculações intermediárias descritas nesta área por Boebel *et al.* (1999) e Costa *et al.* (2016) corroboram esta observação.

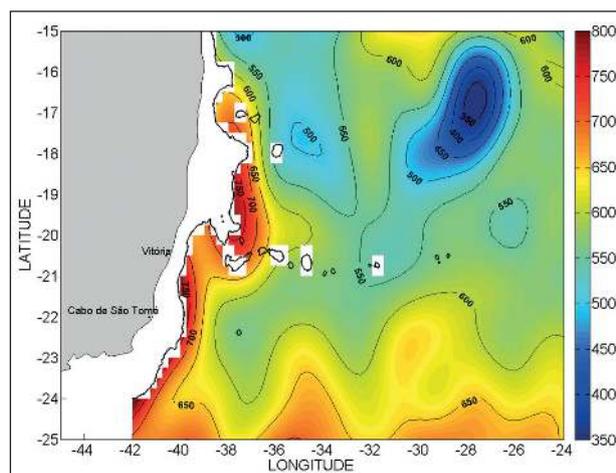


Figura 6 Espessura da AIA. A área hachurada indica o continente. A linha de contorno mais grossa indica a isobatimétrica de -1000 metros. Linhas de contorno mais finas marcam a distribuição de profundidade em intervalos de 50 em 50 metros.

Ao analisar o diagrama TS com a AIA destacada, foram observadas características termohalinas distintas entre as regiões ao norte e ao sul da CVT (Figura 7). A assinatura termohalina ao sul da CVT apresenta uma variação maior que a porção ao norte da CVT. Na região ao sul da CVT, o mínimo de salinidade registrado foi inferior a 34,1, em média o mínimo foi em torno de 34,37, e o desvio padrão desta medida ($\sim 0,05$) revela que os dados estão pouco dispersos. Na porção ao norte da cadeia, pontualmente o mínimo de salinidade foi menor que 34,2, a salinidade mínima média observada foi próximo de 34,4, e novamente uma parte restrita das observações ficaram longe do valor médio, pois o desvio padrão foi de apenas 0,04. Em ambas as regiões o mínimo de salinidade foi observado para temperaturas de aproximadamente 4,5 °C.

A característica mais fria ao sul do limite inferior da AIA mostra que esta massa d'água apresenta-se mais densa e profunda, se comparado ao observado no norte da CVT, conforme observado na figura 3C, Pereira *et al.* (2014) encontraram resultados semelhantes. Em linhas gerais, a tempera-

tura média da porção inferior da AIA ao sul da CVT aproxima-se mais do limite termal da AIA proposto por Sverdrup (1942), o que naturalmente indica uma AIA mais misturada na porção norte da área de estudo. Todavia, a temperatura do limite superior da AIA na porção ao norte é mais próxima do descrito por Sverdrup (1942), fluxos centrais e intermediários em direções opostas no talude ao sul da CVT podem explicar esta mistura mais elevada do limite superior da AIA no sul da CVT. Contudo, em ambas as áreas observam-se a AIA em torno de 2° C mais quente do referido por Sverdrup (1942).

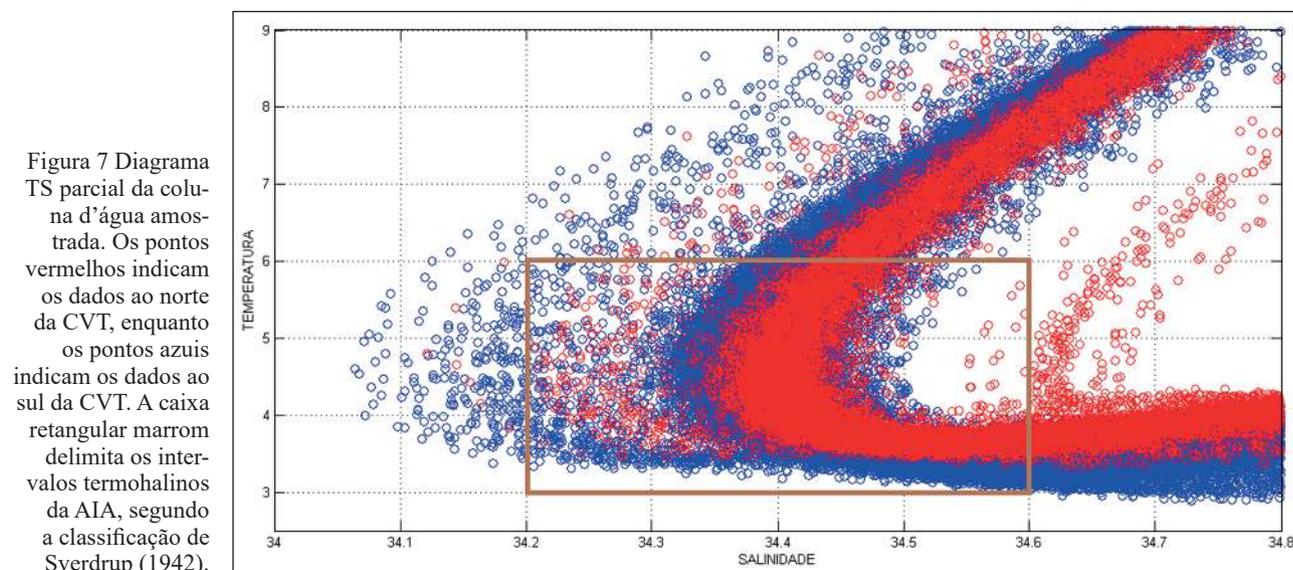
4 Conclusão

Ao analisar a trajetória dos perfiladores foi evidenciado que, na área da CVT, a profundidade de 1000 metros é uma região de transição, com atributos mistos de circulação intermediária e profunda do contorno oeste no Atlântico Sul. Dos 17 perfiladores selecionados, 13 se moveram ao sul da cadeia em direção à costa, em uma circulação aproximadamente zonal, e posteriormente alguns destes fluem para sul, acompanhando a margem continental da região, e quando o perfilador se aproxima do talude continental, muitas vezes ele é capturado pela CCI e se desloca para norte. Ao enfatizar os sete perfiladores que atravessaram a CVT. Nota-se que quatro destes fluem para norte, e os outros três se deslocam para sul, apresentando um percurso com muitas recirculações ao norte da cadeia. Ao contrário do que aponta a

literatura, não foi observado nenhum perfilador *Argo* contornando a CVT e fluindo para sul.

Examinado o campo de salinidade a 1000 metros, observa-se que grande parte da região de estudo possui salinidade inferior a 34,6, portanto apresenta um sinal característico da AIA. Os menores valores de salinidade foram encontrados ao sul da área de estudo e na região do talude, o que evidencia que o sinal da AIA nestas regiões é ainda mais intenso. Foi observado que AIA é mais espessa na região do talude podendo chegar a 750 metros. A AIA tem espessura de 650-750 metros no talude entre 25-18°S, permanecendo o núcleo na mesma profundidade. Somente ao chegar a 18°S a AIA torna-se mais rasa e menos espessa, complementarmente nenhum perfilador se desloca para norte nesta porção em consonância ao percorrido por Legeais *et al.* (2013), o que pode indicar uma das causas das mudanças da estrutura vertical da AIA nesta região. Para regiões oceânicas, a AIA fica praticamente com a mesma espessura ao longo das latitudes.

A investigação dos três níveis da AIA revela que conforme o nível de profundidade aumenta, as suas variações espaciais de profundidade tornam-se maiores, em acordo com relatado por Pereira *et al.* (2014). Tanto por observação dos níveis da AIA como através da observação da trajetória de perfiladores, foi constatado que o Vórtice de Vitória está presente ao menos até 1000 metros.



5 Agradecimentos

Os autores são gratos ao Laboratório de Oceanografia Física da COPPE/UFRJ e ao programa de pós-graduação de meteorologia da UFRJ pela estrutura cedida. À CAPES nosso agradecimento pelo apoio financeiro.

6 Referências

- Boebel, O.; Davis, R.E.; Ollitrault, M.; Peterson, R.G.; Schmid, C. & Zenk, W. 1999. The Intermediate Depth Circulation of the Western South Atlantic. *Geophysical Research Letters*, 26(21): 3329-3332.
- Caspele, M.R.V. 2009. *Sobre a variabilidade temporal do transporte de volume da Corrente do Brasil nas imediações da Cadeia Submarina Vitória-Trindade*. Programa de Pós-Graduação em Oceanografia Física, Química e Geológica, Universidade Federal do Rio Grande, Dissertação de Mestrado, 98p.
- Costa, V.S.; Mill, G.N.; Gabioux, M.; Grossmann-Matheson, G.S. & Paiva, A.M. 2016. The recirculation of the intermediate western boundary current at the Tubarão Bight – Brazil. *Deep-Sea Research*, 1(120): 48-60.
- De las Heras, M.M. & Schlitzer, R. 1999. On the importance of intermediate water flows for the global ocean overturning. *Journal of Geophysical Research*, 104: 15515-15536.
- Dengler, M.; Schott, F.A.; Eden, C.; Brandt, P.; Fischer, J.; Zantopp, R.J. 2004. Break-up of the Atlantic deep western boundary current into eddies at 8°S. *Nature*, 432: 1018-1020.
- Gould, J. 2008. A beginners' guide to accessing Argo data. pp.7.
- Hogg, N.G. & Owens, W.B. 1999. Direct measurement of the deep circulation within the Brazil Basin. *Deep-Sea Research*, 2(46): 335-353.
- Legeais, J.F.; Ollitrault, M. & Arhan, M. 2013. Lagrangian Observation in the Intermediate Western Boundary Current of the South Atlantic. *Deep-Sea Research*, 2(85): 109-126.
- Mena, M. & Poulain, P.M. 2010. Mediterranean intermediate circulation estimated from Argo data in 2003-2010. *Ocean Science*, 6: 331-343.
- Muller, T.J.; Ikeda, Y.; Zangenberg, N. & Nonato, L.V. 1998. Direct measurements of western boundary currents off Brazil between 20 °S and 28°S. *Journal of Geophysical Research*, 103(C3): 5429-5437.
- Pereira, J.; Gabioux, M.; Marta-Almeida, M.; Cirano, M.; Paiva, A.M. & Aguiar, A.L. 2014. The bifurcation of the western boundary current system of the south Atlantic ocean. *Revista Brasileira de Geofísica*, 32(2): 241-257.
- Pimentel, F.P. 2012. *A corrente do Brasil e a Corrente de Contorno Intermediária na região da cadeia Vitória-Trindade*. Programa de Engenharia Naval e Oceânica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Dissertação de Mestrado, 101p.
- Riboni, I.N.; Boebel, O.; Ollitrault, M.; You, Y.; Richardson, P.L. & Davis, R. 2005. Lagrangian circulation of Antarctic Intermediate Water in the subtropical South Atlantic. *Deep-Sea Research*, 2(52): 545-564.
- Schmid, C.; Siedler, G. & Zenk, W. 2000. Dynamics of Intermediate Water Circulation in the Subtropical South Atlantic. *American Meteorological Society*, 30: 3191-3211.
- Schmid, C. & Garzoli, S.L. 2009. New observations of the spreading and variability of the Antarctic Intermediate Water in the Atlantic. *Journal of Marine Research*, 67: 815-843.
- Silveira, I.C.A.; Calado, L.; Castro, B.M.; Cirano, M. & Lima, J.A.M.; Mascarenhas, A.D.S. 2004. On the baroclinic structure of the Brazil Current-Intermediate Western Boundary Current system at 22°-23°S. *Geophysical Research Letters*, 31: L14308, doi:10.1029/2004GL020036.
- Soutelino, R.G. 2008. *A origem da Corrente do Brasil*. Programa de Pós-Graduação em Oceanografia, Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico, Dissertação de mestrado, 120p.
- Stramma, L. & England, M. 1999. On the water masses and mean circulation of the South Atlantic Ocean. *Journal of Geophysical Research*, 104(C9): 20863-20883.
- Sverdrup, H.U.; Johnson, M.W. & Fleming, R.H. 1942. *The oceans, their physics, chemistry and general biology*. New Jersey, Prentice-hall Inc. 1087p.
- You, Y.; Lutjeharms, J.R.R.; Boebel, O. & De Ruijter, W.P.M. 2003. Quantification of the inter-ocean exchange of intermediate water masses around South Africa. *Deep-Sea Research*, 2(50): 197-228.