

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
COORDENAÇÃO ESPECIAL DE OCEANOGRAFIA
CENTRO DE CIÊNCIAS FÍSICAS E MATEMÁTICAS**

MARIA RITA LUIA DE QUADROS

**ESTUDO METEOCEANOGRÁFICO DE UM EPISÓDIO DE ZONA DE
CONVERGÊNCIA DO ATLÂNTICO SUL (ZCAS)**

FLORIANÓPOLIS

2020

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
COORDENAÇÃO ESPECIAL DE OCEANOGRAFIA
CENTRO DE CIÊNCIAS FÍSICAS E MATEMÁTICAS**

MARIA RITA LUA DE QUADROS

**ESTUDO METEOCEANOGRÁFICO DE UM EPISÓDIO DE ZONA DE
CONVERGÊNCIA DO ATLÂNTICO SUL (ZCAS)**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Oceanografia do Centro de Ciências Físicas e Matemáticas da Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito de obtenção do título de Bacharel em Oceanografia.

Orientador: Prof. Dr. Renato Ramos da Silva

Coorientador: Prof. Dr. Mário Francisco Leal de Quadro.

Florianópolis

2020

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Quadros, Maria Rita Lua de

Estudo meteoceanográfico de um episódio de Zona de
Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) / Maria Rita Lua de
Quadros ; orientador, Renato Ramos da Silva,
coorientador, Mário Francisco Leal de Quadro, 2020.
73 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências
Físicas e Matemáticas, Graduação em Oceanografia,
Florianópolis, 2020.

Inclui referências.

1. Oceanografia. 2. Oceano Atlântico Sul. 3. Zona de
Convergência. I. Silva, Renato Ramos da . II. Quadro,
Mário Francisco Leal de . III. Universidade Federal de
Santa Catarina. Graduação em Oceanografia. IV. Título.

DEDICATÓRIA

Ser Livre – 06/03/1981/74 livro BUSCA

De Vito Quadros – Pai

A liberdade forçada

te trará o nada

a liberdade natural

te mostrará o bem

e o mal

não queiras fugir

daquilo que teu coração

precisa para bater

não queiras matar

aquilo mais lindo

que o destino sem querer uniu

não queiras impor

um ritmo anormal nos sentimentos

não dê alimentos

a quem não precisa de alimentos

dê sentimentos

a quem precisa de sentimentos

não use a falsidade

com aquele que vê em seu olhar

a bondade

a maldade

procure viver com a claridade do sol

procure viver com a escuridão dos

olhos do cego

aprenda a ser livre

procurando a sua liberdade

não siga a sociedade

que quer te ver só e sem coragem

aprenda a ser livre amando

porque o amor é a única forma de completar

aquela nossa metade

que nos faz sonhar

nos faz gritar

nos faz chorar

nos faz querer

nos faz poder

nos faz sofrer

enfim

nós sermos alguém

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a criatura que sou eu aqui disposta vivendo, fazendo ciência e, principalmente, fazendo arte, sendo amor. Agradeço a luz oriunda do Criador. E a força, luz e coragem dos meus pais Ervino Assis de Quadros e Rejane Araújo Silveira, hoje anjos da guarda ao lado do Criador.

Sou grato por meu companheiro de vida José Katsushiro Higuchi Báos, imenso menino maluquinho, que desliza de skate pelas *streets*, rema no rio, surfa no mar, navega oceanos e enobrece meu lar, com sua essência de ser encantado.

Sou grata pelo apoio incondicional da minha família, em especial Vó Nadir, Tio Aécio, Tia Zaira, Tio Jorge e Dinda Solange sempre na linha de frente no suporte físico e emocional. Assim como, sou grato ao meu irmão Allan e minha prima/irmã Andresa por me ensinarem na prática que a vida é um constante desafio.

Agradeço ao professor e “eterno orientador” Mário Francisco Leal de Quadro que desde sempre acreditou em vários dos projetos que vivenciamos e executamos na caminhada meteorológica da vida. Que no decorrer da minha estrada científica sempre se fez presente, há 14 anos sempre me ensinando algo novo e gratificante. Tanto que, possibilitou trabalharmos plenamente juntos com o tema, que com toda certeza é o que mais me completa, a interação oceano atmosfera e suas respostas.

Sou grato pelos professores da oceanografia, que com dom e paciência de ensinar me transformaram em oceanógrafa, Alberto Linder, Alessandra Larissa D’oliveira Fonseca, Andrea Santarosa Freire, Antônio Fernando Harter Fetter Filho, Barbara Segal Ramos, Fabio Gonçalves Doura Jorge, Felipe Mendonça Pimenta, Juliana Leonel, Leonardo Rubi Rorig, José Bonomi Barufi, Marinez Eymael Garcia Scherer, Pedro de Souza Pereira, Regina Rodrigues Rodrigues, Jarbas Bonetti e Carla Bonetti. Todos! Cada qual com sua pitada de incremento no arcabouço do meu conhecimento. Professores vocês são seres de luz na Terra.

Sou imensamente grata ao professor orientador desta pesquisa Renato Ramos da Silva que desde o primeiro contato acreditou e apoiou constantemente os passos de andamento para a conclusão deste trabalho.

Pelas sereias companheiras sou imensa grato Daia, Pati, My, Aninha e Amanda.

Agradeço aos amigos que me fazem tão feliz, que me acompanham em trilhas, no surf, no role de bike, nos acampamentos, nas rodas de música com

fogueira e todos os instrumentos presentes, nas velejadas, nos mergulhos, nos roles de skate, na navegação...

Agradeço a vida!

“Porque só tem sangue bom pulsando nessa artéria rapaziada é de bem mais não se entrega, na hora que soltar esse trem ninguém mais pega, tem que ter fé tem que sonhar, porque a vida não pode esperar”. DAZARANHA.

RESUMO

A Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) é um fenômeno de interação oceano-atmosfera que afeta grandes áreas do continente sul americano e o oceano adjacente. Por ser um fenômeno de convergência está diretamente relacionado a altas taxas de precipitação e suas consequências. Quando ocorre o predomínio de forte convecção no oceano ela é denominada uma ZCAS oceânica (ZCASOcn). Este trabalho teve como objetivo estudar as condições oceânicas e atmosféricas predominantes de um caso ocorrido sobre o Atlântico Sudoeste no mês de Janeiro de 2013. No estudo foram usados cartas meteorológicas, imagens de satélite, dados de reanálises oceânicas a partir do banco de dados do projeto GLORYS, dados da atmosfera do modelo acoplado CFSRv2 e de precipitação do projeto TRMM. Estas variáveis foram usadas para mapear as condições oceânicas e atmosféricas e a dinâmica nos fluxos de calor. Os resultados mostraram que a ZCAS esteve presente, semi-estacionária e intensa no mês de janeiro de 2013. Baseado nas cartas meteorológicas definiu-se a área dinâmica de interesse (ADI). A precipitação média espacial na série temporal da ADI para o mês de estudo apresentou um aumento a partir do dia 08 e se manteve intensa pelo restante do mês. O padrão atmosférico analisado pelo campo de vento em superfície mostrou um sistema ciclônico de caráter semi-estacionário ao sul da região de maior convergência da ZCAS. O padrão oceânico com o campo de altura da superfície do mar mostrou áreas de maiores e menores altura relacionadas ao deslocamento integral de Ekman entre a quebra da Corrente do Brasil e o sistema de baixa pressão. A análise da temperatura da superfície do mar com as correntes marinhas apresentaram regiões de ressurgência. O campo de salinidade apresentou águas menos salinas sobre a área de atuação ativa do fenômeno. A camada de mistura marinha refletiu o conjunto das demais variáveis ocorrentes sobre a ZCASOcn apresentando uma camada de espessura mais fina alinhada com a região de convergência. Os fluxos de calor indicaram um fator de retroalimentação negativa entre o oceano e a atmosfera relacionados à posição da ZCASOcn e os efeitos de redução de temperatura, fluxos de radiação, calor sensível e calor latente.

Palavras chave: ZCAS. ZCASOcn. Oceano Atlântico Sul. GLORYS. CFSRV2. TRMM.

ABSTRACT

The South Atlantic Convergence Zone (ZCAS) is a phenomenon of ocean-atmosphere interaction that affects large areas of the South American continent and the adjacent ocean. Because it is a phenomenon of convergence, it is directly associated to high rates of precipitation and its consequences. When there is a predominance of strong convection in the ocean, it is named an oceanic ZCAS (ZCASOcn). This research aimed to study the prevailing oceanic and atmospheric conditions of a particular case that occurred in the South Atlantic Ocean in January 2013. In the study, meteorological charts, satellite images and oceanic reanalysis data were used. From the GLORYS project database, atmosphere data from the CFSRv2 coupled model and precipitation from the TRMM project. These data were used to map ocean and atmospheric conditions and dynamics in heat flows. The results showed that ZCAS was present, semi-stationary and intense in the month of January 2013. Based on the meteorological charts we defined the (ADI) that covered the oceanic portion with the greatest extent of occurrence of the phenomenon. The average spatial precipitation in the ADI time series for the month of study increased from the 8th day onwards and remained intense for the rest of the month. The atmospheric pattern analysed by the surface wind field showed a cyclonic system of semi-stationary character to the south of the region of greater convergence of the ZCAS. The oceanic pattern with the height field of the sea surface showed areas of greater and lesser height related to the displacement of Ekman integral between the breaking of the Brazil Current and the low pressure system. The analysis of the sea surface temperature with the marine currents showed areas of resurgence. The salinity field presented less saline waters over the area where the phenomenon was active. The marine mixture layer reflected the set of other variables occurring on the ZCASOcn, presenting a thinner layer aligned with the convergence region. The heat fluxes indicated a negative feedback between the ocean and the atmosphere related to the position of ZCASOcn and the effects of temperature reduction, radiation fluxes, sensitive and latent heat.

Keywords: ZCAS. ZCASOcn. South Atlantic Ocean. GLORYS. CFSRV2. TRMM.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ilustração do domínio contendo as principais correntes superficiais características do Atlântico Sul tropical e subtropical	21
Figura 2 - Modelo esquemático da ZCAS (continental, costeira e oceânica).....	22
Figura 3 - Modelo esquemático da Espiral de Ekman	23
Figura 4 - Média climatológica da posição e tamanho da ZCAS.....	25
Figura 5 - Ilustração dos principais fenômenos ocorrentes no verão austral na América do Sul.....	26
Figura 6 - Linhas de corrente em 850 hPa.....	27
Figura 7 - Área de estudo.....	29
Figura 8 - Imagens de satélite.....	34
Figura 9 - Carta sinótica de pressão ao nível do mar (PNMM).....	37
Figura 10 - Série temporal média da precipitação para a ADI	38
Figura 11 - Composição das componentes (u,v) em (ms^{-1}) para o vento.....	39
Figura 12 - Altura da superfície do mar.....	41
Figura 13 - Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e correntes (ms^{-1}) a 0.5 metros de profundidade.....	43
Figura 14 - Gradiente de salinidade (PSU) horizontal e vertical.....	45
Figura 15 - Espessura da camada de mistura marinha (CMM).....	47
Figura 16 - Mapas das variáveis dos fluxos de calor.....	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Variáveis analisadas de reanálises do GLORYS	32
Tabela 2 - Variáveis analisadas de reanálises do CFSRv2	32

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ADI – Área Dinâmica de Interesse
ASAS – Alta do Atlântico Sul
ASW - Atlântico Sudoeste
CEMS – Copernicus Marine Environment Monitoring Service
CFRS – Climate Forecast System Reanalysis
CFRSv2 - Climate Forecast System Reanalysis Version 2
CLM– Camada Limite Marinha
CLA – Camada limite Atmosférica
CMM – Camada de Mistura Marinha
FSTP – Frente Subtropical de Plataforma
GLORYS – Global Ocean Reanalysis and Simulation
NCAR – National Center for Atmospheric Research
NE – Nordeste
NMM – Nível Médio do Mar
QI – Fluxo de calor latente
Qlw – Fluxo de radiação de onda longa para cima
Qs – Fluxo de calor sensível
Qsw – Fluxo de radiação de onda curta para baixo
SBPADI – Sistema de Baixa Pressão na ADI
SE – Sudeste
SMAS – Sistema de Monção da América do Sul
SW – Sudoeste
TSM – Temperatura da Superfície do Mar
TRMM – Tropical Rainfall Measuring Mission
ZCAS – Zona de Convergência do Atlântico Sul
ZCASOCCN – Zona de Convergência do Atlântico Sul sobre o Oceano

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 JUSTIFICATIVA	17
2.1 Objetivo Geral	19
2.2 Objetivos Específicos	19
3 REFERENCIAL TEÓRICO	19
3.1 Caracterizações da área de estudo	19
3.2 ZCAS – Zona de Convergência do Atlântico Sul.....	21
3.3 Característica climatológica	24
3.4 Característica da Zona de Convergência do Atlântico Sul Oceânica (ZCASOCN) e análise preliminar do vórtice ciclônico	26
3.5 Bombeamento de Ekman para o Hemisfério Sul	27
3.6 Aplicações com dados de reanálise	28
4 MATERIAS E MÉTODOS.....	28
4.1 Descrição da área de Estudo	28
4.2 Variáveis Oceânicas de Reanálises GLORYS	29
4.3 Variáveis ATMOSFÉRICAS DO Modelo CFSRv2	30
4.4 variável de precipitação por dados do TRMM	30
5 Resultados e discussão.....	33
5.1 Análise Sinótica do Episódio de ZCAS	33
5.1.1 Precipitação	37
5.2 Padrão Atmosférico Associado À ZCASOCN	38
5.2.1 Vento em superfície	38
5.3 Padrão Oceânico Associado À ZCASOCN.....	40
5.3.1 Altura da superfície do mar	40
5.3.2 Análise da temperatura da superfície do mar e correntes superficiais.....	42
5.3.3 Salinidade	44
5.3.4 Espessura da camada de mistura marinha (CMM).....	46
5.4 Fluxos de calor na ADI.....	48
6 Conclusões.....	51
REFERÊNCIAS	52
ANEXO.....	58

1 INTRODUÇÃO

Um dos grandes desafios da comunidade científica e autoridades governamentais no século XXI estão em desvendar como se comportam os sistemas ambientais frente a um cenário acelerado de mudanças climáticas. Sendo assim, interpretar como se desenvolvem os processos nas Camadas Limite Marinha (CLM) e Atmosférica (CLA) se faz relevante no sentido de gerar informação de uma camada dinâmica e caótica, mas que, de certa forma possui padrões de características temporais, horizontais e verticais. Estudar as interações destas camadas pode auxiliar na interpretação de cenários ambientais pretéritos, presentes e futuros por meio da calibração das condições iniciais em modelos computacionais podendo assim auxiliar diretamente na tomada de decisão quando em situação de mitigação de algum bem ou recurso essencial à vida (BERNHARDT; LESLIE, 2013). O processo de interação oceano-atmosfera tem como função regular o clima terrestre e setorizar os componentes da biosfera conforme cada ótimo climático. As trocas de calor, umidade, gases e as correntes marinhas são parte do sistema acoplado oceano-atmosfera, portanto são componentes fundamentais do estabelecimento das condições ambientais (CASTELLO; KRUG, 2015).

Sendo assim, o oceano em harmonia com a atmosfera cria cenários acoplados de interação, seja química, física ou biológica, por meio de diferentes escalas, sejam macroscópicas ou microscópicas. A diferença de calor é o propulsor destas dinâmicas ambientais. As correntes marinhas superficiais são componentes da resposta à dinâmica dos ventos com as forças aparentes que atuam em nosso sistema (Terra) em rotação, assim como do balanço de calor e salinidade. Além do mais, no oceano as massas de água que o compõem possuem características próprias e singulares entre si. Por exemplo, as massas de água na plataforma costeira do Atlântico Sul têm seus aspectos hidrodinâmicos bem marcados pela sazonalidade, o qual permite analisar a influência e os processos que as compõem. No Atlântico Sudoeste, a Corrente das Malvinas se intensifica no inverno e a pluma do Rio da Prata avança para o sentido norte em direção a latitudes mais baixas, próximas de 30°S impulsionadas pelas frentes de sul. Por outro lado, no verão a água central do Atlântico Sul (ACAS) aflora próxima à costa influenciada por eventos

de pequenas ressurgências associadas ao deslocamento de Ekman e dominância do vento de quadrante nordeste (CAMPOS *et al.*, 2000).

Sobre o Atlântico Sul atua um fenômeno climático sazonal de grande relevância que infere consequências extremas em sua ausência, ou ocorrência, a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), sendo este um fenômeno de interação oceano-atmosfera coexistente com a ampla área contemplada por forte convecção, compondo o Sistema de Monção da América do Sul (SMAS) (CARVALHO, 2002), que surge através da intrusão dos ventos alísios sobre a região continental nordeste da América do Sul, confinados pela orografia dos Andes, durante o período de verão austral, quando há maior atividade convectiva alimentada pela evapotranspiração da floresta Amazônica (ZILLI, 2008). A ZCAS quando se estende sobre o oceano adjacente acopla-se com um sistema frontal de caráter estacionário com a convecção impulsionada pelo fechamento de um cavado em vórtice ciclônico na baixa atmosfera, passando a compor a denominada Zona de Convergência do Atlântico Sul Oceânica (ZCASOcn). A alta atividade convectiva associada à ZCASOcn na camada limite atmosfera-oceano mantém uma banda de nebulosidade de sentido NW para SE sobre o oceano e a circulação ciclônica na baixa atmosfera favorece a formação de ressurgência costeira, pois no Atlântico Sudoeste ventos de quadrante sul e sudeste tende a empilhar água superficial na costa, influenciado diretamente pelo sentido do transporte de Ekman (ROSA, 2017).

Estudos climáticos com o uso aplicado de modelos numéricos computacionais bem calibrados, juntamente com dados de reanálise cada vez mais refinados tem sido ferramentas eficientes para a investigação de fenômenos característicos da interação oceano-atmosfera (PIMENTA *et al.*, 2017). Glitzenhirn (2015) utilizando a comparação entre o modelo acoplado e o não acoplado verificou divergência na distribuição do calor sensível e latente durante na trajetória do furacão Catarina em 2004. A análise acoplada mostrou que a dissipação do furacão Catarina ocorreu em fase de núcleo quente e profundo, enquanto o modelo em modo desacoplado mostrou a fase de dissipação como núcleo quente moderado, tal discrepância em resultados mostra que com o uso de modelos acoplados para obtenção de respostas a cenários ambientais se faz relevante, pois as respostas aproximam-se mais do

cenário real. Um exemplo de reanálises oceânicas é o banco de dados GLORYS e um exemplo de modelo acoplado é o modelo CFSRv2.

Mendonça (2017) também trabalhando com modelagem numérica analisou a Frente Subtropical de Plataforma (FSTP) através de comparação com simulação em modo acoplado ao modelo oceânico, avaliado com dados observacionais mostrando um desempenho satisfatório do modelo em representar as variáveis temperatura potencial, umidade relativa e umidade específica, assim como, os campos de vento na superfície do mar.

Copertino *et al.* (2017) afirmam que de fato o controle do sistema oceano-atmosfera na escala da bacia do Atlântico Sul está associado aos fluxos de calor em superfície e ao transporte de calor pelo oceano. Os autores apontam ainda que sistemas observacionais costeiros como bóias oceanográficas e estações meteorológicas são planejados para medir um conjunto de dados na forma de fornecer parâmetros ambientais necessários à elaboração de estratégias eficientes de manejo dos ecossistemas e recursos naturais.

Atualmente a modelagem numérica tem apoiado as pesquisas ambientais abrangendo áreas onde os dados observacionais não cobrem. Os campos de reanálise do GLORYS incluem além de dados *in situ*, a assimilação de dados do satélite TOPEX/Poseidon, voltada especialmente para pesquisas oceanográficas. Estas reanálises são construídas para representar o mais próximo possível das observações de acordo com a física do modelo para descrição do oceano da superfície ao fundo (5900m) (COPERNICUS, 2017). A performance da reanálise CFSRv2 do NCEP tem sido utilizada para caracterizar a região do Atlântico subtropical e tem mostrando um bom desempenho quando comparada com dados de estação meteorológica localizada em plataforma de petróleo (LOPES, 2018).

Segundo Deina (2015) o ano de 2013 foi marcado por fortes episódios de ZCAS, atingindo severamente a cidade de Jacu no estado do Espírito Santo, com intensas precipitações e inundações provocando dramáticas conseqüências sobre a população atingida.

Portanto o presente estudo tem como objetivo analisar as condições físicas oceanográficas na camada limite marinha (CLM) e atmosférica (CLA) na área de atuação da ZCASOcn sobre o oceano Atlântico Sudoeste (SW). Esta

análise foi feita por meio do uso de campos de reanálise do modelo acoplado CFSRv2 do *Climate Forecast System* (CFS) do *National Centers for Environmental Prediction* (NCEP) e do banco de dados *GLORYS* de reanálise oceânica do *Copernicus Monitoring Environment Marine Service* (CMEMS). Além destes dados são também foram analisadas também as cartas sinóticas de pressão ao nível do mar, emitidas pela Marinha do Brasil, imagens de satélite (GOES) e dados de precipitação do projeto (TRMM).

2 JUSTIFICATIVA

A ZCAS é um fenômeno diretamente associado à dinâmica oceânica e aos fluxos de calor, bem como a altos níveis pluviométricos que afetam diretamente a população humana. Visto que estes aspectos ambientais refletem diretamente no setor econômico. Alguns exemplos destes impactos em épocas de ocorrência de ZCAS foram: (i) a previsão de R\$ 46 bilhões de reais para ações do Plano Nacional de Gestão de Recursos em Resposta a Desastres Naturais, incluindo os deslizamentos de terra, como o ocorrido em janeiro de 2011¹, em períodos de chuva intensa; (ii) a média anual de gastos do governo entre 2014 e 2018 com desastres naturais superou R\$ 8,4 milhões sendo direcionada para reconstrução das regiões degradadas². Tendo em vista a onerosidade da mitigação por desastres naturais e a inviabilidade do investimento necessário para as reconstruções, investir na prevenção tem se mostrado uma estratégia de grande valia.

No verão austral de 2013 sobre o Atlântico Sudoeste ocorreram fortes ZCAS, posicionadas mais ao sul em relação á sua posição climática média relacionada ao início da temporada de ocorrência do fenômeno (TOMAZIELLO, 2013). Metodologias distintas aplicadas na detecção do fenômeno apontam

¹AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **Governo lança plano com investimentos de R\$ 18,8 bi para prevenir desastres naturais**. 2012. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/noticias-antigas/governo-lanassa-plano-com-investimentos-de-r-18-8.2019-03-15.8211140849>. Acesso em: 18 out. 2019.

²A média mencionada foi elaborada a partir dos dados sobre gastos anuais no portal da transparência. (CONTROLADORIA-GERAL DA UNIÃO. **Evolução histórica dos gastos com o Programa desastres naturais**. 2019. Disponível em: <http://www.portaltransparencia.gov.br/programas-de-governo/17-desastres-naturais?ano=2018>. Acesso em: 18 out. 2019.).

para um forte caso de ZCAS ocorrido na região com mais de 10 dias consecutivos de duração (CORREA, 2013; ROSA, 2020).

Segundo Warner *et al.* (2010) o estudo das componentes oceano e atmosfera de forma acoplada permite entender mais detalhadamente o funcionamento da dinâmica atmosférica em resposta ao oceano e vice-versa, permitindo uma melhor compreensão dos processos que desencadeiam os eventos da interação oceano-atmosfera. Um estudo de caso de ZCASOCN torna-se um avanço para o detalhamento das condições oceânicas, fomentando uma ferramenta auxiliadora na determinação do posicionamento, período e forma de como o evento ocorre e fica “ancorado” na parte oceânica.

Moreira *et al.* (2020) em publicação no jornal mundial de tecnologia e desenvolvimento sustentável, analisando a região tropical sudoeste por série temporal de média mensal de chuva, utilizando imagens de satélite com resolução de $0.25^\circ \times 0.25^\circ$ e comparando com dados de estação meteorológica, avaliaram o potencial de erosão costeira para o estado do Espírito Santo. Reforçando a importância da aplicação de modelagem numérica para estudos de casos ambientais.

Sendo assim, o presente estudo analisou o comportamento do oceano Atlântico SW sob a posição da ZCASOCN em resposta ao acoplamento entre oceano e atmosfera a partir de dados de reanálise aplicados para o caso ocorrido no mês de janeiro de 2013. Sendo este mês e ano escolhido pela ocorrência de marcantes episódios do fenômeno, comprovados pela metodologia aplicada de Rosa *et al.*, (2020) que correlacionou detecção automática versus metodologia tradicional de observação. Logo, neste estudo foram investigados os campos oceânicos de temperatura, salinidade e correntes a partir dos dados de reanálise do projeto GLORYS que é composto a partir de dados satelitais e observacionais *in situ*. Dados do modelo CFSRv2 são construídos a partir de dados acoplados entre oceano e atmosfera. Estes dados permitem, portanto a investigação das variáveis físicas, como altura da superfície do mar, espessura da camada de mistura e fluxos de calor, vento em superfície, temperatura, camada de mistura marinha, correntes marinhas e outros permitindo a investigação na porção marinha. Tal análise pode ser usada pelos sistemas de alerta de desastres, auxiliando em prevenção e por consequência, minimizar a perda de vidas humanas.

2.1 OBJETIVO GERAL

Caracterizar as condições oceanográficas e meteorológicas sob influência da Zona de Convergência do Atlântico Sul sob a região marítima ocorrida no mês de janeiro de 2013, na região do Oceano Atlântico na porção sudoeste e áreas adjacentes.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Definir a área dinâmica de interesse (ADI) por meio das cartas meteorológicas de pressão ao nível do mar da Marinha do Brasil;
- b) Determinar os dias de ocorrência da ZCASOEN por meio das cartas meteorológicas e dos dados atmosféricos e oceanográficos;
- c) Promover a análise das variáveis físicas a partir de dados de reanálise oceânica do projeto GLORYS;
- d) Utilizar dados do modelo acoplado CFSRv2 na análise dos fenômenos ocorridos durante o evento;
- e) Criar as variáveis de análise através da construção de mapas, estimativas estatísticas e séries temporais;
- f) Caracterizar a porção marítima que compõem o fenômeno ZCASOEN;
- g) Caracterizar os fluxos de calor sobre a ZCASOEN na pré-ocorrência, ocorrência e pós-ocorrência.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 CARACTERIZAÇÕES DA ÁREA DE ESTUDO

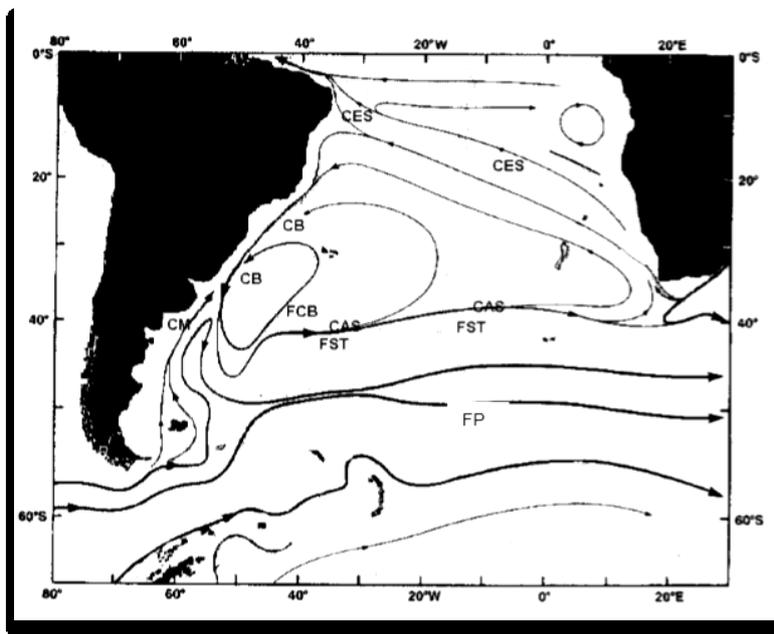
A macro área de estudo engloba o Oceano Atlântico Sul tropical e subtropical que corresponde a uma bacia oceânica com profundidade média de 3.600m (TESSLER, 2015). O Atlântico Sul possui uma peculiar característica na circulação de águas profundas, pois estas levam águas oriundas do Polo Sul, ricas em salinidade e baixas temperaturas para latitudes menores em direção ao equador. Este transporte ocorre por um complexo sistema de célula

invertida, chamada Revolvimento Meridional do Atlântico contribuindo efetivamente com a regulação climática planetária integrando as características físicas da piconclina e termoclina. (GARZOLI; MATANO, 2011).

A Figura 1 ilustra o domínio sobrejacente da macro área de estudo, incluindo a área dinâmica de interesse (ADI), sendo esta a região da bacia oceânica do Oceano Atlântico Sudoeste. As principais correntes superficiais, características do Oceano Atlântico Sul tropical e subtropical, representam a dinâmica da camada limite, consequência da dinâmica interação oceano atmosfera. Nesta região interage a corrente Equatorial Sul (CES) descendente dos ventos alísios bifurcando se em duas com um ramo descendente para sul, denominada Corrente do Brasil (CB). Esta corrente propaga-se para sul até a transição entre a zona tropical e a subtropical aproximadamente na latitude de 30°S onde se encontra com Corrente das Malvinas (CM), formando a confluência Brasil-Malvinas. Compondo a borda sul do giro subtropical estão a Frente da Corrente do Brasil (FCB), a Corrente do Atlântico Sul (CAS), a Frente Subtropical (FST) e a Frente Polar (FP) (OLIVEIRA, 2008).

No Oceano Atlântico Sudoeste área foco da pesquisa corresponde à feição oceanográfica da Bacia de Campos localizada entre o estado do Rio de Janeiro e o estado do Espírito Santo. Esta região tem a peculiaridade da integração de massas de água com características opostas onde a corrente oceânica de superfície a Corrente do Brasil (CB) se funde em níveis intermediários próximo aos 1000 m de profundidade com a Corrente de Contorno Intermediária (CCI) impulsionando a geração de uma circulação local em desprendimento de vórtices e meandros devido à diferença de densidade e direção das massas de água. Os fluxos superficiais acoplados ao Giro Subtropical do Atlântico Sul caracterizados pela CB têm o transporte de volume característico de 6 Sv e a CCI tem o transporte em sentido oposto com velocidade de transporte em 4 Sv. Logo esta confluência entre distintas massas de água favorecem este comportamento meandrônico no fluxo. Estas estruturas podem alterar as velocidades das correntes com uma taxa crescente, assim pode favorecer a inversão de sentido, corroborando com a formação de um vórtice isolado (SILVEIRA *et al.*, 2016).

Figura 1 - Ilustração do domínio contendo as principais correntes superficiais, características do Atlântico Sul tropical e subtropical, incluindo a CES - Corrente Equatorial Sul, a CB - Corrente do Brasil, a CM - Corrente das Malvinas, a FCB - Frente da Corrente do Brasil, a CAS - Corrente do Atlântico Sul, a FST- Frente Subtropical, e a FP- Frente Polar. Adaptada de Oliveira (2008).

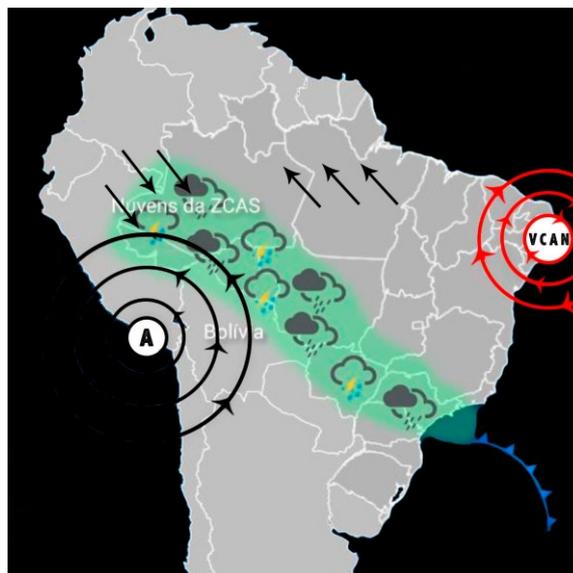


Fonte: (Oliveira 2008)

3.2 ZCAS – ZONA DE CONVERGÊNCIA DO ATLÂNTICO SUL

A ZCAS tem gênese na região tropical sob o verão austral quando os ventos alísios apresentam um sentido anômalo de NW e fluem para a região SE do Brasil impulsionados pela orografia dos Andes, ganhando força com a convecção formada sobre a floresta Amazônica. Com a banda de nebulosidade formada a umidade e a atividade convectiva cruzam o continente em um alinhamento diagonalizado alcançando a zona costeira e com a maior extensão chegando ao oceano aberto na porção SW do Atlântico Sul (ZILLI, 2008). A figura 2 mostra um modelo esquemático ilustrando o fenômeno plenamente formado sobre as três regiões de ocorrência (continental, costeira e oceânica).

Figura 2 – Modelo ilustrativo da ZCAS formada em sua maior abrangência, onde as setas pretas representam os ventos alísios bem como as setas invertidas mostram sua anomalia, os círculos em preto e em vermelho mostram respectivamente a Alta da Bolívia e o vórtice ciclônico de altos níveis ocorrendo simultaneamente a gênese da ZCAS, as nuvens carregadas representam a área convectiva e a frente fria representa o acoplamento do fenômeno sobre a porção oceânica se tornando uma ZCASOcn. Adaptada de CPTEC INPE (2018).



Fonte: (CPTEC INPE, 2018).

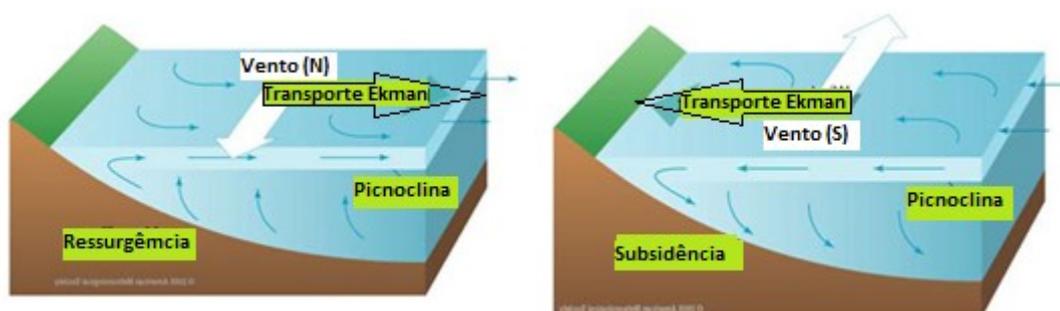
A ZCAS é um fenômeno sazonal que pode ser identificado em imagens de satélite como uma banda de nebulosidade que se entende com ampla dimensão e gênese em zona de convergência na região da Amazônia, impulsionada pela umidade proporcionada pela evapotranspiração da floresta. Este fluxo de umidade ocorre a leste da base dos Andes e se estende para sul até uma conexão com a região central no Atlântico Sul, que pode ser mensurada por padrões de distribuição radiação de onda longa. (QUADRO, 1994; CPTEC INPE, 2018; ROSA, 2017).

Estudos de casos dos anos 80 ressaltavam o calor absorvido pelo oceano respondendo em anomalias negativas de temperatura da superfície do mar (TSM) no Atlântico Sudoeste (NOBRE *et al.*, 2012). Em consonância com as demais variáveis termodinâmicas configurando um cenário acoplado do comportamento inercialmente dinâmico entre oceano e atmosfera, estas análises descrevem o comportamento heterogêneo do acoplamento característico das regiões subtropicais (MENDONÇA, 2017), por ser uma

região de grande contraste no gradiente térmico em resposta a diferença na distribuição de calor por insolação recebida ao longo do globo.

Estudos mais recentes investigaram o efeito da espiral de Ekman na camada superficial marinha. (Fig. 3), impulsionado por vórtices ciclônicos atuantes na troposfera, onde ocorre um sistema de retroalimentação negativa entre a cobertura de nuvens e a Temperatura da Superfície do Mar (TSM) sobre a região da ZCAS (ROSA *et al.*, 2020). Esse sistema de retroalimentação tem magnitude de escala aproximada a mecanismos termodinâmicos (KALNAY *et al.*, 1985). Essa equivalência de escalas possibilita aproximações físicas clássicas usadas nas parametrizações de modelos numéricos utilizados em diversas aplicações com o uso dos atributos e propriedades das aproximações hidrostáticas e de Boussinesq (SUTIL; PEZZI, 2018).

Figura 3 – Modelo ilustrativo da espiral de Ekman em superfície, para o hemisfério sul. Modificada de *American Meteorological Society*.



Fonte: (NASA/OCEAN MOTION, 2020)

Quadro (1994) sugeriu que a ZCAS para ser formada e descrita deve apresentar quatro parâmetros fundamentais: na camada superior da atmosfera em 200 hPa deve apresentar vorticidade relativa positiva em consonância com a presença do sistema de alta pressão, localizado sobre a região da Bolívia; exibir um intenso gradiente térmico relacionado com as opostas massas de ar tropical e polar; ascender fluxo de calor por convergência de massa em 500 hPa, relacionada com a crista de temperatura potencial; ter cavado (sistema aberto de baixa pressão atmosférica) bem configurado em 500 hPa, com orientação NW-SE no lado leste da banda de nebulosidade e convergência de umidade em baixos níveis atmosféricos por toda a região de ocorrência da ZCAS; conter taxa temporal de no mínimo quatro dias consecutivos.

Geralmente um sistema de baixa pressão atmosférica em 850 hPa linearmente dependente das diferenças de pressão, comum entre a região tropical e subtropical, ocorre a sudoeste da banda de nebulosidade da Zona de Convergência do Atlântico Sul sob a região oceânica (ZCASOCN). Esta condição caracteriza uma feição atmosférica que diferencia a ZCAS continental da ZCAS oceânica, por sustentar a atividade convectiva da mesma sobre o Atlântico Sudoeste (PEZZI *et al.*, 2018). Segundo Quadros *et al.* (2012) uma das consequências da presença de ZCAS são os altos níveis de precipitação para o hemisfério sul ao longo da primavera e verão. Outra é o transporte de umidade da região amazônica até a região do Atlântico Sudoeste. Rodrigues (2017) ressalta que a não ocorrência da ZCAS que configura a estação chuvosa desde o centro-oeste até a região sudeste do Brasil é contrabalanceada por uma situação de bloqueio atmosférico quando estabelecido sobre a América do Sul subtropical.

Em períodos ativos de ZCAS Rosa (2017) analisou episódios de ZCASOCN e concluiu que possui média temporal de 6,6 dias. Observou também que o padrão oceânico se configura por um meandramento com vorticidade potencial positiva da Corrente do Brasil (CB) próximo à costa. Impulsionado pela espiral de Ekman ROSA *et al.* (2020) sugerem ainda que a característica ciclônica em superfície presente no Atlântico Sudoeste pode ser influenciada pelo fechamento de um cavado permanente a leste da banda de nebulosidade, impulsionando a convergência de massa decorrente do estabelecimento da ZCASOCN.

Ambrizzi *et al.*, (2015) no estudo da precipitação como um *proxi* da caracterização da ZCAS detectou a migração da posição do fenômeno em direção para latitudes menores em concordância com o final do verão austral.

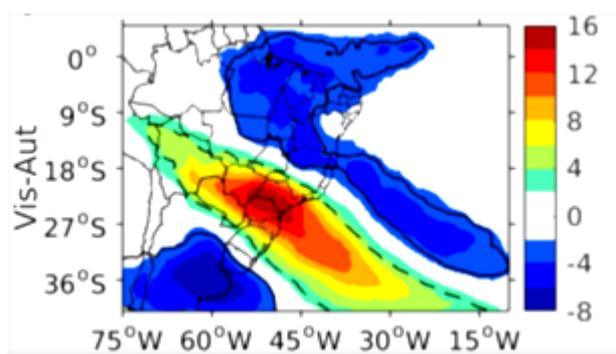
A região de domínio com ocorrência de ZCASOCN tem origem na região amazônica e se estende até o Atlântico Sul, abrangendo latitudes tropicais e subtropicais, conectando o continente, a região costeira e o oceano.

3.3 CARACTERÍSTICA CLIMATOLÓGICA

Rosa *et al.*, 2020 no desenvolvimento de um algoritmo computacional de detecção automática da ZCAS e ZCASOCN com o uso da Radiação de

Onda Longa (ROL) como *proxi*, analisou 21 anos de ocorrência do fenômeno para os meses de dezembro, janeiro, fevereiro e março (1996 à 2016), contrapondo com as análises visuais feitas pelo Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC), obtendo assim uma média climatológica da posição, tamanho e anomalias nos fluxos de divergência de massa em 850 hPa. A Figura 4 adaptada do estudo, mostra o produto do algoritmo, entre as latitudes de 15° S e 27° S, e as longitudes de 45° W á 15° W, onde as anomalias negativas de divergência indicam a atuação da ZCASOcn com fluxos atmosféricos convectivos.

Figura 4 - Média climatológica da posição e tamanho da ZCAS. A barra de cores indica anomalias do fluxo divergente de vapor de água, mostrando que na área de atuação da ZCASOcn está ocorrendo pontos de intensa convergência. Adaptado de Rosa *et al.*, 2020.

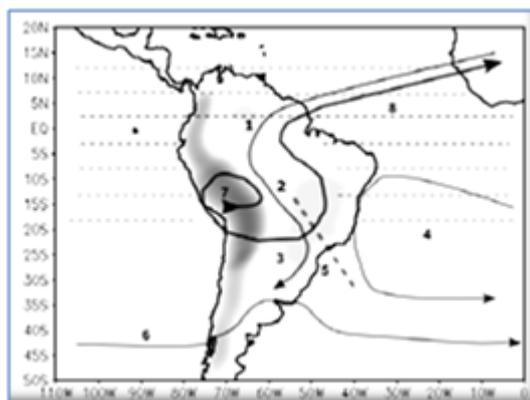


Fonte: (Rosa *et al.*, 2020).

Zilli 2008 descreveu em seu trabalho as principais interconexões geradas na América Latina no verão austral, confluentes com a formação do sistema de Monção da América do Sul. A autora descreve a ZCAS como um fenômeno ligado à anomalia nos ventos alísios ocorrendo uma inversão dos mesmos e ao sistema de monção da América do Sul. Quando uma alta taxa de umidade sobre a floresta Amazônica nos meses de verão austral favorece a convergência de umidade formando uma zona que se estende até o Atlântico Sudoeste como fluxo de umidade e convergência influenciado pela topografia acidentada da Cordilheira dos Andes. A Figura 5 mostra a Alta da Bolívia e Baixa do Chaco, bem como a Alta Subtropical do Atlântico Sul influenciando a posição do fenômeno. A figura mostra também os principais fenômenos ocorrentes no verão austral na América do Sul, o traçado pontilhado indicado

pelo número 5 mostra a região de atuação da banda de nebulosidade componente da ZCAS bem como o corredor de umidade e convecção com sentido NW-SE. No oceano o número 4 representa a Alta Subtropical do Atlântico Sul. O traçado representante de número 2 mostra a anomalia dos ventos alísios para uma direção de NW. Todas estas características ambientais em interfaces dinamicamente conectadas formam as interconexões geradoras do sistema de monção da América do Sul.

Figura 5 - Ilustração dos principais fenômenos ocorrentes no verão austral na América do Sul. O traçado pontilhado indicado pelo número 5 mostra a região de atuação da banda de nebulosidade componente da ZCAS bem como o corredor de umidade e convecção com sentido NW-SE. A alta da Bolívia está representada com o número 7. O número 3 representa a baixa do Chaco, no oceano o número 4 representa a alta subtropical, o traçado representante de número 2 mostra a anomalia dos alísios para uma direção de NW, o número 1 representa os fluxos equatoriais, o número 6 o fluxo de retorno e o número 8 ventos de oeste em latitudes médias. Todas interconexões formando o sistema de monção a America do Sul. Adaptada de Zilli (2008).



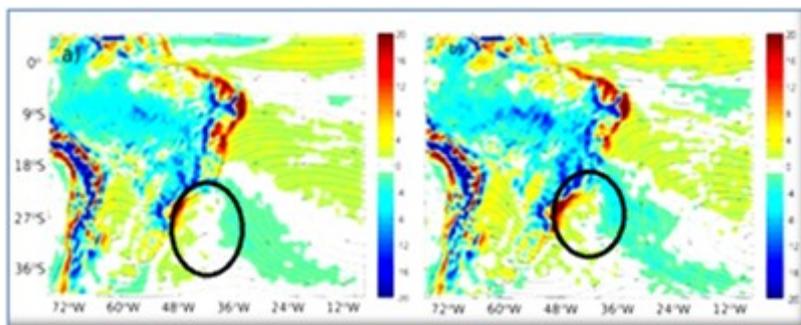
Fonte: (Zilli, 2008).

3.4 CARACTERÍSTICAS DA ZONA DE CONVERGÊNCIA DO ATLÂNTICO SUL OCEÂNICA (ZCASOEN) E ANÁLISE PRELIMINAR DO VÓRTICE CICLÔNICO

A ocorrência da ZCASOEN se caracteriza pelo alongamento da zona convectiva até o oceano Atlântico SW, onde é possível verificar a formação de um vórtice ciclônico em baixos níveis atuando na transformação da CLM e CLA. Rosa (2017), no estudo sobre a interação oceano atmosfera em episódios de ZCASOEN mostra a posição relativa do vórtice. Na figura 6 as cores da barra mostram anomalias no fluxo de divergência de massas de ar atmosférico,

ou seja, as cores tendendo ao azul representam anomalias negativas de divergência, por analogia representa a área ativa de convecção, sob o vórtice está um sombreado com cores próximas da normalidade com um tom azul inferindo anomalias positivas na divergência, possivelmente associado a fluxos de precipitação. Esta região será comparada com a análise do nosso estudo de caso de janeiro de 2013 ressaltando as semelhanças e discrepâncias quanto aos transportes de fluxo na área sob atuação do vórtice, bem como a descrição das condicionantes físicas oceânicas. Utilizando a modelagem numérica com o objetivo de entender melhor e prever o estado físico dos oceanos e da atmosfera Sob o a ocorrência de ZCASOCN que é a ZCAS composta pela banda de nebulosidade de sentido NW para SE sobre o Atlântico SW, em médios níveis, juntamente com o cavado (configuração inicial de sistema de baixa pressão) formado em baixos níveis atmosféricos a SW.

Figura 6 - Os traçados são linhas de corrente em 850 hPa, as cores representam anomalias no fluxo de divergência de massa média também em baixos níveis atmosféricos (1996 à 2016), os círculos em preto destacam a evolução do cavado (sistema aberto de baixa pressão atmosférica à esquerda (a) e a direita (b) o fechamento do vórtice ciclônico. Modificado de Rosa (2017).



Fonte: (ROSA, 2017).

3.5 BOMBEAMENTO DE EKMAN PARA O HEMISFÉRIO SUL

Em vórtices ciclônicos no hemisfério sul, o Bombeamento de Ekman fornecido pelo giro, associado a uma baixa pressão atmosférica, provoca a convergência da massa de água subjacente ao fenômeno atmosférico. Pois como na baixa pressão atmosférica do ar tende a ficar mais leve devido a um incremento na porcentagem de vapor de água associado aos demais gases e elementos traços que compõem a atmosfera que mais leve passa então a

provocar movimento ascendente fazendo com que uma camada maior de água se acumule na superfície aprofundando a termoclina e enfraquecendo os movimentos ressurgentes de massas de água frias ricas em nutriente (MCGILLICUDDY; ROBINSON, 1997).

3.6 APLICAÇÕES COM DADOS DE REANÁLISE

Campos de reanálise que são produzidos através da combinação de dados observados com modelos numéricos tornaram-se uma importante ferramenta que vem sendo utilizada em diversos estudos a fim de elucidar os comportamentos da interação oceano-atmosfera (PULLEN *et al.*, 2017). Por exemplo, este tipo de dados permite descrever detalhes de velocidade de corrente, como feito por Mendonça *et al.* (2017) o qual utilizando esta ferramenta foi capaz de reproduzir as principais características termohalinas das águas que dominam a plataforma continental sul do Brasil. Da mesma forma fez Pimenta *et al.* (2005) em um estudo numérico da pluma do Rio da Prata, para estudar seu comportamento baseado em campos de modelo oceânico regional. Os resultados sugerem que o uso de dados de modelos oceânicos acoplados pode ser de grande valia para várias aplicações sendo fundamental para promover o estudo e o monitoramento da região oceânica (MENDONÇA *et al.*, 2017).

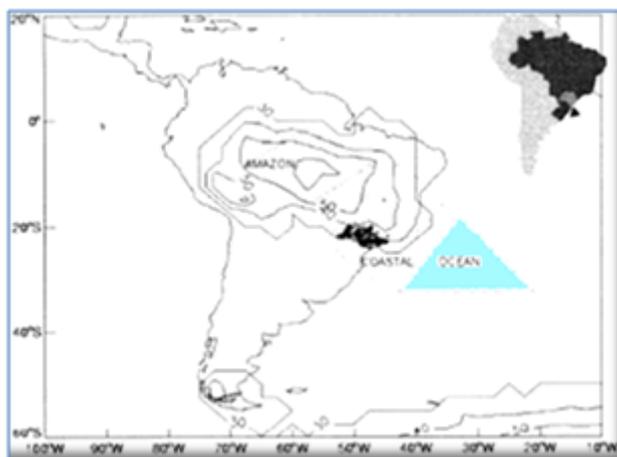
4 MATERIAS E MÉTODOS

4.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A ZCAS é composta pela banda de nebulosidade que se estende desde a região amazônica até o Oceano Atlântico SW em junção com fechamento de cavado em níveis atmosféricos médios com vorticidade positiva em altos níveis sendo o foco do estudo onde a área de ocorrência correspondente a bacia oceânica sob influência da ZCASOCN. Esta área é ilustrada na Figura 7 com um triângulo sombreado em azul, simbolizando a região de provável ocorrência. Considerando a maior abrangência de ocorrência do fenômeno, foi definida a Área Dinâmica de Interesse (ADI) como

a cobertura espacial de latitude entre 35° S a 10° S e longitude entre 55° W a 25° W, com o intuito de descrever a posição da ZCASOEN, bem como as condições atmosféricas e oceânicas que influenciaram a zona de convergência. Imagens de satélite realçadas no canal infravermelho e cartas sinóticas da Marinha do Brasil foram utilizadas para validar a ADI para análise das condicionantes físicas por variáveis do CFSRv2, GLORYS e TRMM.

Figura 7 - Área onde ocorre a banda de nebulosidade com sentido NO-SE, desde a região Amazônica até o Atlântico Sudoeste. O triângulo representa a porção oceânica quando o fenômeno está conectado com a área continental, costeira e oceânica sendo a parte oceânica o foco do presente estudo de caso. Adaptado de Carvalho *et al.* (2002).



Fonte: (CARVALHO *et al.*, 2002).

4.2 VARIÁVEIS OCEÂNICAS DE REANÁLISES GLORYS

Para análise das variáveis oceânicas foi feita a aquisição dos dados do projeto GLORYS (Global Ocean Reanalysis and Simulation), sendo este um produto de reanálise física para o oceano global produzido por *Copernicus Monitoring Environment Marine Service* (CMEMS). Os dados possuem as coordenadas (X,Y,Z,T) fornecendo descrições do estado físico do oceano. Os campos são produzidos a partir do modelo numérico ORCA025 com assimilação de dados de satélite e dados coletados in situ. As variáveis analisadas neste estudo foram à temperatura da superfície do mar, as componentes da corrente oceânica, a altura da superfície do mar, a salinidade e a espessura da camada de mistura. Estes dados são projetados por 75 níveis oceânicos. As unidades são (°C) para temperatura, (PSU) para salinidade e

(m.s⁻¹) para os dados de velocidade. A espessura da camada de mistura definida por *sigma* e *theta* é obtida na profundidade em que a densidade aumenta 0,01kg/m³ em comparação com a densidade nos 10 m de profundidade (COPERNICUS,2017).

4.3 VARIÁVEIS ATMOSFÉRICAS DO MODELO CFSRV2

Para a análise acoplada foi feita a aquisição dos dados do modelo do *Nacional Centers for Environmental Predictions (NCEP) Climate Forecast System Version 2 (CFSRv2)*, que comporta dados horários e produtos de séries temporais bem como médias mensais. O modelo é composto de um sistema de acoplamento entre modelo oceânico e atmosférico, está operacional desde março de 2011. O sistema é composto por um melhoramento das assimilações de dados e componentes do modelo, sendo um sucessor do CFSRv1 que se manteve operacional por 32 anos. O modelo atmosférico resolve as equações de *Navier-Stokes* através de integração numérica por método espectral com um truncamento de 126 ondas (T126). As análises deste modelo estão disponíveis a uma resolução espacial de 0.2 graus de latitude-longitude. Na sessão vertical possui 64 camadas híbridas de pressão (σ). Os campos atmosféricos e oceânicos diários estão disponíveis a cada seis horas (0000, 0600, 1200 e 1800 UTC) para o período entre 1979 até os dias atuais (SAHA *et al.*, 2014). Estes dados podem ser adquiridos a partir do banco de dados do NCAR <https://rda.ucar.edu/datasets/ds633.0/>.

4.4 VARIÁVEL DE PRECIPITAÇÃO POR DADOS DO TRMM

Para a análise da precipitação na área foram utilizados campos de precipitação obtidos do projeto *Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM)*. Estes campos são construídos por estimativas de vários satélites incluindo um satélite utilizado com sensor ativo de radar de precipitação, juntamente com sensores passivos como o sensor visível, o infravermelho e o gerador de imagens por micro-ondas (TMI) para descrição quantitativa da chuva tropical e subtropical. O TRMM ainda contou com sensor de imagem de relâmpago e radiômetro de varredura de banda larga. Obtendo series temporais de chuvas

desde janeiro de 1998 até novembro de 2014. Os cálculos da taxa de precipitação no TMI são baseados na lei de radiação de *Plank*, que descreve o quanto de energia que um corpo irradia devido a sua temperatura (HUFFMAN, 2007).

4.5 ANÁLISE DE DADOS

Considerando a metodologia de detecção automática para episódios de ZCAS sobre o oceano de Rosa *et al.* (2020) onde foram detectado 14 dias consecutivos de ocorrência do fenômeno entre 06 e 19 de janeiro de 2013, considerando os parâmetros fundamentais de ocorrência descritos por Quadro (1994), estes dados foram utilizados para pré definição dos dias no estudo de caso.

Posteriormente foram realizadas análises sinóticas das imagens do satélite GOES-13 e cartas meteorológicas de pressão ao nível médio do mar da Marinha do Brasil (ANEXO), para delimitação da área de estudo e verificação da ocorrência de atividade convectiva por toda a área de ocorrência do fenômeno, seguindo a metodologia tradicional de detecção por análise de ROL em imagens de satélite.

Em sequência as análises consistiram de resultados de reanálises de variáveis do oceano e atmosfera destas duas bases de dados diferentes (i.e. GLORYS e CFSRV2) corroborados com dados da NASA GES DISC do projeto TRMM para o estudo de caso de ZCASOCCN ocorrido no mês de janeiro de 2013, baseados em três períodos distintos da ZCASOCCN (pré-ocorrência, ocorrência e pós-ocorrência). A análise da atividade deste caso mostrou que a ZCAS esteve ativa no período entre 9-17 de janeiro de 2013 (CORREIA, 2013).

Os dados do GLORYS de reanálise para o oceano estão apresentados na Tabela 01. Estes dados serviram de base para o levantamento das características físicas presentes na região oceânica, onde analisamos as correntes oceânicas pelas variáveis de velocidade das correntes zonal e meridional em ($m.s^{-1}$), altura da superfície do mar em (m), espessura da camada de mistura (m), salinidade (psu) e temperatura da superfície do mar ($^{\circ}C$).

Tabela 1 - Variáveis analisadas de reanálises do GLORYS

Dados	Resolução espacial	Área de estudo	Período	Fonte
Temperatura Superfície do mar analysed_sst [degC]	0,05° x 0,05°	-10° - 35° S -25° - 54° W	JAN 2013	SST_GLO_SST_L4_NRT_OBSERVATIO NS_010_001
Salinidade so_cglo [PSU]	0,25° x 0,25°	-10° - 35° S -25° - 54° W	JAN 2013	GLOBAL_REANALYSIS_PHY_001_031
Velocidade meridional u0_cglo [ms ⁻¹]	0,25° x 0,25°	-10° - 35° S -25° - 54° W	JAN 2013	GLOBAL_REANALYSIS_PHY_001_031
Velocidade zonal vo_cglo [ms ⁻¹]	0,25° x 0,25°	-10° - 35° S -25° - 54° W	JAN 2013	GLOBAL_REANALYSIS_PHY_001_031
Espessura CMM zos_cglo [m]	0,25° x 0,25°	-10° - 35° S -25° - 54° W	JAN 2013	GLOBAL_REANALYSIS_PHY_001_031

As variáveis utilizadas para análise acoplada do CFSRv2 estão descritas na Tabela 2. Estes dados incluem fluxo de calor latente (Wm^{-2}), fluxo de calor sensível (Wm^{-2}), fluxo de radiação de onda longa para cima (Wm^{-2}) e fluxo de radiação de onda curta para baixo (Wm^{-2}) todos utilizados na análise dos fluxos de calor ao longo da ADI.

Tabela 2 - Variáveis analisadas de reanálises do CFSRv2

Dados	Resolução espacial	Área de estudo	Período	Fonte
V-Component of Wind [ms ⁻¹]	0.5° x 0.5°	-10° - 35° S -25° - 54° W	JAN 2013	ds094.1 NCEP (CFSRv2) Selected Hourly Time-Series Products
U-Component of Wind [ms ⁻¹]	0.5° x 0.5°	-10° - 35° S -25° - 54° W	JAN 2013	ds094.1 NCEP (CFSRv2) Selected Hourly Time-Series Products
Downward shortwave radiation flux [Wm ⁻²]	0.5° x 0.5°	-10° - 35° S -25° - 54° W	JAN 2013	ds094.1 NCEP (CFSRv2) Selected Hourly Time-Series Products
Upward longwave radiation flux [Wm ⁻²]	0.5° x 0.5°	-10° - 35° S -25° - 54° W	JAN 2013	ds094.1 NCEP (CFSRv2) Selected Hourly Time-Series Products
Latent heat flux [Wm ⁻²]	0.5° x 0.5°	-10° - 35° S -25° - 54° W	JAN 2013	ds094.1 NCEP (CFSRv2) Selected Hourly Time-Series Products
Sensible heat flux [Wm ⁻²]	0.5° x 0.5°	-10° - 35° S -25° - 54° W	JAN 2013	ds094.1 NCEP (CFSRv2) Selected Hourly Time-Series Products

O OpenGrADS foi uma das ferramentas utilizadas para análise e exibição de dados. Este sistema é distribuído gratuitamente na internet (<http://cola.gmu.edu/grads/downloads.php>), tem os direitos autorais

pertencentes ao Centro para Estudos dos Oceanos – Terra – Atmosfera (COLA) da *George Mason University*. O sistema aceita dados com quatro dimensões (latitude, longitude, nível e tempo), sendo assim, a modelagem oceanográfica que possui resolução variável é diretamente suportada pelo sistema.

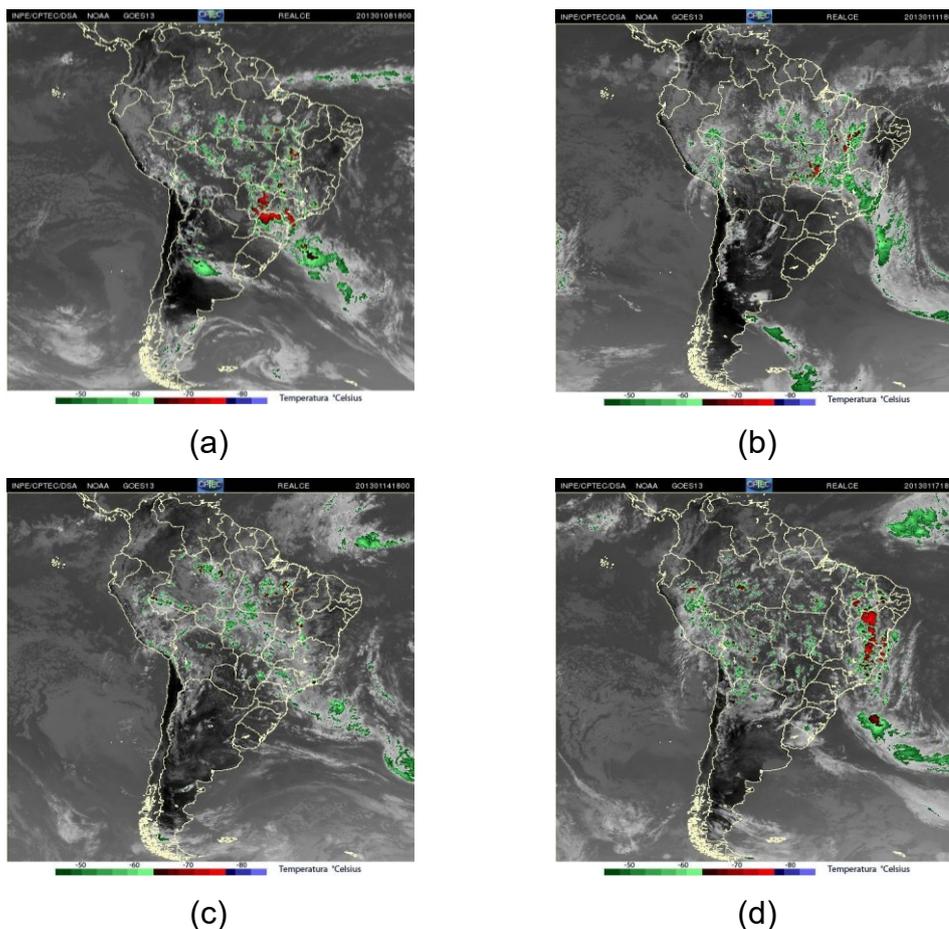
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 ANÁLISE SINÓTICA DO EPISÓDIO DE ZCAS

De acordo com Rosa *et al.* (2020), durante o mês de janeiro de 2013 o algoritmo automático detectou um dos casos mais duradouros de ZCAS, que perdurou entre os dias 6 e 19 de janeiro. A sequência de imagens de satélite realçada apresentada na Figura 08 mostra a configuração e posicionamento da banda de nebulosidade que se estende desde a parte NW do país (região amazônica) até o oceano Atlântico Sudoeste. As imagens mostram que os topos das nuvens chegam a $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ (cores verdes), nas cores vermelhas com o topo em $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$ e o núcleo em azul com temperaturas de topo em $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$, sendo estas temperaturas características de nuvens convectivas profundas (FERREIRA, 2010), durante o período.

No dia 08 de janeiro (Fig. 8a), a ZCAS já está configurada sobre o continente. No dia 11 (Fig. 8b) a ZCAS está configurada até a região costeira, principalmente sobre os estados do Rio de Janeiro (RJ) e Espírito Santo (ES). No dia 14 (Fig. 8c) temos a atuação da ZCASOCN e no dia 17 (Fig. 8d) temos a dissipação do fenômeno. Sobre o oceano Atlântico a ZCAS, em geral, manteve sua posição semi-estacionária, com núcleos convectivos intensos próximos a costa da região SE do Brasil. Este padrão supracitado só muda completamente no dia 25 do referido mês.

Figura 8 - Imagem realçada no canal infravermelho do satélite GOES-13 para as 18UTC dos dias (a) 8, (b) 11, (c) 14 e (d) 17 de janeiro de 2013.



Fonte: NOAA/INPE/CPTEC/DSA.

As cartas sinóticas de pressão ao nível do mar, emitidas regularmente pela Marinha do Brasil, descrevem para o mês de janeiro de 2013 a delimitação da Área Dinâmica de Interesse (ADI) ilustrada em caixa de cor preta na Figura 09. As cartas meteorológicas diárias do período de estudo estão apresentadas em sua completude no Anexo I. A descrição sinótica inicia no dia 07 de janeiro quando se verificou a confirmação da ZCAS. Neste dia no horário de 00Z os centros de baixa pressão (baixa do Chaco) e o sistema com núcleo 40° S e 50° W ganharam intensidade com a aproximação de uma frente fria, (núcleos com 996 hPa). Durante o dia, o sistema de baixa pressão localizado na região central do país avançou para a região costeira da ADI com núcleo em 1006 hPa e aproximou de um cavado localizado na borda NW da Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS). No dia 07 às 12 Z os sistemas de baixa pressão se apresentavam em uma configuração diagonal e linear em forma de banda de

sentido NW–SE desde o oceano Pacífico tropical até o oceano Atlântico subtropical, defrontando com a ASAS.

No dia 08 às 00 Z o padrão linear supracitado se transformou em um extenso cavado que se estendeu desde a baixa do Chaco até a plataforma continental do RS. A ADI estava sob efeito da ação de pequenos centros de baixa pressão em frente à isóbata de 1012 hPa da ASAS, às 12 Z o cavado presente nas 00 Z se fechou em um pequeno centro de baixa pressão com núcleo em 1004 hPa unindo-se a baixa do Chaco com núcleo em 1000 hPa, formando um sistema frontal que começa a agir sobre a ADI. No dia 09 às 00 Z pequenos sistemas de baixa pressão se alinharam e se conectaram agindo sobre a ADI. No horário de às 12 Z o núcleo de um sistema frontal em (40° S e 40° W) teve a frente localizada sobre o estado de SP que se conectou a uma ampla área de baixa pressão continental.

Durante o dia 10 às 00 Z o sistema frontal supracitado avança para o RJ e se acoplou a uma ampla área convectiva de sentido NW-SE que se estendeu desde a floresta Amazônia até o oceano Atlântico Sudoeste (ASW), às 12 Z configurou a ZCAS (costeira), quando o fluxo convectivo desde a floresta Amazônia estende-se até o oceano ASW e acopla-se a um sistema frontal de caráter estacionário. No dia 11 às 00 Z as frentes frias associadas à frente polar se conectam a ZCAS cuja mesma ficou acoplada a um sistema de baixa pressão com núcleo em 1006 hPa posicionado sobre (35° S e 40° W), às 12 Z o mesmo sistema de baixa pressão de agora adiante chamado de Sistema de Baixa Pressão da ADI (SPBADI) permaneceu com núcleo em 1006 hPa, ligando sua frente a outro núcleo de baixa pressão em (27° S e 43° W), sendo este também componente dos (SPBADI) que conectam ZCAS (continental) e ZCAS (costeira).

No dia 12 às 00 Z os dois SBPADI citados anteriormente se acoplaram e mantiveram o núcleo em (35° S e 42° W) com 1006 hPa, às 12 Z o núcleo se enfraqueceu e apresentou com 1010 hPa com um pequeno deslocamento para 40° W. Dia 13 às 00 Z o SBPADI esteve com o núcleo posicionado em (37° S e 45° W) mantendo sua frente conectada a ZCAS (costeira e continental), corroborando com a configuração de ZCASOCN agindo fortemente sobre a região costeira entre 30° S e 20° S. Dia 13 às 12 Z o SPBADI se despreendeu da frente fria e passou a se tornar um cavado conectado a ZCAS (costeira). O

núcleo do SBPADI está em 38° S e 42° W conectado a um sistema frontal que se desloca de W para E na área da frente polar.

A partir do dia 14 às 00 Z a intensa Frente Polar se acoplou a um cavado e este a ZCAS (costeira), às 12 Z uma extensa área com ocorrência de ZCASOCCN se estendeu até 35° S sobre o oceano ASW. No dia 15 às 00 Z a configuração do dia anterior se manteve, às 12 Z o alcance da ZCASOCCN esteve extensa sobre o oceano, na região costeira a banda de nebulosidade que estava sobre ES e RJ agora atua sobre São Paulo (SP) e Paraná (PR). No dia 16 às 00 Z a ZCASOCCN se manteve bem configurada, mas às 12 Z o grande sistema frontal oriundo da Frente Polar avançou cada vez mais em direção a costa africana, passando a se despreendendo da ZCASOCCN.

No final do evento, a partir do dia 17 às 00 Z a ASAS quebrou o padrão extenso da ZCASOCCN que passou a atuar de 30° S a 23° S e 45° W a 40° W. No horário das 12 Z um núcleo de baixa pressão com característica de SBPADI se formou em 33° W com 43° W acoplado se espacialmente junto a ZCAS (costeira). No dia 18 às 00 Z com núcleo em 1008 hPa o SBPADI se manteve ativo e conectado a ZCAS (costeira), que avançou para norte em direção a menores latitudes, às 12 Z a ZCAS (costeira) avançou mais ainda para norte e se conectou com o SBPADI que manteve a posição do núcleo com 1006 hPa. No dia 19 às 00 Z em diante o SBPADI se afastou para o oceano e o padrão de ZCAS (costeira) foi quebrado.

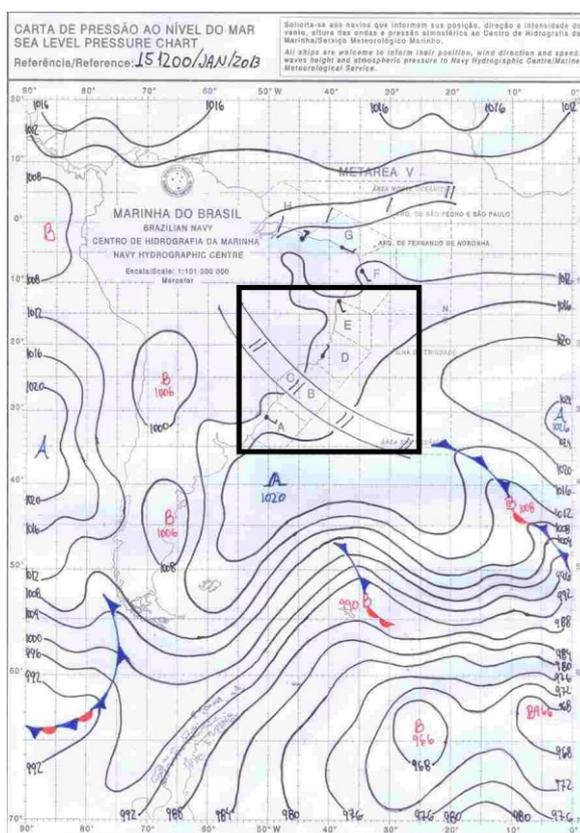
Uma nova formação de ZCAS (costeira) ocorre no dia 22, agora bem deslocada para norte, atingindo o estado da Bahia, associada a um SBPADI sob o oceano com núcleo em 30° S e 25° W. Essa configuração se manteve até o dia 24 às 12 Z, sem mais ocorrência de ZCASOCCN até o final do mês de janeiro de 2013.

A carta sinótica de PNMM do dia 15 representada na figura 9 também mostra a ZCASOCCN presente com a maior amplitude em área, ocorrida durante o mês de janeiro de 2013.

Foi possível verificar com a análise sinótica do mês que o fenômeno teve a dinâmica diretamente relacionada com a alta convecção continental quando acoplada na região costeira a um núcleo de baixa pressão que se manteve com caráter estacionário próximo a zona costeira dos estados brasileiros entre RJ e ES, que por sua vez se faz conectado a sistemas frontais

de grande intensidade que se deslocam pelo cinturão das baixas pressões da frente polar. Com a ADI delimitada utilizamos o recorte para fazer as análises físicas e detalhar o comportamento da parte oceânica sobre o efeito da ZCASOEN, bem como o detalhamento dos fluxos de calor. O fenômeno ocorreu com maior intensidade entre o dia 14 das 12 Z até o dia 16 às 12 Z. Sendo que desde o dia 10 as 12 Z já se mantêm bem configurada a ZCAS (costeira) já estava bem configurada e a mesma voltou a se configurar com o enfraquecimento da ZCASOEN no dia 17 as 00 Z.

Figura 9 - Carta sinótica de pressão ao nível do mar (PNMM) para 15 de janeiro de 2013 as 12:00 Z, mostrando a posição ZCASOEN e a delimitação mais abrangente da ADI em (55° W, 25° W e 35° S, 10° S), destacada com uma caixa preta.



Fonte: Marinha do Brasil.

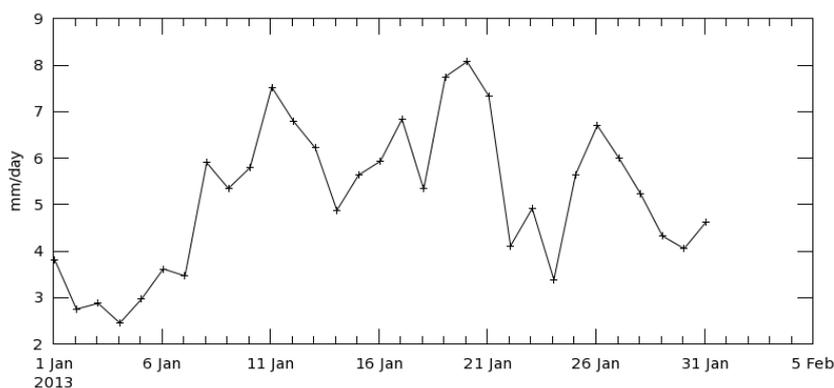
5.1.1 Precipitação

A precipitação é uma das variáveis que melhor representa a presença da ZCAS. A Figura 10 apresenta uma série temporal da taxa de precipitação na

região ADI para o mês de janeiro de 2013. Os resultados mostram que altas taxas de precipitação tiveram início em 08 de Janeiro e permanecendo alta por todo o período ativo durante o mês. O volume de chuva médio para área de estudo variou de 6 – 8 mm/dia nos dias ativos, alternando entre dias mais (8, 9, 10, 11, 12, 15, 16) e menos (13,14 e 18) chuvosos.

Figura 10 – Série temporal da taxa de precipitação (mm/dia) média espacial ao longo do mês de janeiro de 2013, para a ADI.

Time Series, Area-Averaged of Precipitation Rate daily 0.25 deg. [TRMM TRMM_3B42_Daily v7] mm/day over 2013-01-01 01:30Z - 2013-02-01 01:29Z, Region 55W, 35S, 25W, 10S



Fonte: TRMM.

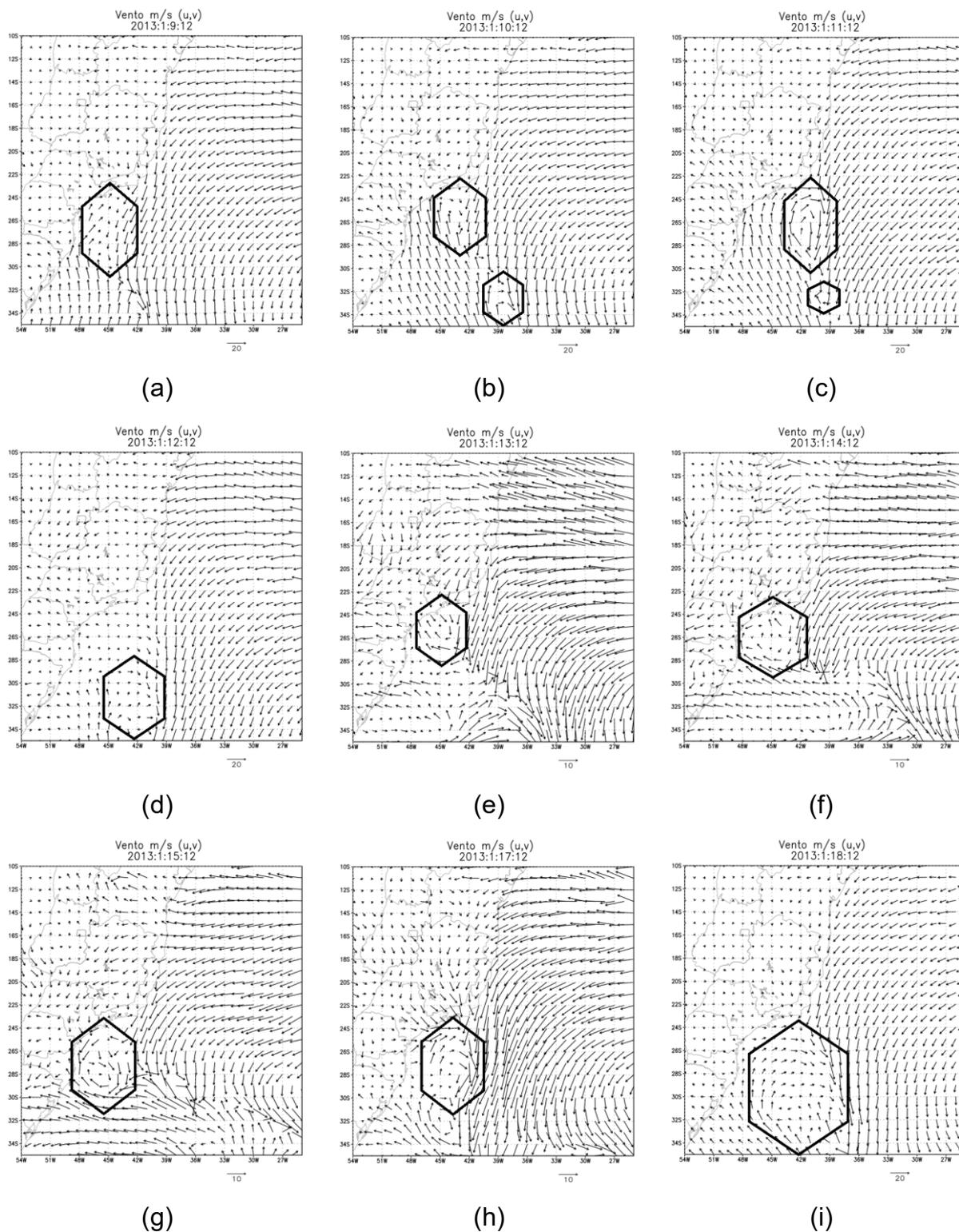
A seguir são apresentados os resultados baseados nos dados de reanálises do GFSRv2. A Tabela 02 apresenta as variáveis usadas.

5.2 PADRÃO ATMOSFÉRICO ASSOCIADO À ZCASOEN

5.2.1 Vento em superfície

A composição das componentes superficiais (u,v) em (ms^{-1}) na isóbata de 1000 hPa foram plotadas para descrever a circulação dos ventos. A análise das 12 Z no dia 10 até 12 Z do dia 19 mostram a presença de um ciclone com caráter estacionário, nos dias 13, 14 e 15 (Fig. 11e, 11f e 11g) com centro em 25°S e 45°W , período em que foi identificado nas cartas sinóticas da Marinha do Brasil a presença de ZCASOEN. Sendo importante ressaltar que esse ciclone costeiro associado à ZCASOEN também foi observado nos trabalhos de Rosa *et al.* (2020) e Brasiliense *et al.* (2018).

Figura 11 - Composição das componentes (u,v) em (ms^{-1}) para o vento em superfície 1000 hPa, nos dias ativos de ZCAS (costeira) dias 9 (a), 10 (b), 11 (c), 12 (d), ZCASOCN dias 13 (e), 14 (f), 15 (g), 16 (h) e pós evento dias 17 (i), 18 (j) Dados de reanálise global extraído do CFSRv2.



Fonte: Autora.

No início da análise (Fig. 11a e 11b) o forte gradiente de pressão presente favorece a ocorrência de ventos com 20 ms^{-1} associados a um sistema frontal que atinge o PR e SP. Durante o dia 11 (Fig. 11c) uma ampla área sob influência de um ciclone ocorre na zona frontal com a ASAS, onde o núcleo do ciclone se encontra (26° S e 41° W) com um raio atingindo toda a área litorânea do sul do Brasil. No dia 12 (Fig. 11d) o ciclone perde intensidade e os ventos passam a apresentar em média 10 ms^{-1} . A partir do dia 13 é possível identificar a presença do ciclone, assim como a linha de frente dos ventos indicando a região de convergência da ZCASOEN. Nos dias 13 e 14 (Fig. 11e e 11f) o ciclone atua sobre a região litorânea do estado de SP, com núcleo em (25° S e 45° W), aumentando seu raio no dia 14, atingindo o litoral norte de SC, PR e SP. A partir do dia 15 (Fig. 11g a 11j) o ciclone apresentou um leve deslocamento para sul, agindo intensamente sobre a área litorânea de SC.

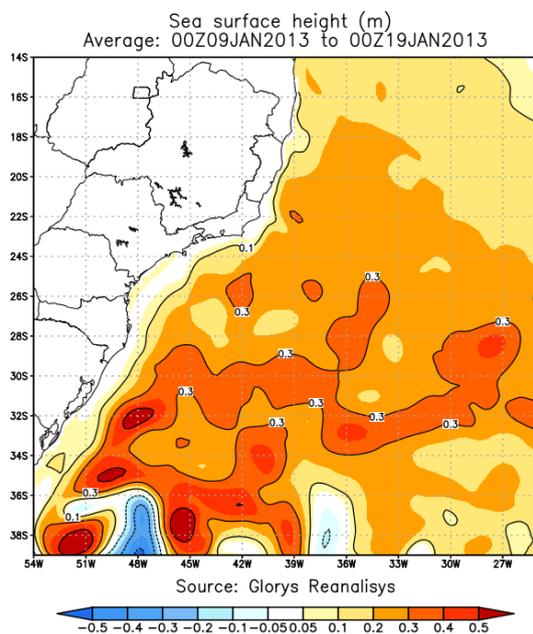
5.3 PADRÃO OCEÂNICO ASSOCIADO À ZCASOEN

A seguir são apresentados os resultados baseados nos dados de reanálises do GLORYS. A Tabela 01 apresenta as variáveis oceânicas usadas.

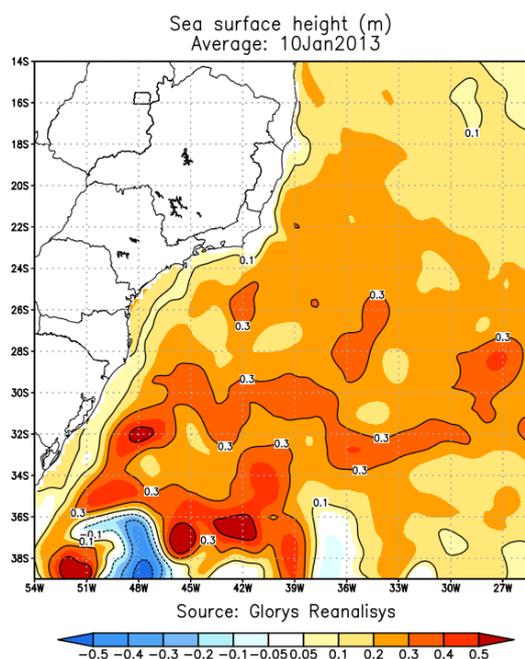
5.3.1 Altura da superfície do mar

Neste subitem são analisados os dados de altura da superfície do mar (Fig. 12), por dados de reanálise física. Nesta análise considera-se o geóide como uma superfície de constante geopotencial com o qual o nível do mar coincidiria se o oceano estivesse em repouso. O parâmetro utilizado por esta variável foi então a diferença entre a altura real da superfície do mar em um determinado momento e local, e a altura considerada para o geóide ao nível do mar em 1atm. A elevação da superfície marinha tem relação direta com fatores internos, ou seja, a dinâmica atmosférica influencia diretamente através das diferenças de pressão resultando no vento que terá a resultante na água corroborada com deslocamento de Ekman, além de influências extraterrestres como a atração gravitacional lunar e solar.

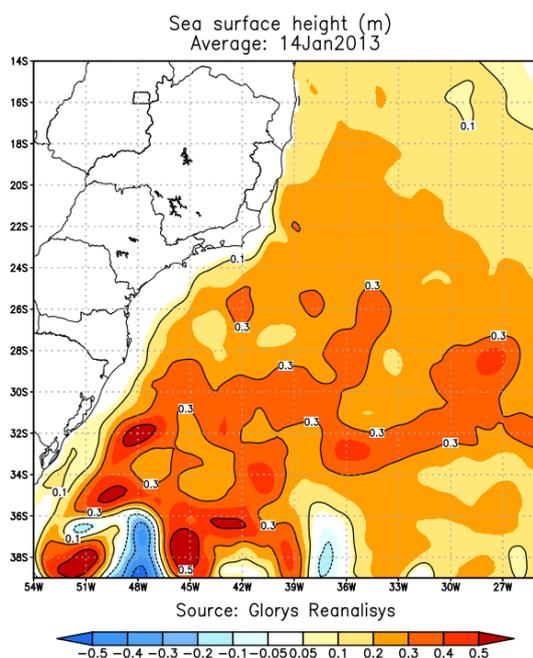
Figura 12 - Altura da superfície do mar, em metros, (a) entre os dias 9 e 19 de janeiro de 2013, e para os dias (b) 10, (c) 14 e (c) 18 de janeiro, obtidos de dados de reanálise oceânica (GLORYS).



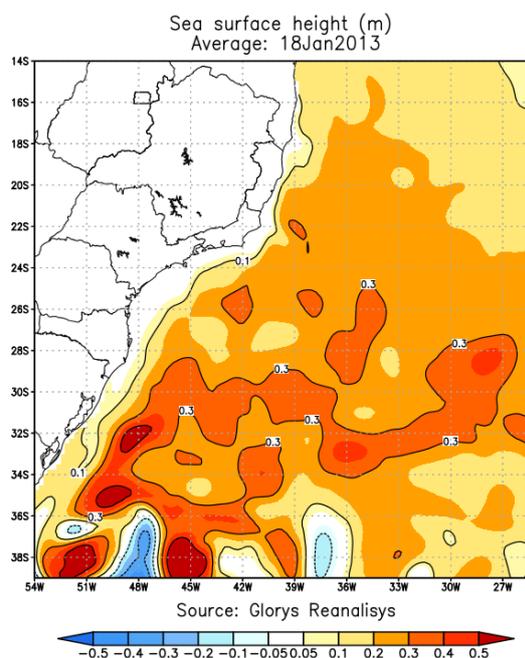
(a)



(b)



(c)



(d)

Fonte: Autora.

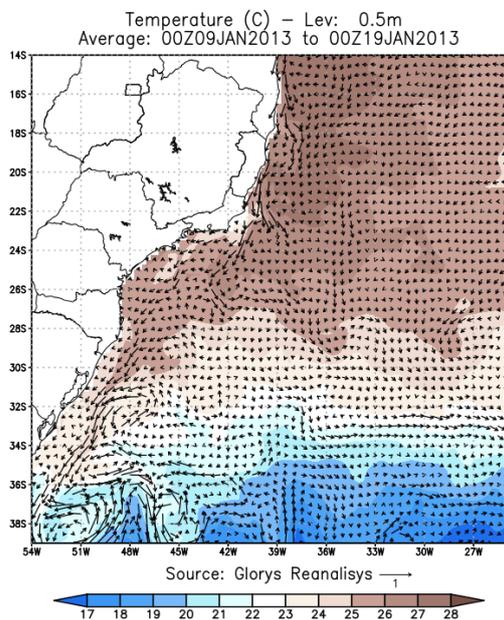
Estimativas da evolução temporal detalhando a evolução da altura média da superfície do mar para 9-19 de janeiro 2013 (Fig. 12a) na ADI mostra um padrão de elevação positiva, com valores entre 0.2 m e 0.3 m sobre o Atlântico Sudeste ligeiramente afastado da costa sudeste sobre a Plataforma Continental entre os estados de RJ e ES. A Figura 10a mostra um sinal de elevação relacionado com a ZCASOCCN onde os valores apresentam altura de 0,2 m e núcleos com 0,3 m. No dia 10, na área sobre a influência da ZCAS (costeira) o litoral desde SC até RJ se mantém com elevação entre 0,1 e 0,2 m (Fig. 12b). Ainda na ADI uma elevação de 0.5 m coincide com a posição média relativa da permanência de vórtice ciclônico marinho na porção oceânica SE. No dia 14 com a ZCASOCCN bem configurada a zona litorânea não apresentou elevação significativa (Fig. 12c). Com a dissipação do fenômeno dia 18, os núcleos com 0,3 m de elevação se mantêm sobre oceano aberto e a costa não apresenta sinais de elevação (Fig. 12d).

5.3.2 Análise da temperatura da superfície do mar e correntes superficiais

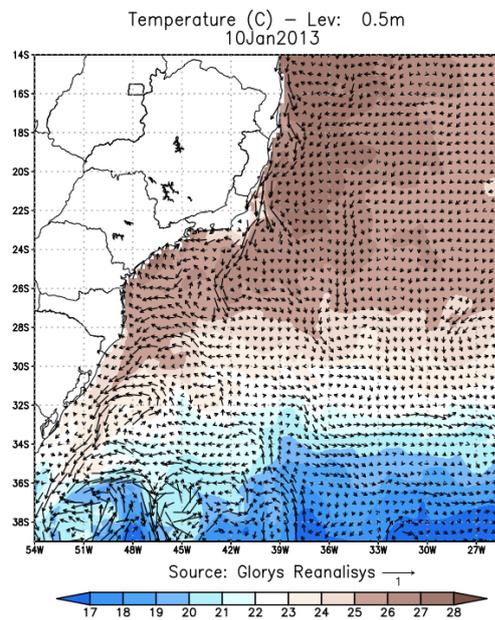
As correntes superficiais no contexto da ADI apresentaram o sinal nítido da atuação da Corrente do Brasil (CB) e esta auxiliando no transporte de calor superficial do Equador para o Atlântico Sul (Fig.13). Sobre a distribuição central da ADI apresentou o gradiente mais intenso de temperatura oceânica refletindo a distribuição latitudinal da distribuição de calor na região Subtropical.

A análise da temperatura do mar composta com as correntes marinhas superficiais, sob o período ativo da ZCASOCCN mostram um desvio das correntes superficiais oriundas da CB para SW (Fig.13a, b, c, d), favorecendo o resfriamento das águas na costa do SE brasileiro corroborando também, para a formação de um vórtice marinho disposto aproximadamente em 26° S e 44° W. No final do período com a dissipação da ZCASOCCN a CB volta a apresentar seu padrão normal em sentido norte – sul ao longo da costa.

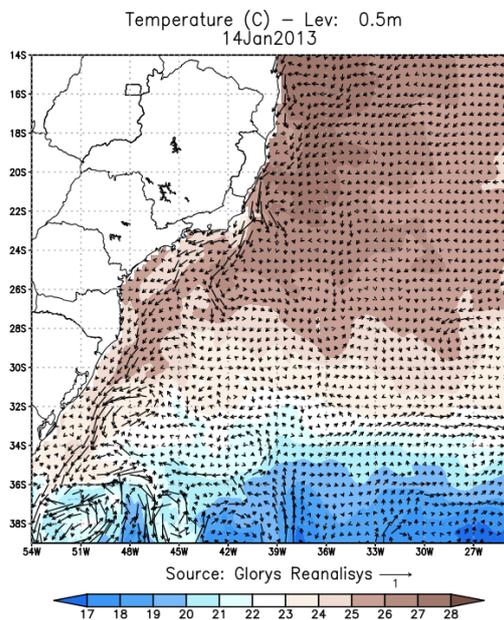
Figura 13 – Temperatura do oceano em ($^{\circ}\text{C}$) e correntes marinhas compostas por (u,v) em (ms^{-1}) a 0.5 metros de profundidade (a) entre os dias 9 e 19 de janeiro de 2013e para os dias (b) 10, (c) 14 e (c) 18 de janeiro, obtidos de dados de reanálise oceânica (GLORYS).



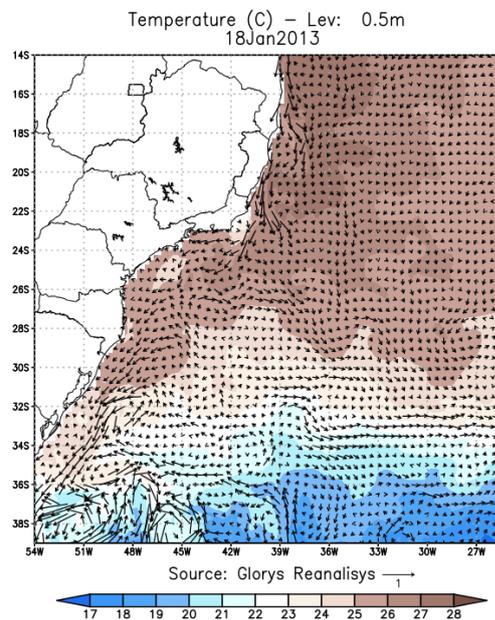
(a)



(b)



(c)



(d)

Fonte:Autora.

Na área sobre a ocorrência do fenômeno no dia de ZCASOEN mais ativo (Figura 13c) foi possível notar uma floração de águas mais frias, menores que 25°C próximo a costa e na plataforma continental a frente do estado de SP e a manutenção da ressurgência de 23° S, corroborando com os resultados observados por Rosa, (2017) que comparando o padrão médio da TSM e das correntes superficiais (u,v) durante dias ativos de ZCASOEN entre a faixa de (15° S a 20° S) também verificou áreas com TSM menor que as áreas adjacentes. Assim como um afastamento das correntes próximo a costa em 20° S com direção sudeste.

A partir da banda de nebulosidade o quadrante sul da ADI apresenta a influência da circulação oceânica dos fluxos originados pela passagem de ciclones assim como sob a plataforma do Rio Grande do Sul a Influência da Corrente das Malvinas. Esta configuração favorece o encontro de fluidos em deslocamento oposto que conseqüentemente ao se chocar impulsionam circulação meândrica e a ocorrência de vórtices (SILVEIRA *et al.*, 2016).

5.3.3 Salinidade

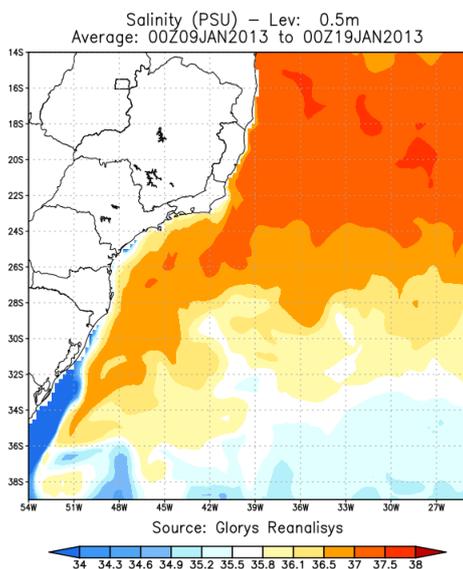
Águas um pouco menos salinas que as referentes a CB ganham destaque sob o efeito da ZCASOEN.

Uma corroboração em profundidade mostra o contraste entre as massas de água atuantes sobre a ADI. Mostra também que as características horizontais da salinidade se mantiveram constantes ao longo do período ativo da ZCAS (costeira e oceânica), na vertical desde 0.5 m de profundidade (Figura 14a), passando por 41,2 m (Figura 14b) até os 133.1 m (Figura 14c) com contração das águas mais quentes para latitudes menores.

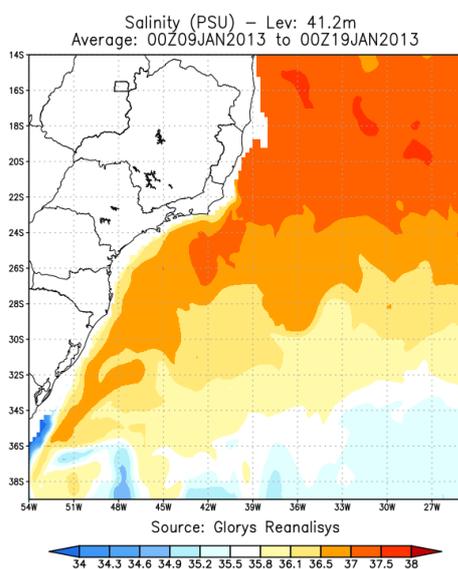
O gradiente de salinidade horizontal e vertical mostrado na figura 14 (a), (b), (c) contempla a atuação de distintas massas de água, pois a diferença de salinidade infere diretamente na origem destas, sendo que, as águas oriundas de norte na parte superficial são mais salinas em virtude da alta evaporação nas latitudes que coincidem com os desertos ao redor do globo, onde a precipitação tem altos níveis em déficit. Do contrário a incorporação do sal nas águas oriundas de sul ocorre devido ao congelamento de calotas

polares e a formação das águas de fundo, na parte superficial tem menor salinidade quando comparada as águas transportadas pela Corrente do Brasil.

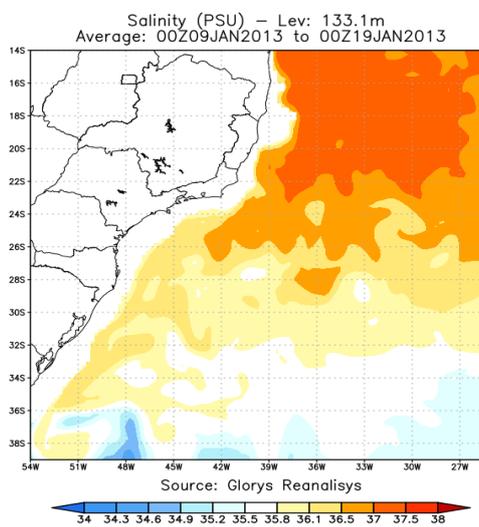
Figura 14 - Salinidade (PSU) horizontal e vertical 0.50 m (a), 41.2 m (b), 133.1 m (c), entre os dias 9 e 19 de janeiro de 2013.



(a)



(b)



(c)

Fonte: Autora

5.3.4 - Espessura da camada de mistura marinha (CMM)

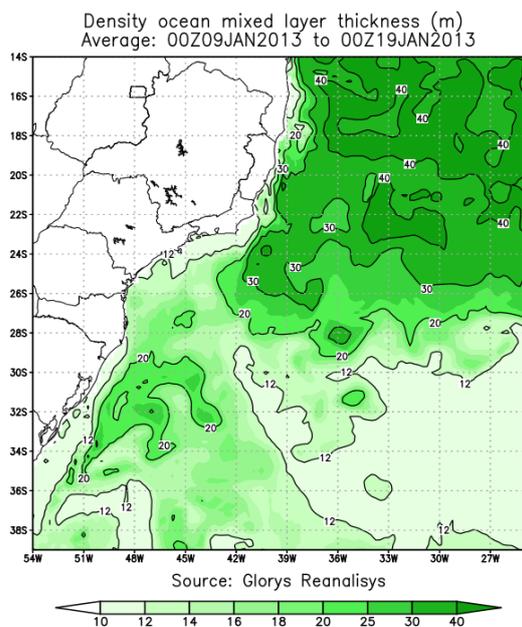
A CMM tem como característica geral a homogeneidade da densidade da água superficial no mar, sendo esta a resultante da combinação do efeito da temperatura diretamente influenciada pela distribuição de calor pelo globo variando em latitude e longitude e também devido à variação da profundidade regime de chuvas e ventos. Consideramos para o estudo de caso a camada de mistura, como uma área que corresponde da superfície até a profundidade em que a radiação solar consegue penetrar, correspondendo a quebra da termoclina quando a temperatura passa a mudar para temperaturas menores conforme aumenta a profundidade, até o limite com a região que as condições atmosféricas locais não afetam mais diretamente a coluna de água.

A resposta da CMM sob o efeito da ZCAS mostrou um alinhamento sob ação do fenômeno com valores mais baixos, em torno de 12 m de espessura, (Figura 15 b), enquanto sobre áreas adjacentes a CMM apresenta valores entre 20 e 30 m de espessura, verificados também no padrão médio, (Figura 13 a). O sinal de menor espessura da CMM corrobora com os menores valores de TSM e salinidade observados no estudo. Portanto a Figura 15 mostra o comportamento da CMM na composição das médias dos dias ativos, além dos dias representantes do pré e pós evento.

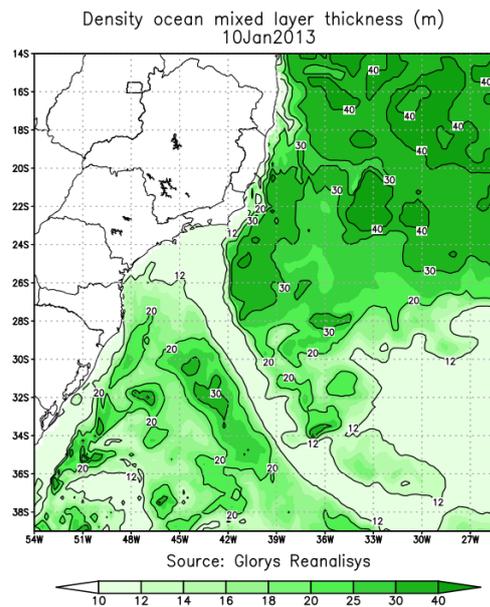
Na área sobre a ocorrência do fenômeno ZCASOEN no dia mais ativo (Figura 13 c) foi possível notar uma sutil floração de águas mais frias menores que 25 °C próximo a costa e na plataforma continental a frente do estado de SP e a manutenção da ressurgência de 23° S. Estes resultados corroboram com os resultados observados por Rosa (2017), quando comparou o padrão médio da TSM e das correntes superficiais (u,v) durante dias ativos de ZCASOEN entre a faixa de 15° S à 20° S com TSM menor que as áreas adjacentes, assim como um afastamento das correntes próximo a costa em 20° S com direção sudeste. A Figura 15c também mostra que no dia 14 com a ZCASOEN ativa ocorre por toda a plataforma continental SE do Brasil com espessuras de 30 m na CMM isso em geral, exceto um ramo aflorado aproximadamente em 26° S e 44° W, corroborado com a divergência da CB. Este sinal alinhado de menores espessuras foram presentes na média dos dias ativos (Fig.15a) e na pré ocorrência (Fig.15b). Ao final do período a dissipação

do fenômeno representado pela Figura 15d mostra a ADI ampliando a área sob valores de CMM em 12 m.

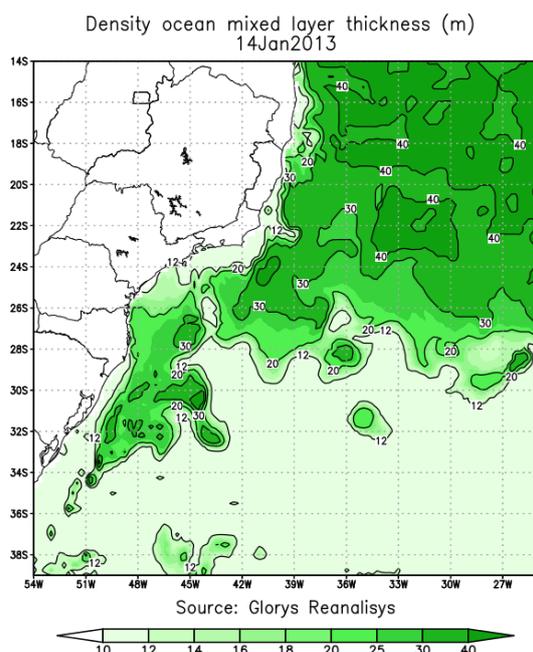
Figura 15 - Espessura da camada de mistura marinha CMM, em metros, (a) entre os dias 9 e 19 de janeiro de 2013, e para os dias (b) 10, (c) 14 e (d) 18 de janeiro, obtidos de dados de reanálise oceânica (GLORYS).



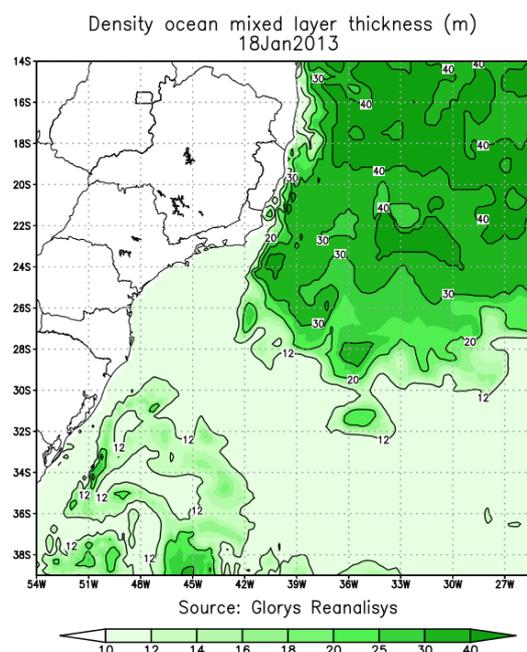
(a)



(b)



(c)



(d)

Fonte: Autora.

A partir da formação da ZCASOCCN o quadrante sul da ADI tem a CMM apresentando a influência da circulação oceânica nos fluxos originados pela passagem de ciclones assim como sob influência da plataforma continental do Rio Grande do Sul. assim como a Influência da Corrente das Malvinas. Esta configuração favorece o encontro de fluidos em deslocamento oposto e consequentemente ao se chocar impulsionam circulação meandrica e a ocorrência de vórtices (SILVEIRA *et al.*, 2016). Ao norte da ZCASOCCN observa-se as maiores espessuras de CMM.

5.4 Fluxos de calor na ADI

Os fluxos de calor nos oceanos são resultado da interação dinâmica entre oceano e atmosfera (BOURASSA, 2010). Considerando um modelo teórico onde as taxas de ganho e perdas de calor buscam pelo equilíbrio no sistema, os componentes do balanço de calor analisados nos campos de fluxo de radiação solar, fluxo de radiação de onda longa (balanço entre o incidente e o refletido na superfície), o fluxo de calor envolvido no processo de evaporação (calor latente) e o fluxo de calor sensível mostraram um comportamento termodinâmico em resposta ao posicionamento médio da ZCASOCCN no mês de janeiro de 2013.

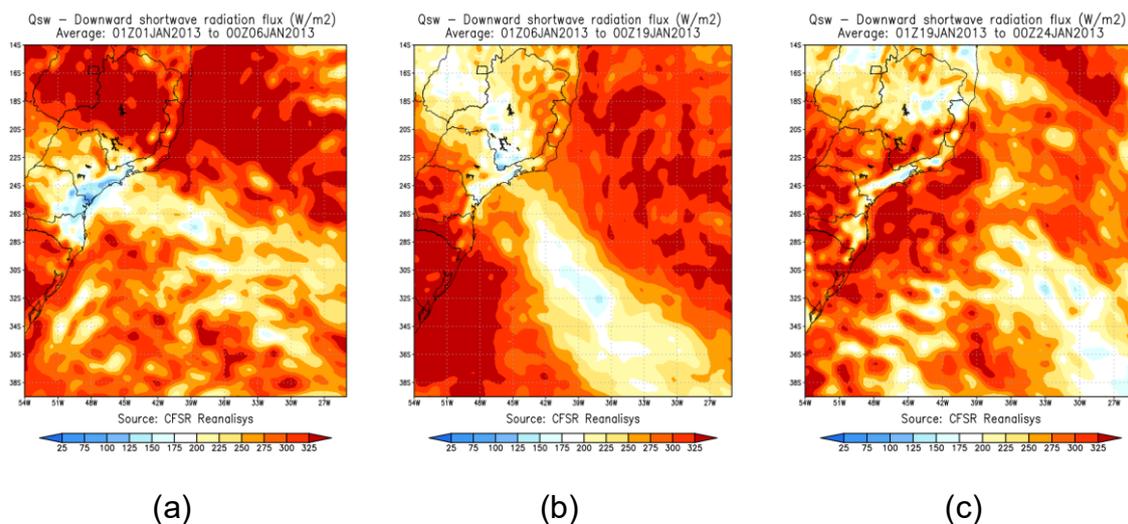
A extensa e intensa banda de nebulosidade que se forma sobre a Zona de Convergência do Atlântico Sul posicionada em sentido NW-SE sobre a Bacia de Campos se estendendo ao oceano aberto causou um sombreamento na superfície. Este sinal ficou evidente no fluxo incidente de radiação de onda curta (Q_{sw} Figura 16 b), onde verificamos um alinhamento diagonalizado sob a posição média da ZCASOCCN com valores menores ($150 - 200 \text{ Wm}^{-2}$) que as áreas adjacentes tanto a nordeste como a sudoeste. Este sombreamento causado pela nebulosidade convectiva reduziu também o fluxo de calor sensível (Q_s), este apresentou um sentido diagonalizado, porém deslocado um pouco mais ao norte em relação ao fluxo de Q_{sw} . O fluxo de Q_s apresentou sinais negativos de até -50 Wm^{-2} sobre a porção oceânica (Figura 16h), mostrando que o fluxo estava da atmosfera para o oceano.

Este resfriamento causado pela atmosfera influenciou a diminuição da evaporação mostrando um sinal de valores menores nos campos de fluxo de

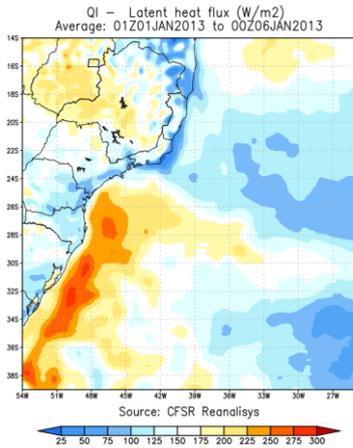
calor latente (Ql Figura 16e) também em resposta ao posicionamento da ZCASOEN. O padrão de alinhamento não foi verificado nos dias anteriores (Figura 16a) e tão pouco nos dias posteriores ao evento (Figura 16c).

O balanço no fluxo de radiação de onda longa emitida (Qlw) apresentou uma diminuição em sentido S – N sobre a plataforma continental entre os estados de SC e RJ. Esta área reflete os resultados das pequenas ressurgências verificadas nos campos de TSM. A quebra no padrão da CB associada ao deslocamento de Ekman referente ao posicionamento médio ZCASOEN ativa favoreceu uma retroalimentação negativa entre oceano e atmosfera.

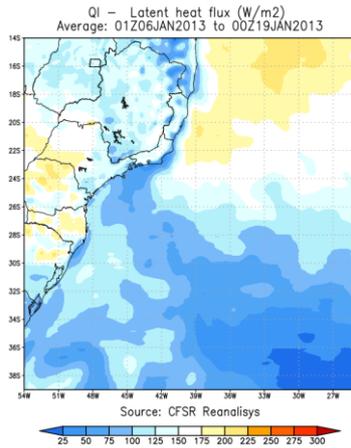
Figura 16 – Mapas das variáveis dos fluxos de calor para a Radiação de Onda Curta incidente na superfície (Qsw), Calor Latente (Ql), Calor Sensível (Qs), e Radiação de Longa emitida pela superfície (Qlw), para os períodos de dias ativos (b), (e), (h) e (k) de ZCASOEN. Pré ocorrência (a), (d), (g), (j) e pós ocorrência (c), (f), (i), (l).



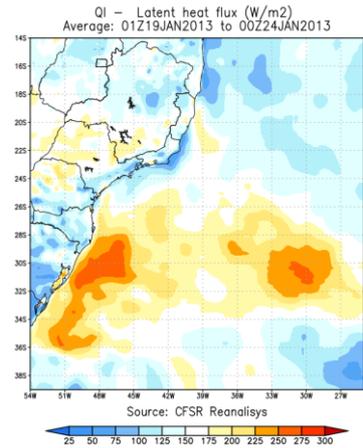
Conforme Figura 16 – Mapas com as variáveis dos fluxos de calor na página seguinte.



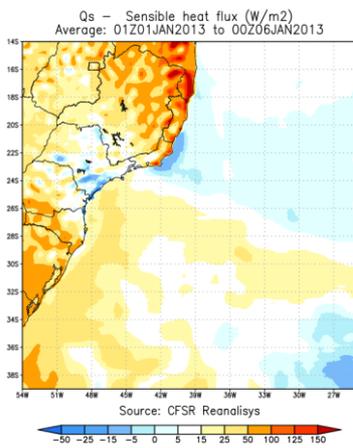
(d)



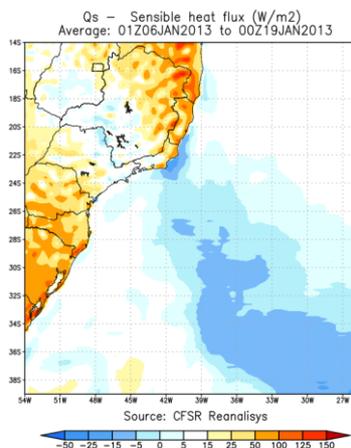
(e)



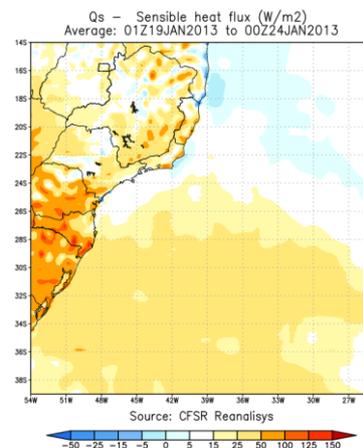
(f)



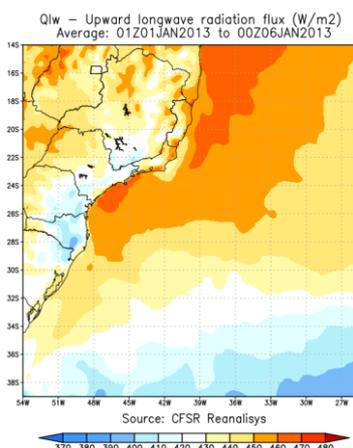
(g)



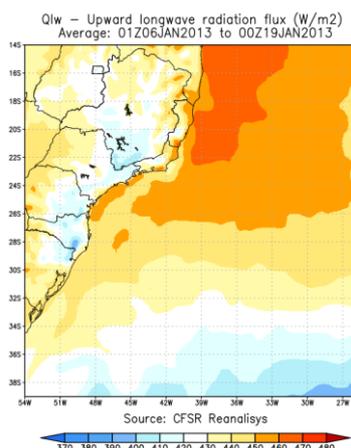
(h)



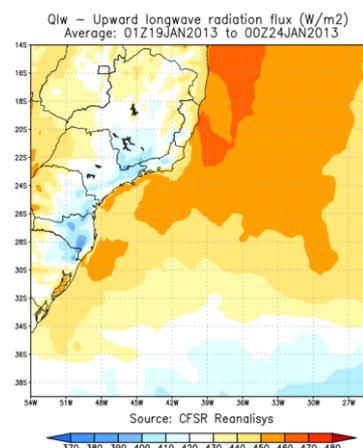
(i)



(j)



(k)



(l)

Fonte: Autora

6 CONCLUSÕES

- Os resultados mostraram que a ZCAS esteve presente, semi-estacionária e intensa no mês de janeiro de 2013.
- Baseado nas cartas sinóticas definiu-se a área dinâmica de interesse (ADI) que abrangeu a porção oceânica com a maior extensão observada do fenômeno.
- A precipitação média espacial na série temporal da ADI para o mês de estudo se apresentou intensa e constante sobre o período ativo do fenômeno.
- O padrão atmosférico analisado pelo campo de vento em superfície mostrou um sistema ciclônico de caráter semi-estacionário à frente da plataforma continental do estado de Santa Catarina.
- O padrão oceânico com o campo de altura da superfície do mar mostrou áreas de menor altura relacionadas ao deslocamento de integral de Ekman entre a quebra da Corrente do Brasil e o sistema de baixa pressão.
- A análise da temperatura da superfície do mar com as correntes marinhas apresentaram núcleos de ressurgência a sudoeste da quebra da Corrente do Brasil.
- O campo de salinidade apresentou águas menos salinas sobre a área de atuação ativa do fenômeno.
- A camada de mistura marinha refletiu o conjunto das demais variáveis ocorrentes sobre a ZCASOCN apresentando uma camada de espessura mais fina em referência às áreas adjacentes.
- Os fluxos de calor indicaram um fator de retroalimentação negativa entre o oceano e a atmosfera relacionados à posição da ZCASOCN e os efeitos de redução de temperatura, fluxos de radiação e calor (sensível e latente).

REFERÊNCIAS

ACKER, J. G.; LEPTOUKH, G. **In: Online Analysis Enhances Use of NASA Earth Science Data**, Eos, Trans. AGU, Vol. 88, No. 2. p. 14 – 17, 2007.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **Governo lança plano com investimentos de R\$ 18,8 bi para prevenir desastres naturais**. 2012. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/noticias-antigas/governo-lanassa-plano-com-investimentos-de-r-18-8.2019-03-15.8211140849>. Acesso em: 18 out. 2019.

AMBRIZZI, Tércio; FERRAZ, Simone E. T. An objective criterion for determining the South Atlantic Convergence Zone. **In: Frontiers In Environmental Science: Atmospheric Science**. Switzerland, p. 1-23, 23 abr.2015. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fenvs.2015.00023/full>. Acesso em: 29 mar. 2020.

BERNHARDT, Joanna R.; LESLIE, Heather M. Resilience to Climate change in Coastal Marine Ecosystems. **In: Annual Reviews of Marine Science**, vol. 5, n. 1, 2013. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Heather_Leslie/publication/229324739_Resilience_to_Climate_Change_in_Coastal_Marine_Ecosystems/links/53d264820cf2a7fbb2e999ad/Resilience-to-Climate-Change-in-Coastal-Marine-Ecosystems.pdf. Acesso em: 18 out. 2019.

BOURLÉS, Bernard *et al.* The PIRATA Program: History, accomplishments, and future directions. **In: Bulletin of the American Meteorological Society**, vol. 89, n. 8, p. 1111–1125, 2008. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Rick_Lumpkin/publication/47640564_The_PIRATA_program_History_accomplishments_and_future_directions/links/0c96051af4e1f28500000000/The-PIRATA-program-History-accomplishments-and-future-directions.pdf. Acesso em: 18 out. 2019.

BRASIL. **Decreto nº 5377, de 23 de fevereiro de 2005**. Aprova a Política Nacional para os Recursos do Mar - PNRM. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2005/Decreto/D5377.htm. Acesso em: 23 ago. 2019.

BRASILIENSE, CS *et al.* Análise sinóptica de um evento de chuva intensa na bacia do rio Paraíba do Sul, no sudeste do Brasil. **In: Meteorological Application**, vol. 25, 66-77. Disponível em: <https://rmets.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/met.1670>. Acesso em: 25 out. 2020.

CAMPOS, Edmo J. D.; VELHOTE, Denise; SILVEIRA, Ilson C. A. da. Shelf break upwelling driven by Brazil current cyclonic meanders. **In: Geophysical Research Letters**, vol. 27, n.6, p. 751 – 754, 2000. Disponível em: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1029/1999GL010502>. Acesso em: 23 ago. 2019.

CARVALHO, Leila M. V.; JONES, Charles; LIEBMANN, Brant. Extreme Precipitation Events in Southeastern South America and Large – Scale Convective Patterns in the South Atlantic Convergence Zone. *In: Journal of Climate*, vol. 15, n. 17, p. 2377-2394, 2002. Disponível em: <https://journals.ametsoc.org/jcli/article/15/17/2377/29951/Extreme-Precipitation-Events-in-Southeastern-South>. Acesso em: 23 ago. 2019.

CASTELLO, Jorge Pablo; KRUG, Luiz Carlos. As Ciências do mar. *In: CASTELLO, Jorge Pablo; KRUG, Luiz Carlos (orgs.). Introdução As Ciências do mar*. Pelotas: Textos, 2015.

CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS (CPTEC); INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS (INPE). **Glossários**. 2018. Disponível em: <https://www.cptec.inpe.br/glossario.shtml#20>. Acesso em: 01 out. 2019.

CONTROLADORIA-GERAL DA UNIÃO. **Evolução histórica dos gastos com o programa desastres naturais**. 2019. Disponível em: <http://www.portaltransparencia.gov.br/programas-de-governo/17-desastres-naturais?ano=2018>. Acesso em: 18 out. 2019.

COPERNICUS MARINE ENVIRONMENT MONITORING SERVICE. GLOBAL REANALYSIS PHY 001 031: QUALITY INFORMATION DOCUMENT. Belgica: Eu Copernicus Marine Service – Public, 2017.

COPERNICUS MARINE ENVIRONMENT MONITORING SERVICE (CMEMS). **Marine Environment Monitoring Service**. Disponível em: https://resources.marine.copernicus.eu/?option=com_csw&task=results. Acesso em: 20 jul. 2020.

COPERTINO, Margareth S. *et al.* Zonas costeiras. *In: NOBRE, Carlos A.; MORENGO, José A. Mudanças Climáticas em Rede – Um Olhar Interdisciplinar: contribuições do instituto nacional de ciência e tecnologia para mudanças climáticas*. 1. ed., Bauru: Canal 6, 2017.

CORRÊA, Iran Carlos Stalliviere; WESCHNFELDER, Jair. Fisiografia do Fundo Oceânico. *In: CASTELLO, Jorge Pablo; KRUG, Luiz Carlos (org.), Introdução as Ciências do mar*. Pelotas: Textos, 2015.

CORREIA, Felipe Romão Sousa. **Zonas de Convergência Subtropicais na América do Sul: Características da circulação e fluxos de umidade**. 2013. 106fl. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Meteorologia) – Instituto de Geociências e Ciências Matemáticas e da Natureza da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

DEINA, Miquelina Aparecida. A Influência da Zona Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) nos Eventos de Inundação no Baixo Jucu em Vila Velha (ES). *In: Portal de Periódicos Científicos da Uel*: - versão 2.4.8-1, Londrina, v. 24, n. 2, p. 5-23, dez. 2015.

FERREIRA, Artur Gonsalves. **Meteorologia Prática**. São Paulo: Oficina de Textos, 2010. 192 p.

FIALHO, Wendell Max Barbosa. **A importância do acoplamento oceano-atmosfera para a previsão da zona de convergência do atlântico sul**. 2017. 92 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Meteorologia, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2017.

GARZOLI, Silvia L.; MATANO, Ricardo P. The South Atlantic and the Atlantic Meridional Overturning Circulation. *In: Deep Sea Research Part II Topical Studies Oceanography*, vol. 58, n. 17-18, p. 1837-1847, 2011.

GLITZENHIRN, Elisa. **Relevância do Acoplamento Oceano-Atmosfera na Representação do Ciclone Catarina**. 2015. 102 fl. Dissertação (Mestrado em Ciências Atmosféricas) – Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

HUFFMAN, G.J.; R.F. ADLER; D.T. BOLVIN; G. GU, E.J. NELKIN; K.P. BOWMAN; Y. HONG; E.F. STOCKER; D.B. WOLFF. The TRMM Multi-satellite Precipitation Analysis: Quasi-Global, Multi-Year, Combined-Sensor Precipitation Estimates at Fine Scale. *In: J. Hydrometeor*, vol 8, No. 1. P. 38-55, 2007.

KALNAY, E.; MO, kingtse C.; PEAGLE, J. Large Amplitude, Short-Scale Stationary Rossby Waves in the Southern Hemisphere: Observations And Mechanistic Experiments to Determine their Origin. *In: Journal of the Atmospheric Sciences*. 1985. Disponível em: <https://journals.ametsoc.org/jas/article/43/3/252/21525/Large-Amplitude-Short-Scale-Stationary-Rossby>. Acesso em: 03 out. 2019.

LOPES, Italo dos Reis. **Avaliação da Performance da Reanálise CFSR para Caracterizar o Clima da Bacia do Espírito Santo e Parte Norte da Bacia de Campos**. 2018. 75fl. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Ciências Atmosféricas) – Instituto de Geociências e Ciências Matemáticas e da Natureza da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.

MCGILLICUDDY, D. J.; ROBINSON, A. R. Eddy-induced nutrient supply and new production in the Sargasso Sea. *In: Deep Sea Researc I*, vol. 44, n. 8, p. 1427–1450, 1997. Disponível em: http://homepage.ntu.edu.tw/~iilin/courses/ARSDAA/references/McGillicuddy_1997.pdf. Acesso em: 23 ago. 2019.

MENDONÇA, Luís Felipe Ferreira de. **Caracterização da frente subtropical de plataforma e seu impacto na atmosfera utilizando o modelo regional acoplado COAWST**. 2017. 136 fl. Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul - Ufrgs, Porto Alegre, 2017.

MENDONÇA, L. F.; SOUZA, R. B.; ASEFF, C. R. C.; PEZZI, L. P.; MÖLLER, O. O.; ALVES, R. C. M. Regional modelling of the water masses and circulation annual variability at the Southern Brazilian Continental Shelf. *In: Journal of*

Geophysical Research: Oceans, p. 1232-1253, 2017. Disponível em: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/2016JC011780>. Acesso em: 03 out. 2019.

MOREIRA, Luana Lavagnoli; NOVAIS, Rafael Rezende; SCHWAMBACK, Dimaghi; CARVALHO JUNIOR, Salomão Martins de. Spatial-temporal dynamics of rainfall erosivity in the state of Espírito Santo (Brazil) From remote sensing data. *In: World Journal of Science, Technology and Sustainable Development*, vol. 17, issue 3, Rio Grande do Sul, p. 128-132, 08 abr. 2020. Disponível em: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/WJSTSD-08-2019-0059/full/html>. Acesso em: 03 out. 2019.

NASA. AMERICAN METEOROLOGICAL SOCIETY. **Ocean Motion**. Disponível em: <http://oceanmotion.org/html/background/upwelling-and-downwelling.htm>. Acesso em: 24 nov. 2020.

NOBRE, Paulo; ALMEIDA, Roberto A. de; MALAGUTTI, Marta; GIAROLLA, Emanuel. Coupled Ocean-Atmosphere Variations over the South Atlantic Ocean. *In: Journal of Climate*, vol. 25, p. 6349-6358, 2012. Disponível em: <https://journals.ametsoc.org/jcli/article/25/18/6349/32901/Coupled-Ocean-Atmosphere-Variations-over-the-South>. Acesso em: 03 out. 2019.

OLIVEIRA, Leopoldo Rota de. **Energética do atlântico sudoeste a partir de observações lagrangeanas e de simulações do parallel oceanic climate model**. 2008. 226 fl. Tese (Doutorado em Oceanografia) – Universidade Federal de Rio Grande, Rio Grande, 2008.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **População mundial deve chegar a 9,7 bilhões de pessoas em 2050, diz relatório da ONU**. 2019. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/populacao-mundial-deve-chegar-a-97-bilhoes-de-pessoas-em-2050-diz-relatorio-da-onu/>. Acesso em: 23 ago. 2019.

PEZZI, Luciano P.; QUADRO, Mario F. L.; LORENZZETTI, João; MILLER, Arthur; ROSA, Eliana B.; LIMA, Leonardo N.; SUTIL, Ueslei A.; CAMARGO, Ricardo de; SOUZA, Ronald B. **Do oceanic SACZ episodes modulate SST via upper-ocean dynamics and thermodynamics?** 2018. Disponível em: http://meteora.ucsd.edu/~miller/papers/SACZ_SST.html. Acesso em: 01 out. 2019.

PIMENTA, Felipe Mendonça; CAMPOS, Edmo Jose Dias; MILLER, Jerry L.; PIOLA, Alberto Ricardo. A numerical study of the Plata river plume along the Southeastern South American Continental Shelf. *In: Brazilian Journal of Oceanography*, vol. 53, n. 3-4, p. 129-146, 2005. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/240772609_Numerical_study_of_the_Plata_River_plume_along_the_southeastern_South_American_continental_shelf. Acesso em: 01 out. 2019.

PULLEN, Julie; ALLARD, Richard; SEO, Hyodae; MILLER, Arthur J.; CHEN, Shuyi; PEZZI, Luciano Ponzi; CHU, Philip; SMITH, Travis; ALVES, José;

CALDEIRA, Rui. Coupled ocean-atmosphere forecasting at short and medium time scales. *In: The Sea: The science of ocean prediction*, Journal of Marine Research, vol. 17, p. 877–921, 2017. Disponível em: http://horizon.ucsd.edu/miller/download/coupled_forecasting/coupled_forecasting.pdf. Acesso em: 01 out. 2019.

QUADRO, M. F. L. **Estudo de episódios de Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) sobre a América do Sul**. 1994. 125 fl. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1994.

QUADRO, Mario Francisco Leal de; DIAS, Maria Assunção Faus da Silva; HERDIES, Dirceu Luis; GONCALVES, Luis Gustavo Gonçalves de. Análise Climatológica da Precipitação e do Transporte de Umidade na Região da ZCAS Através da Nova Geração de Reanálises. *In: Revista Brasileira de Meteorologia*, vol. 27, n. 2, p. 152-162, 2012. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-77862012000200004&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 03 out. 2019.

RODRIGUES, Regina R. ; WOOLLINGS, Tim. Impact of Atmospheric Blocking on South America in Austral Summer. *In: Journal of Climate*, vol. 30, issue 5, 2017. Disponível em: <https://journals.ametsoc.org/doi/full/10.1175/JCLI-D-16-0493.1>. Acesso em: 03 out. 2019.

ROSA, Eliana Bertol. **Identificação de episódios de ZCAS utilizando um método automático de classificação de imagens orbitais de ROL**. 2017. 119 fl. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, São José dos campos, 2017.

ROSA, Eliana Bertol *et al.* Automated Detection Algorithm for SACZ, Oceanic SACZ, and Their Climatological Features. *In: Frontiers In Environmental Science*. Linson, p. 1-16, fev. 2020. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fenvs.2020.00018/full>. Acesso em: 03 out. 2019.

ROSSETTO, Adriana Marques; REIS, Maria José; BLOEMER, Neusa Maria Sens. Gestão, uso e significado das águas: conflitos e convergências. *In: Revista de Políticas Públicas*, Florianópolis: Ufsc, 2015. Disponível em: <http://www.periodicoseletronicos.ufma.br/index.php/rppublica/article/download/7335/5132>. Acesso em: 03 out. 2019.

ROSSO, Flávia Venturini. **A zona de convergência do atlântico sul e sua relação com a oscilação antártica**. 2017. 60 fl. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2017.

SIEGEL, D.A.; PETERSON, P.; MCGILLICUDDY, J.R.; MARITORENA, S.; NELSON, N.B. Bio-optical footprints created by mesoscale eddies in the sargasso sea. *In: Geophysical Research Letters*, vol. 38, 2011. Disponível em: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1029/2011GL047660>. Acesso em: 03 out. 2019.

SILVEIRA, Ilson Carlos Almeida da *et al.* Caracterização da Oceanografia Física do Talude Continental e Região Oceânica da Bacia de Campos. *In:* MARTINS, Renato Parkinson; GROSSMANN-MATHESON, Guisela Santiago. **Meteorologia e Oceanografia: Caracterização Ambiental Regional da Bacia de Campos, Atlântico Sudoeste.** Cap. 4. p. 1-280, Rio de Janeiro: Elsevier, 2016.

STEWART, Robert H. **Introduction to Physical Oceanography.** Texas: Texas A & M University, 2008.

SUTIL, Ueslei Adriano; PEZZI, Luciano Ponzi. **Guia prático para utilização do COAWST.** 2018. Disponível em:
https://www.researchgate.net/publication/327731936_GUIA_PRATICO_PARA_UTILIZACAO_DO_COAWST. Acesso em: 03 out. 2018.

TESSLER, Moisés Gonzales. Formação e Evolução dos Oceanos. *In:* CASTELLO, Jorge Pablo; KRUG, Luiz Carlos (org.), **Introdução as Ciências do mar.** Pelotas: Textos, 2015.

TRENBERTH, Kevin E.; JONES, Philip D. (coords.). Observations: Surface and Atmospheric Climate Change. *In:* **IPCC WG1 Fourth Assessment Report,** Cambridge: Cambridge University Press, 2007. Disponível em:
<https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ar4-wg1-chapter3-1.pdf>. Acesso em: 03 out. 2018.

TOMAZIELLO, Ana Carolina Nóbile. Impacto da temperatura da superfície do mar na simulação da Zona de Convergência do Atlântico Sul. *In:* Scielo: Revista Brasileira de Meteorologia, São Paulo, v. 8, n. 3, p. 291-304, set. 2013.

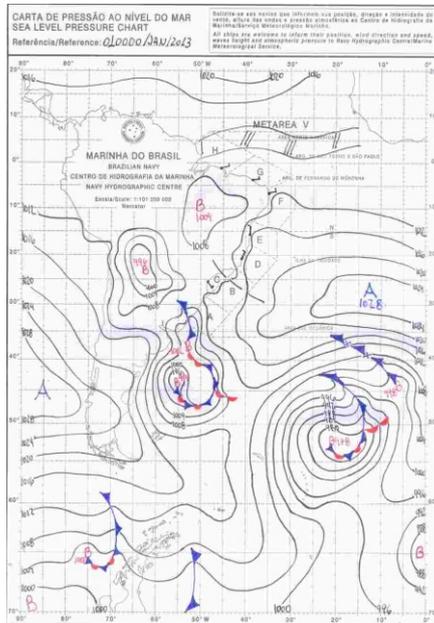
VON SCHUCKMANN, Karina *et al.* The Copernicus Marine Environment Monitoring Service Ocean State Report. **Ocean State Report, In: Journal of Operational Oceanography.** Uk, p. 1755-8778. 2017.

WARNER, John C.; ARMSTRONG, Brandy; HE, Rouying; ZAMBON, Joseph B. Development of a Coupled Ocean-Atmosphere-Wave-Sediment Transport (COAWST) Modeling System. *In:* **Journal Elsevier**, vol. 35, issue 3, p. 230-244, 2010. Disponível em:
<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2010OcMod.35..230W/abstract>. Acesso em: 03 out. 2018.

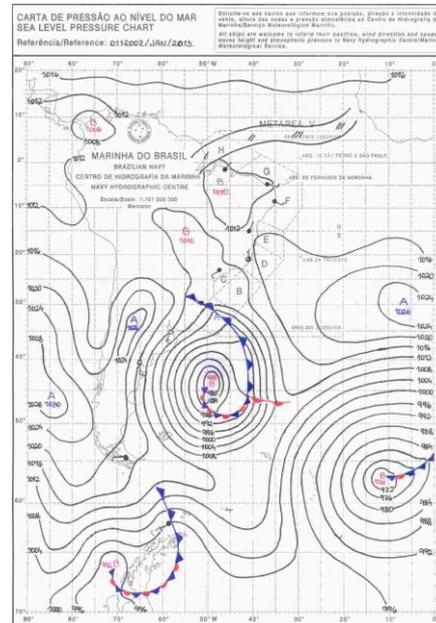
ZILLI, Márcia Terezinha. **Variabilidade interanual da precipitação de primavera e verão na América do Sul, suas interconexões e seu impacto nos principais aproveitamentos hidrelétricos brasileiros.** 2008. 212 fl. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental, Hidráulica e Saneamento) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

ANEXO 01

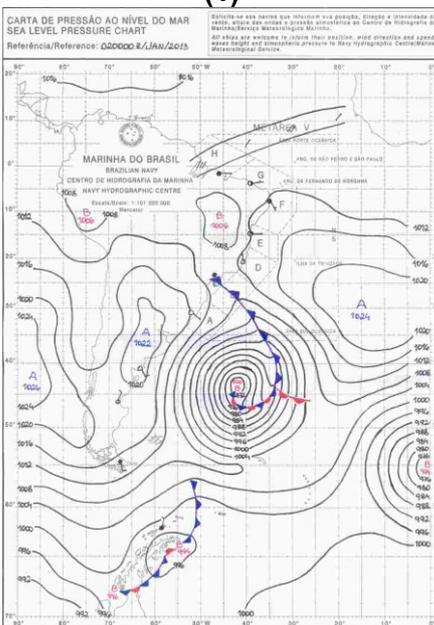
Cartas sinóticas de pressão ao nível médio do mar emitidas pela marinha do Brasil nos horários da 00 z (números ímpares) e 12 z (números pares) de 01 a 31 jan 2013 respectivamente da direita superior para a esquerda.



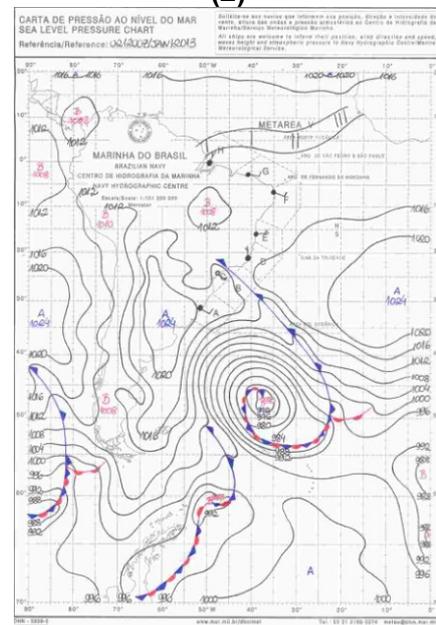
(1)



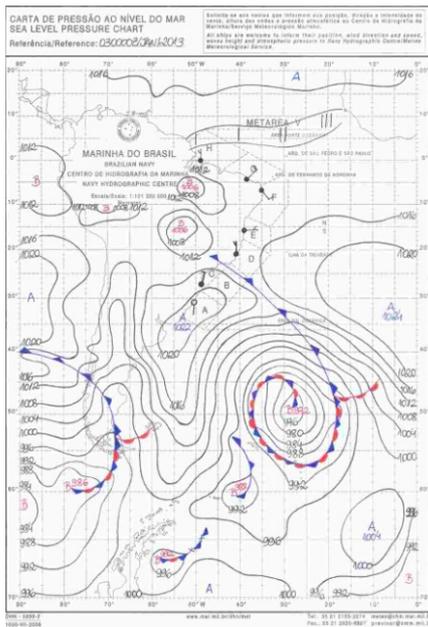
(2)



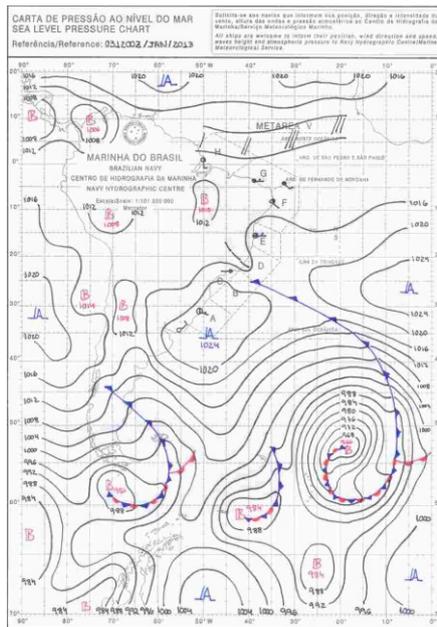
(3)



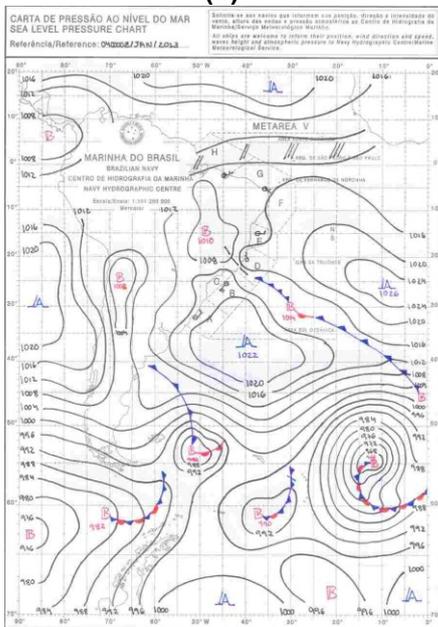
(4)



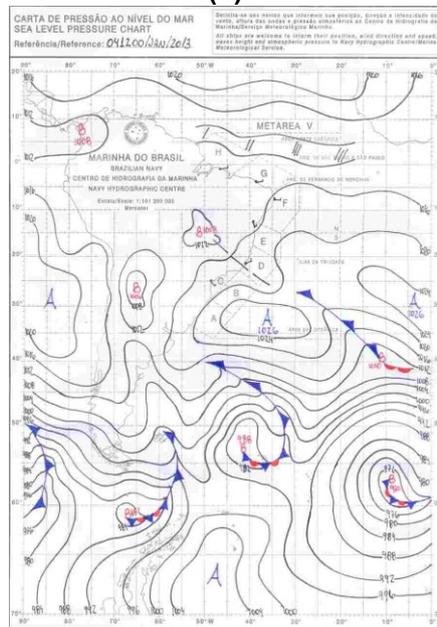
(5)



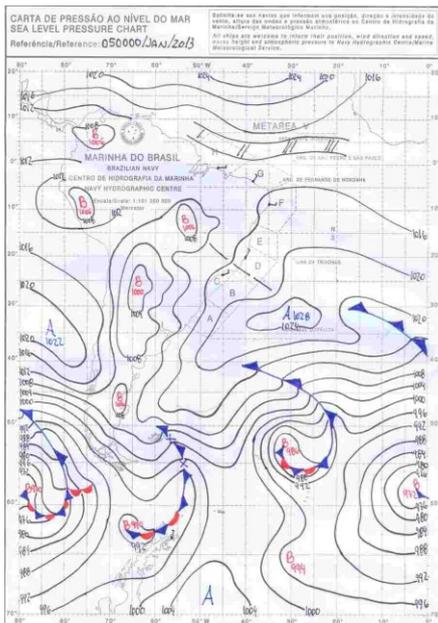
(6)



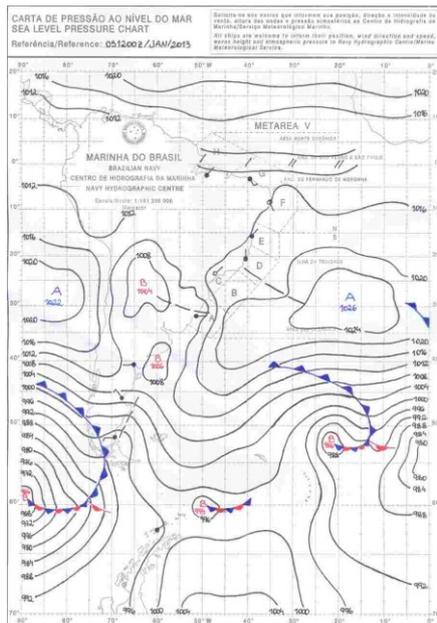
(7)



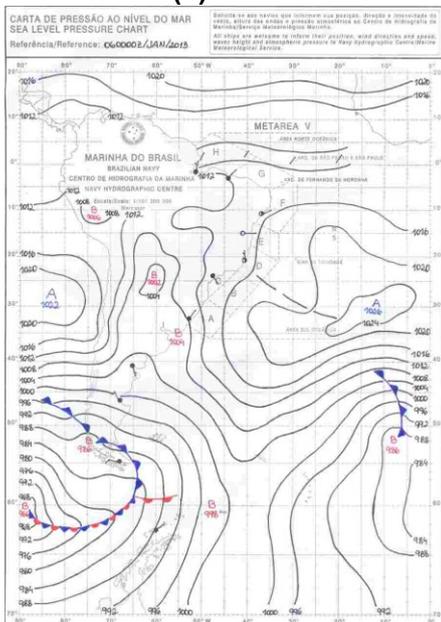
(8)



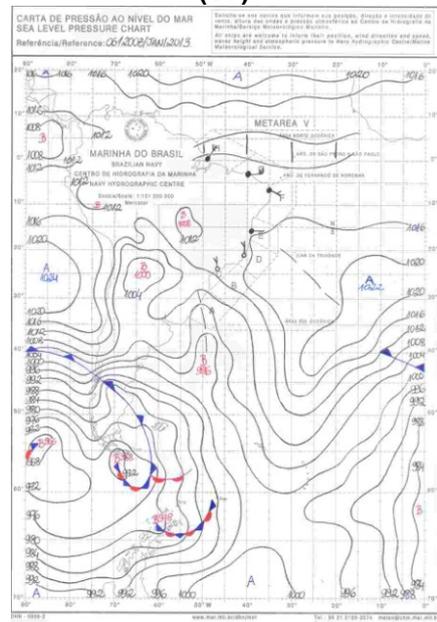
(9)



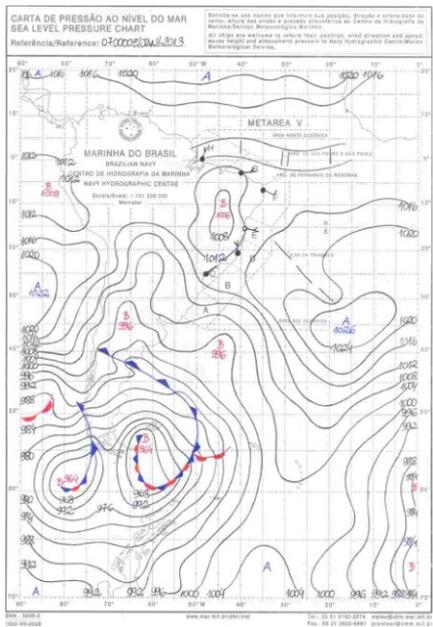
(10)



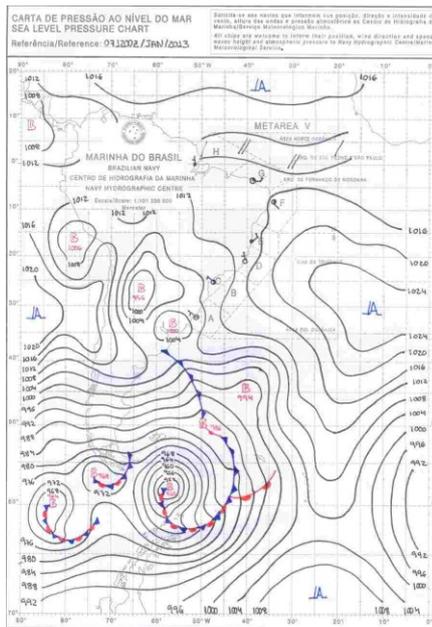
(11)



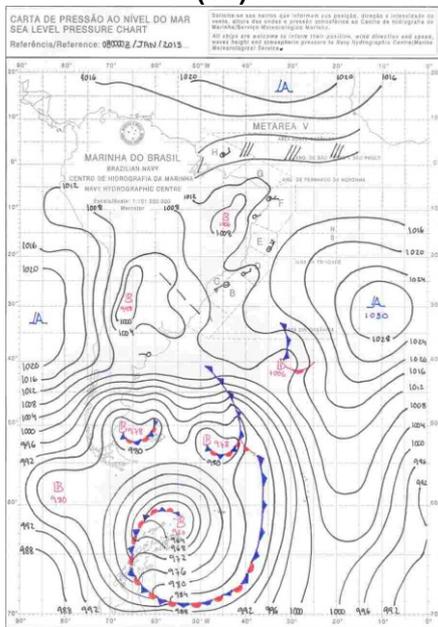
(12)



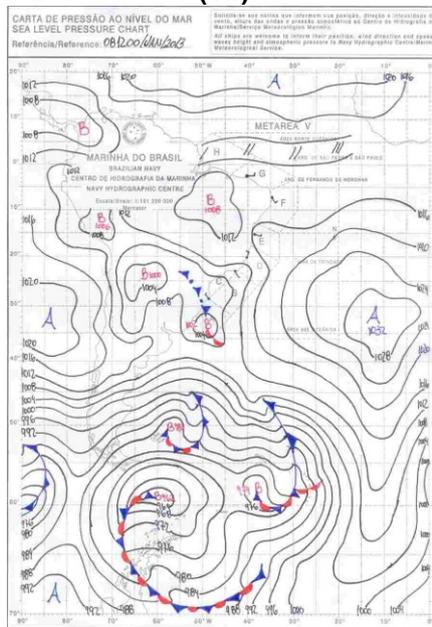
(13)



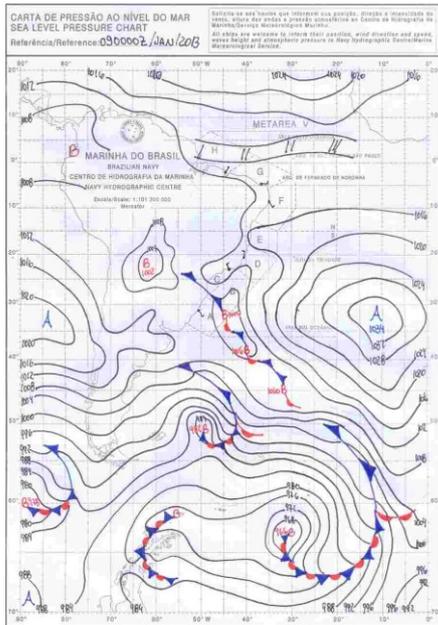
(14)



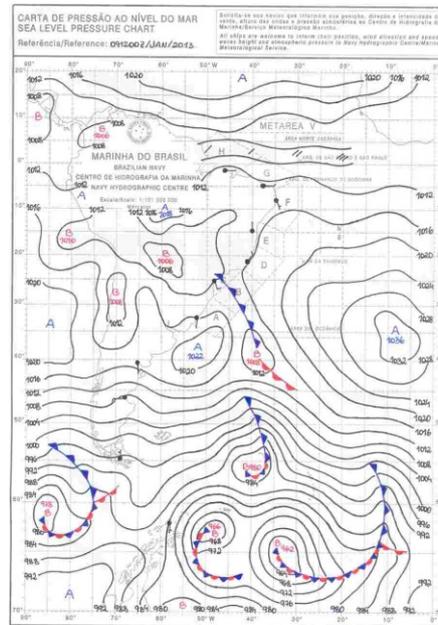
(15)



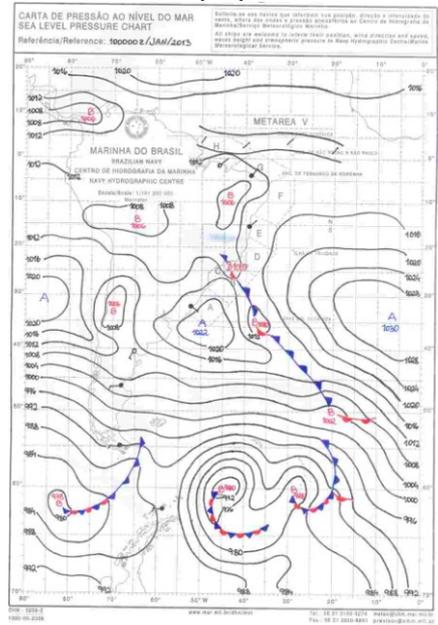
(16)



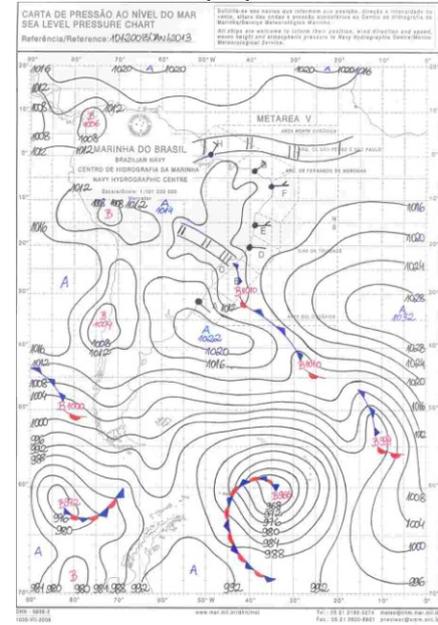
(17)



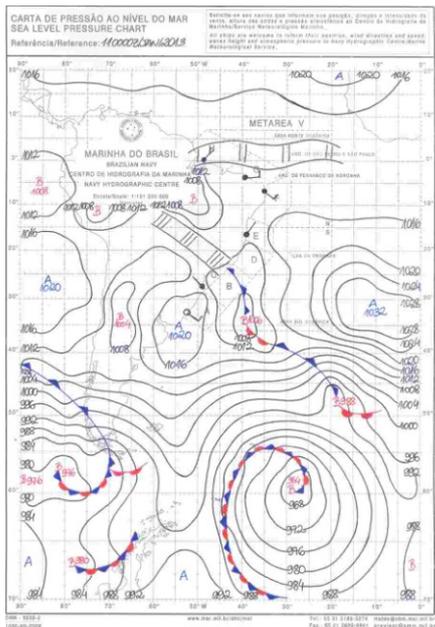
(18)



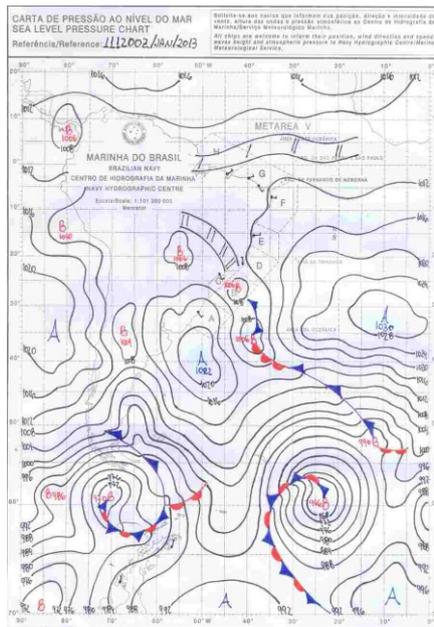
(19)



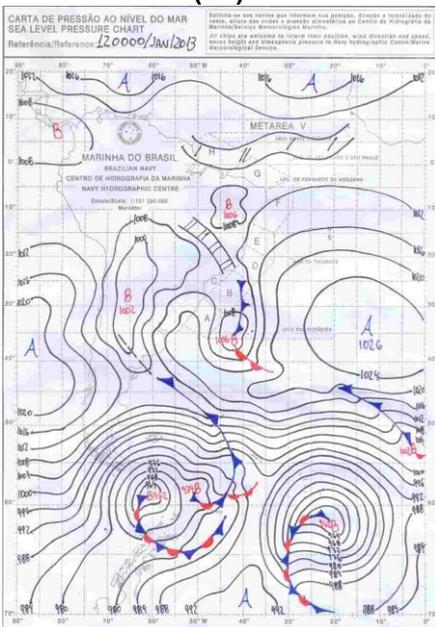
(20)



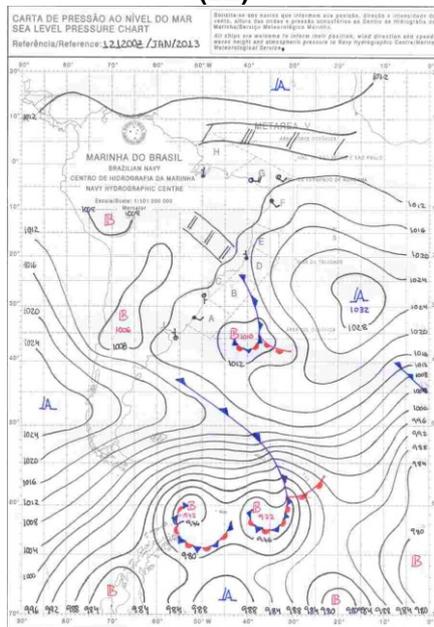
(21)



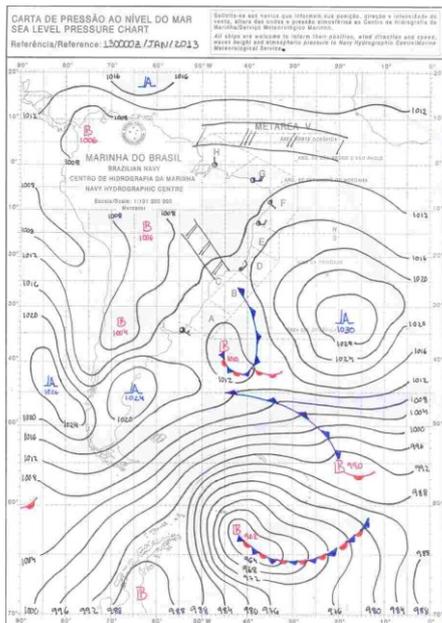
(22)



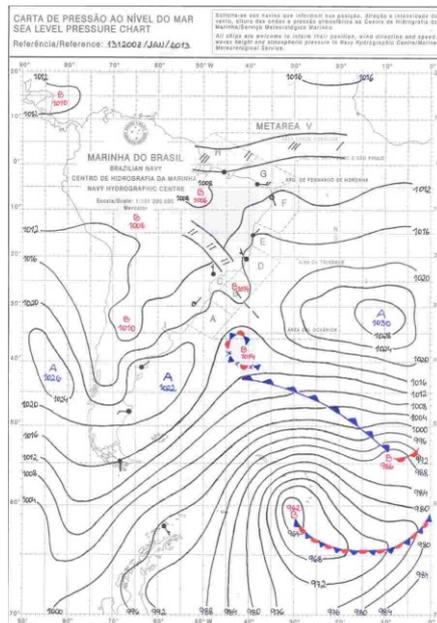
(23)



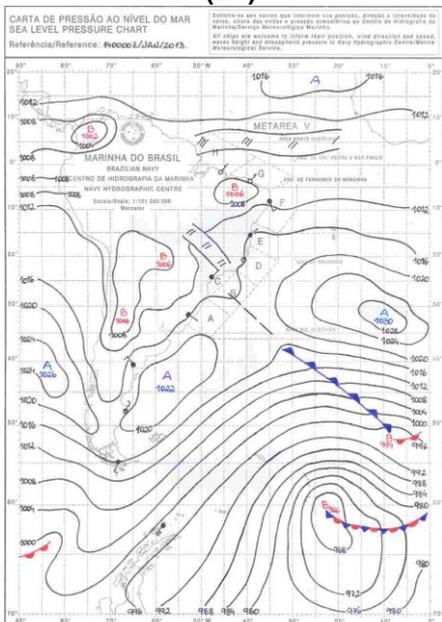
(24)



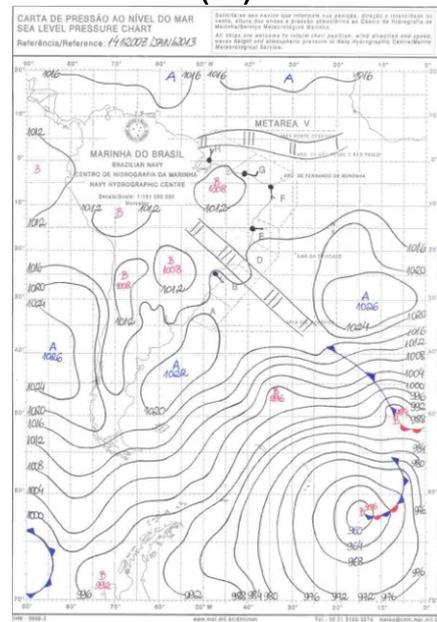
(25)



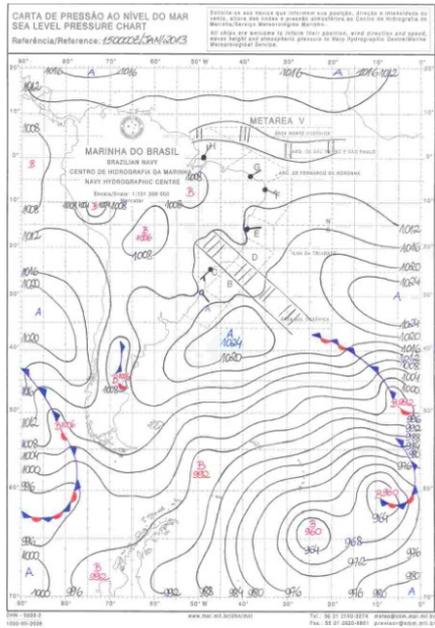
(26)



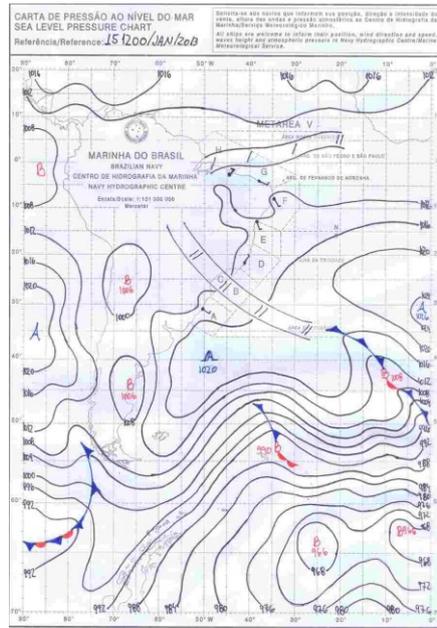
(27)



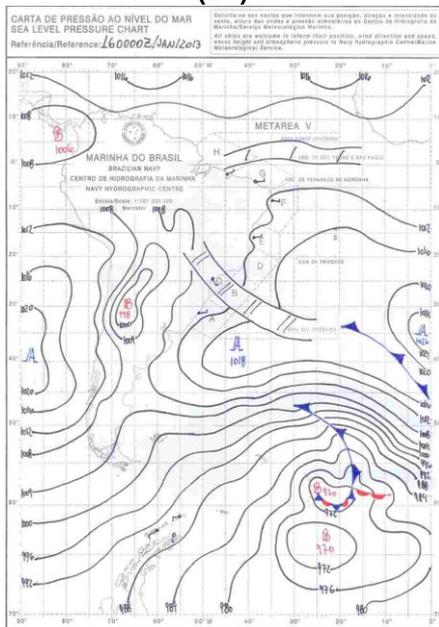
(28)



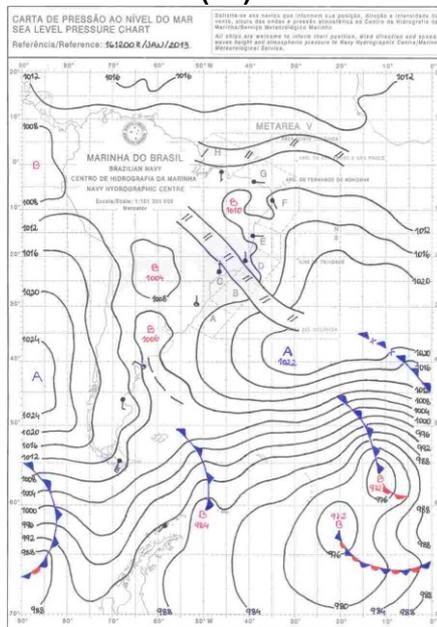
(29)



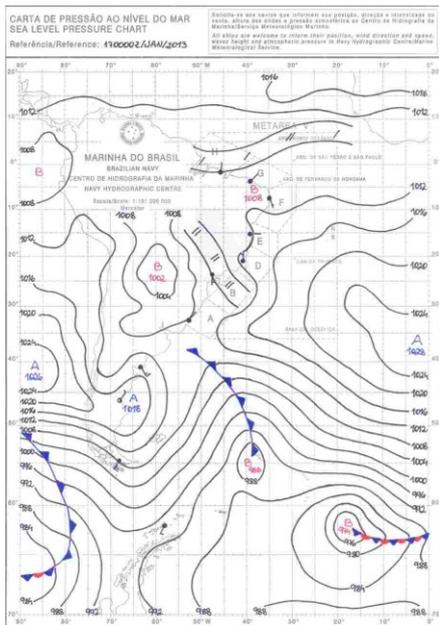
(30)



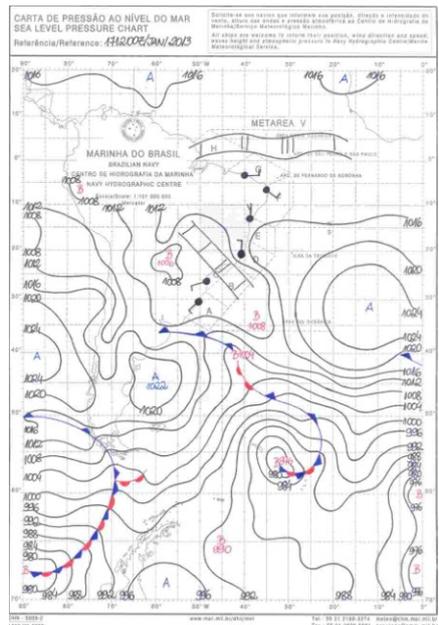
(31)



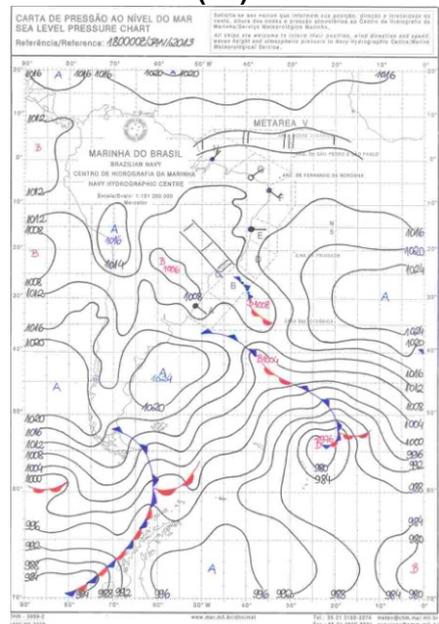
(32)



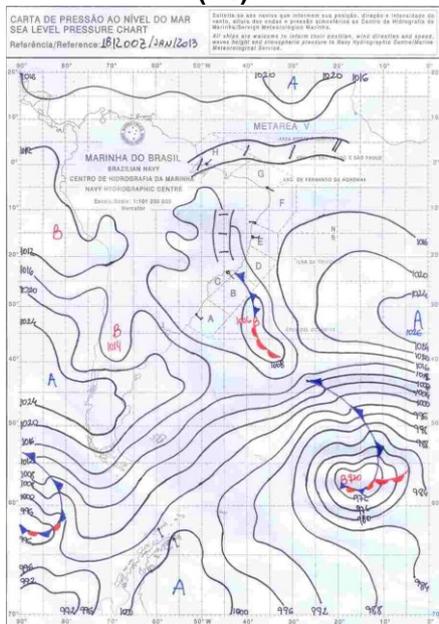
(33)



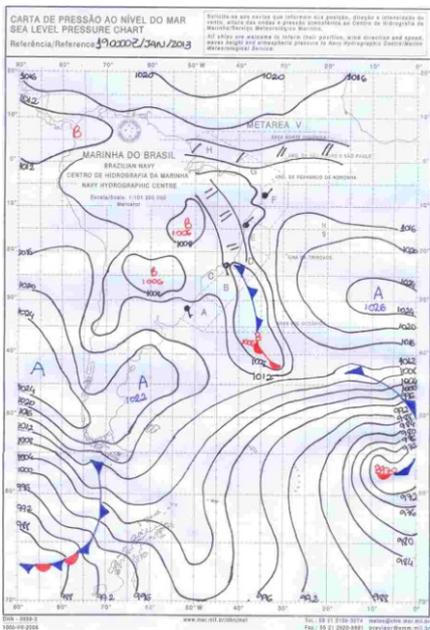
(34)



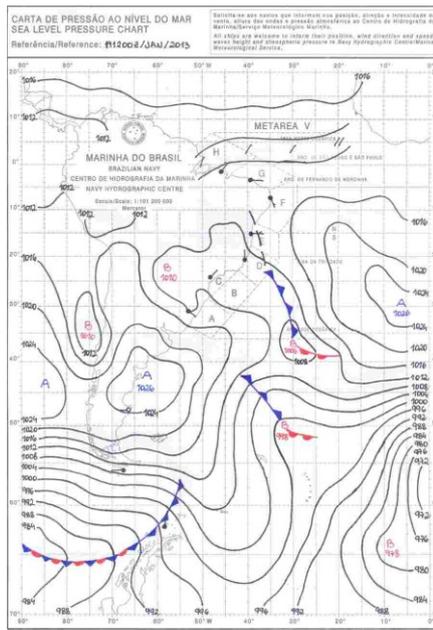
(35)



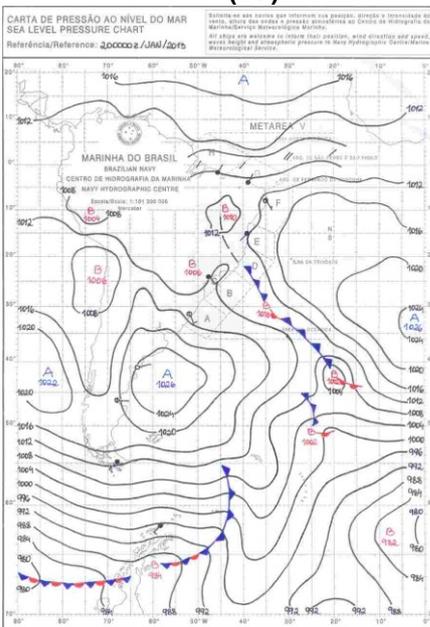
(36)



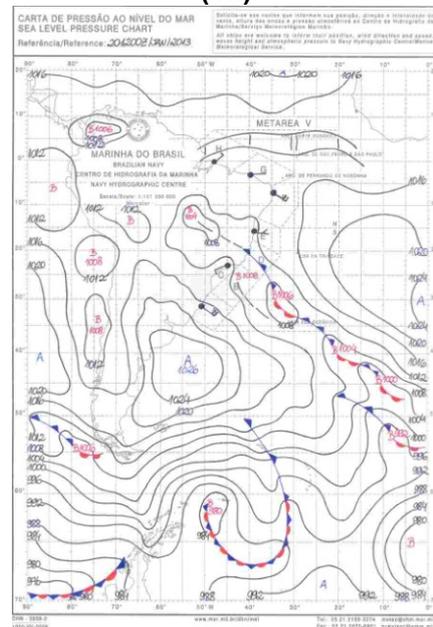
(37)



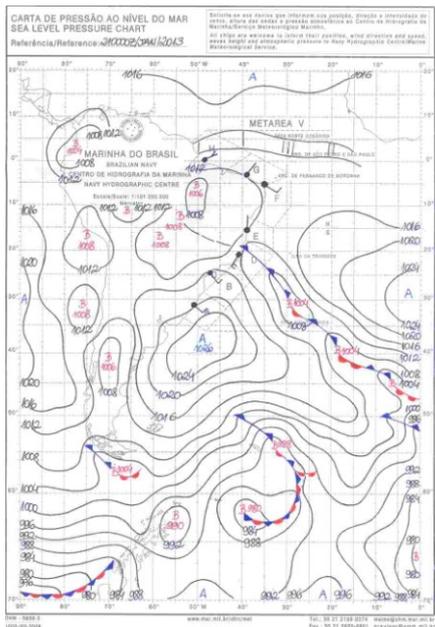
(38)



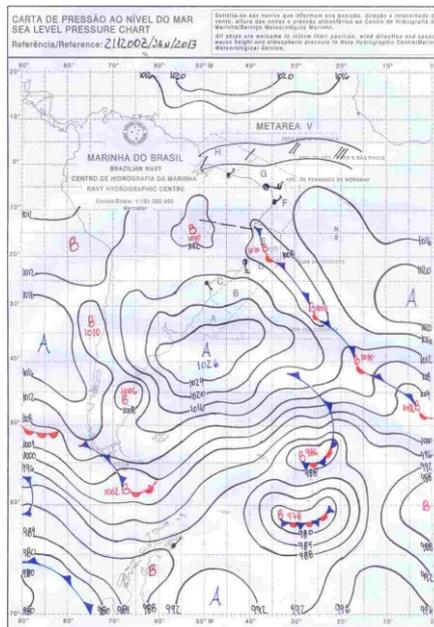
(39)



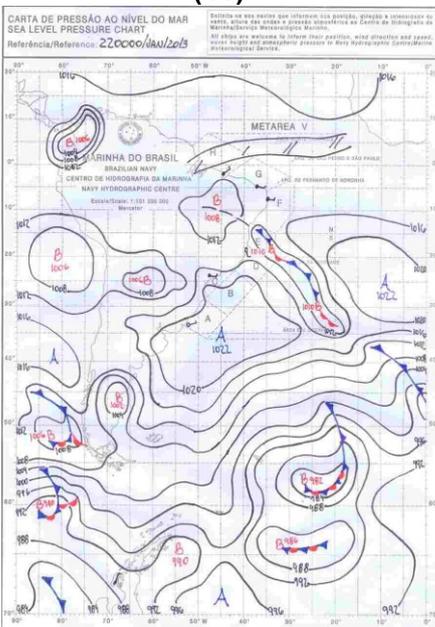
(40)



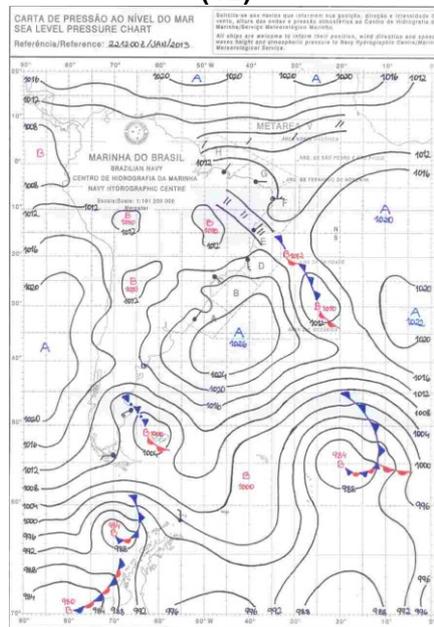
(41)



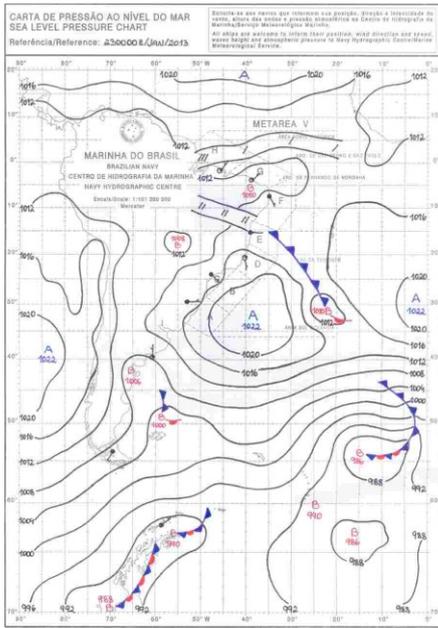
(42)



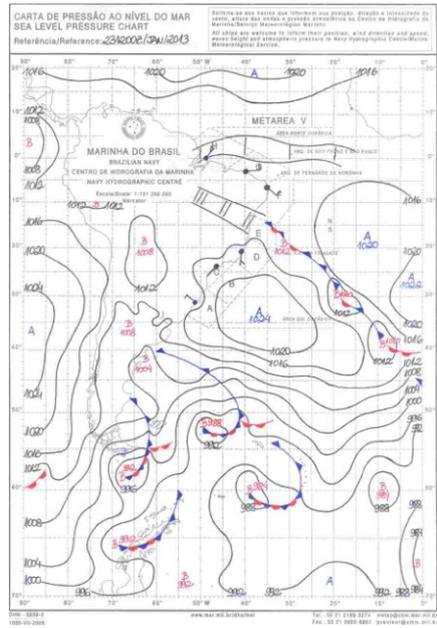
(43)



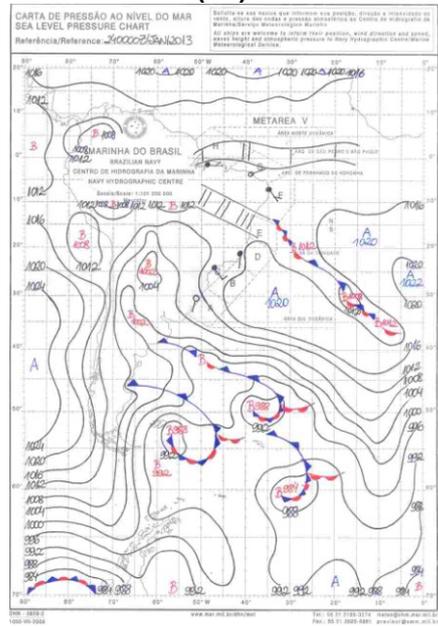
(44)



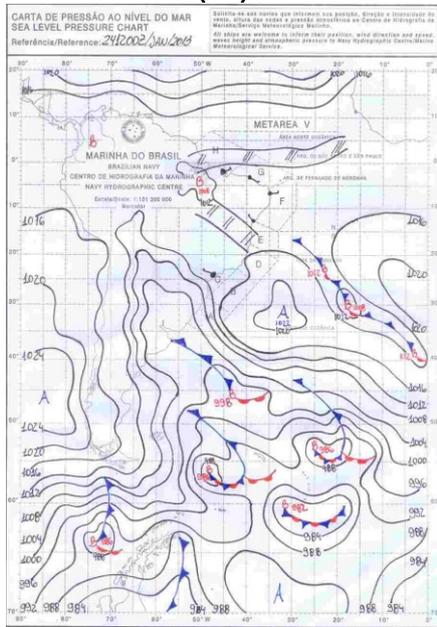
(45)



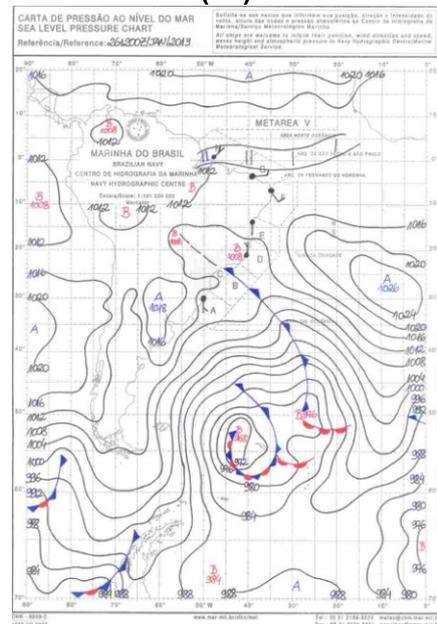
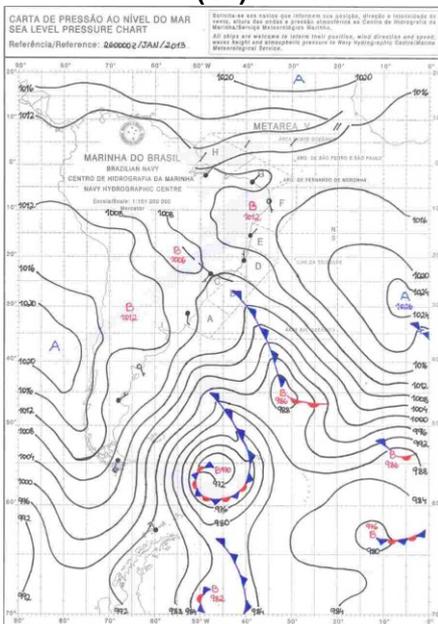
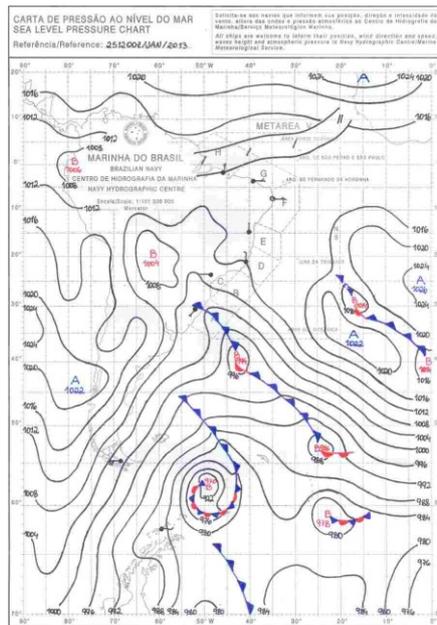
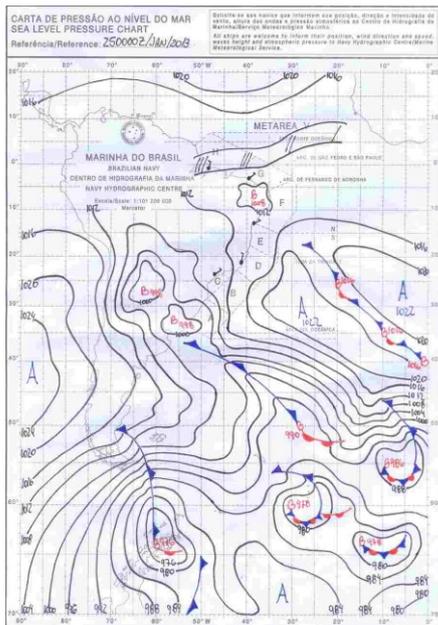
(46)

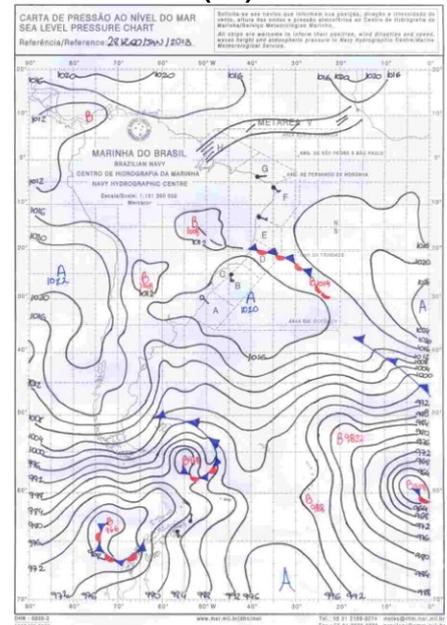
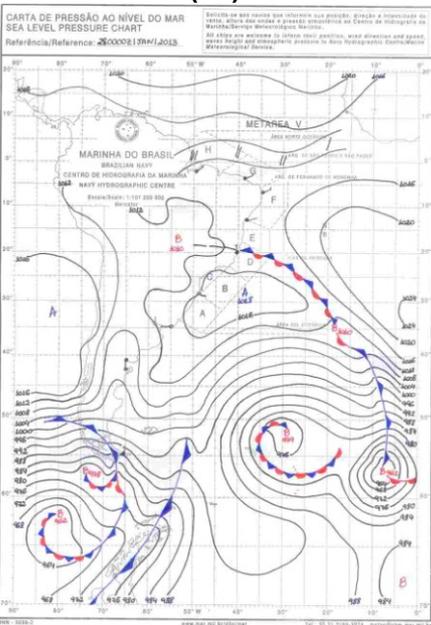
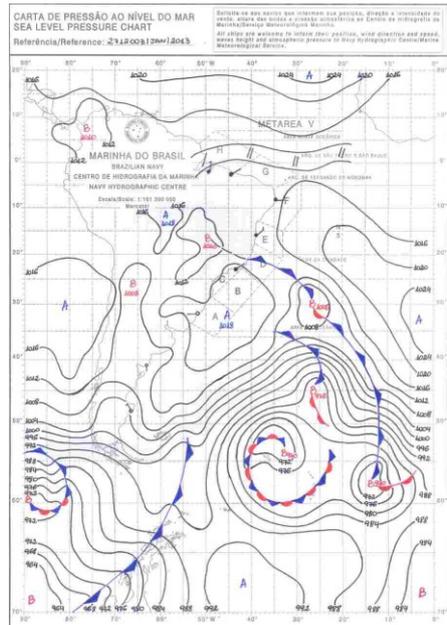
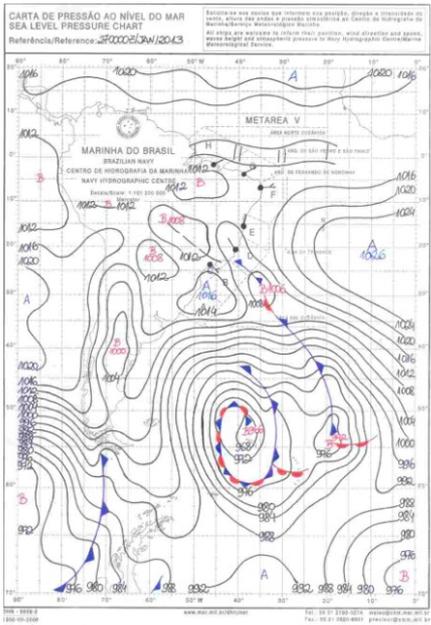


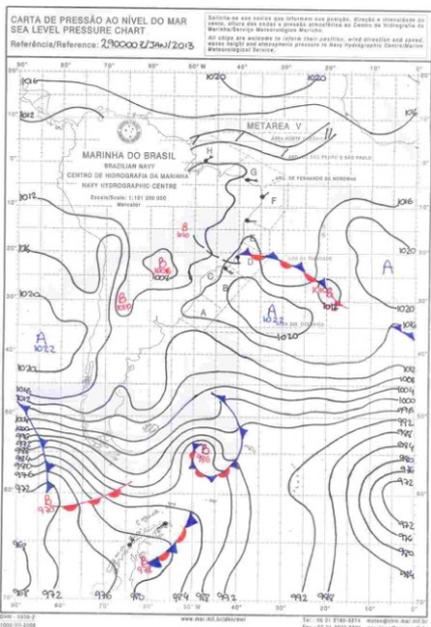
(47)



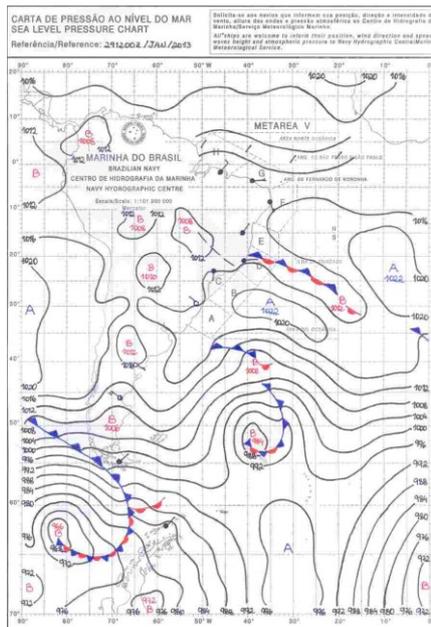
(48)



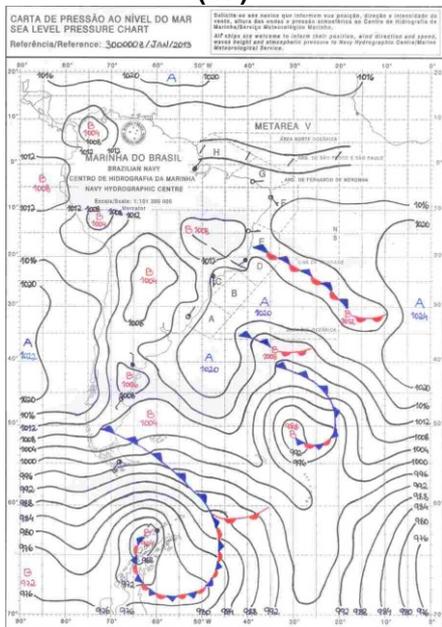




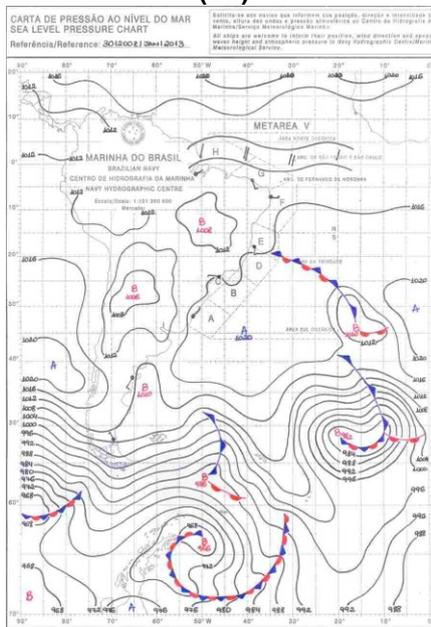
(57)



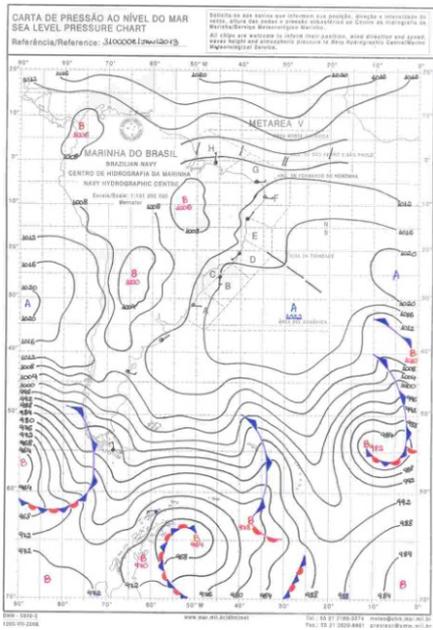
(58)



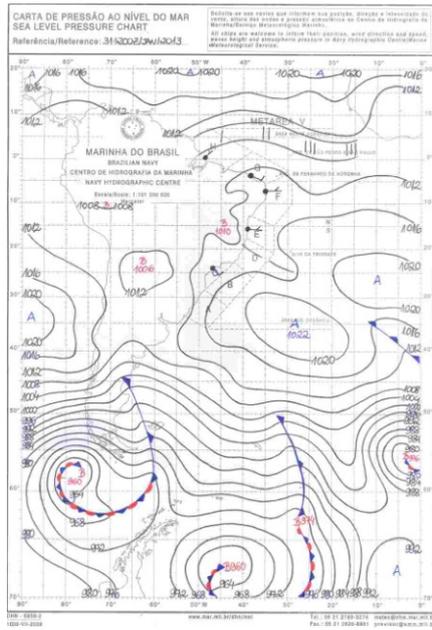
(59)



(60)



(61)



(62)