



P E R E N C O



Relatório Técnico [rev.03]

Projeto de Caracterização da Circulação de Mesoescala - 2ª fase

BM-ES-39, 40 e 41 | mondoPERENCO

Preparado para: Perenco Petróleo e Gás do Brasil LTDA.

Preparado por: PROOCEANO

16 de setembro de 2013

Prooceano

Av. Rio Branco, 311/1205 – Centro

CEP 20.0040-009 – Rio de Janeiro – RJ

Tel./Fax + 55 21 2532.5666

www.prooceano.com.br

Controle de revisão

Revisão nº 01

Data: 12/09/2013

Descrição: Revisão da Perenco

Responsável: Natalia Gomes

Empresa: Prooceano

Revisão nº 02

Data: 13/09/2013

Descrição: Revisão da Perenco

Responsável: Natalia Gomes

Empresa: Prooceano

Revisão nº 03

Data: 16/09/2013

Descrição: Revisão da Perenco

Responsável: Ana Boechat

Empresa: Prooceano

Revisão nº 04

Data:

Descrição:

Responsável:

Empresa:

Sumário

1. Introdução	8
2. Resumo dos Resultados Anteriores	9
3. Identificação e Monitoramento das Feições de Mesoescala.....	16
3.1. Projeto mondoPERENCO - 2ª fase	16
3.1.1. Metodologia.....	16
3.1.1.1. Derivador WOCE-SVP	17
3.1.2. Resultados	20
3.1.2.1. Estatísticas de Operação	20
3.1.2.2. Controle de Qualidade	21
3.1.2.3. Velocidade Média.....	26
3.1.2.4. Temperatura.....	29
3.1.2.5. Feições de mesoescala	31
4. Conclusão	38
5. Bibliografia.....	40

Índice das imagens

- Figura 1: Mapa de velocidade média obtida através da análise das caixas válidas para 14 anos de dados de derivadores. Detalhe da região de formação do Vórtice de Vitória. 10
- Figura 2: Trajetória de um derivador capturado pelo Vórtice de Vitória sobreposto ao campo climatológico anual de vorticidade relativa. A área destacada representa a Baía do Espírito Santo. Fonte do dado de derivador: GDP (*Global Drifter Program*). Fonte do dado de vorticidade: AVISO (<http://www.aviso.oceanobs.com/duacs>). 11
- Figura 3: Campo médio de corrente (vetores) e TSM (cores) para o período entre 26/09/2005 a 15/11/2005. Mapa gerado a partir de dados obtidos no banco de dados do HYCOM. 12
- Figura 4: Mapa de anomalia de TSM para o período de 29/09/2005 a 15/11/2005. Trajetória de um derivador capturado pelo VV na mesma época sobreposto (linha marrom). 13
- Figura 5: Trajetórias percorridas pelos derivadores. As linhas em cinza representam as isóbatas de 200 m, 1.000 m e 2.000 m. As áreas destacadas representam as Bacias do Espírito Santo, Campos, Santos e Pelotas. 15
- Figura 6: Pontos de lançamento dos derivadores em cada campanha do Projeto mondoPERENCO, bem como a região delimitada pelos blocos BM-ES-39 a 41. 17
- Figura 7: Dias de funcionamento dos derivadores O símbolo (*) representa derivadores que pararam de transmitir. 21
- Figura 8: Distribuição espacial dos dados válidos gerados pelos derivadores. As células em branco não possuem dados. As linhas em cinza representam as isóbatas de 200 m e 2.000 m. As áreas destacadas representam as Bacias do Espírito Santo, Campos, Santos e Pelotas. 22
- Figura 9: Distribuição espacial dos dados válidos gerados pelos derivadores com o *drogue* acoplado ao equipamento. As células em branco não possuem dados. As linhas em cinza representam as isóbatas de 200 m e 2.000 m. As áreas destacadas representam as Bacias do Espírito Santo, Campos, Santos e Pelotas. 23
- Figura 10: Distribuição espacial dos derivadores com o *drogue* acoplado ao equipamento. As células em branco não possuem dados. As linhas em cinza representam as isóbatas de 200 m e 2.000 m. As áreas destacadas representam as Bacias do Espírito Santo, Campos, Santos e Pelotas. 24

- Figura 11: Trajetórias percorridas pelos derivadores com (em azul) e sem (em laranja) o drogue acoplado. As linhas em cinza representam as isóbatas de 200 m e 2.000 m. As áreas destacadas representam as Bacias do Espírito Santo, Campos, Santos e Pelotas..... 25
- Figura 12: Mapa de distribuição das caixas analisadas selecionadas, com a respectiva quantidade de dados gerados pelos derivadores. As células em preto não se enquadram nos critérios estabelecidos..... 27
- Figura 13: Mapa de distribuição das caixas analisadas selecionadas, com a respectiva quantidade de dados gerados pelos derivadores. As células em preto não se enquadram nos critérios estabelecidos..... 28
- Figura 14: Mapa de velocidade média obtido através da análise das caixas válidas. As células em branco não possuem dados ou não se enquadram nos critérios estabelecidos. 29
- Figura 15: Delimitação da área da Bacia do Espírito Santo marcada no gráfico de temperatura. 30
- Figura 16: Variação da temperatura obtida pelos derivadores com a latitude e o tempo..... 30
- Figura 17: Trajetórias percorridas pelos derivadores. Em destaque (rosa), a trajetória dos derivadores investigados. As linhas em cinza representam as isóbatas de 200 m e 2.000 m. A área destacada em cinza representa a Bacia do Espírito Santo e a região delimitada pelos polígonos em preto representa os Blocos BM-ES-39 a 41. 32
- Figura 18: Trajetória dos derivadores sobreposta ao campo médio de TSM para o período de 24/07 a 01/08/2013. As linhas em cinza representam as isóbatas de 200 m e 2.000 m. A área destacada representa a Bacia do Espírito Santo. 34
- Figura 19: Trajetória dos derivadores sobreposta ao campo médio de cor do oceano para o período de 24/07 a 01/08/2013. As linhas em cinza representam as isóbatas de 200 m e 2.000 m. A área destacada representa a Bacia do Espírito Santo..... 35
- Figura 20: Trajetória dos derivadores sobreposta ao campo médio de ASM para o período de 24/07 a 01/08/2013. As linhas em cinza representam as isóbatas de 200 m e 2.000 m. A área destacada representa a Bacia do Espírito Santo. 36
- Figura 21: Trajetória dos derivadores sobreposta ao campo médio de vorticidade relativa para o período de 24/07 a 01/08/2013. As linhas em cinza representam as isóbatas de 200 m e 2.000 m. A área destacada representa a Bacia do Espírito Santo..... 37

Índice das tabelas

Tabela 1: Data de lançamento para cada derivador 20


Equipe técnica

Nome: Ana Carolina Rochinha Boechat

Registro no Conselho de Classe: -

Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental: 4961307

Responsável pela(s) Seção(ões): Todas

Assinatura: 

Nome: Francisco Alves dos Santos

Registro no Conselho de Classe: -

Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental: 459094

Responsável pela(s) Seção(ões): Todas

Assinatura: 

Nome: Natalia Gomes dos Santos

Registro no Conselho de Classe: -

Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental: 4896913

Responsável pela(s) Seção(ões): Todas

Assinatura: 

Nome: Tiago Cardoso de Miranda

Registro no Conselho de Classe: -

Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental: 637144

Responsável pela(s) Seção(ões): Todas

Assinatura: 

1. Introdução

O Projeto de Caracterização da Circulação de Mesoescala foi desenvolvido para atender o escopo proposto pela Perenco ao CGPEG/IBAMA, no Capítulo II.10.7 do Estudo de Impacto Ambiental da Atividade de Perfuração Marítima na Área Geográfica dos Blocos BM-ES-39, 40 e 41.

A metodologia para avaliação do padrão de circulação de mesoescala na região considera três etapas:

A primeira etapa se refere à elaboração de um “Desktop Study” aliado à geração de um modelo para estudo e avaliação do Vórtice de Vitória. Em novembro de 2009, a PROOCEANO, visando atender a essa etapa, entregou à Perenco um estudo preliminar a respeito da circulação de mesoescala na região da Bacia do Espírito Santo, baseado em dados previamente coletados, uma revisão bibliográfica e o desenvolvimento de um novo estudo de modelagem numérica.

A segunda etapa consiste na análise de dois anos de dados pretéritos de sensoriamento remoto relativos à temperatura da superfície do mar (TSM) e à elevação da superfície do mar, além de dados de derivadores oceânicos e modelagem numérica, com o intuito de gerar uma climatologia da circulação de mesoescala da Bacia do Espírito Santo, com especial ênfase no Vórtice de Vitória.

Finalmente, a terceira etapa compreende a identificação e monitoramento das feições de mesoescala através do sensoriamento remoto em conjunto com dados existentes de derivadores oceânicos, em um projeto denominado mondoPERENCO.

Todas as etapas já foram realizadas e os resultados entregues à Perenco, no entanto, uma 2ª fase do projeto de monitoramento ambiental com derivadores oceânicos foi realizada entre março e agosto de 2013. Desta forma, o presente relatório tem como objetivo dar continuidade às análises já apresentadas, procurando inserir novas informações a respeito da região de estudo.

2. Resumo dos Resultados Anteriores

O estudo apresentado anteriormente concluiu que, apesar da grande complexidade da circulação na Bacia do Espírito Santo, gerada pela interação do fluxo com a topografia do fundo oceânico que na região apresenta feições peculiares, como a cadeia Vitória-Trindade e o Banco de Abrolhos, foram possíveis observar alguns padrões no comportamento da circulação local.

A Corrente do Brasil (CB), observada fluindo para sudoeste em trajetória meandrante, apresentou marcada sazonalidade. Maiores velocidades associadas ao fluxo da CB foram observadas durante o verão, com valores entre 0,5 e 1 m/s. As regiões entre 16°S e 18°S e ao sul de 21°S apresentam fluxo mais intenso. Durante o inverno, o fluxo da CB foi menos intenso, com valores de aproximadamente 0,3 m/s e intensidade maior nas regiões supracitadas. Observou-se ainda, nos resultados do modelo ROMS uma inversão no sentido do fluxo superficial ao norte de 17°S, indicando a influência da bifurcação da Corrente Sul Equatorial (CSE), que se desloca para sul nesta época do ano.

Na região próxima a latitude de 20°S, a plataforma continental apresenta mudança brusca de largura e o fluxo da CB, ao passar pela cadeia Vitória-Trindade, encontra maiores profundidades, resultando em diminuição da intensidade do fluxo e aumento de sua tendência à rotação. Esse conjunto de fatores faz com que essa região apresente forte atividade meandrante, podendo gerar o Vórtice de Vitória (VV). De acordo com as análises realizadas, a formação deste vórtice está relacionada com a intensidade com que o fluxo da CB chega ao Embaiamento do Tubarão e, possivelmente, à intensidade e profundidade do fluxo com sentido norte, da Corrente de Contorno Intermediária (CCI).

As análises de vorticidade relativa integrada na região do Vórtice de Vitória, realizadas com os dados de modelagem numérica e de altimetria multissatélite, indicaram que:

- » O VV não é permanente durante todo o ano, pelo menos em superfície, apresentando valores até mesmo positivos, em diversos trechos dos dados.
- » O VV possui uma sazonalidade bem marcada, sendo mais intenso no período de verão e outono e menos intenso nos períodos de inverno e primavera.

Dados de derivadores identificaram uma região de atividade ciclônica na análise média das velocidades obtidas em 14 anos de dados, indicando que a provável região de formação do VV situa-se em torno de 20,75°S e 20°S e 39,6°W e 38,8°W (Figura 1). Esta região de formação do VV está de acordo com as análises de vorticidade relativa realizadas com dados de modelagem

numérica e altimetria multissatélite (Figura 2). Desta forma, os blocos BM-ES-39, 40 e 41 situam-se na borda leste do vórtice.

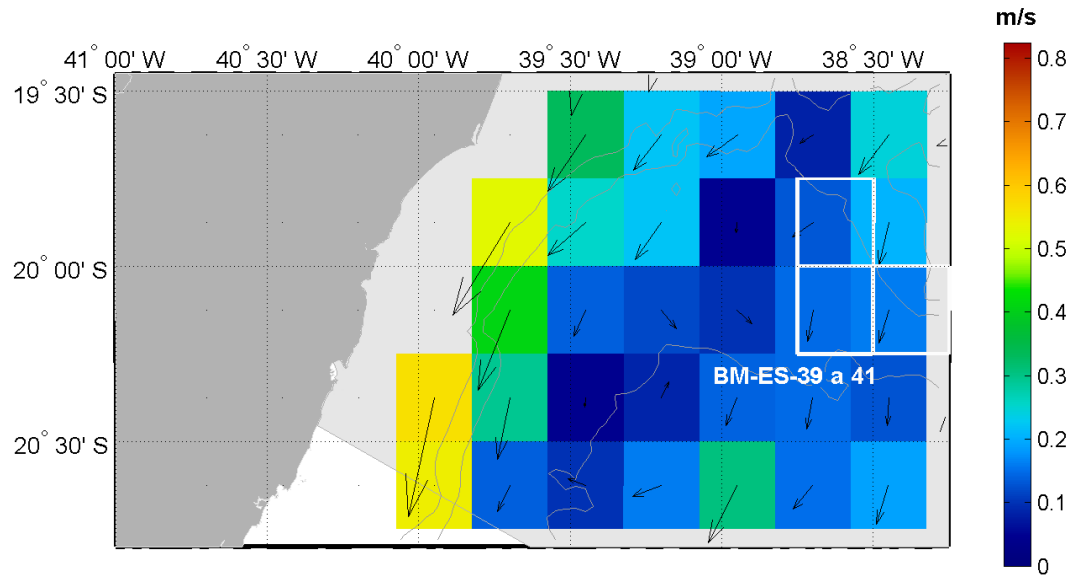


Figura 1: Mapa de velocidade média obtida através da análise das caixas válidas para 14 anos de dados de derivadores. Detalhe da região de formação do Vórtice de Vitória.

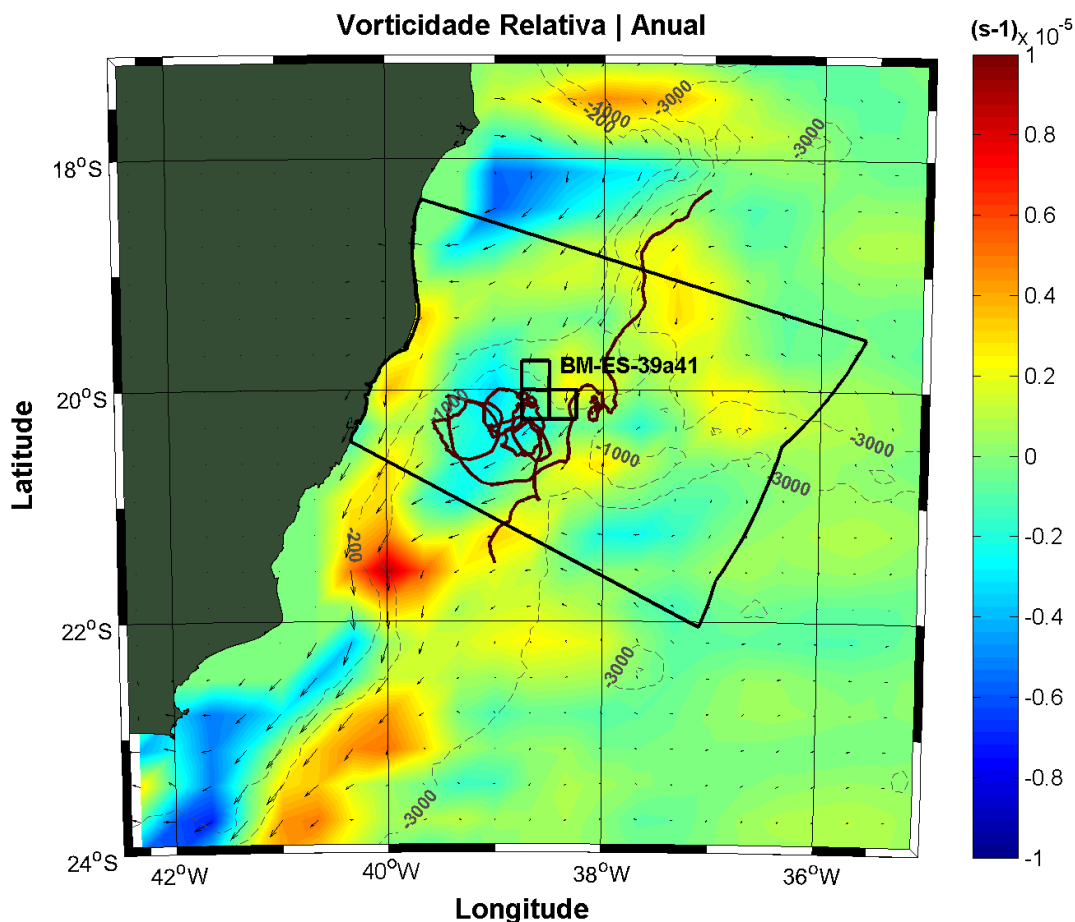


Figura 2: Trajetória de um derivador capturado pelo Vórtice de Vitória sobreposto ao campo climatológico anual de vorticidade relativa. A área destacada representa a Baía do Espírito Santo. Fonte do dado de derivador: GDP (*Global Drifter Program*). Fonte do dado de vorticidade: AVISO (<http://www.aviso.oceanobs.com/duacs>).

A sazonalidade do Vórtice de Vitória e da Corrente do Brasil apresenta-se em fase, corroborando a hipótese de que o mecanismo de formação proposto depende de certa intensidade da CB, presente em média nos meses de verão. Apesar do padrão sazonal observado, o vórtice pode ser observado em outras épocas do ano, como evidenciado pela trajetória do derivador na primavera de 2005 (29/09/2005 a 15/11/2005) e simulado pelo modelo HYCOM (Figura 3).

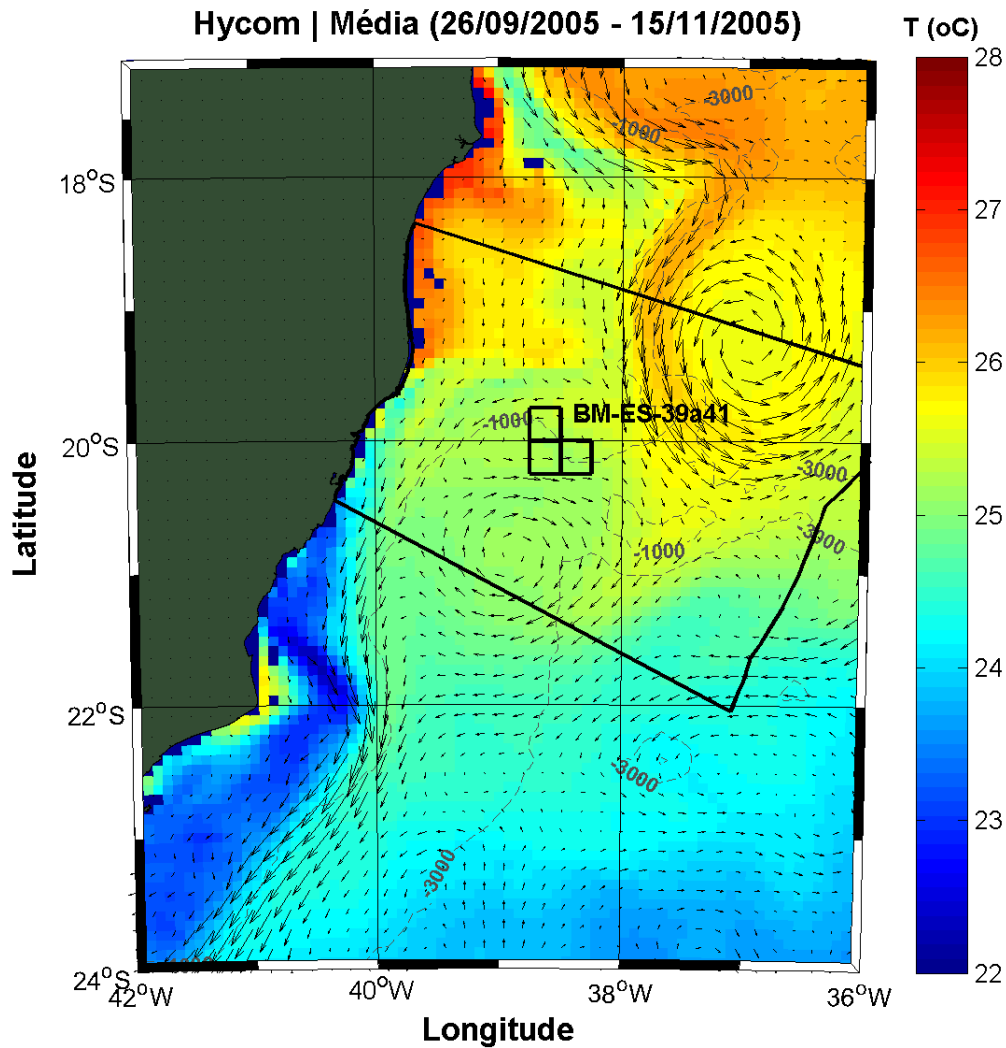


Figura 3: Campo médio de corrente (vetores) e TSM (cores) para o período entre 26/09/2005 a 15/11/2005. Mapa gerado a partir de dados obtidos no banco de dados do HYCOM.

A posição central do VV observada nos resultados revelou-se coerente com a pesquisa de outros autores, em aproximadamente 20,3°S e 39°W, encaixado no Embaiamento do Tubarão. Segundo as análises, o vórtice possui diâmetro de aproximadamente 100 km. O movimento de translação para o norte, descrito por Campos (2006), foi observado na modelagem elaborada para esse estudo com o modelo ROMS, porém não comprovada com dados. Os dados de derivadores registraram uma translação do vórtice para sudoeste.

A estrutura vertical do VV apresentou divergências nos dois modelos utilizados. Enquanto o HYCOM simulou um vórtice que pode ser observado até aproximadamente 1.000 metros, no ROMS o mesmo só apresentou estrutura coerente até os 600 metros. Diversos fatores podem

contribuir para diferenças entre os resultados dos dois modelos, tais como: batimetria utilizada, resolução espacial, diferença no sistema de coordenadas verticais e forçantes atmosféricas utilizadas.

A temperatura superficial do mar (TSM) na Bacia do Espírito Santo apresentou um padrão espacial e sazonal bem marcado. Especialmente, notam-se maiores temperaturas na porção nordeste da bacia e menores na porção sudoeste da mesma, com um gradiente de aproximadamente 1°C . Nos meses de verão e outono, a região dos blocos BM-ES-39 a 41 apresenta TSM de aproximadamente 27°C e nos meses de inverno e primavera, de aproximadamente 25°C . A análise feita para o caso de ocorrência do VV na primavera de 2005 indicou uma anomalia de temperatura de $-0,45^{\circ}$ no centro do Vórtice (Figura 4).

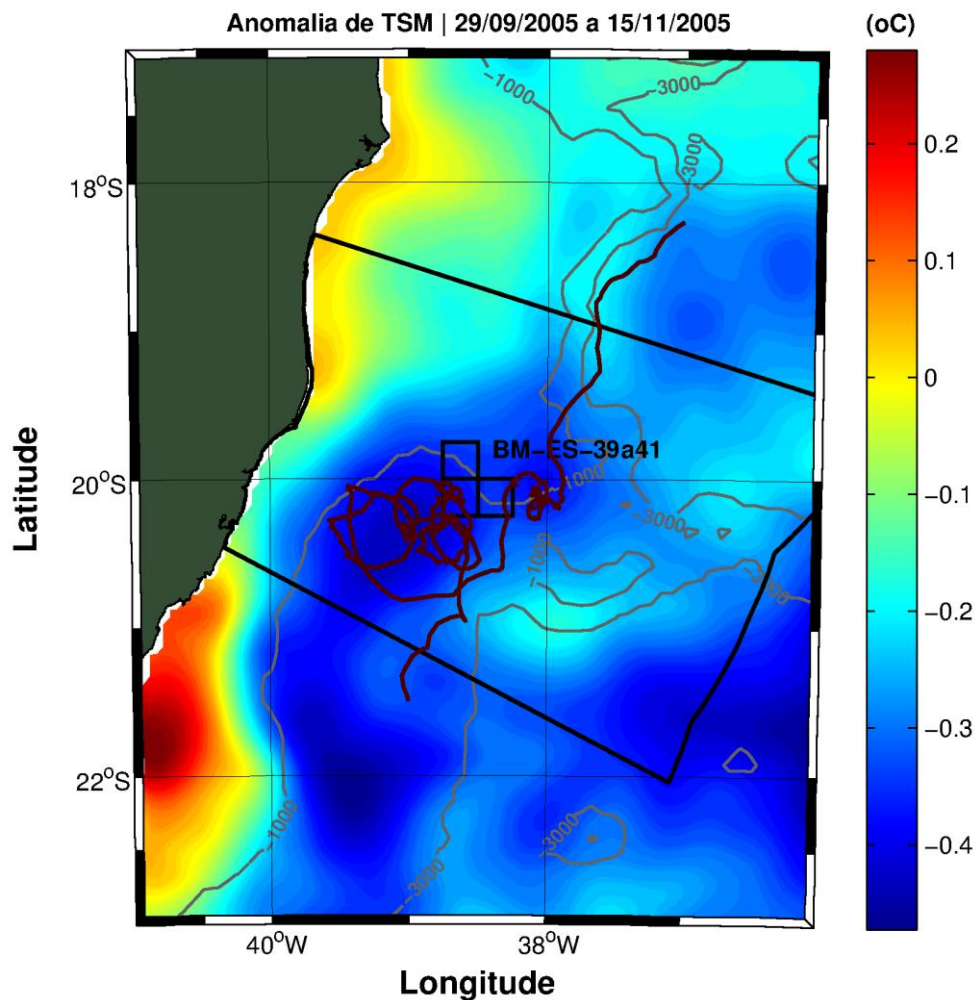


Figura 4: Mapa de anomalia de TSM para o período de 29/09/2005 a 15/11/2005. Trajetória de um derivador capturado pelo VV na mesma época sobreposto (linha marrom).

A Bacia do Espírito Santo apresentou um padrão espacial permanente na distribuição dos centros de alta e baixa pressão, para todas as épocas do ano, com um centro de alta pressão na porção nordeste e um centro de baixa na porção sudoeste da bacia.

Em relação à 1ª fase do projeto de monitoramento ambiental (mondoPERENCO), os resultados obtidos pelos derivadores lançados foram analisados e comparados com dados de TSM e modelagem numérica. O projeto teve início em 1º de novembro de 2011, com o lançamento dos três primeiros derivadores. Desta forma, os dados analisados corresponderam ao período de 1º de novembro de 2011 a 16 de março de 2012 (último dia em que se coletou informação para este estudo). Durante esse período, foram lançados ao mar 12 derivadores, três de cada vez dispostos em radial, na região próxima aos blocos BM-ES-37, 38 39, 40 e 41. Os dados gerados abrangeram grande parte da plataforma e do talude continental das Bacias do Espírito Santo e Campos, compreendendo as latitudes de 19°S e 26°S e longitudes de 42°W e 38°W.

As temperaturas registradas pelos derivadores variaram entre 18,2°C – no mês de novembro – e 29,8°C – nos meses de janeiro a março, apresentando uma gradativa diminuição em direção às maiores latitudes e com o passar do tempo, marcando a variação sazonal que ocorre na região.

As trajetórias realizadas pelos derivadores marcaram com clareza algumas feições de mesoescala descritas na literatura, como o meandro formado pela Corrente do Brasil (CB) na região de Cabo Frio (23°S) e alguns vórtices formados na Bacia de Santos e Pelotas (Figura 5). No entanto, na região da Bacia do Espírito Santo, apenas um derivador registrou o meandro formado no Embaiamento do Tubarão, próximo aos blocos da Perenco.

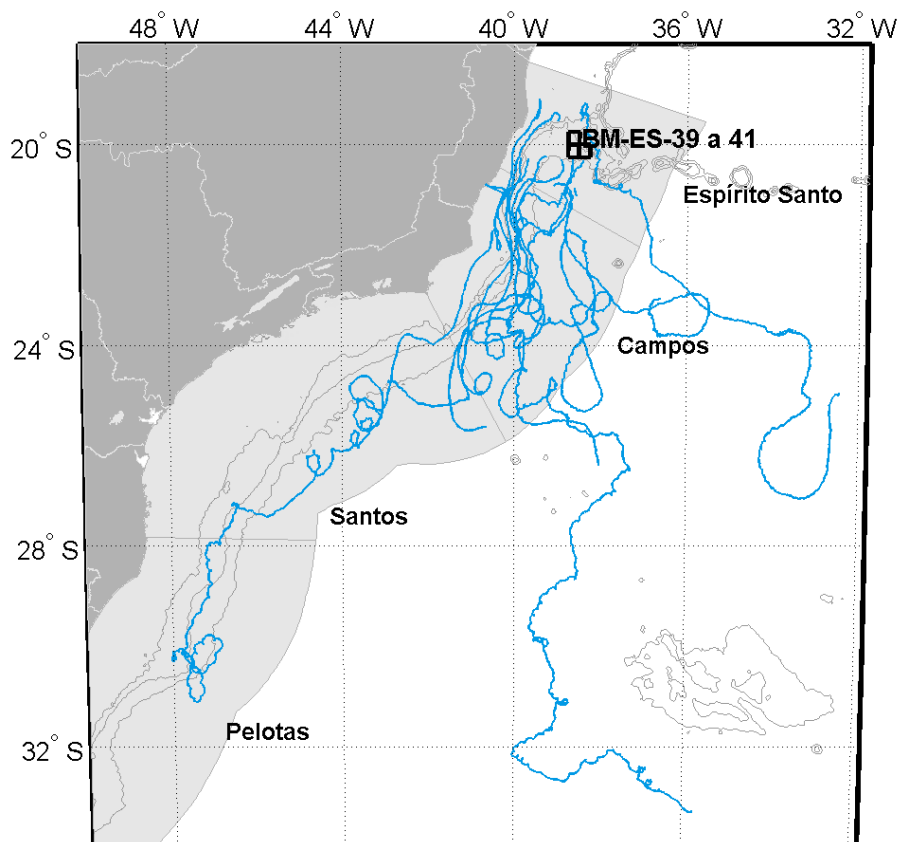


Figura 5: Trajetórias percorridas pelos derivadores. As linhas em cinza representam as isóbatas de 200 m, 1.000 m e 2.000 m. As áreas destacadas representam as Bacias do Espírito Santo, Campos, Santos e Pelotas.

Análises realizadas com dados de TSM e resultados de modelagem numérica, para o período de identificação do meandro (final de novembro de 2011), comprovaram a formação do Vórtice de Vitória na região. Apesar das dimensões do Vórtice de Vitória não terem sido identificadas nos dados obtidos na terceira etapa, uma vez que o derivador apenas registrou o meandro que o originou, valores para o tamanho do vórtice foram previamente apresentados na primeira e segunda etapas do projeto.

No estudo apresentado anteriormente, foram analisados diversos dados e comparados com descrições disponíveis na literatura, resultando em uma caracterização bem robusta da circulação de mesoescala da região. Dessa forma, a premissa inicial do projeto foi alcançada, sendo possível aprimorar o conhecimento sobre a dinâmica local, em especial sobre as estruturas de mesoescalas presentes na região, como o Vórtice de Vitória.

3. Identificação e Monitoramento das Feições de Mesoescala

3.1. Projeto mondoPERENCO - 2ª fase

O projeto mondoPERENCO foi desenvolvido para o monitoramento das correntes de deriva superficial em tempo real, durante as atividades de perfuração nos blocos BM-ES-39 a 41, na Bacia do Espírito Santo. A 1ª fase do projeto teve início com a operação nos blocos BM-ES-37, 38, 39, 40 e 41, em novembro de 2011 e durou até fevereiro de 2012. Ressalta-se, que os blocos BM-ES-37 e 38 foram devolvidos à Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, ao final da 1ª fase do programa exploratório, em atendimento as determinações elencadas nos contratos de concessão junto a esta Agência Reguladora.

A 2ª fase teve início com a operação dos blocos BM-ES-39, 40 e 41, em março de 2013 e fim em agosto do mesmo ano.

O monitoramento consiste no lançamento mensal de um arranjo de três derivadores do tipo WOCE-SVP, na região do entorno dos blocos. Os dados coletados pelos derivadores fornecem informações de temperatura da superfície do mar e de direção e intensidade das correntes. Todas as informações obtidas, bem como aquelas que continuam a ser transmitidas pelos derivadores, podem ser acessadas na página do projeto: <http://prooceano.com.br/spilltrack/perenco/>.

Ao longo deste documento serão descritas as campanhas de lançamento, estatísticas de operação dos derivadores e os resultados obtidos, interpretados com base na oceanografia local. O período analisado abrange os dados transmitidos na 2ª fase do projeto, entre 29 de março e 30 de agosto de 2013 (último dia em que se coletaram informações para a presente análise).

3.1.1. Metodologia

O programa de monitoramento ambiental consistiu no lançamento mensal de um arranjo de três derivadores do tipo WOCE-SVP durante 6 meses, próximo aos blocos BM-ES-39, 40 e 41. No total, foram lançados 18 derivadores nessa 2ª fase do projeto.

Na configuração metodológica inicial do projeto, uma radial latitudinal contendo três pontos de lançamento foi escolhida como melhor estratégia para detecção do Vórtice de Vitória. Posteriormente, visando uma maior robustez de dados caso algum derivador conseguisse registrar o VV, identificou-se que o lançamento do conjunto de derivadores em um único ponto seria melhor. Assim, os pontos de lançamento escolhidos em cada campanha são apresentados na Figura 6.

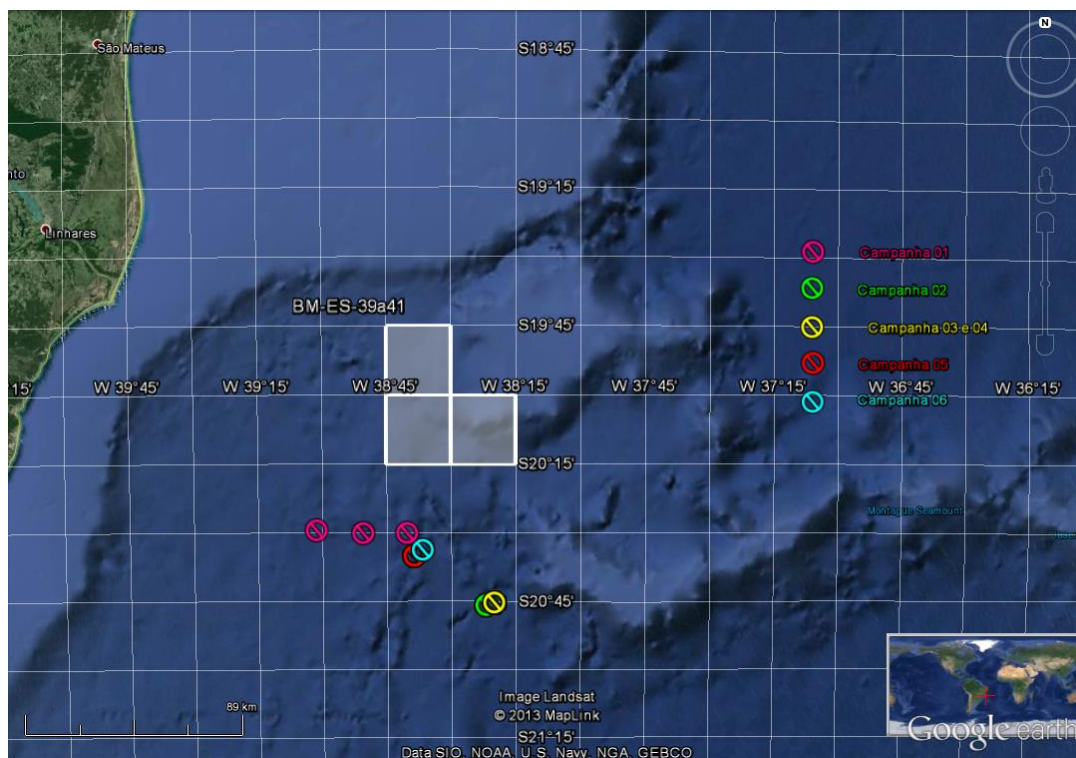


Figura 6: Pontos de lançamento dos derivadores em cada campanha do Projeto mondoPERENCO, bem como a região delimitada pelos blocos BM-ES-39 a 41.

3.1.1.1. Derivador WOCE-SVP

O derivador escolhido para o monitoramento é do tipo WOCE-SVP, cujo nome deriva de sua padronização, desenvolvida pelo *Surface Velocity Program* (SVP) do Experimento *Tropical Ocean Global Atmosphere* (TOGA), e pelo *World Ocean Circulation Experiment* (WOCE).

Esse derivador é composto por duas partes principais: a boia de superfície, onde se encontra toda a parte eletrônica do equipamento, e um *drogue* (vela), responsável por “sentir” as correntes e forçar a deriva do equipamento (Figura 2).

A proporção entre o drogue e a boia de superfície é de aproximadamente 40:1, minimizando o efeito do vento (NIILER *et al.*, 1987). O equipamento escolhido possui uma vela de 6,44 m de comprimento, posicionada de forma que seu centro esteja a uma profundidade de, aproximadamente, 15 m.

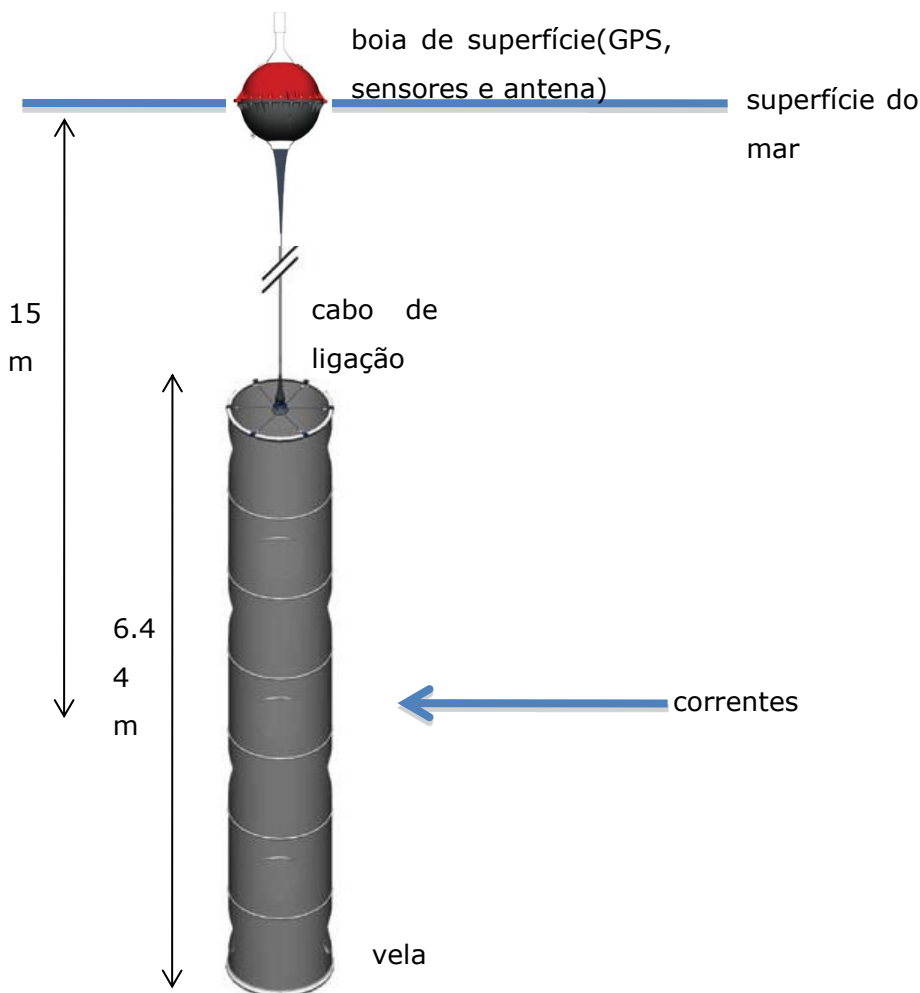


Figura 2: Representação esquemática do derivador a ser usado.

Este derivador é dotado de um sistema de telemetria por satélite, um dispositivo GPS (Global Positioning System), um sensor de temperatura e uma bateria que pode ser substituída pelo próprio usuário, permitindo o monitoramento em tempo real dos parâmetros medidos.

O equipamento mede a corrente através da diferença entre duas posições sucessivas (indicadas pelo GPS) em um intervalo de tempo conhecido. Pelo seu desenho (boia de superfície + drogue), a velocidade estimada representa a média dos primeiros 20 m da coluna d'água. Des-

ta forma, além de sua trajetória, podem também ser obtidas a direção e a intensidade das correntes, a temperatura superficial e a pressão atmosférica.

A rotina de aquisição e transmissão dos dados é descrita abaixo:

- » O sensor de temperatura instalado coleta informações nos últimos 10 minutos de cada hora (XX:50 a XX:59);
- » Uma posição GPS é coletada a cada 3 horas (00:00, 03:00, 06:00, ...);
- » Dez minutos após cada hora cheia (XX:10) os dados coletados são transmitidos para o satélite.

Caso a transmissão não se complete, os dados são armazenados e retransmitidos na próxima hora, junto com os novos dados coletados.

Após a transmissão por satélite, os dados tornam-se disponíveis para acesso por internet via e-mail, HTTP ou FTP.



Figura 3: Derivador WOCE-SVP pronto para o lançamento.

3.1.2. Resultados

Os resultados aqui apresentados baseiam-se em análises realizadas nos dados gerados na 2ª fase do projeto até o dia 30/08/2013. Posteriormente, uma análise integrada com os dados obtidos na 1ª fase será apresentada.

3.1.2.1. Estatísticas de Operação

O projeto proposto prevê o lançamento mensal de 3 derivadores. Por motivos operacionais, o lançamento que ocorreria no mês de abril foi transferido para o início de maio, a fim de manter o número total de derivadores previsto. Na Tabela 1 são apresentadas as datas de lançamento dos derivadores.

Tabela 1: Data de lançamento dos derivadores.

Data de lançamento	Derivador
29/03/2013 06:00	pe51
29/03/2013 03:00	pe52
	pe53
	pe61
07/05/2013 12:00	pe62
	pe63
	pe71
26/05/2013 10:00	pe72
	pe73
	pe81
24/06/2013 05:30	pe82
	pe83
	pe91
21/07/2013 13:00	pe92
	pe93
	pe101
16/08/2013 15:00	pe102
	pe103

Em todas as campanhas realizadas, dos 18 derivadores lançados, 5 perderam o *drogue* (vela submersa) e 4 apresentaram problemas na transmissão: um logo após o lançamento (“pe103”), outro com 1 dia no mar (“pe93”) e dois após 40 dias no mar (“pe72” e “pe63”).

Na Figura 7 são apresentados os dias de funcionamento dos derivadores. Os que pararam de transmitir estão assinalados com um asterisco (*). As cores separam os dias com *drogue* (azul escuro) e sem *drogue* (azul claro) de cada derivador.

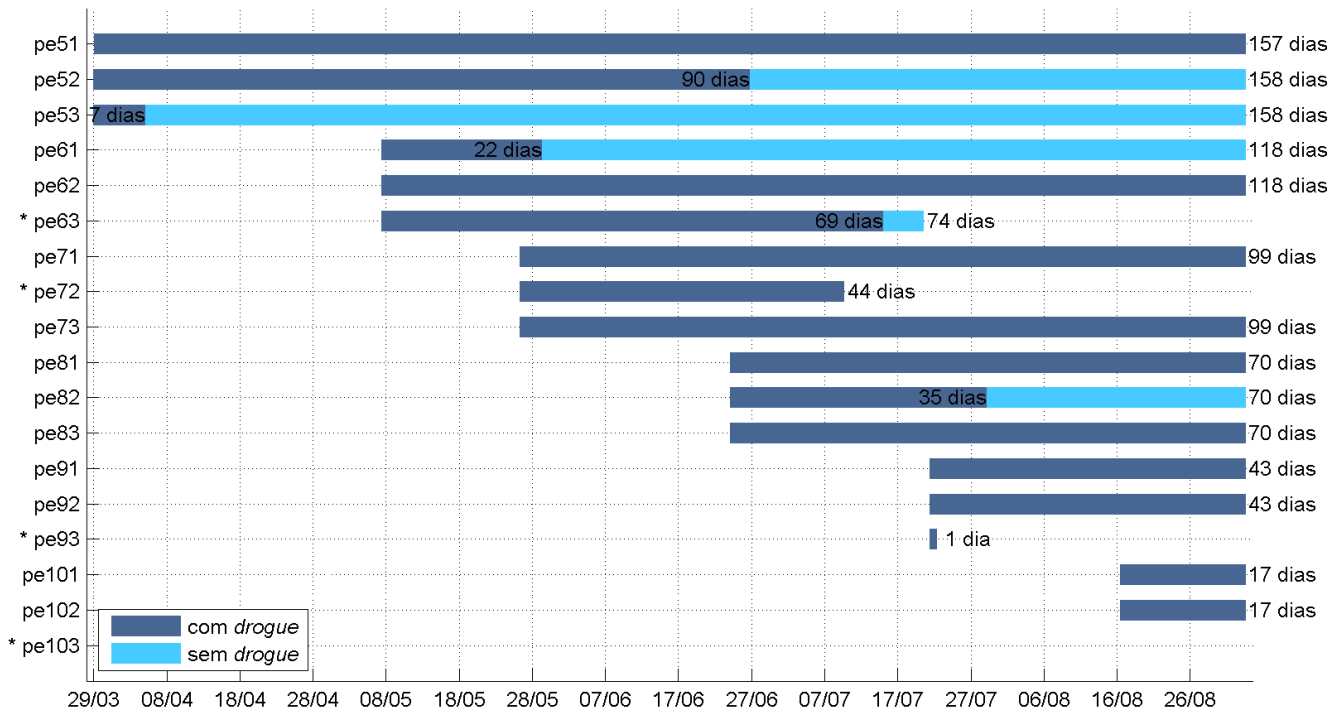


Figura 7: Dias de funcionamento dos derivadores O símbolo (*) representa derivadores que param de transmitir.

Nesse estudo foram considerados os dados transmitidos pelos derivadores imediatamente após o lançamento ao mar e anterior à perda do *drogue*.

A perda do drogue para um derivador do tipo WOCE-SVP se traduz na perda de seu arrasto pela corrente. O derivador passa, então, a ter uma forte contribuição do vento regendo sua deriva.

3.1.2.2. Controle de Qualidade

Todos os dados gerados pelos derivadores passaram por um controle de qualidade baseado na técnica *forward & backward* (HANSEN & POULAIN 1996), visando eliminar transmissões espúrias. Essa técnica utiliza como critério a velocidade estimada pelo derivador. Como a velocidade depende da informação de duas transmissões consecutivas, a correta remoção de dados espúrios depende de um método eficiente de identificação de qual das duas (ou ambas) informações é incorreta. Para isto essa técnica realiza a análise das velocidades tanto avançando quanto regredindo no tempo.

O critério de corte foram velocidades superiores a 1,5 m/s, sendo identificados e removidos os dados de posição transmitidos que levassem a valores de velocidade superiores a este limiar.

Desta forma, das 9.131 transmissões de informações dos derivadores, 9.091 foram consideradas válidas (99,6% do total). Do total de dados válidos transmitidos pelos derivadores WOCE-SVP, 7.239 foram gerados a partir de derivadores que ainda estavam com o drogue acoplado ao equipamento.

Um mapa apresentando a distribuição espacial de todos os dados válidos gerados pelos derivadores do Projeto mondoPERENCO é apresentado na Figura 8. E um mapa apresentando somente os dados válidos gerados pelos derivadores com o *drogue* ainda acoplado ao equipamento pode ser visualizado na Figura 9. Os mapas foram confeccionados com resolução de 1/4 de grau.

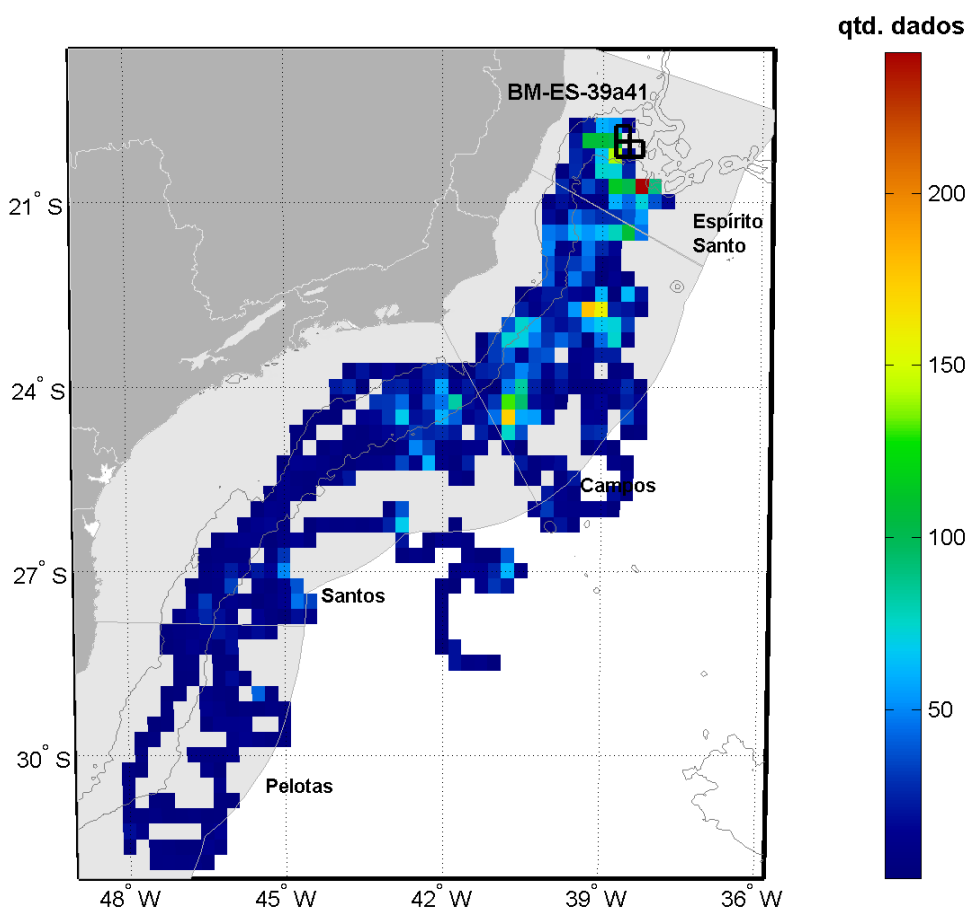


Figura 8: Distribuição espacial dos dados válidos gerados pelos derivadores. As células em branco não possuem dados. As linhas em cinza representam as isóbatas de 200 m e 2.000 m. As áreas destacadas representam as Bacias do Espírito Santo, Campos, Santos e Pelotas.

Os dados gerados pelos derivadores foram limitados à região do talude continental e planície abissal, sendo coletada pouca informação sobre a plataforma continental. Esse comportamento indica que os derivadores, mesmo aqueles que perderam o *drogue*, se deslocaram principalmente sobre ação da Corrente do Brasil, que flui para sul sobre a quebra da plataforma até ~500 m de profundidade (PETERSON & STRAMMA, 1991).

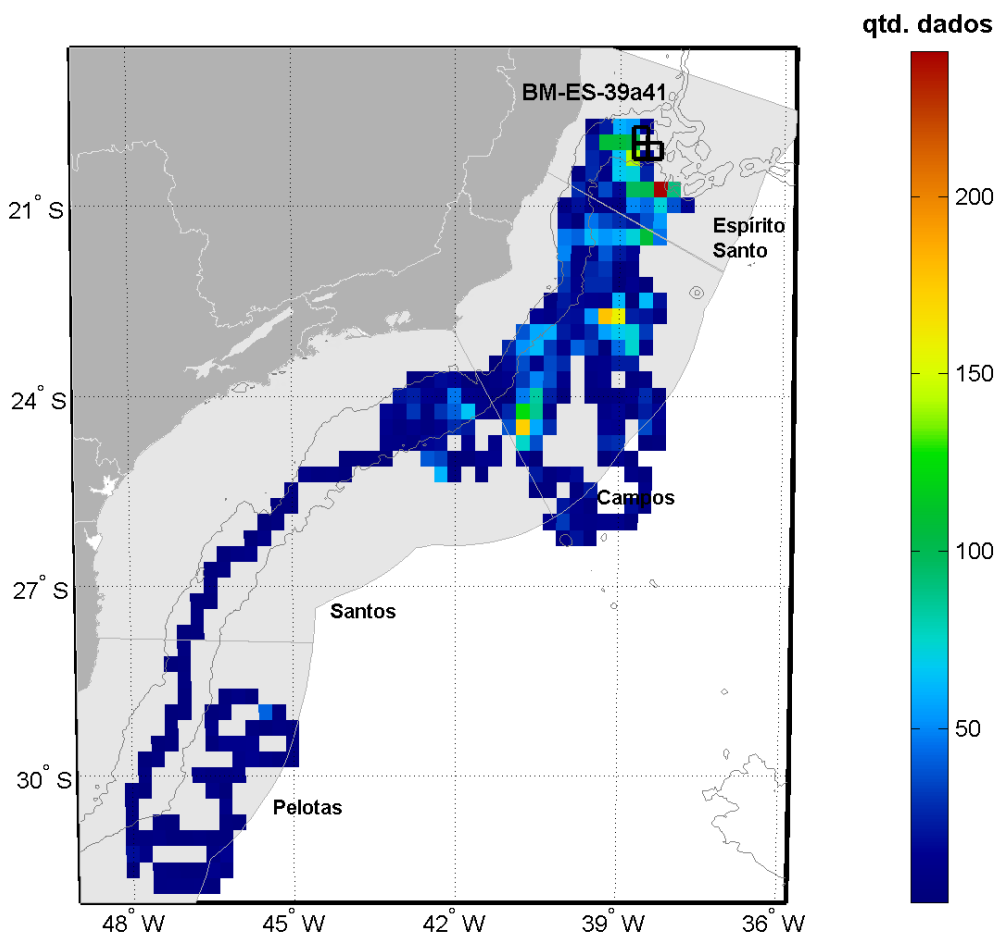


Figura 9: Distribuição espacial dos dados válidos gerados pelos derivadores com o *drogue* acoplado ao equipamento. As células em branco não possuem dados. As linhas em cinza representam as isóbatas de 200 m e 2.000 m. As áreas destacadas representam as Bacias do Espírito Santo, Campos, Santos e Pelotas.

Nos derivadores que derivaram sob maior influência da corrente (com *drogue* acoplado), a maior quantidade de dados coletados foi identificada na proximidade dos blocos, variando até 250 dados. Pelo mapa de distribuição espacial dos derivadores apresentado abaixo (Figura 10), observa-se que essa maior quantidade de dados está associada a um grande número de derivadores no local. Já na região da quebra da plataforma, principalmente na Bacia de

Campos e início da de Santos, foram coletadas poucas informações, porém um número considerável de derivadores passou pela área, indicando que eles permaneceram pouco tempo no local, seguindo a velocidade da corrente.

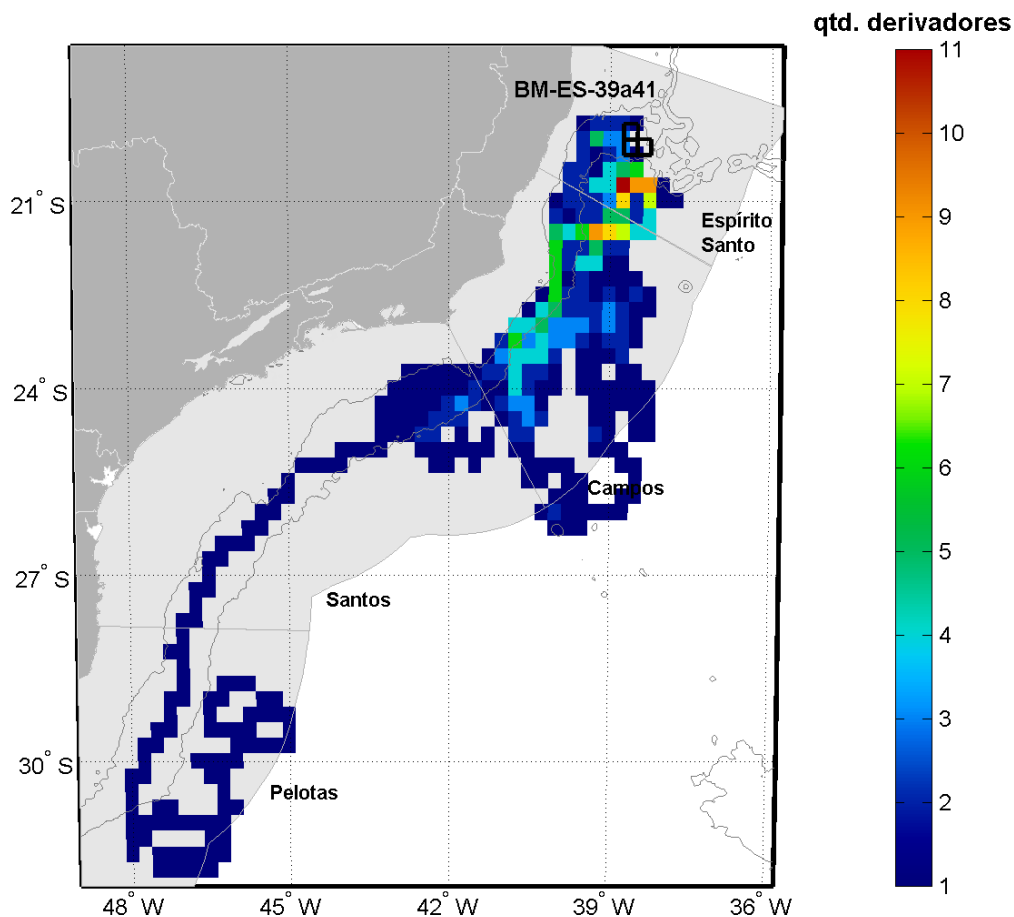


Figura 10: Distribuição espacial dos derivadores com o drogue acoplado ao equipamento. As células em branco não possuem dados. As linhas em cinza representam as isóbatas de 200 m e 2.000 m. As áreas destacadas representam as Bacias do Espírito Santo, Campos, Santos e Pelotas.

Na Figura 11 é apresentado um gráfico spaghetti das trajetórias descritas por todos os derivadores (com e sem drogue) lançados na 2ª fase do projeto, até o dia 30 de agosto de 2013.

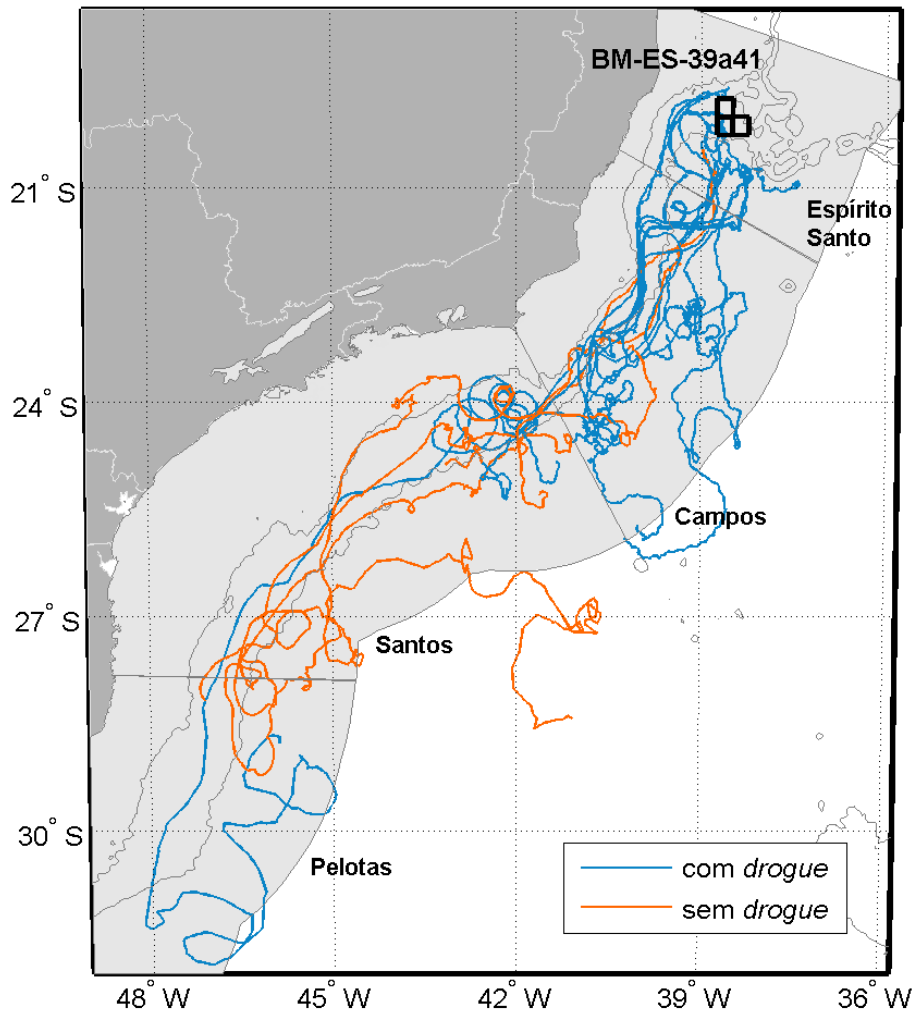


Figura 11: Trajetórias percorridas pelos derivadores com (em azul) e sem (em laranja) o drogue acoplado. As linhas em cinza representam as isóbatas de 200 m e 2.000 m. As áreas destacadas representam as Bacias do Espírito Santo, Campos, Santos e Pelotas.

Dos 18 derivadores lançados, apenas um subiu a plataforma continental, tendo permanecido por pouco tempo. A maioria seguiu o sentido preferencial da Corrente do Brasil, ao se deslocarem sobre a quebra da plataforma continental, e alguns marcaram com clareza o Vórtice de Cabo Frio.

Na região da Bacia do Espírito Santo, três derivadores apresentaram um deslocamento rotatório e horário para norte logo após o lançamento, podendo ter capturado o Vórtice de Vitória. Um detalhe maior a cerca desse acontecimento será dado mais adiante, no Item 3.1.2.5.

3.1.2.3. Velocidade Média

Para as estimativas de velocidade, recorreu-se a uma técnica muito utilizada em análises lagrangeanas, que consiste em agrupar os dados gerados em caixas geográficas (ASSIREU, 2003; OLIVEIRA, 2008; CERRONE, 2010).

O tamanho destas caixas deve ser definido seguindo duas condições: se por um lado deve ser o menor possível, de forma a representar corretamente os fenômenos de mesoescala, por outro, deve conter um número de informações que atenda aos critérios estatísticos propostos por Fratantoni (2001), a saber:

- » Que a caixa possua medidas de, ao menos, 2 boias distintas; OU
- » Que uma mesma boia permaneça na caixa por um tempo superior à Escala Integral de Tempo Lagrangeana (TL).

Seguindo os valores propostos por Fratantoni (2001), foi considerado como limiar para TL = 5 dias (40 dados, uma vez que os derivadores transmitem de 3 em 3 horas), e a resolução das caixas escolhidas neste estudo apresentam-se de $0,25^\circ \times 0,25^\circ$.

As caixas que se enquadraram nos critérios estabelecidos acima, juntamente com as caixas excluídas, são expostas na Figura 12. As caixas selecionadas estão preenchidas com cores de acordo com a respectiva quantidade de dados gerados pelos derivadores. Como o foco do estudo é a região da Bacia do Espírito Santo, restringiram-se as análises apenas para essa área.

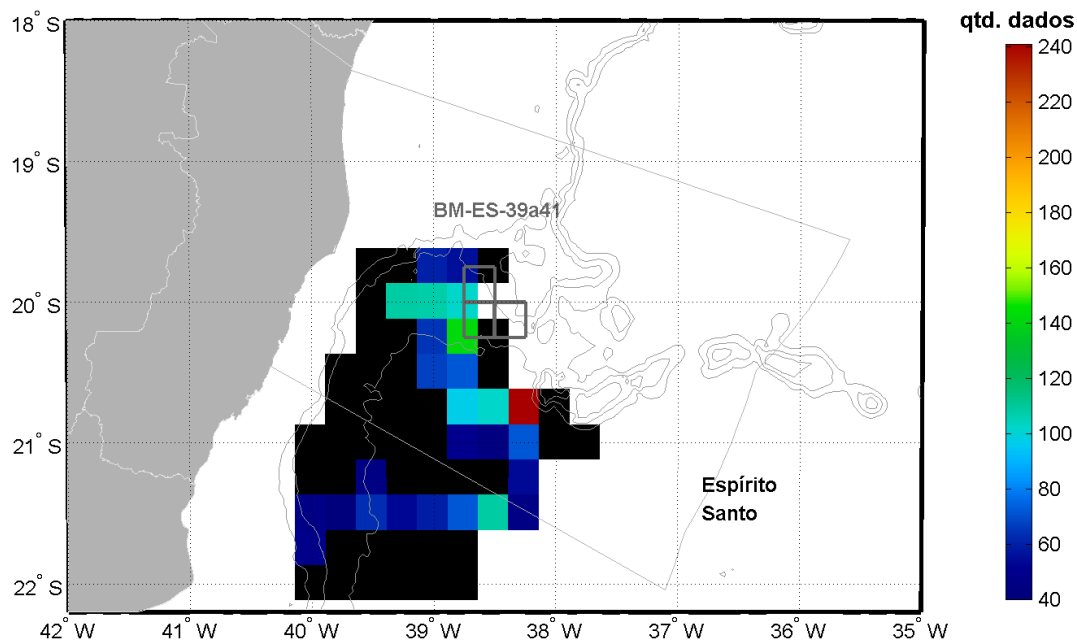


Figura 12: Mapa de distribuição das caixas analisadas selecionadas, com a respectiva quantidade de dados gerados pelos derivadores. As células em preto não se enquadram nos critérios estabelecidos.

Como é possível observar no mapa, poucas caixas foram selecionadas para a análise da velocidade média. Para o método das caixas apresentar resultados consistentes, é necessário que se tenha um grande número de informações no máximo possível de caixas. Desta forma, uma análise conjunta com os dados gerados na 1ª fase do projeto foi realizada, tanto para análise da velocidade média quanto da temperatura superficial.

A análise foi refeita com os dados da 1ª e 2ª fase do projeto agrupados. As caixas que se enquadraram nos critérios estabelecidos acima, juntamente com as caixas excluídas, são expostas na Figura 13.

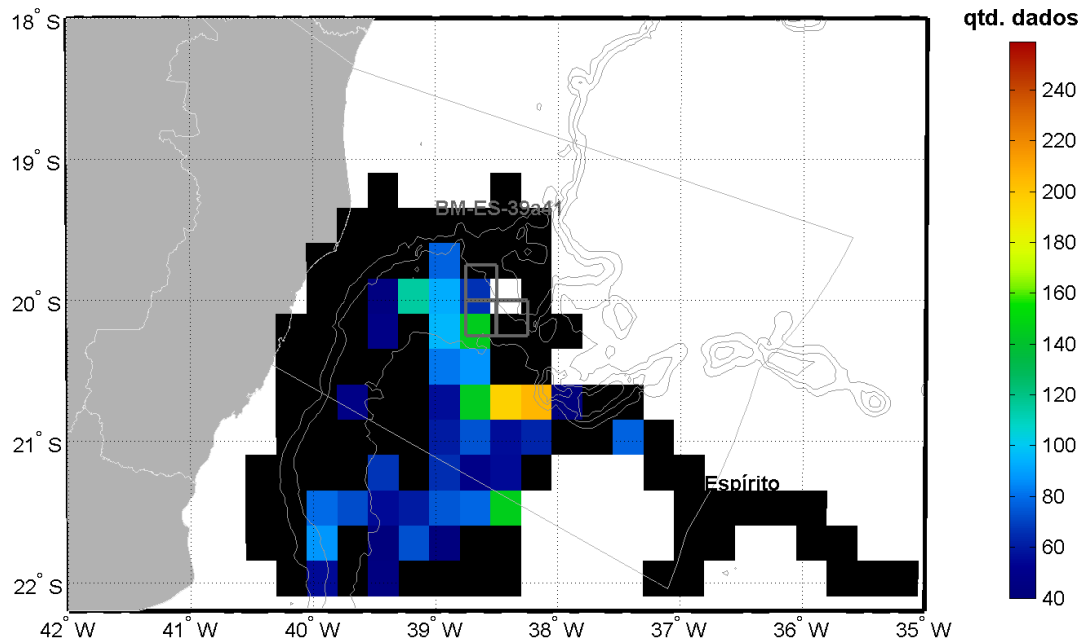


Figura 13: Mapa de distribuição das caixas analisadas selecionadas, com a respectiva quantidade de dados gerados pelos derivadores. As células em preto não se enquadram nos critérios estabelecidos.

O mapa de velocidade média obtido através das caixas válidas é apresentado na Figura 14.

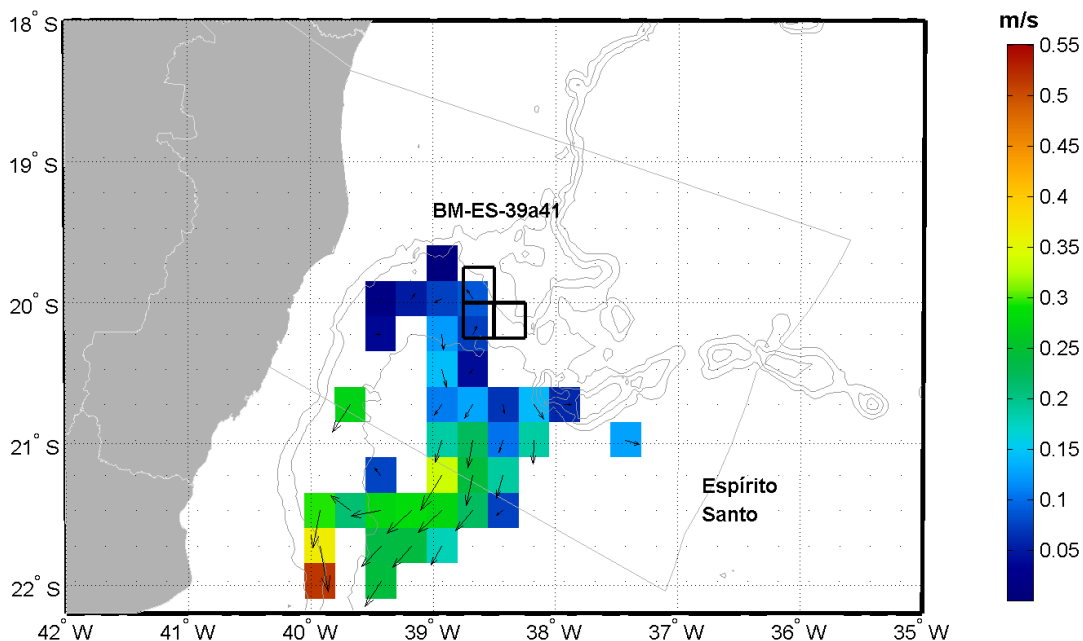


Figura 14: Mapa de velocidade média obtido através da análise das caixas válidas. As células em branco não possuem dados ou não se enquadram nos critérios estabelecidos.

Na região próxima aos blocos, o fluxo preferencial marcado pelos derivadores foi para sul/sudoeste (Corrente do Brasil), com intensidades entre 0,15 e 0,55 m/s, apresentando um princípio de rotação horária perto de 21,5°S e 39,5°W.

3.1.2.4. Temperatura

Para a análise da temperatura superficial também foram usados os derivadores da 1ª fase do projeto em conjunto com a 2ª fase. Assim, na Figura 16, é apresentado o gráfico com a variação da temperatura, em latitude e no tempo, a partir dos dados obtidos pelos derivadores.

Para melhor identificar a área da Bacia do Espírito Santo, delimitaram-se no gráfico as latitudes máxima e mínima da Bacia, conforme apresentado na Figura 15.

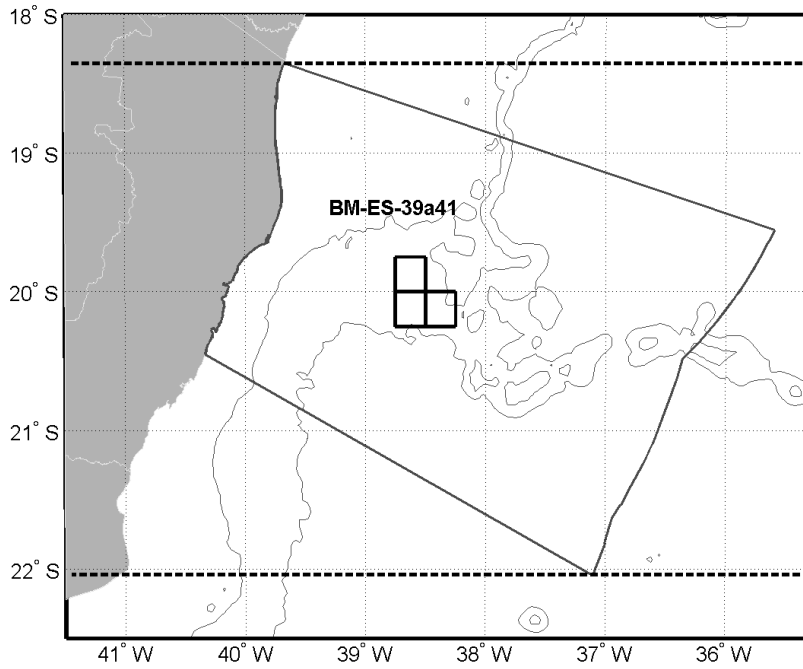


Figura 15: Delimitação da área da Bacia do Espírito Santo marcada no gráfico de temperatura.

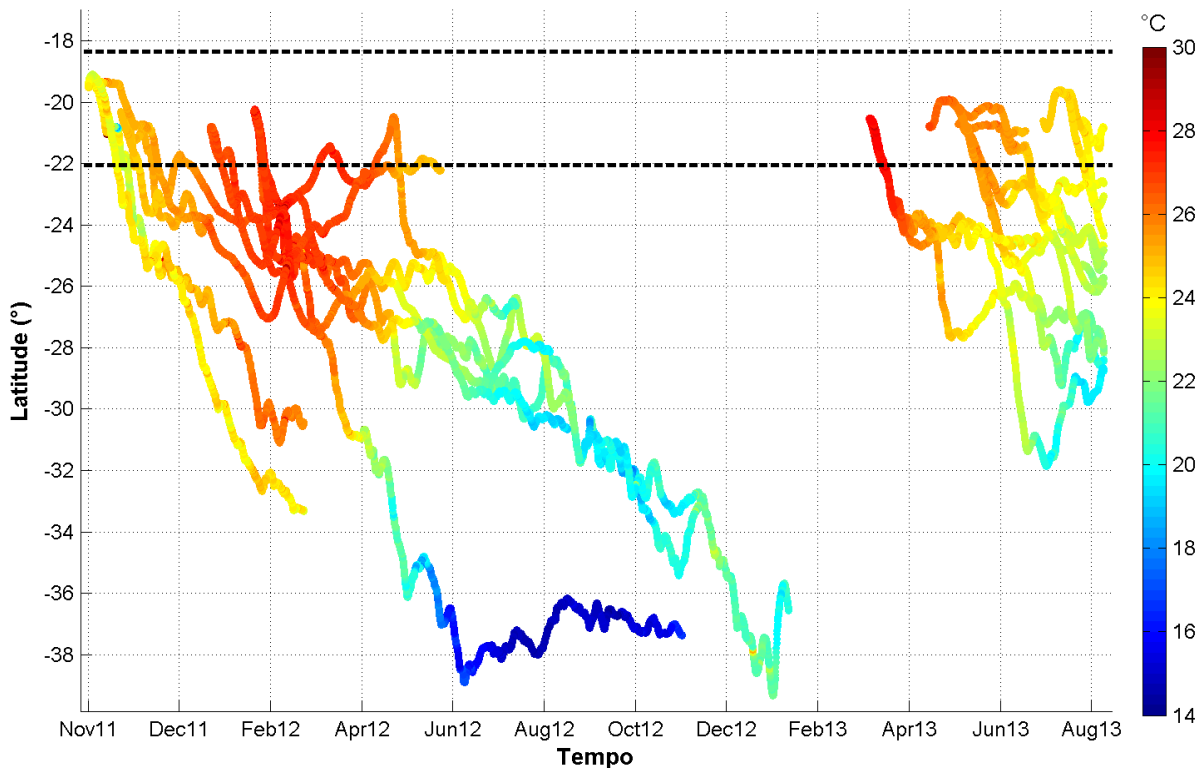


Figura 16: Variação da temperatura obtida pelos derivadores com a latitude e o tempo.

A variação sazonal e latitudinal é bem marcada nos dados. As medições na área da Bacia registraram temperaturas máximas entre fevereiro e março (~29°C), com diminuição gradativa até próximo de 23°C em agosto. Apesar do reduzido número de informações, a distribuição dos dados em latitude é bem abrangente, tendo sido gerados dados até 38°S. Observa-se a diminuição gradativa da temperatura em direção às maiores latitudes.

3.1.2.5. Feições de mesoescala

Operações *offshore* dependem crucialmente do conhecimento das condições hidrodinâmicas da região, em particular do sistema de correntes sobre a quebra da plataforma continental e o sopé. Na costa brasileira, esta é a região preferencial de presença da Corrente do Brasil, que por emitir intensos vórtices, capazes de inverter as correntes em relação à situação média e ter velocidades superiores a esta, introduz sérios riscos à infraestrutura da exploração *offshore*.

Neste contexto, os dados de todos os derivadores com o *drogue* acoplado ao equipamento foram analisados para fins de caracterização e quantificação dos vórtices presentes na região da Bacia do Espírito Santo.

Os pontos de lançamento dos derivadores foram determinados com o objetivo de lançá-los na região mais provável à formação do Vórtice de Vitória. O registro dos três derivadores lançados na 5ª campanha levou a crer que eles capturaram o sinal do vórtice (Figura 17). Desta forma, as análises apresentadas a seguir são voltadas para a identificação desse possível vórtice na região.

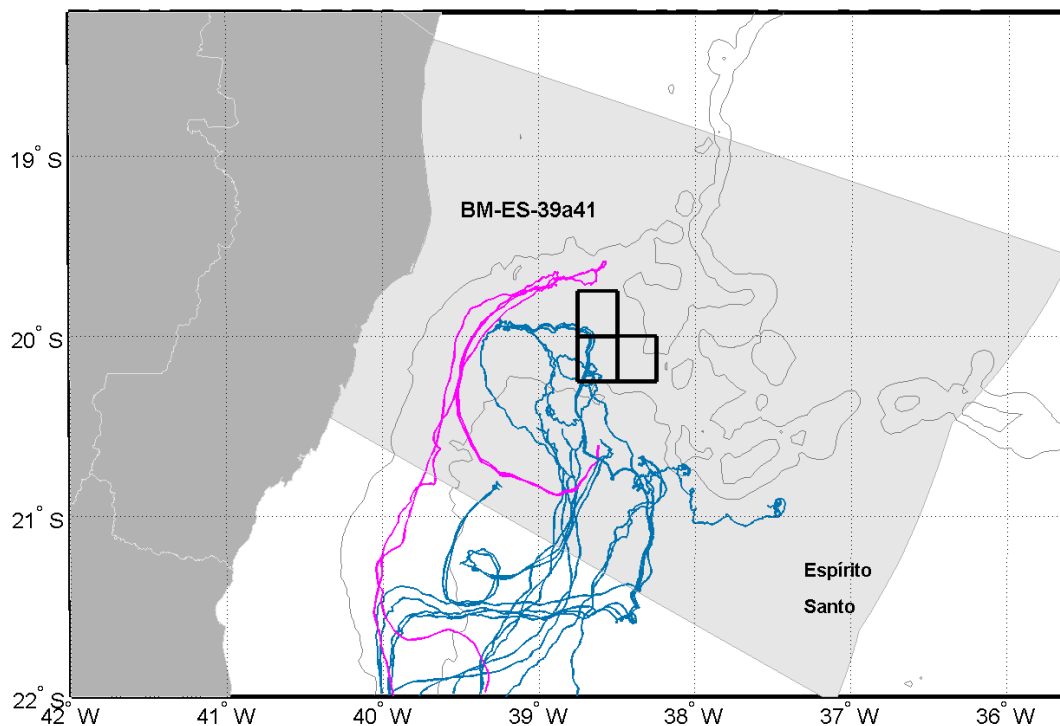


Figura 17: Trajetórias percorridas pelos derivadores. Em destaque (rosa), a trajetória dos derivadores investigados. As linhas em cinza representam as isóbatas de 200 m e 2.000 m. A área destacada em cinza representa a Baía do Espírito Santo e a região delimitada pelos polígonos em preto representa os Blocos BM-ES-39 a 41.

O período identificado como o início e o fim do sinal do VV vai de 24 de julho a 01 de agosto de 2013. A confirmação da existência ou não do vórtice foi realizada através da análise dos produtos orbitais e dos dados de corrente disponibilizados na página do projeto mondoPERENCO. Uma breve descrição dos produtos é apresentada abaixo.

As imagens orbitais de TSM (Temperatura da Superfície do Mar) são dados L2 de cobertura local do sensor MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*), instalado a bordo dos satélites Aqua e Terra, disponibilizados pelo *Ocean Biology Processing Group* (OBPG) da NASA. Para o uso no projeto, os dados foram remapeados para uma grade regular de $0,01^\circ$ (~1 km) de resolução e tratados para remoção dos pixels de baixa qualidade. A resolução temporal destes dados é de 1 dia.

Para a cor do oceano, são utilizados produtos de concentração de fitoplâncton obtidos pelo sensor VIIRS a bordo do satélite Suomi-NPP, com nível L1A de cobertura local, disponibilizados pelo OBPG da NASA. Para uso no projeto, os dados foram processados para o nível L2 através do algoritmo Polymer (STEINMETZ *et al.*, 2011), remapeados para uma grade regular de $0,01^\circ$

(~1 km) de resolução e tratados para remoção dos pixels de baixa qualidade. Também apresentam uma resolução temporal de 1 dia.

Os dados de ASM (Altura da Superfície do Mar) são produtos altimétricos distribuídos pela AVISO (Aquisição, Validação e Interpretação de dados Oceanográficos de Satélites, sigla em inglês) e representam dados adquiridos pelos satélites Topex/Poseidon, Jason-1, ERS-1, ERS-2 e EnviSat. Eles são disponibilizados com uma resolução espacial de $1/3^\circ$, mas para uso no projeto, os dados foram remapeados para uma grade regular de $1/4^\circ$ (~27 km). Também apresentam uma resolução temporal de 1 dia.

Os dados de corrente são oriundos do Projeto MyOcean (<http://www.myocean.eu/>), com uma resolução espacial de $1/12^\circ$ (~9,3 km). Dos produtos disponibilizados pelo projeto, é possível se obter uma previsão de correntes para 7 dias (dia atual + 6 dias); que é o apresentado no site do projeto mondoPERENCO. Para a identificação do possível VV, utilizou-se a vorticidade relativa calculada a partir dos dados de corrente.

A vorticidade relativa é um parâmetro que indica a presença de vórtices e permite também identificar o sentido do giro (ciclônico ou anticiclônico). Com a análise desse parâmetro buscou-se obter informações sobre o comportamento sazonal do Vórtice de Vitória e de parâmetros relacionados à circulação de mesoescala da região. No hemisfério sul, valores de vorticidade positivos indicam giro anticiclônico (anti-horário) enquanto valores de vorticidade negativos indicam giro ciclônico (horário).

O cálculo da vorticidade relativa é feito com base na fórmula clássica exposta na equação 1:

$$Vr = \frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial y} \quad (1)$$

Onde Vr é a Vorticidade Relativa, $\frac{\partial v}{\partial x}$ é a variação da velocidade meridional no eixo x (zonal) e

$\frac{\partial u}{\partial y}$ é a variação da velocidade zonal no eixo meridional (derivada cruzada).

Os mapas médios de TSM (Figura 18), cor do oceano (Figura 19), ASM (altura da superfície do mar) (Figura 20) e vorticidade relativa calculada a partir dos dados de corrente (Figura 21) serão apresentados a seguir, para o período de 24/07 a 01/08/2013.

Média do período: 24-07 a 01-08-2013

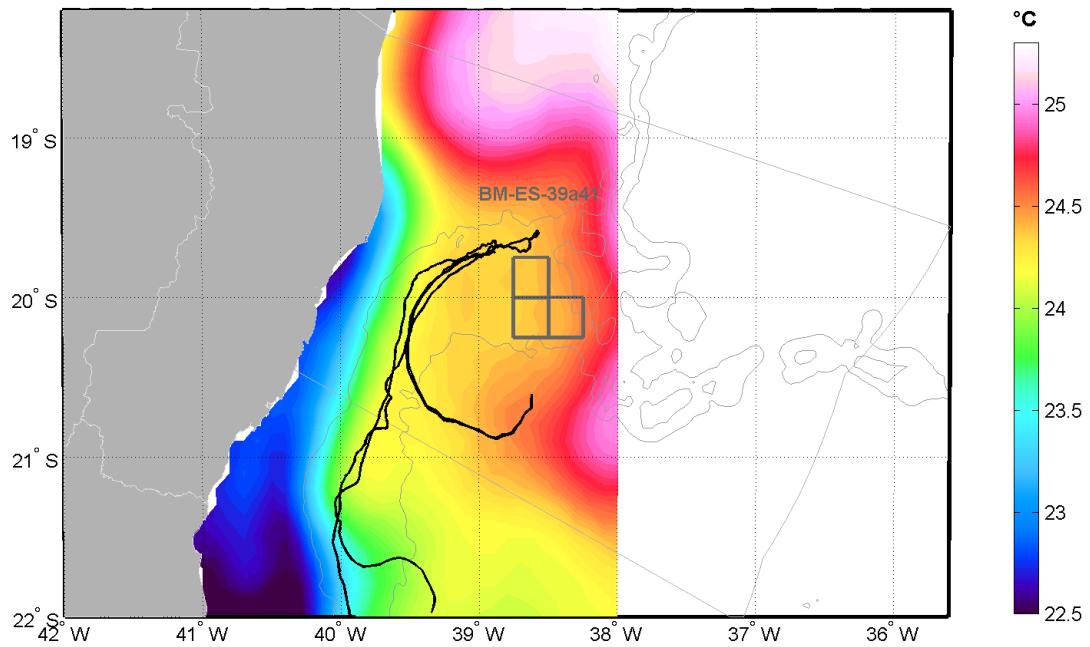


Figura 18: Trajetória dos derivadores sobreposta ao campo médio de TSM para o período de 24/07 a 01/08/2013. As linhas em cinza representam as isóbatas de 200 m e 2.000 m. A área destacada representa a Bacia do Espírito Santo.

Média do período: 24-07 a 01-08-2013

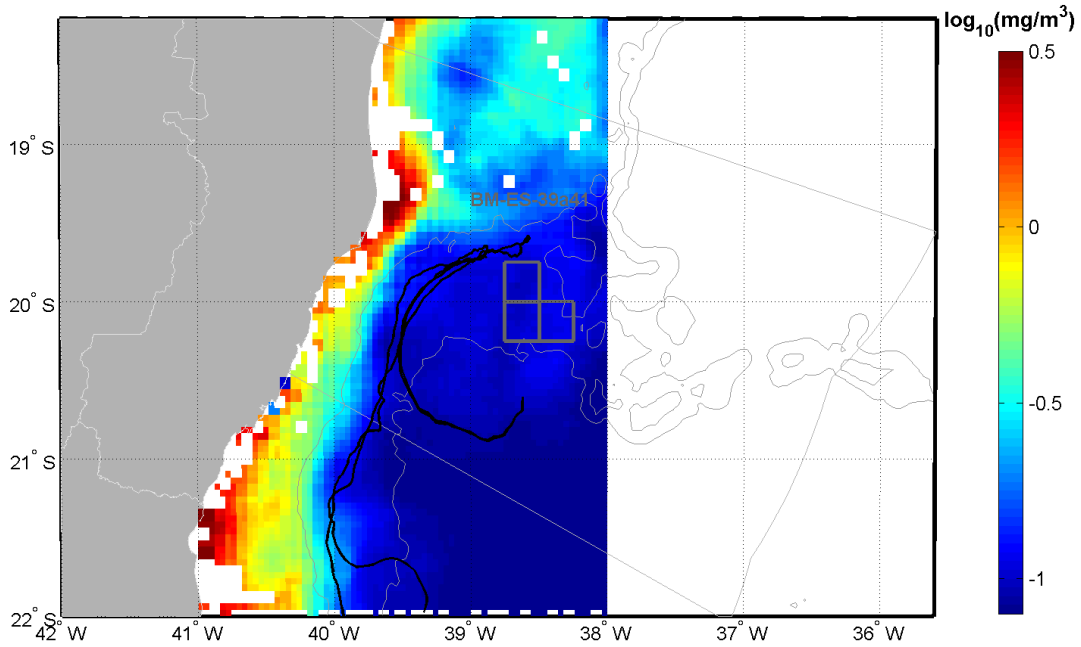


Figura 19: Trajetória dos derivadores sobreposta ao campo médio de cor do oceano para o período de 24/07 a 01/08/2013. As linhas em cinza representam as isóbatas de 200 m e 2.000 m. A área destacada representa a Bacia do Espírito Santo.

Média do período: 24-07 a 01-08-2013

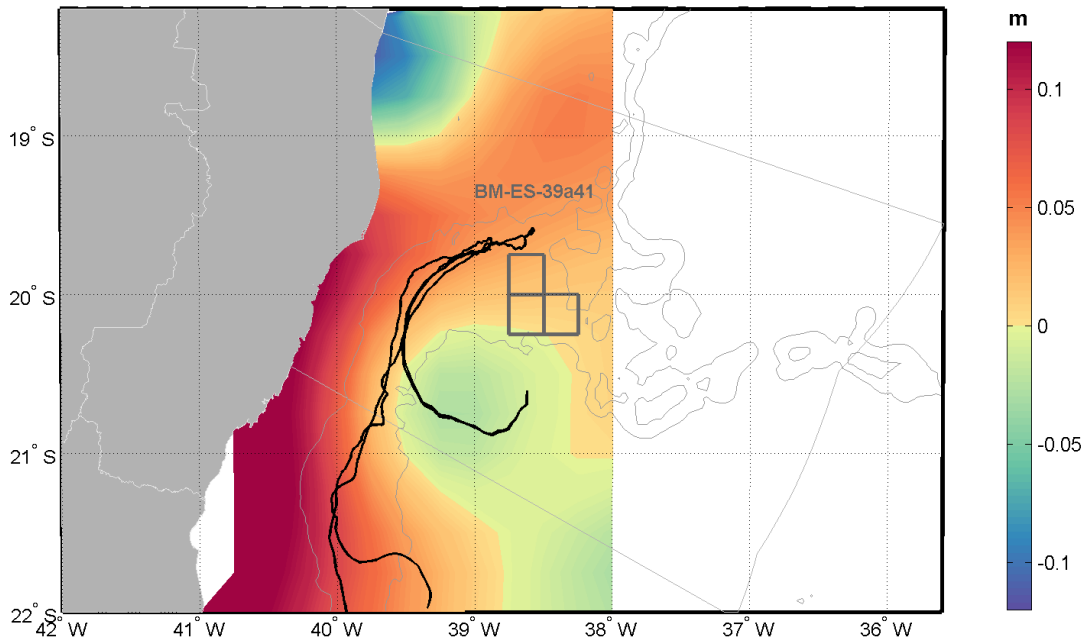


Figura 20: Trajetória dos derivadores sobreposta ao campo médio de ASM para o período de 24/07 a 01/08/2013. As linhas em cinza representam as isóbatas de 200 m e 2.000 m. A área destacada representa a Bacia do Espírito Santo.

Média do período: 24-07 a 01-08-2013

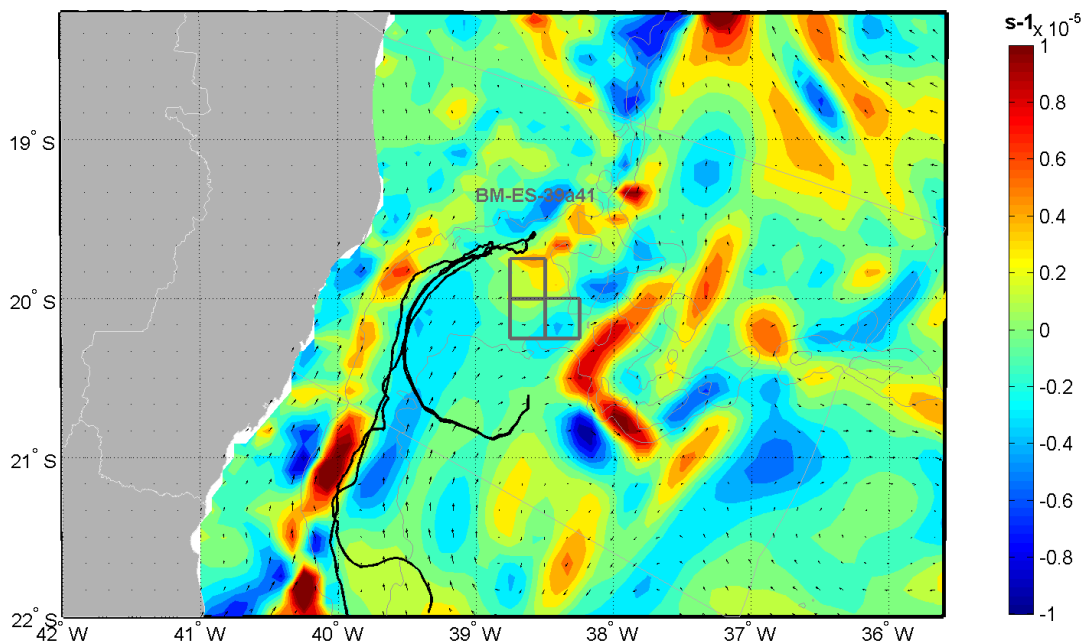


Figura 21: Trajetória dos derivadores sobreposta ao campo médio de vorticidade relativa para o período de 24/07 a 01/08/2013. As linhas em cinza representam as isóbatas de 200 m e 2.000 m. A área destacada representa a Bacia do Espírito Santo.

Pelos dados altimétricos, houve a formação de um centro de baixa pressão um pouco abaixo da feição que os derivadores descreveram, no entanto, os outros dados não corroboram a formação de um vórtice na área para o período analisado. Pela vorticidade, os derivadores simplesmente seguiram o fluxo para norte que a corrente exibiu nesse período.

4. Conclusão

O Projeto de Caracterização da Circulação de Mesoescala foi desenvolvido para atender o escopo proposto pela Perenco ao CGPEG/IBAMA, no Capítulo II.10.7 do Estudo de Impacto Ambiental da Atividade de Perfuração Marítima na Área Geográfica dos Blocos BM-ES-37, 39, 40 e 41.

A metodologia para avaliação do padrão de circulação de mesoescala na região considera três etapas, as quais já foram cumpridas na 1ª fase do projeto. A terceira etapa foi complementada em uma 2ª fase que, assim como a 3ª etapa da fase anterior do projeto, consiste na identificação e monitoramento das feições de mesoescala através do sensoriamento remoto em conjunto com dados existentes de derivadores oceânicos. O projeto como um todo foi denominado mondoPERENCO.

A 1ª fase desse projeto começou em novembro de 2011 e durou até fevereiro de 2012, culminando no lançamento de 12 derivadores ao mar. Uma análise dos dados gerados nesse período já foi apresentada à Perenco e à CGPEG/IBAMA juntamente com as demais etapas do Projeto de Caracterização da Circulação de Mesoescala. O presente relatório fez referência, então, à análise dos dados gerados pelos derivadores na 2ª fase do mondoPERENCO, que teve início no final de março de 2013 e duração de 5 meses, tendo lançado 18 derivadores ao mar.

Em relação às trajetórias descritas pelos derivadores, a maioria seguiu o sentido preferencial da Corrente do Brasil, ao se deslocarem sobre a quebra da plataforma continental, e alguns marcaram com clareza o Vórtice de Cabo Frio. Na região da Bacia do Espírito Santo, três derivadores apresentaram um deslocamento rotatório e horário para norte logo após o lançamento, levando a crer que eles poderiam ter capturado o sinal do Vórtice de Vitória. No entanto, após análises nos dados orbitais de TSM, ASM e cor do oceano e nos dados modelados de corrente, atribui-se esse comportamento ao fluxo para norte da corrente nesse período e região.

A análise de velocidade média e temperatura superficial da região foi realizada conjuntamente, contemplando todos os dados gerados pelos derivadores lançados nas duas fases do projeto.

Sendo assim, as temperaturas registradas pelos derivadores variaram entre 23°C e 29°C na região da Bacia do Espírito Santo, apresentando uma gradativa diminuição em direção às maiores latitudes e com o passar do tempo, marcando a variação sazonal que ocorre na região. Em relação à velocidade média, na região próxima aos blocos, o fluxo preferencial marcado

pelos derivadores foi para sul/sudoeste, com intensidades entre 0,15 e 0,55 m/s. Esse fluxo foi identificado com a influência da Corrente do Brasil (CB).

Os resultados obtidos com os dados dos derivadores reforçam as conclusões já apresentadas no relatório anterior (1ª fase), em termos de direção e intensidades da CB e temperatura superficial na região dos blocos. Nesta 2ª fase, nenhum derivador lançado registrou a presença do Vórtice de Vitória.

5. Bibliografia

- ASSIREU, A. T. **Estudo das Características Cinemáticas e Dinâmicas das Águas de Superfície do Atlântico Sul Ocidental a partir de Derivadores Rastreados por Satélite.** Tese (Doutorado em Oceanografia Física). Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo. 174 p. 2003.
- CERRONE, B. N. **Estatísticas da Circulação do Oceano Atlântico Sudoeste a partir de Dados Lagrangeanos.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro. 48 p. 2010.
- FRATANTONI, D.M. North Atlantic surface circulation during the 1990's observed with satellite-tracked drifters. **J. Geophys. Res.**, v. 106, pp. 22067-22093. 2001.
- HANSEN, D.; POULAIN, P. Quality control and interpolations of WOCE/TOGA drifter data. **Journal of Atmospheric and Oceanic Technology**, v. 13, n. 4, p. 900-909, 1996.
- NIILER, P. P.; DAVIS, R. AND WHITE, H. Water-following characteristics of a mixed-layer drifter. **Deep-Sea Research**, v. 34, pp. 1867-1882, 1987.
- OLIVEIRA, L.R., 2008. **Energética do Atlântico Sudoeste a Partir de Observações Lagrangeanas e de Simulações do Parallel Ocean Climate Model.** Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, RS.
- PERENCO/PROOCEANO. 2012. Relatório Técnico do Projeto de Caracterização da Circulação de Mesoescala. Rev. 01. 120 pp.
- PETERSON, R.G. AND L. STRAMMA, 1991. Upper-level circulation in the South Atlantic Ocean. **Progress in Oceanography**, 26, pp. 1-73.
- STEINMETZ, F.; DESCHAMPS, P.Y.; RAMON, D. Atmospheric correction in presence of sun glint: application to MERIS. **Optics Express**, v. 19, n. 10, pp. 9783-9800. 2011.