

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM METEOROLOGIA

ANDERSON GONÇALVES

**Análise da influência gravitacional lunar sobre os complexos convectivos de
mesoescala na região Nordeste brasileira**

Maceió - Alagoas

2015

ANDERSON GONÇALVES

Análise da influência gravitacional lunar sobre os complexos convectivos de mesoescala na região Nordeste brasileira

Dissertação submetida ao colegiado do Curso de Pós-graduação em Meteorologia no Instituto de Ciências Atmosféricas da Universidade Federal de Alagoas - UFAL, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Meteorologia.

Orientadores: Dr. Vladimir Levit e Dra. Natalia Fedorova

Maceió - Alagoas

2015

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico
Bibliotecário Responsável: Valter dos Santos Andrade

- G635a Gonçalves, Anderson.
 Análise da influência gravitacional lunar sobre os complexos convectivos de Mesoescala na região Nordeste brasileira / Anderson Gonçalves. – Maceió, 2016. 106 f. : il.
- Orientador: Vladimir Levit.
Coorientadora: Natalia Fedorova.
Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Universidade Federal de Alagoas. Instituto de Ciências Atmosféricas. Programa de Pós-Graduação em Meteorologia. Maceió, 2016.
- Bibliografia: f. 105-106.
1. Complexos convectivos de mesoescala (CCM). 2. Nordeste brasileiro. 3. Lua. 4. Fase lunar. 5. Maré oceânica. I. Título.

CDU: 551.509.3



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM METEOROLOGIA

CERTIFICADO DE APRESENTAÇÃO

N.º de ordem: MET-UFAL-MS-133.

**“ANÁLISE DA INFLUÊNCIA GRAVITACIONAL LUNAR SOBRE OS COMPLEXOS
CONVECTIVOS DE MESOESCALA NA REGIÃO NORDESTE BRASILEIRA”**

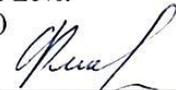
Anderson Gonçalves

Dissertação submetida ao colegiado do Curso de Pós-Graduação em Meteorologia da Universidade Federal de Alagoas - UFAL, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Meteorologia.

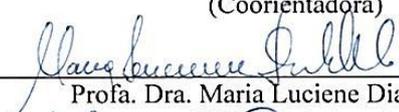
Aprovado pela Banca Examinadora composta por:



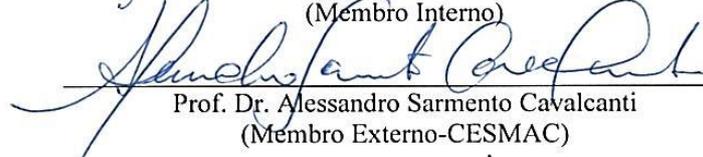
Prof. Dr. Vladimir Levit
(Orientador)



Profa. Dra. Natalia Fedorová
(Coorientadora)



Profa. Dra. Maria Luciene Dias de Melo
(Membro Interno)



Prof. Dr. Alessandro Sarmiento Cavalcanti
(Membro Externo-CESMAC)

MARÇO/2016

Para Fabrice.

AGRADECIMENTOS

Há quase vinte anos, quando li pela primeira vez o livro *Cosmos* de Carl Sagan me deparei com a seguinte afirmação: “*A ciência é um empreendimento colaborativo, abrangendo as gerações.*” Hoje ao concluir esse trabalho posso dizer que experimentei verdadeiramente essas palavras. Sem o apoio incondicional de meus amigos Carlos, Diva, Gerson, Lelo, Natalia, Ricardo e Ruany, talvez eu ainda estivesse fazendo os trabalhos de sinótica. Para vocês além do obrigado tenho duas palavras: Raios Cósmicos!

Sem pestanejar a conclusão desse projeto só aconteceu graças a duas inspirações acadêmicas, que tive a sorte de estar na hora certa e no momento certo, que são Professora Natália Fedorova e Professor Vladimir Levit. Quão feliz eu sou por ter sido acolhido por vocês mesmo sabendo que eu não podia identificar uma nuvem sequer! Serei eternamente grato pela eterna paciência e compreensão inesgotáveis. Quando crescer quero ser igual a vocês.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro através da concessão da bolsa de mestrado.

Outro empreendimento coletivo de sucesso é a minha família! Sem meus sogros Paulo César e Iasmin, meus cunhados Daninho e Talita, Minzinha e Fabiano, pelo apoio e desprendimento do tempo com as crianças para que eu pudesse estudar e escrever esse trabalho, nada disso teria acontecido tão facilmente. Meus pais, Almir e Méri, meus primeiros professores, que não pouparam esforços para que eu tivesse uma educação de qualidade. Meus filhos, Samuel e Sofia, minha maior riqueza, e meu melhor remédio. Um dia vocês terão idade para ler essa página e se perguntar como foi que seu pai conseguiu fazer isso!

A minha “galega” e maior torcedora do time Anderson Futebol Clube, minha esposa Betoca. Sem você eu seria apenas um magrelo com caspa e sem graduação! Diante da vastidão do tempo e da imensidão do universo, é uma imensa alegria dividir a vida com você. Que cara de sorte sou.

A Deus, o autor dessa maravilha que eu chamo de vida. Muito obrigado.

Tudo é interessante, se você olhar o suficiente!

(Richard Feynman)

RESUMO

Este estudo verificou se o comportamento desde formação à dissipação dos Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM) está de alguma forma relacionado a elevação do nível do mar causada pela maré oceânica. O objetivo deste estudo é encontrar uma possível relação entre a variação da altura do oceano e o evento CCM. Foram utilizados os dados de previsão de maré oceânica, obtidos no Banco Nacional de Dados Oceanográficos (BNDO) entre Janeiro de 2005 e Dezembro de 2009. Os dados de eventos CCM no período de estudo, foram adquiridos em trabalhos anteriores do Laboratório de Sinótica da UFAL e somam o total de 41 casos. Ao cruzar os dados da previsão de maré oceânica com os de CCM, observou-se relações relevantes para o estudo. Foram observadas algumas situações de variação significativa na temperatura da superfície do mar com o evento CCM. Ficaram evidentes as relações de sazonalidade com comportamento da maré e fase lunar e duração do CCM. A maior ocorrência dos casos 63% é no Outono. Não existem ocorrências no Inverno. Os eventos de CCM atingiram seu máximo desenvolvimento em 63% dos casos na enchente da maré. A dissipação ocorreu em 56% na vazão da maré. Foi verificada uma possível relação entre a variação de temperatura do mar na profundidade de 60 metros com a ocorrência do evento CCM. Um estudo mais detalhado sobre as variações de temperatura se faz necessário para confirmar a relação.

Palavras Chaves: Complexos Convectivos de Mesoscala; Nordeste brasileiro; Fase Lunar; Maré oceânica

ABSTRACT

This study verified if the behavior since formation to dissipation on a Mesoscale Convective Complex (MCC) is somehow related to the sea level rising caused by ocean tide. The objective of this study is to find a possible link between ocean height variation and the MCC event. The ocean tide data were obtained from the Banco Nacional de Dados Oceanográficos (BNDO) between January 2005 and December 2009. The MCC event data in this period were collected in previous researches in UFAL Sinoptics Laboratory which add up the total of 41 cases. When relating the ocean tide forecast data with the MCC, a significant relationship was observed. A significant variation in sea surface temperature related with MCC was detected. There was an evident relationship between seasonality with tide behavior and lunar phase and duration of MCC. The major occurrence of the MCC are in Autumn with 63% of the cases. There are no records of a Winter MCC. The MCC events reached its maximum growth in 63% of cases in the flood tide. The dissipation occurred in 56% of the tidal flow. A probable association between the sea temperature variation with depth of 60 meters with the occurrence of MCC event was verified. A more detailed study of the temperature variations is needed to confirm the relationship.

Keywords: Mesoscale Convective Complex; Brazilian northeast; Lunar phase; oceanic tide

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Distribuição de eventos CCM na América do Sul.....	20
Figura 2 - Recorte da imagem do satélite (I) METEOSAT Canal de Vapor de água e (II) GOES Canal Infravermelho realçado, no caso CCM 61 identificado por Albuquerque (2011).....	21
Figura 3 - Imagem do satélite GIBBS Canal Infravermelho realçado. (I) Comportamento da ZCIT horas antes do Equinócio de Outono e (II) horas depois do Solstício de Inverno em 2006.	22
Figura 4 - Comportamento da circulação atmosférica em função de (a) Pacífico quente (El Niño), Atlântico Norte quente, Atlântico Sul frio (Dipolo); (b) Pacífico frio (La Niña), Atlântico Norte frio, Atlântico Sul quente (Dipolo).	24
Figura 5 - Gradiente de temperatura da superfície do mar média para Janeiro.	25
Figura 6 - Perfil típico de temperatura média em oceano aberto.....	26
Figura 7 - Recorte do mapa de correntes oceânicas destacando a corrente brasileira que corre pela costa do Brasil.	27
Figura 8 - Sistema Terra-Lua, (fora de escala) com as marés.	28
Figura 9 - O esquema (fora de escala) mostra como a rotação da Terra influencia o tipo de maré sobre uma determinada região.....	29
Figura 10 - O esquema (fora de escala) exemplifica os dois alinhamentos possíveis entre o sistema Sol, Terra Lua que contribuem para a máxima e mínima amplitude da maré oceânica.	30
Figura 11 - Tipos de marés observadas ao redor dos continentes.....	31
Figura 12 - Tipos de comportamento de maré existentes.	32
Figura 13 - Mapa da América do Sul com a região de estudo em destaque.	33
Figura 14 - Recorte de mapa topográfico da região Nordeste do Brasil. O quadrado tracejado representa a área de estudo dos casos CCM, o ponto vermelho a cidade de Maceió, e a cruz laranja a boia do Projeto PIRATA.	34
Figura 15 - Mapas das trajetórias analisadas por imagens de satélite.	38
Figura 16 - Variação negativa entre temperatura da superfície e nas profundidades de 20, 40, 60, 80 e 100 metros. Em azul dias referentes ao período lunar, em rosa o dia de formação do CCM 78 e em vermelho o dia de formação do CCM 79.	46
Figura 17 - Comportamento da maré oceânica e estágios de desenvolvimento do CCM 40.	48
Figura 18 - Comportamento da maré oceânica e estágios de desenvolvimento do CCM 41.	49
Figura 19 - Comportamento da maré oceânica e estágios de desenvolvimento dos CCM 43, 44 e 45.	51
Figura 20 - Comportamento da maré oceânica e estágios de desenvolvimento dos CCM 46 e 47.	52

Figura 21 - Comportamento da maré oceânica e estágios de desenvolvimento do CCM 48.	52
Figura 22 - Comportamento da maré oceânica, temperatura da superfície do mar e estágios de desenvolvimento do CCM 49.	53
Figura 23 - Variação negativa entre a temperatura da superfície e as profundidades de 20, 40, 60, 80 e 100 metros. Em azul os dias referentes ao período lunar e em rosa o dia de formação do CCM 49.....	54
Figura 24 - Comportamento da maré oceânica, temperatura da superfície do mar e estágios de desenvolvimento do CCM 50.	55
Figura 25 - Variação negativa entre a temperatura da superfície e as profundidades de 20, 40, 60, 80 e 100 metros. Em azul os dias referentes ao período lunar e em rosa o dia de formação do CCM 50.....	55
Figura 26 - Comportamento da maré oceânica, temperatura da superfície do mar e estágios de desenvolvimento dos CCM 51 e 52.	56
Figura 27 - Variação negativa entre a temperatura da superfície e as profundidades de 20, 40, 60, 80 e 100 metros. Em azul os dias referentes ao período lunar, rosa o dia de formação do CCM 51 e vermelho o dia da formação do CCM 52.	57
Figura 28 - Comportamento da maré oceânica, temperatura da superfície do mar e estágios de desenvolvimento do CCM 53.	58
Figura 29 - Variação negativa entre a temperatura da superfície e as profundidades de 20, 40, 60, 80 e 100 metros. Em azul os dias referentes ao período lunar e em rosa o dia de formação do CCM 53.....	58
Figura 30 - Comportamento da maré oceânica, temperatura da superfície do mar e estágios de desenvolvimento dos CCM 54, 55 e 56.	59
Figura 31 - Variação negativa entre a temperatura da superfície e as profundidades de 40, 60, 80 e 100 metros. Em azul os dias referentes ao período lunar, rosa, vermelho e vermelho-escuro o dia de formação do CCM 54, CCM 55 e CCM 56 respectivamente.	60
Figura 32 - Comportamento da maré oceânica, temperatura da superfície do mar e estágios de desenvolvimento dos CCM 57, 58 e 59.	61
Figura 33 - Variação negativa entre a temperatura da superfície e as profundidades de 40, 60, 80 e 100 metros. Em azul os dias referentes ao período lunar, rosa, vermelho e vermelho-escuro o dia de formação do CCM 57, CCM 58 e CCM 59 respectivamente.	62
Figura 34 - Variação negativa entre a temperatura da superfície e as profundidades de 60, 80 e 100 metros. Em azul os dias referentes ao período lunar e em rosa o dia de formação do CCM 60.	63
Figura 35 - Comportamento da maré oceânica, temperatura da superfície do mar e estágios de desenvolvimento dos CCM 61, 62 e 63.	64
Figura 36 - Variação negativa entre a temperatura da superfície e as profundidades de 40, 60, 80 e 100 metros. Em azul os dias referentes ao período lunar, rosa, vermelho e vermelho-escuro o dia de formação do CCM 61, CCM 62 e CCM 63 respectivamente.	65

Figura 37 - Comportamento da maré oceânica, temperatura da superfície do mar e estágios de desenvolvimento dos CCM 64, 65 e 66.	66
Figura 38 - Variação negativa entre a temperatura da superfície e as profundidades de 40, 60, 80 e 100 metros. Em azul os dias referentes ao período lunar, rosa, vermelho e vermelho-escuro o dia de formação do CCM 64, CCM 65 e CCM 66 respectivamente.	67
Figura 39 - Comportamento da maré oceânica, temperatura da superfície do mar e estágios de desenvolvimento dos CCM 67 e 68.	68
Figura 40 - Variação negativa entre a temperatura da superfície e as profundidades de 60, 80 e 100 metros. Em azul os dias referentes ao período lunar, rosa o dia de formação do CCM 67 e vermelho o dia da formação do CCM 68.	68
Figura 41 - Comportamento da maré oceânica, temperatura da superfície do mar e estágios de desenvolvimento dos CCM 69 e 70.	69
Figura 42 - Variação negativa entre a temperatura da superfície e as profundidades de 20, 40, 60, 80 e 100 metros. Em azul os dias referentes ao período lunar, rosa o dia de formação do CCM 69 e vermelho o dia da formação do CCM 70.	70
Figura 43 - Comportamento da maré oceânica, temperatura da superfície do mar e estágios de desenvolvimento do CCM 71.	71
Figura 44 - Variação negativa entre a temperatura da superfície e as profundidades de 20, 40, 60, 80 e 100 metros. Em azul os dias referentes ao período lunar e em rosa o dia de formação do CCM 71.	71
Figura 45 - Comportamento da maré oceânica, temperatura da superfície do mar e estágios de desenvolvimento dos CCM 72 e 73.	72
Figura 46 - Variação negativa entre a temperatura da superfície e as profundidades de 20, 40, 60, 80 e 100 metros. Em azul os dias referentes ao período lunar, rosa o dia de formação do CCM 72 e vermelho o dia da formação do CCM 73.	73
Figura 47 - Comportamento da maré oceânica, temperatura da superfície do mar e estágios de desenvolvimento do CCM 74.	74
Figura 48 - Variação negativa entre a temperatura da superfície e as profundidades de 20, 40, 60, 80 e 100 metros. Em azul os dias referentes ao período lunar e em rosa o dia de formação do CCM 74.	74
Figura 49 - Comportamento da maré oceânica, temperatura da superfície do mar e estágios de desenvolvimento dos CCM 75 e 76.	75
Figura 50 - Variação negativa entre a temperatura da superfície e as profundidades de 20, 40, 60, 80 e 100 metros. Em azul os dias referentes ao período lunar, rosa o dia de formação do CCM 75 e vermelho o dia da formação do CCM 76.	76
Figura 51 - Comportamento da maré oceânica, temperatura da superfície do mar e estágios de desenvolvimento do CCM 77.	77
Figura 52 - Variação negativa entre a temperatura da superfície e as profundidades de 20, 40, 60, 80 e 100 metros. Em azul os dias referentes ao período lunar e em rosa o dia de formação do CCM 77.	77
Figura 53 - Comportamento da maré oceânica, temperatura da superfície do mar e estágios de desenvolvimento dos CCM 78 e 79.	78

Figura 54 - Variação negativa entre a temperatura da superfície e as profundidades de 20, 40, 60, 80 e 100 metros. Em azul os dias referentes ao período lunar, rosa o dia de formação do CCM 78 e vermelho o dia da formação do CCM 79.	79
Figura 55 - Comportamento da maré oceânica, temperatura da superfície do mar e estágios de desenvolvimento do CCM 80.	80
Figura 56 - Variação negativa entre a temperatura da superfície e as profundidades de 20, 40, 60, 80 e 100 metros. Em azul os dias referentes ao período lunar e em rosa o dia de formação do CCM 80.....	80
Figura 57 - Comportamento da maré oceânica, TSM e estágios de desenvolvimento dos CCM 62, 64, 77 e 78.	91
Figura 58 - Comportamento temperatura do mar nas profundidades de 20, 40, 60, 80 e 100 metros, com destaque em vermelho para o dia de ocorrência dos CCM 62, 64, 77 e 78. Os outros dias da fase lunar estão em azul.	92
Figura 59 - Distribuição dos casos de CCM estudados em relação as fases lunares.	93
Figura 60 - Distribuição dos casos de CCM estudados em relação as fases lunares e suas localizações predominantes.....	95

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Aquisição de dados referentes aos casos identificados por Albuquerque (2011). Em vermelho dados não adquiridos. Em verde dados adquiridos.	36
Tabela 2 - Identificação da ocorrência e predominância dos CCM escolhidos.	37
Tabela 3 - Aquisição dos dados referentes a temperatura da superfície do mar e em profundidade. Em vermelho a ausência do dado de temperatura. Em verde a existência do dado de temperatura.	41
Tabela 4 - Organização dos dados no Microsoft Excel 2013.	43
Tabela 5 - Distribuição dos casos de CCM analisados em relação as fases lunares de ocorrência dos mesmos.	81
Tabela 6 - Descrição dos casos CCM que ocorreram em fase lunar Nova.	82
Tabela 7 - Descrição dos casos CCM que ocorreram em fase lunar Crescente.	83
Tabela 8 - Descrição dos casos CCM que ocorreram em fase lunar Cheia.	84
Tabela 9 - Descrição dos casos CCM que ocorreram em fase lunar Minguante.	85
Tabela 10 - Distribuição dos casos CCM que ocorreram sobre o continente, comparando fase lunar, sazonalidade e período de estágios do CCM.	86
Tabela 11 - Distribuição dos casos CCM que ocorreram sobre o continente, comparando fase lunar com condição da maré oceânica.	87
Tabela 12 - Distribuição dos casos CCM que ocorreram sobre o oceano, comparando fase lunar, sazonalidade e período de estágios do CCM.	88
Tabela 13 - Distribuição dos casos CCM que ocorreram sobre o oceano, comparando fase lunar com condição da maré oceânica.	89
Tabela 14 - Distribuição percentual do comportamento da maré nos estágios de vida de um CCM em função da sazonalidade comparando a tendência global.	94

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	17
1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	19
1.1 Complexos convectivos de Mesoescala (CCM).....	19
1.1.1 O ciclo de vida do CCM.....	19
1.1.2 Ocorrência na América do Sul.....	19
1.1.3 Desenvolvimento do CCM no Nordeste Brasileiro.....	21
1.2 Temperatura da Superfície do Mar (TSM).....	24
1.3 Corrente Oceânica.....	26
1.3.1 Corrente Brasileira.....	26
1.4 Formação da Maré Oceânica.....	27
2 MATERIAIS E MÉTODOS.....	33
2.1 Região de Estudo.....	33
2.2 Identificação dos casos e dados utilizados.....	34
2.2.1 Casos de Complexos Convectivos de Mesoescala.....	34
2.2.2 Dados de Análise de Altura de Maré Oceânica.....	39
2.2.3 Dados de Análise das fases lunares.....	39
2.2.4 Dados de Análise da Temperatura da Superfície do Mar e Profundidades.....	40
2.3 Análise do cruzamento de dados.....	42
2.3.1 Softwares utilizados.....	42
2.3.2 Tratamento dos dados.....	42
2.3.3 Gráficos do comportamento da maré e amplitude.....	43
2.3.4 Gráficos do comportamento da maré, amplitude e TSM.....	44
2.3.5 Gráficos do perfil de temperatura do oceano.....	45
3 RESULTADOS.....	47
3.1 Análise dos Casos de CCM.....	47
3.1.1 Caso do CCM 40.....	48
3.1.2 Caso CCM 41.....	49
3.1.3 Caso do CCM 42.....	49
3.1.4 Casos dos CCM 43, 44 e 45.....	50
3.1.5 Casos dos CCM 46 e 47.....	51
3.1.6 Caso do CCM 48.....	52

3.1.7	Caso do CCM 49	53
3.1.8	Caso do CCM 50	54
3.1.9	Casos dos CCM 51 e 52	56
3.1.10	Caso do CCM 53	57
3.1.11	Casos dos CCM 54, 55 e 56.....	59
3.1.12	Casos dos CCM 57, 58 e 59.....	60
3.1.13	Caso do CCM 60	62
3.1.14	Casos dos CCM 61, 62 e 63.....	64
3.1.15	Casos dos CCM 64, 65 e 66.....	65
3.1.16	Casos dos CCM 67 e 68	67
3.1.17	Casos dos CCM 69 e 70	69
3.1.18	Caso do CCM 71	70
3.1.19	Casos dos CCM 72 e 73	72
3.1.20	Caso do CCM 74	73
3.1.21	Casos dos CCM 75 e 76	75
3.1.22	Caso do CCM 77	76
3.1.23	Casos dos CCM 78 e 79	78
3.1.24	Caso do CCM 80	79
3.2	Análise dos casos por fase lunar	81
3.2.1	Casos de CCM na Lua Nova	82
3.2.2	Casos de CCM na Lua Crescente	83
3.2.3	Casos de CCM na Lua Cheia.....	84
3.2.4	Casos de CCM na Lua Minguante.....	85
3.3	Análise dos Casos por localização	86
3.3.1	Casos de CCM sobre o Continente.....	86
3.3.2	Casos de CCM sobre o Oceano	88
3.4	Análise por similaridade do comportamento da TSM	90
3.5	Análise total dos casos	92
4	CONCLUSÕES.....	96
	REFERENCIAS.....	98

INTRODUÇÃO

O Sol é o regulador do clima no planeta. Além de nos manter gravitacionalmente em uma órbita estável e garantir a energia que a Terra precisa para manter a vida, seus ciclos e oscilações, também tem se mostrado cada vez mais influentes sobre as condições de eventos de tempo meteorológico como sugerem os trabalhos de Nigel Marsh e Henrik Svensmark (1996).

Gravitacionalmente a Lua também tem influência significativa na vida do planeta. Culturalmente ela se reduziu a determinar a melhor época para cortar o cabelo, plantar frutas ou determinar se o tempo de uma tarefa será longo ou curto (segundo “especialistas na área” a Lua deve estar em conjunção com algum signo cardinal, Áries, Câncer, Libra ou Capricórnio para se concluir uma tarefa com rapidez, logo, isso explica a dificuldade de escrever este trabalho).

Deixando a pseudociência de lado, a Lua é parte responsável pela precessão dos equinócios e ciclos da maré oceânica e atmosférica conforme trabalho de Paulino *et al* (2013). Para eventos de tempo meteorológico a magnitude de tempo da precessão dos equinócios é muito alta da ordem de 10^3 anos, o que nos leva a propor a busca por uma possível relação do ciclo da maré nas condições de tempo meteorológico.

Os Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM) são sistemas que criam condições de tempo meteorológico severo com intensa precipitação e que podem resultar em situações de risco para a população. A literatura já estabeleceu os critérios para identificação de um CCM com o trabalho de Maddox (1980) e Velasco e Fritsch (1987), entretanto, não concluiu o tema acerca de sua formação e desenvolvimento para a região do nordeste brasileiro conforme aponta Silveira (2010) e Albuquerque (2011).

Esse estudo propõe contribuir para o desenvolvimento do tema questionando uma possível relação entre o comportamento da maré oceânica e os eventos de CCM, uma vez que a atração gravitacional lunar, também influencia o fluido atmosférico como mostrou Paulino *et al*. (2013).

Essa variação oceânica poderia afetar alguma variável de desenvolvimento dos eventos de CCM. O objetivo do trabalho é determinar se essa relação é pertinente

para a compreensão do fenômeno CCM. Outro objetivo é, se havendo uma relação relevante, como se comporta através da maré oceânica, com a elevação e vazão da quantidade de água em um ciclo de luação, a gênese, desenvolvimento e dissipação do Complexo Convectivo de Mesoescala.

1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.1 Complexos convectivos de Mesoescala (CCM)

O trabalho de Maddox (1980) definiu o perfil de um Complexo Convectivo de Mesoescala (CCM), pelas características físicas de sistemas de aglomerados de nuvens convectivas. O qual deveriam ter, duração mínima de 6 horas, forma aproximadamente circular com aproximadamente 100.000km^2 e no topo da nuvem possuir temperatura, igual ou menor que -32°C nas periferias do complexo e igual ou menor no núcleo que -52°C , este também com área aproximada de 50.000km^2 .

1.1.1 O ciclo de vida do CCM

O ciclo de vida de um CCM, segundo Maddox (1980) passa por três estágios. A fase de formação se dá com os movimentos ascendentes, fornecimento de umidade na baixa troposfera e instabilidade convectiva associada a topografia. Na fase de desenvolvimento os movimentos ascendentes ganham intensidade em médios níveis e também a saturação do ar se intensifica. Na fase de dissipação, a instabilidade perde seu fornecimento de energia interrompendo o desenvolvimento associado as fases anteriores. Para essa identificação utilizou imagens de satélite no canal infravermelho realçadas. Esse perfil de CCM foi definido para as ocorrências na região central dos Estados Unidos.

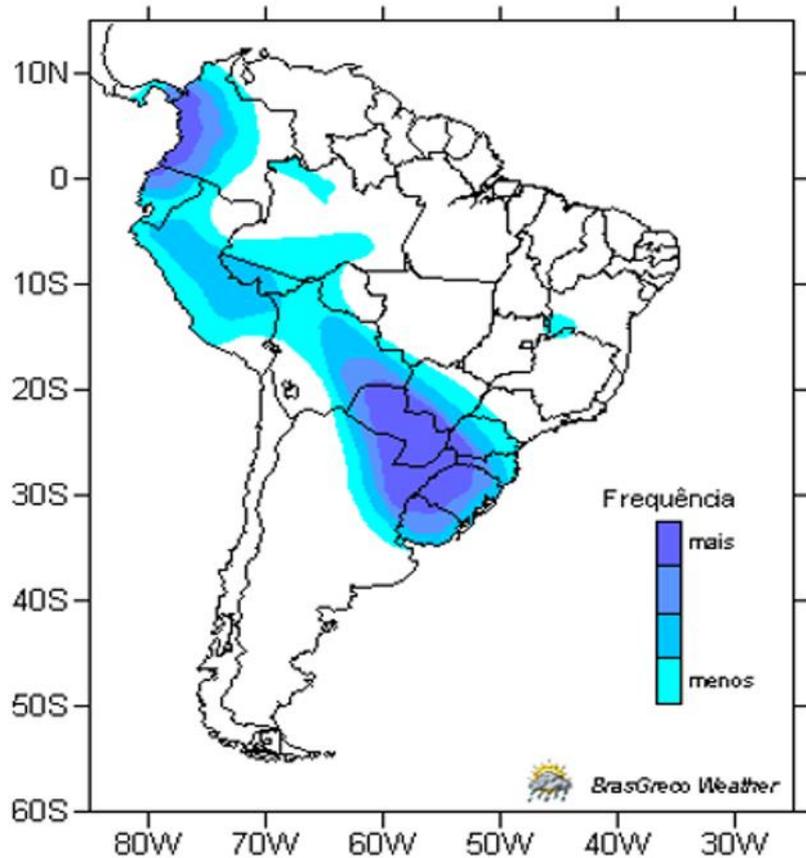
O ciclo na maioria dos casos tem ocorrência noturna, independente do hemisfério, tanto na faixa subtropical como tropical, conforme Velasco e Fritsch (1987) apontam. Na identificação de CCM na América do Sul utilizaram critérios semelhantes a Maddox (1980) alterando apenas os limites de temperaturas de topo de nuvem para -42°C e -62°C nos mesmos valores de áreas das temperaturas de -32°C e -52°C respectivamente.

1.1.2 Ocorrência na América do Sul

Os CCM na América do Sul são identificados nas imagens de satélite pelos conjuntos de cumulunimbus com cobertura de uma camada de cirros espessa,

conforme Silva Dias (1987) caracterizou. A figura 1 revela a distribuição de CCM na América do Sul e sua frequência estudada por Silva Dias (1987).

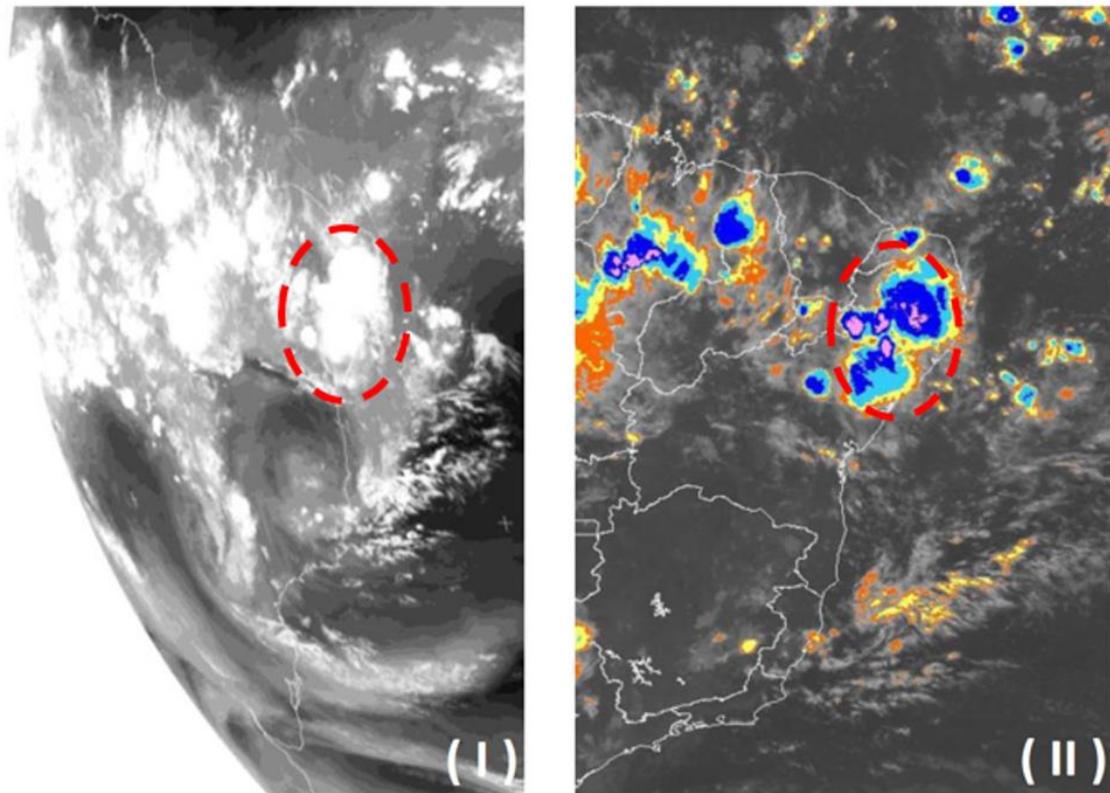
Figura 1 - Distribuição de eventos CCM na América do Sul.



Fonte: SILVA DIAS (1987)

Na região do Nordeste Brasileiro, Silva Dias (1987) não relata a ocorrência de formação de sistemas meteorológicos de mesoescala como os CCM. Entretanto, Albuquerque (2011) identificou a formação, desenvolvimento, dissipação e trajetória de 80 casos de CCM durante 1999 e 2009 utilizando os critérios de Velasco e Fritsch (1987). Albuquerque (2011) observou em imagens de satélite a formação de sistemas meteorológicos de mesoescala conforme pode ser observado na figura 2.

Figura 2 - Recorte da imagem do satélite (I) METEOSAT Canal de Vapor de água e (II) GOES Canal Infravermelho realçado, no caso CCM 61 identificado por Albuquerque (2011).



Fonte: Adaptado (I) Dundee University e (II) CPTEC

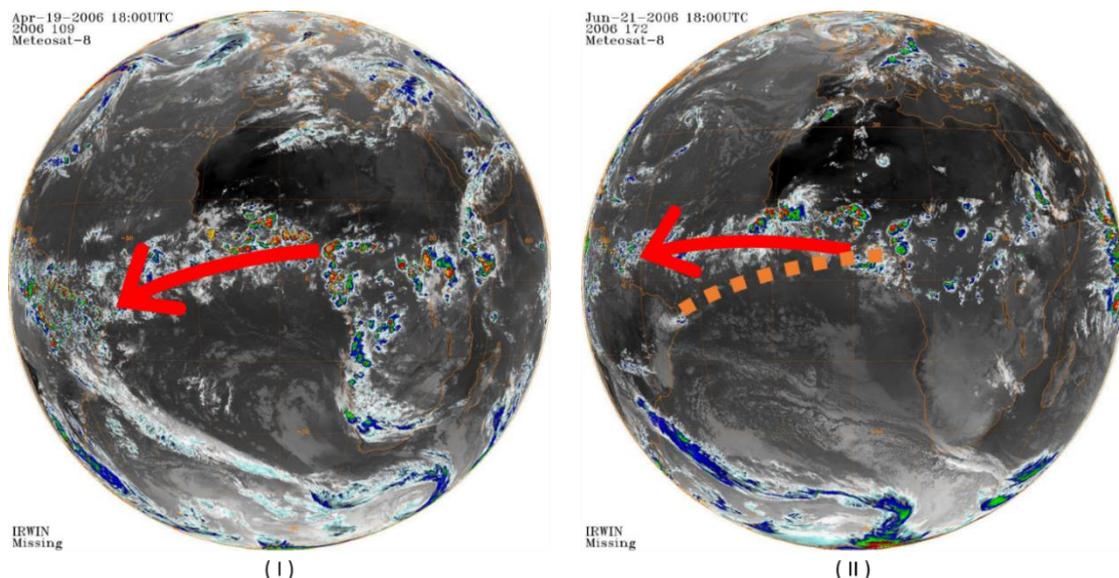
1.1.3 Desenvolvimento do CCM no Nordeste Brasileiro

O processo de formação e desenvolvimento do CCM está diretamente ligado ao aquecimento radiativo. Contudo a intensidade de umidade na baixa troposfera no Nordeste Brasileiro, permitem que a simples existência de um mecanismo dinâmico cause instabilidade atmosférica, elevando as parcelas de ar provocando chuva, segundo Aragão (1996).

Um desses mecanismos pode ser a movimentação da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). Essa faixa de nuvens do tipo cumuliformes, circundando a região do equador da Terra, é formada pelo encontro dos ventos alísios do hemisfério Norte com os ventos alísios do hemisfério Sul. A baixa pressão com a alta temperatura do mar, intensifica a convecção e precipitação, já que em baixos níveis o choque entre os alísios faz o ar quente e úmido subir provocando a formação de nuvens (FERREIRA e MELO, 2005).

A mudança de incidência da radiação solar em função da posição do Sol ao longo do ano entre os trópicos de Câncer (hemisfério Norte) e Capricórnio (hemisfério Sul) faz com que a movimentação atmosférica varie. Essa movimentação é observada em imagens de satélite como os da figura 3. Em Abril conforme vemos na figura 3, parte (I) a Zona de Convergência Intertropical atinge a costa do Nordeste Brasileiro conforme o destaque da seta apresenta. Já Junho ela é deslocada para o Norte, acompanhando o movimento aparente do Sol em função do eixo de inclinação da Terra. A Zona de Convergência Intertropical dessa forma não atinge a costa do Nordeste do Brasil conforme visto na parte (II) da figura 3. (Ferreira; Melo, 2005).

Figura 3 - Imagem do satélite GIBBS Canal Infravermelho realçado. (I) Comportamento da ZCIT horas antes do Equinócio de Outono e (II) horas depois do Solstício de Inverno em 2006.



Fonte: Adaptado NOAA (2015)

Sendo deslocada mais ao Sul do equador a Zona de Convergência Intertropical, a ocorrência de eventos de mesoescala são mais frequentes e significativos no Nordeste do Brasil conforme observado por Barbosa e Correia (2005).

Também se sugere que a ocorrência de CCM no Nordeste Brasileiro se deve a influência de eventos El Niño e La Niña, o que também se mostrou possível no trabalho de Laing e Fritsch (1997). O aquecimento (El Niño) e resfriamento (La Niña) das águas do oceano Pacífico causa variação na precipitação no Nordeste do Brasil e na África (ARAGÃO, 1998). Nos anos de El Niño a célula de Walker desloca seu ramo descendente sobre a região amazônica inibindo a convecção. A umidade vinda

do oceano que entraria na região amazônica cai em função da baixa intensidade dos ventos alísios de nordeste.

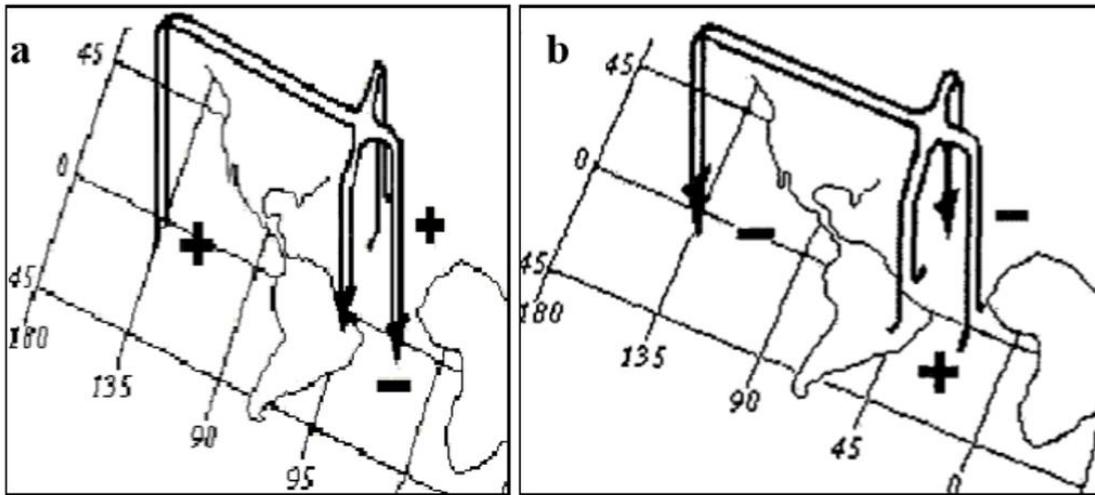
Os níveis de precipitação no Nordeste Brasileiro também são fortemente influenciados pela mudança anômala na temperatura do oceano Atlântico. Esse fenômeno conhecido por Dipolo do Atlântico é conhecido por causar variações na precipitação esperada no Nordeste do Brasil e na África.

A mudança na temperatura do mar muda a circulação meridional da atmosfera e modifica (aumentando ou diminuindo) a formação de nuvens e precipitação. Quando a temperatura do Atlântico Norte é menor que do Atlântico Equatorial e Tropical Sul, movimentos ascendentes aceleram a formação de nuvens aumentando a precipitação. Quando o contrário o fenômeno inibe a formação das nuvens e a precipitação (ARAGÃO, 1998).

A Zona de Convergência Intertropical é afetada diretamente pelas anomalias nas temperaturas do Pacífico (com o El Niño e La Niña) e do Atlântico (Dipolo do Atlântico Tropical). E sendo a principal responsável pela precipitação no Nordeste do Brasil, as anomalias na posição da ZCIT modificam a intensidade da precipitação sobre a região. Essas anomalias variam conforme variam os valores da temperatura do mar, a extensão dessa variação e período de atuação, gerando mudanças de intensidades variadas consideradas muito fracas, fracas, moderadas ou fortes (ARAGÃO, 1990).

O impacto do Dipolo do Atlântico e das Anomalias de temperatura no Pacífico causam flutuações interanuais de precipitação organizadas segundo Aragão (1998) de dois modos principais conforme a figura 4. Com o Oceano Pacífico positivo (El Niño), Oceano Atlântico Sul negativo e Oceano Atlântico Norte Positivo (Dipolo Negativo) geram pouca precipitação pois afasta a ZCIT do Nordeste Brasileiro conforme esquema da parte (a) da figura 4. Para a situação inversa com o Oceano Pacífico negativo (La Niña), Oceano Atlântico Sul positivo e Oceano Atlântico Norte negativo (Dipolo Positivo) existe abundância na precipitação pois aproxima a ZCIT da região conforme esquema da parte (b) da figura 4.

Figura 4 - Comportamento da circulação atmosférica em função de (a) Pacífico quente (El Niño), Atlântico Norte quente, Atlântico Sul frio (Dipolo); (b) Pacífico frio (La Niña), Atlântico Norte frio, Atlântico Sul quente (Dipolo).



Fonte: ARAGÃO (1996)

Porém o El Niño e a La Niña não são fatores determinantes das estações de chuva no Nordeste do Brasil. O estudo baseado apenas na anomalia do Pacífico resulta em conclusões enganosas. As anomalias na temperatura da superfície do mar do Atlântico Tropical são mais determinantes nesse caso.

Identificar as causas que possam contribuir para a formação de CCM no Nordeste Brasileiro impulsionou a confecção dessa pesquisa.

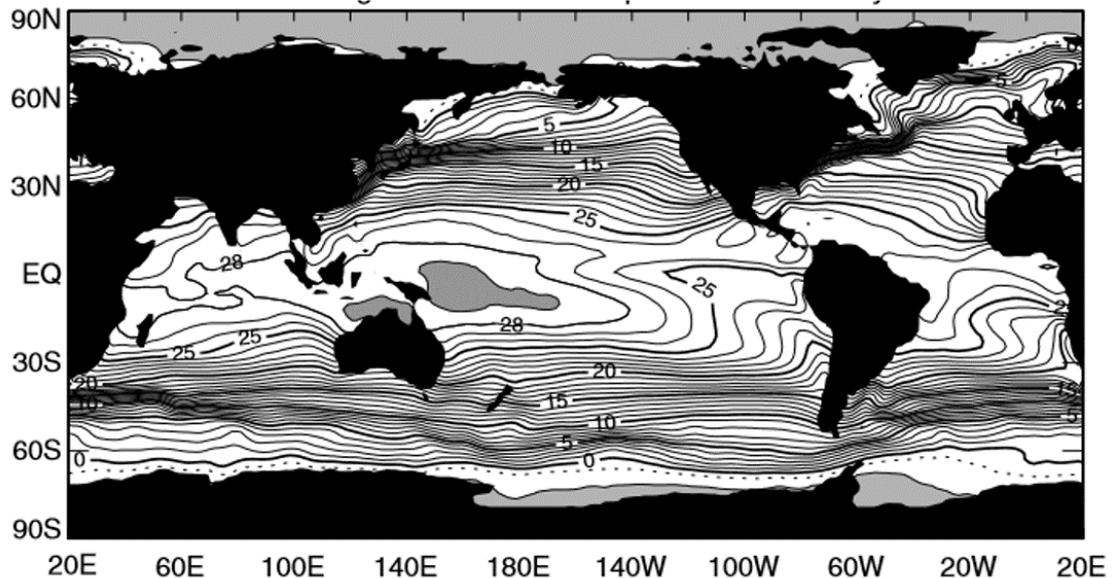
1.2 Temperatura da Superfície do Mar (TSM)

A principal e mais influente variável física nas condições climáticas no Nordeste Brasileiro é a Temperatura da Superfície do Mar dos oceanos Pacífico e Atlântico Norte. Philander (1991), aponta que os eventos de El Niño e La Niña, no Pacífico Tropical são a causa de diferentes fenômenos climáticos em várias regiões nordestinas. O aquecimento e resfriamento anômalos das águas da superfície do Oceano Pacífico Equatorial, conhecidos como El Niño e La Niña respectivamente, afetam os padrões climáticos e meteorológicos de regiões no Nordeste Brasileiro. Eventos como o La Niña favorecem a precipitação, na costa e no semiárido (ARAGÃO, 1996).

O fator que mais determina a variação da temperatura da superfície do mar globalmente é a radiação solar, e visto que nos trópicos ela é mais intensa que em

outras latitudes, Wallace e Hobbs (2006) comentam que as circulações atmosféricas sofrem a influência da temperatura da superfície do mar particularmente nos trópicos. A temperatura da superfície do mar possui uma tendência zonal de variação, e independente da longitude afirma Stewart (2008). A figura 5 mostra como ela se distribuir em média.

Figura 5 - Gradiente de temperatura da superfície do mar média para Janeiro.

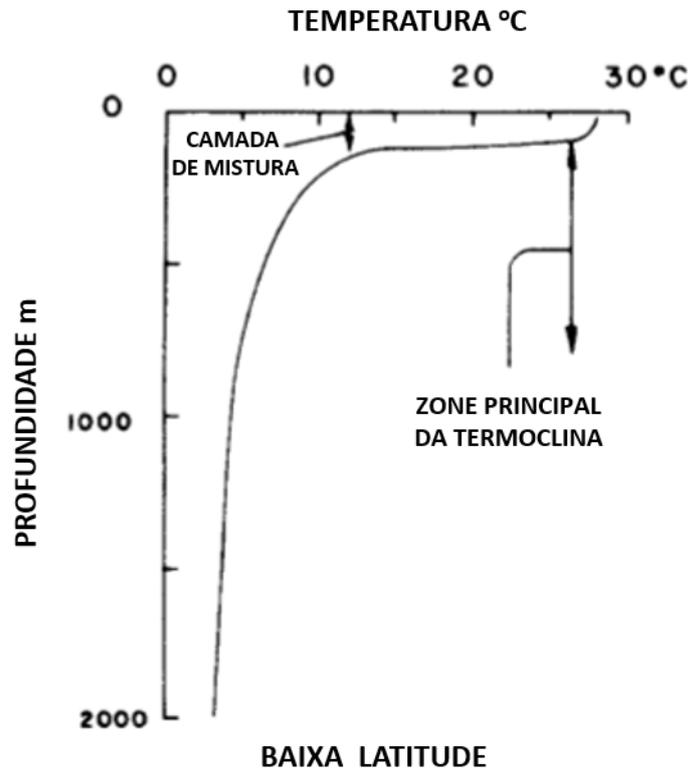


Fonte: STEWART (2008)

Quando o vento perturba as camadas de cima do oceano gera uma fina camada de mistura em que a temperatura e a salinidade da água permanecem constantes até uma determinada profundidade. Geralmente essa variação da camada de baixo está entre 0,02°C e 0,1°C menor que a da superfície (STEWART, 2008). Pickard e Emery (1990) mostram que a camada de mistura tem uma espessura entre 10 e 200 metros entre os trópicos e faixas de latitudes médias.

Essas camadas de mistura tendem a ser mais salgadas que as camadas mais profundas, com exceção das altas latitudes. Abaixo da camada limite a queda de temperatura aumenta rapidamente com a profundidade. A figura 6 mostra essa afirmação de Pickard e Emery (1990).

Figura 6 - Perfil típico de temperatura média em oceano aberto.



Fonte: Adaptado Pickard e Emery (1990)

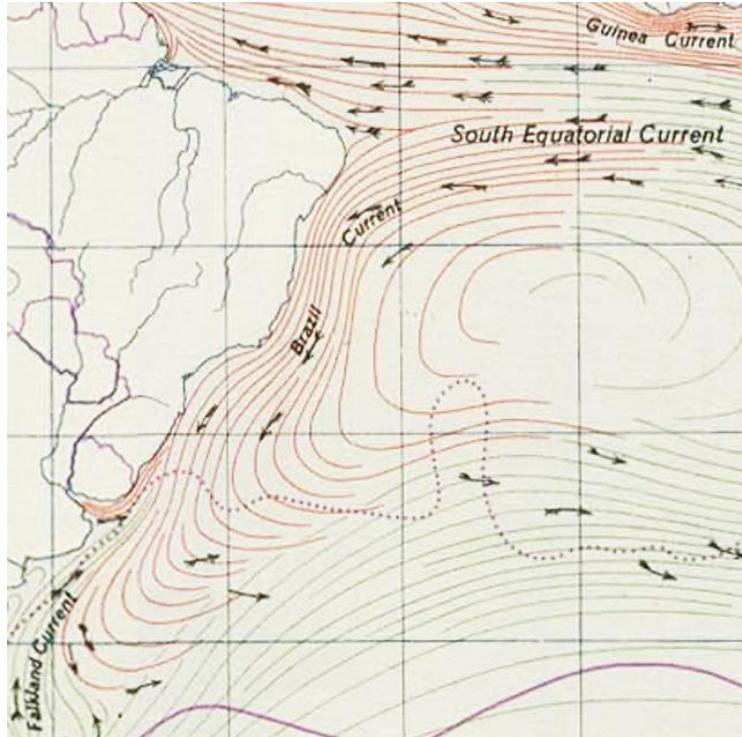
1.3 Corrente Oceânica

Os movimentos das parcelas de água do oceano, ordenadas ou não, em função da inércia rotacional do planeta, diferenças na densidade da água e dos ventos são estabelecidas em oceanografia como correntes oceânicas (STEWART, 2008).

1.3.1 Corrente Brasileira

Paralelo a costa leste da América Latina existe uma corrente oceânica quente conhecida como Corrente do Brasil. Ela se origina da Corrente Equatorial Sul, cerca de 9°S e corre para o sul ao longo da costa brasileira até cerca de 38°S, quando colide com a Corrente das Malvinas, e está confinada nos primeiros 600 metros da coluna de água. Em média a temperatura do mar na Corrente do Brasil varia entre 18°C e 28°C (Podesta *et. al.*, 1991). A figura 7 esboça o movimento da corrente ao longo da costa brasileira.

Figura 7 - Recorte do mapa de correntes oceânicas destacando a corrente brasileira que corre pela costa do Brasil.



Fonte: Adaptado University of Texas Libraries (2015)

1.4 Formação da Maré Oceânica

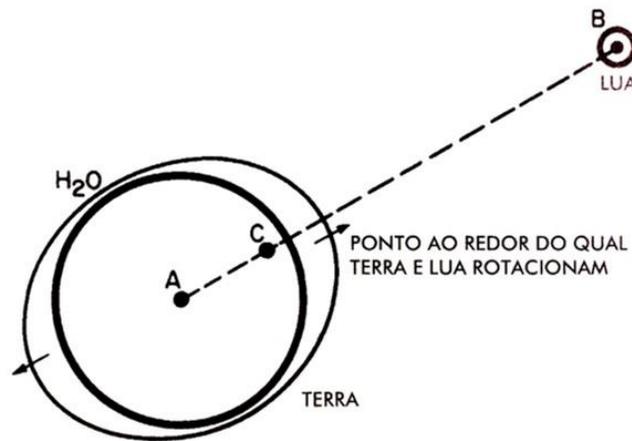
A lei da gravitação universal, deduzida por Isaac Newton a partir das Leis de Kepler para o movimento dos planetas, explicam uma série de fenômenos terrestres como a maré oceânica e atmosférica. A maré oceânica é resultante da atração gravitacional exercida pela Lua sobre a Terra, e em menor escala, da atração gravitacional exercida pelo Sol sobre a Terra (OLIVEIRA FILHO, 2004).

Um dos resultados da ação da maré no sistema Terra-Lua é o aumento do período rotacional da Terra, em função das forças de atração. Tanto a Terra como a Lua sofrem esse efeito, que é mais visível na Lua, uma vez que a face da Lua permanece relativamente a mesma em relação a Terra. Essa diminuição tem causado o afastamento lento da Lua em relação a Terra (STEWART, 2008). Outro efeito segundo Stewart (2008) é a influência da maré na órbita dos satélites altimétricos.

A figura 8 mostra um esquema da causa da formação da maré oceânica. A Lua (ou seu centro de massa, o ponto B na figura) não se move simplesmente em um círculo ao redor do centro de massa da Terra (ponto A na figura), nem a Terra segue

em linha reta ao redor do Sol, ambas giram em torno de um ponto comum, o centro de massa do sistema Terra-Lua (ponto C na figura) conforme mostra a figura 8.

Figura 8 - Sistema Terra-Lua, (fora de escala) com as marés.



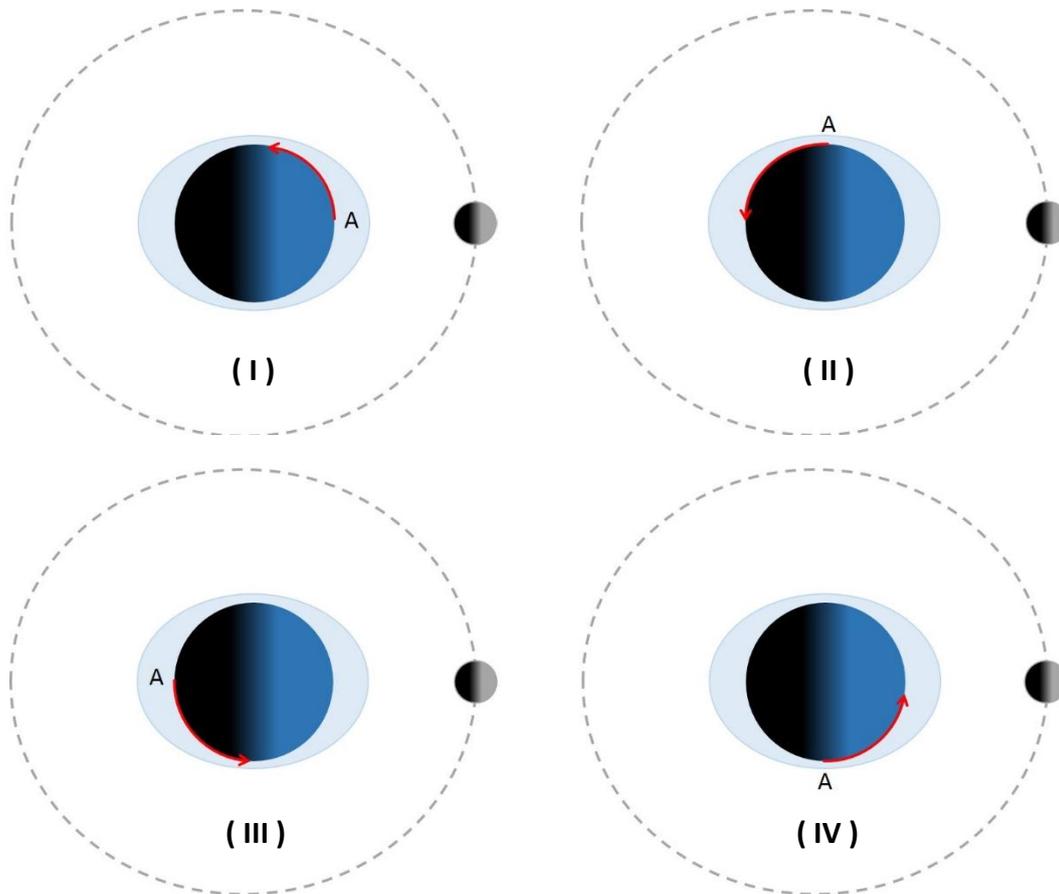
Fonte: FEYNMAN (2008)

Esse movimento ao redor do centro de massa do sistema é o que equilibra a queda de um corpo no outro. Visto que a Terra está viajando então em um círculo ao redor do ponto do centro de massa do sistema, a água do lado oposto à Lua está “desbalanceada”, porque a atração da Lua naquele ponto é mais fraca, do que no centro da Terra. O resultado é uma elevação da água afastando-se do centro da Terra (FEYNMAN, 2008).

A maré provocada pela Lua depende da distância da Lua ao ponto do mar que sofre com a gravidade lunar na Terra. A atração gravitacional percebida no lado da Terra que a Lua está mais próxima é mais intensa do que a percebida no centro da Terra. Como a água flui mais facilmente ela é “empilhada” nos dois lados da Terra, formando um bojo de água em direção a Lua e outro na direção contrária (OLIVEIRA FILHO, 2004).

Enquanto a Terra rotaciona em torno de seu eixo, o bojo de água permanece sempre alinhado com a posição da Lua. Em um dado momento, conforme a figura 9 mostra um ponto A da Terra estará embaixo da Lua e terá maré alta (I). Passadas seis horas aproximadamente, a rotação, indicada pela seta vermelha, da Terra terá deslocado o ponto A em um quadrante, e a maré será baixa (II). Passadas mais seis horas aproximadamente o ponto A estará em oposição a Lua, tendo novamente uma maré alta (III). Dali a mais seis horas aproximadamente mais uma maré baixa (IV).

Figura 9 - O esquema (fora de escala) mostra como a rotação da Terra influencia o tipo de maré sobre uma determinada região.



Fonte: AUTOR (2015)

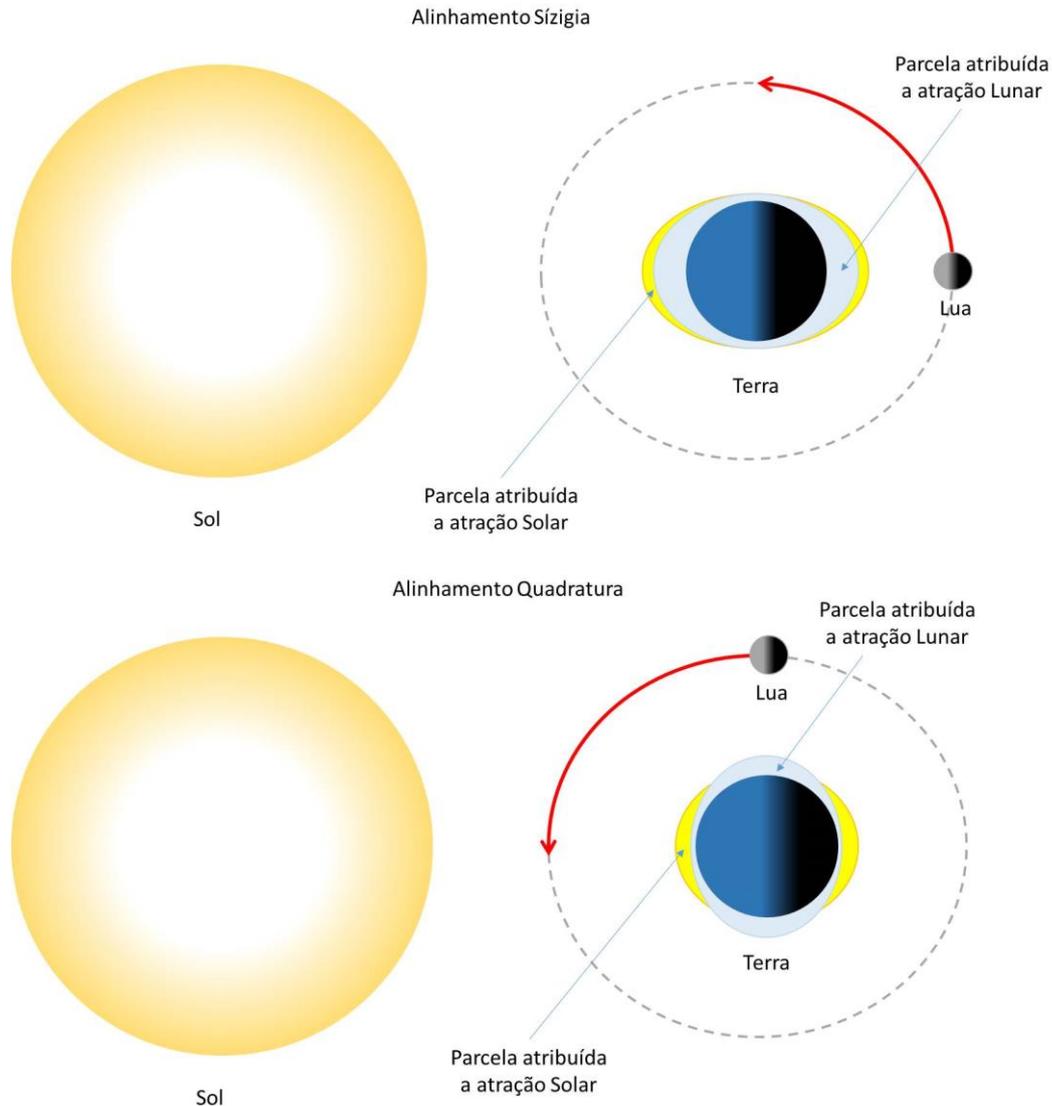
Visto que a rotação da Terra não ocorre exatamente em 24 horas e a Lua também não deixa de efetuar sua revolução ao redor do planeta, duas marés altas ocorrem em um período de 24 horas e 50 minutos.

Além da Lua, o Sol, também possui uma parcela de contribuição no aumento do nível da maré oceânica apesar de estar cerca de 390 vezes mais afastado da Terra que a Lua. A força com que o Sol atrai o oceano é 46% da força exercida pela Lua como demonstram Oliveira Filho (2004) e Stewart (2008).

Entretanto o alinhamento entre os três corpos pode ser determinante na altura da maré. Quando alinhados, Sol e Lua, em relação a Terra produzem as marés mais intensas. Esse é o alinhamento de Sizígia. Quando perpendiculares, Sol e Lua em relação a Terra produzem as marés menos intensas, esse é o alinhamento de Quadratura. Portanto temos marés de Sizígia nas fases lunares Nova e Cheia e marés

de Quadratura nas fases lunares Crescente e Minguante conforme a figura 10 demonstra.

Figura 10 - O esquema (fora de escala) exemplifica os dois alinhamentos possíveis entre o sistema Sol, Terra Lua que contribuem para a máxima e mínima amplitude da maré oceânica.



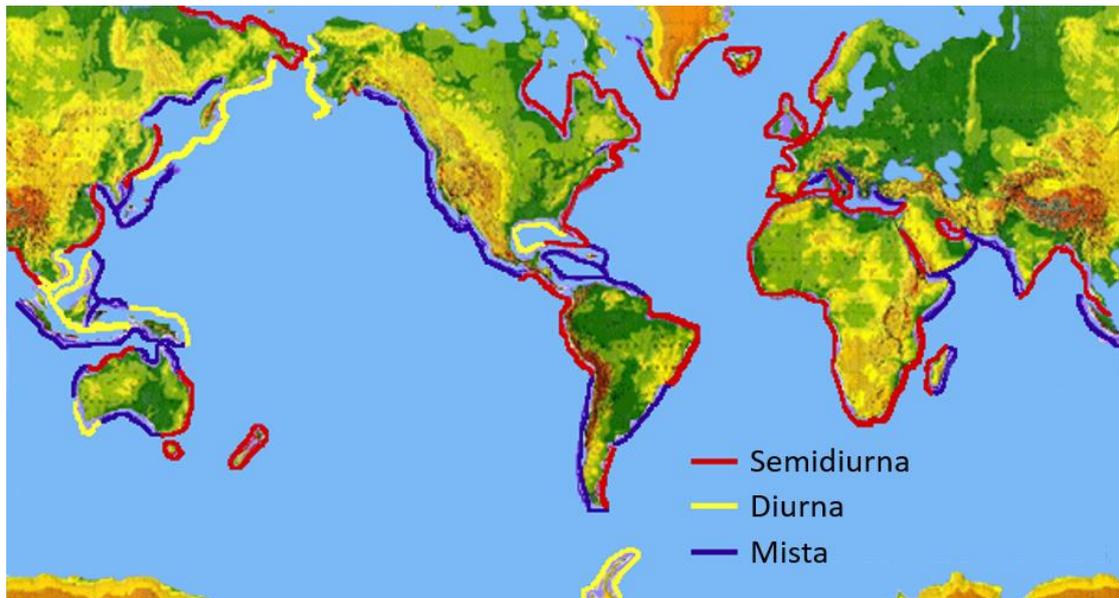
Fonte: AUTOR (2015)

Oliveira Filho (2004) ainda comenta que se a Terra fosse totalmente coberta de água, a altura máxima da maré oceânica seria de aproximadamente 1 metro. Como a Terra não o é e a distribuição de massas oceânicas não é simétrica a altura e hora da maré variam de lugar para outro. Alguns estuários e baías podem atingir marés variantes em até 10 metros de altura.

Essa alteração na distribuição de água em razão das largas plataformas continentais e do leito oceânico provocam variações na maré gerando características

distintas. Uma vez que ao girar em seu eixo a Terra altera a posição da parcela de água atraída para fora, os continentes bloqueiam o fluxo de água. O leito do oceano também se modifica ao longo da costa causando tipos diferentes de maré num mesmo continente (SUMICH, 1996) como vemos na figura 11.

Figura 11 - Tipos de marés observadas ao redor dos continentes.



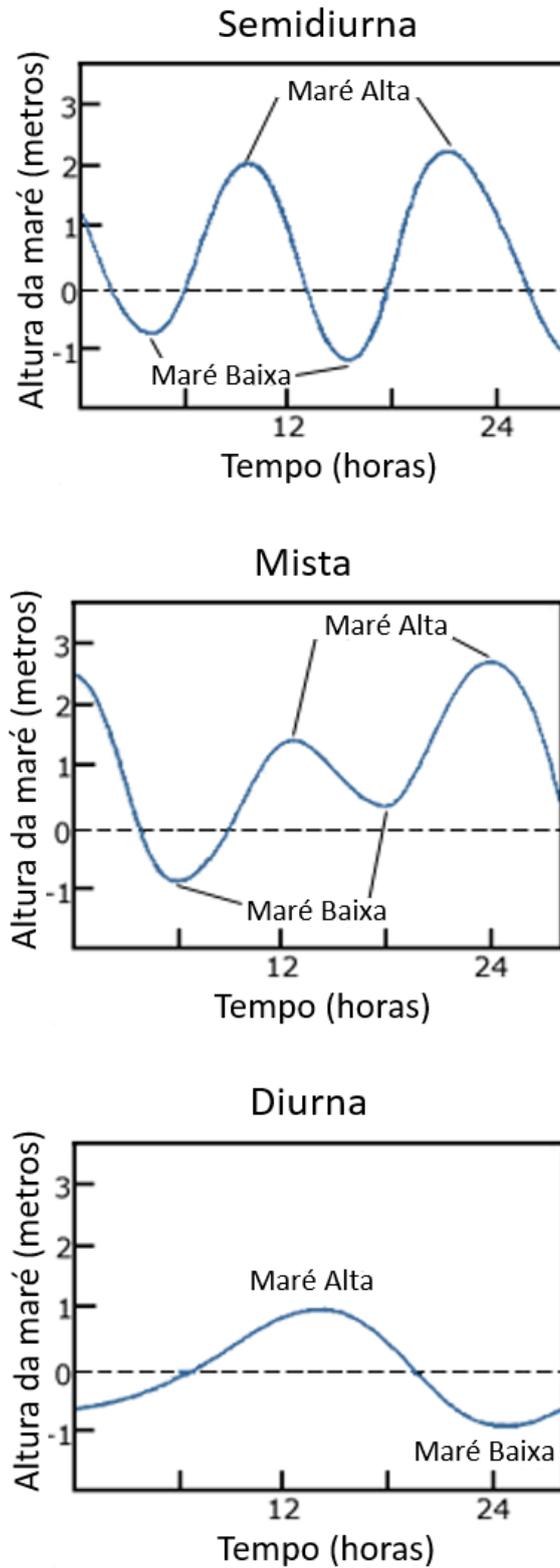
Fonte: Adaptado NOS EDUCATION (2015).

Como vimos na figura 11 são três os tipos básicos de padrões de maré encontrados em todo o planeta. Em geral existem duas marés altas e duas marés baixas conforme já discutido anteriormente.

Quando essas marés tem a mesma altura de água para a maré alta e para a maré baixa, esse tipo é chamado de maré Semidiurna. Se a maré alta e a maré baixa diferem na altura o padrão é chamado de maré Semidiurna Mista, ou simplesmente maré Mista. Algumas áreas no planeta têm apenas uma maré alta e uma maré baixa ao longo do dia. Nesse caso é chamada de maré Diurna explica Ross (1995).

A figura 12 mostra o comportamento da altura da maré ao longo das horas do dia para cada configuração de maré.

Figura 12 - Tipos de comportamento de maré existentes.



Fonte: Adaptado NOS EDUCATION (2015)

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Região de Estudo

A região de estudo na América do Sul (figura 13) é limitada pelos paralelos de 0° e 15° S e os meridianos de 30° e 45° W, sendo esta utilizada na seleção dos CCM verificados para o estudo destacado no mapa.

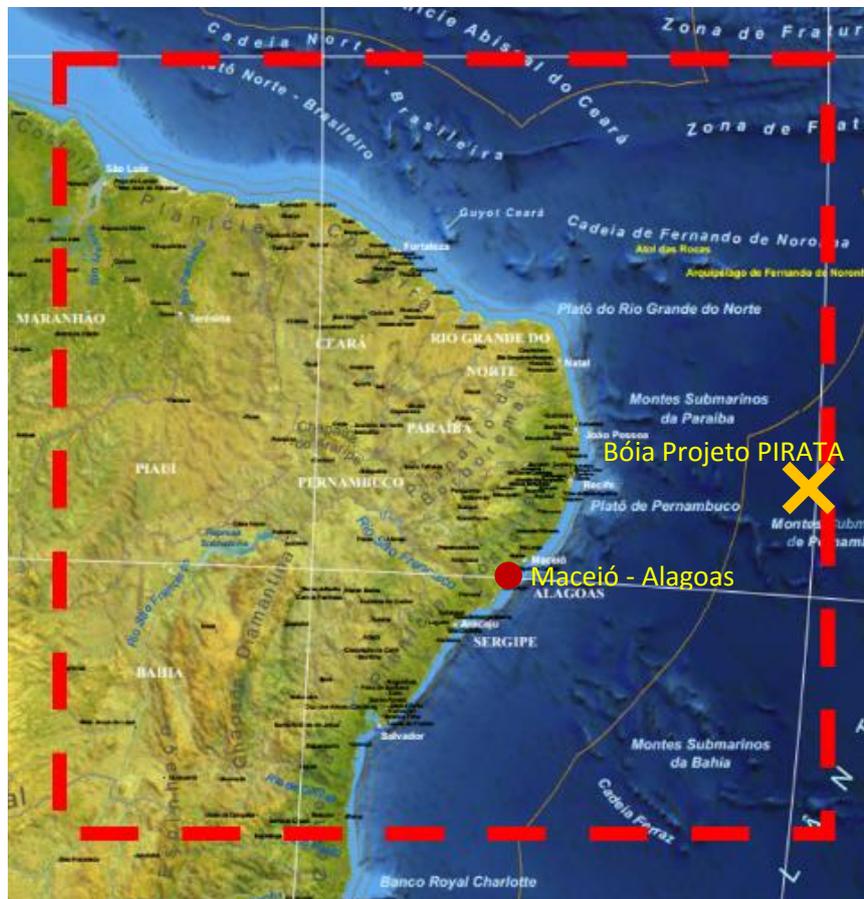
Figura 13 - Mapa da América do Sul com a região de estudo em destaque.



Fonte: Adaptado Google (2015)

Na figura 14 se encontra ampliada a área de estudo dentro do quadrado tracejado vermelho. Também em vermelho o ponto de localização da cidade de Maceió, Alagoas local da previsão da maré oceânica. O outro ponto em destaque é a cruz laranja que mostra a localização da Boia do Projeto Pirata que coletou dados de temperatura da superfície do mar, e nas profundidades de 20, 40, 60, 80 e 100 metros.

Figura 14 - Recorte de mapa topográfico da região Nordeste do Brasil. O quadrado tracejado representa a área de estudo dos casos CCM, o ponto vermelho a cidade de Maceió, e a cruz laranja a boia do Projeto PIRATA.



Fonte: Adaptado IBGE (2013)

2.2 Identificação dos casos e dados utilizados

2.2.1 Casos de Complexos Convectivos de Mesoescala

Albuquerque (2011) identificou 80 casos de CCM sobre o Nordeste do Brasil conforme as especificações de Velasco e Fritsch (1987) (item 1.1.1) que ocorreram no período de 10 anos, iniciando em dezembro de 1999 e finalizando em dezembro de 2009.

Utilizando imagens do satélite METEOSAT, no canal infravermelho do banco de imagens do Global ISCCP B1 Browse System (GIBBS), analisou a temperatura de topo da nuvem igual ou inferior a -42°C e área de cobertura igual e/ou superior a 100.000 km^2 para o estágio inicial do complexo convectivo.

Acompanhando o desenvolvimento do complexo convectivo pode determinar o tempo de duração da gênese até a dissipação, quando o complexo não obedecia mais às regras de temperatura e área de cobertura conforme vimos na figura 2 (item 1.1.2).

Após determinar o momento de formação e o momento de dissipação ainda analisando as imagens de satélite pode determinar o estágio do máximo desenvolvimento e intervalo de tempo para atingir esse estágio do CCM identificando o núcleo do complexo com área igual ou superior a 50.000km² por sobreposição de imagens e temperatura igual ou inferior a -62°C.

De todos os 80 casos de CCM identificados por Albuquerque (2011) no nordeste brasileiro, 41 casos possuíam dados de altura de maré e das fases lunares que proporcionavam tais mudanças na altura do mar.

A tabela 1 detalha em verde a aquisição dos dados utilizados no estudo selecionando os casos de eventos CCM para exclusão ou inclusão deste trabalho. Em vermelho os dados que não foram adquiridos para os casos de eventos CCM. Os 39 primeiros casos de CCM identificados por Albuquerque (2011) foram descartados por não ser possível adquirir qualquer dado de altura de maré e temperatura da superfície do mar e profundidades.

Dos 41 casos restantes usados no estudo, em 9 não foi possível adquirir qualquer dado da temperatura da superfície do mar, entretanto, a análise do comportamento da maré e estágio de desenvolvimento do CCM foi realizado. Nos outros 32 casos de eventos CCM em que foi possível adquirir os dados de temperatura da superfície do mar, também foi incluída a análise com as outras variáveis.

Tabela 1 - Aquisição de dados referentes aos casos identificados por Albuquerque (2011). Em vermelho dados não adquiridos. Em verde dados adquiridos.

Casos	CCM1	CCM2	CCM3	CCM4	CCM5	CCM6	CCM7	CCM8	CCM9	CCM10
Altura Maré										
Fase Lunar										
TSM										

Casos	CCM11	CCM12	CCM13	CCM14	CCM15	CCM16	CCM17	CCM18	CCM19	CCM20
Altura Maré										
Fase Lunar										
TSM										

Casos	CCM21	CCM22	CCM23	CCM24	CCM25	CCM26	CCM27	CCM28	CCM29	CCM30
Altura Maré										
Fase Lunar										
TSM										

Casos	CCM31	CCM32	CCM33	CCM34	CCM35	CCM36	CCM37	CCM38	CCM39	CCM40
Altura Maré										
Fase Lunar										
TSM										

Casos	CCM41	CCM42	CCM43	CCM44	CCM45	CCM46	CCM47	CCM48	CCM49	CCM50
Altura Maré										
Fase Lunar										
TSM										

Casos	CCM51	CCM52	CCM53	CCM54	CCM55	CCM56	CCM57	CCM58	CCM59	CCM60
Altura Maré										
Fase Lunar										
TSM										

Casos	CCM61	CCM62	CCM63	CCM64	CCM65	CCM66	CCM67	CCM68	CCM69	CCM70
Altura Maré										
Fase Lunar										
TSM										

Casos	CCM71	CCM72	CCM73	CCM74	CCM75	CCM76	CCM77	CCM78	CCM79	CCM80
Altura Maré										
Fase Lunar										
TSM										

Fonte: AUTOR (2015).

A tabela 2 foi organizada através da figura 15 produzida por Albuquerque (2011) após analisar o desenvolvimento do CCM através das imagens de satélite.

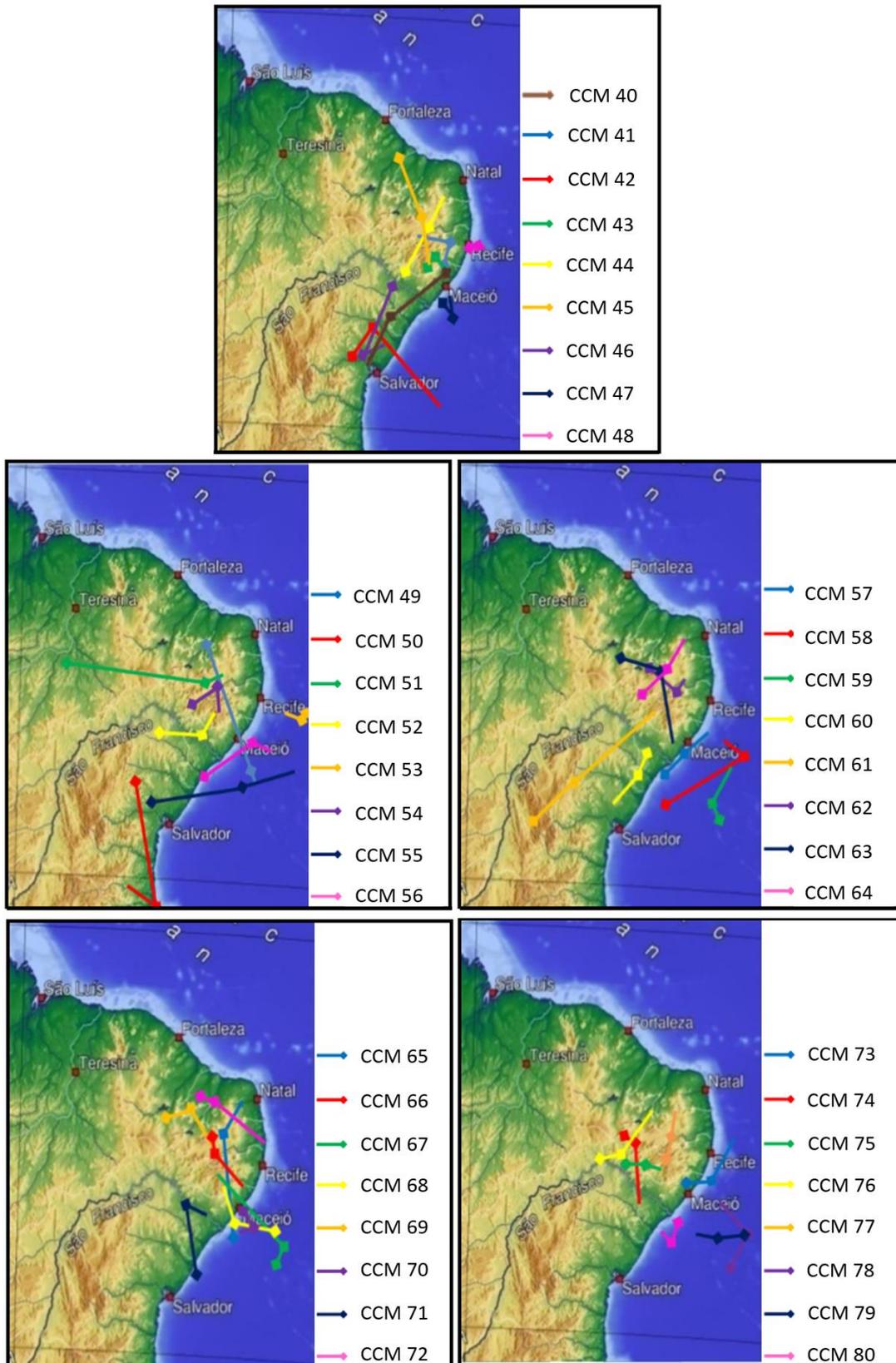
Tabela 2 - Identificação da ocorrência e predominância dos CCM escolhidos.

Casos	Data da formação	Predominância	Casos	Data da formação	Predominância
CCM 40	13/01/2005	Continente	CCM 61	14/03/2008	Continente
CCM 41	11/02/2005	Continente	CCM 62	18/03/2008	Continente
CCM 42	16/02/2005	Oceano	CCM 63	19/03/2008	Continente
CCM 43	27/03/2005	Continente	CCM 64	25/03/2008	Continente
CCM 44	29/03/2005	Continente	CCM 65	26/03/2008	Continente
CCM 45	30/03/2005	Continente	CCM 66	27/03/2008	Continente
CCM 46	01/05/2005	Continente	CCM 67	29/03/2008	Continente
CCM 47	04/05/2005	Oceano	CCM 68	30/03/2008	Continente
CCM 48	02/06/2005	Oceano	CCM 69	06/05/2008	Continente
CCM 49	06/12/2005	Oceano	CCM 70	09/05/2008	Oceano
CCM 50	12/03/2006	Continente	CCM 71	02/12/2008	Continente
CCM 51	23/03/2006	Continente	CCM 72	20/02/2009	Continente
CCM 52	24/03/2006	Continente	CCM 73	22/02/2009	Oceano
CCM 53	09/04/2006	Oceano	CCM 74	02/04/2009	Continente
CCM 54	19/02/2007	Continente	CCM 75	09/04/2009	Continente
CCM 55	22/02/2007	Oceano	CCM 76	13/04/2009	Continente
CCM 56	23/02/2007	Oceano	CCM 77	29/04/2009	Continente
CCM 57	28/04/2007	Oceano	CCM 78	10/05/2009	Oceano
CCM 58	30/04/2007	Oceano	CCM 79	11/05/2009	Oceano
CCM 59	01/05/2007	Oceano	CCM 80	21/05/2009	Oceano
CCM 60	28/02/2008	Continente			

Fonte: AUTOR (2015).

Nela Albuquerque (2011) analisou o local de formação, desenvolvimento máximo e dissipação do evento CCM. Identificou a trajetória dos 80 casos e desenvolveu um mapa para evidenciar a predominância do fenômeno. Através da figura 15 é possível perceber que a maior incidência dos fenômenos se dá a partir do litoral adentrando cerca de 400km no continente dentro da região de estudo.

Figura 15 - Mapas das trajetórias analisadas por imagens de satélite.



Fonte: Adaptado ALBUQUERQUE (2011)

2.2.2 Dados de Análise de Altura de Maré Oceânica

O Banco Nacional de Dados Oceanográficos, (BNDO), (<http://www.mar.mil.br/dhn/chm/box-previsao-mare/tabuas/>) gerou os dados utilizados de previsão da altura da maré oceânica para o Porto de Maceió (9°40'S 35°43'W). A figura 16 exemplifica como foram adquiridos os dados através do portal do BNDO após selecionarmos o Porto de Maceió para a base de dados.

Contudo os dados de maré adquiridos começaram a ser confeccionados para o Porto de Maceió a partir do ano de 2005, portanto, foram utilizados os casos compreendidos no período de janeiro de 2005 a dezembro de 2009 conforme citados no item anterior.

Figura 16 – Exemplo de aquisição de dados de altura de maré e fase lunar no portal do BNDO.

PORTO DE MACEIÓ (ESTADO DE ALAGOAS)			
Latitude: 09°41',0S Instituição: DHN	Longitude: 035°43',5W 21 Componentes	Fuso: +03.0 Nível Médio: 1.160	Ano: 2009 Carta: 0901
Lua	Dia	Hora	Alt.(m)
☾	SEX 01/05/09	02:41	0.8
		08:51	1.8
		15:36	0.6
		21:56	1.7
	SAB 02/05/09	04:04	0.8
		10:11	1.8
		16:53	0.6
		23:08	1.8

Fonte: AUTOR (2015)

2.2.3 Dados de Análise das fases lunares

Junto aos dados de maré foram adquiridos também no BNDO (<http://www.mar.mil.br/dhn/chm/box-previsao-mare/tabuas/>), as fases lunares que proporcionavam as alterações na maré. Ao buscar pelo Porto de Maceió para a coleta dos dados de altura de maré a fase lunar associada ao padrão da maré também é disponibilizada, conforme observa-se na figura 16.

2.2.4 Dados de Análise da Temperatura da Superfície do Mar e Profundidades

Para a análise da temperatura da superfície do mar, foram adquiridos dados do Projeto PIRATA, (<http://www.goosbrasil.org/pirata/>) cujas boias fixas monitoram uma série de variáveis dos processos de interação oceano-atmosfera. Os dados são médias diárias referentes a localidade da boia 8°S 30°W ponto mais próximo ao Porto de Maceió, (figura 14) entre agosto de 2005 período de lançamento da boia, a dezembro de 2009. Nesse período 9 casos identificados entre janeiro de 2005 até junho de 2005 ficaram sem dados de temperatura da superfície do mar. São os casos CCM 40 (ocorrido em 13/01), CCM 41 (11/02), CCM 42 (16/02), CCM 43 (27/03), CCM 44 (29/03), CCM 45 (30/03), CCM 46 (01/05), CCM 47 (04/05) e CCM 48 (02/06) respectivamente.

Além dos dados de temperatura da superfície do mar foram adquiridos, da mesma boia, dados da temperatura em profundidades referentes a 20, 40, 60, 80 e 100 metros. Dentro do período de estudo houveram manutenções a serem realizadas nos instrumentos de medição da boia que impossibilitaram a coleta de dados principalmente a temperatura relacionada a profundidade de 20 metros.

Em Fevereiro, Abril e Maio de 2007 não existem dados de temperatura referentes a profundidade de 20 metros. Os casos CCM afetados foram o 54, 55, 56, 57, 58 e 59. Em Fevereiro, Março de 2008 além da profundidade de 20 metros a coleta de temperatura referente a profundidade de 40 metros também foi comprometida pela manutenção nos instrumentos. Os casos CCM afetado foram o 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67 e 68. Ainda em 2008, em Maio, a profundidade de 20 metros comprometeu os casos 69 e 70.

Os casos dos CCM 49, 50, 51, 52, 53, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79 e 80 possuem todos os registros de temperatura analisados. A tabela 3 resume de maneira visual os dados que foram coletados para estudo de cada caso.

Tabela 3 - Aquisição dos dados referentes a temperatura da superfície do mar e em profundidade. Em vermelho a ausência do dado de temperatura. Em verde a existência do dado de temperatura.

Casos	Data da Formação	TSM	Temperatura em profundidade				
			20 metros	40 metros	60 metros	80 metros	100 metros
CCM 40	13/01/2005						
CCM 41	11/02/2005						
CCM 42	16/02/2005						
CCM 43	27/03/2005						
CCM 44	29/03/2005						
CCM 45	30/03/2005						
CCM 46	01/05/2005						
CCM 47	04/05/2005						
CCM 48	02/06/2005						
CCM 49	06/12/2005						
CCM 50	12/03/2006						
CCM 51	23/03/2006						
CCM 52	24/03/2006						
CCM 53	09/04/2006						
CCM 54	19/02/2007						
CCM 55	22/02/2007						
CCM 56	23/02/2007						
CCM 57	28/04/2007						
CCM 58	30/04/2007						
CCM 59	01/05/2007						
CCM 60	28/02/2008						
CCM 61	14/03/2008						
CCM 62	18/03/2008						
CCM 63	19/03/2008						
CCM 64	25/03/2008						
CCM 65	26/03/2008						
CCM 66	27/03/2008						
CCM 67	29/03/2008						
CCM 68	30/03/2008						
CCM 69	06/05/2008						
CCM 70	09/05/2008						
CCM 71	02/12/2008						
CCM 72	20/02/2009						
CCM 73	22/02/2009						
CCM 74	02/04/2009						
CCM 75	09/04/2009						
CCM 76	13/04/2009						
CCM 77	29/04/2009						
CCM 78	10/05/2009						
CCM 79	11/05/2009						
CCM 80	21/05/2009						

Fonte: AUTOR (2015)

2.3 Análise do cruzamento de dados

2.3.1 Softwares utilizados

Foram utilizados dois softwares no tratamento dos dados, confecção de tabelas e gráficos. São eles o Microsoft Excel 2013 para organizar os dados e o MATLAB 2012 para tornar gráfico os resultados encontrados.

2.3.2 Tratamento dos dados

Para uma melhor visualização do montante de dados coletados que já foram citados no item 2.2.2 foi utilizado o software Microsoft Excel 2013, de modo a organizar as alturas da maré e seus períodos em tabelas acessíveis a relacionar melhor os fenômenos de maré aos períodos de ocorrência dos eventos CCM. Após organizar os dados de altura da maré oceânica ao longo do mês de ocorrência dos casos de CCM identificados, utilizou-se o software, para ser possível determinar a amplitude da maré nos períodos do mês de ocorrência dos casos.

A tabela 4 exibe um trecho da tabela de organização dos dados do CCM 75 para interpretação do software MATLAB 2012. A sigla NaN (*Not a Number*) é interpretada pelo MATLAB 2012 como célula vazia. A coluna Data se refere ao primeiro dia da fase lunar em que houve ocorrência do evento CCM. A coluna Hora mostra o tempo em horas a partir do primeiro dia da fase lunar em que é esperada uma altura máxima ou mínima para a maré. A coluna Altura contém os dados de altura da maré para a hora do dia conforme discutido no item 2.2.2. A coluna Amplitude contém o valor calculado da variação da maré entre a altura mais alta do dia subtraída na altura mais baixa do dia. As colunas Gênese, Máximo e Dissipação estão associadas as fases do CCM e indicam a altura da maré no início de cada estágio do fenômeno. Hora CCM indica o tempo em horas da ocorrência das fases do CCM e TSM a temperatura da superfície do mar.

Tabela 4 - Organização dos dados no Microsoft Excel 2013.

Data	Hora	Altura	Amplitude	CCM			Hora CCM	TSM
				Gênese	Máximo	Dissipação		
9-abr	3:17:00	2,2	2,1	NaN	NaN	NaN	NaN	28,94
9-abr	9:28:00	0,2	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN
9-abr	15:39:00	2,3	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN
9-abr	21:00:00	0,5	NaN	0,5	NaN	NaN	21:00:00	NaN
9-abr	21:53:00	0,2	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN
10-abr	24:00:00	0,9	2,0	NaN	0,9	NaN	24:00:00	28,95
10-abr	27:00:00	1,9	NaN	NaN	NaN	1,9	27:00:00	NaN
10-abr	27:54:00	2,2	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN
10-abr	34:04:00	0,2	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN
10-abr	40:13:00	2,2	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN
10-abr	46:24:00	0,3	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN
11-abr	52:26:00	2,2	1,9	NaN	NaN	NaN	NaN	28,95
11-abr	58:39:00	0,3	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN
11-abr	64:51:00	2,1	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN
11-abr	70:58:00	0,4	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN

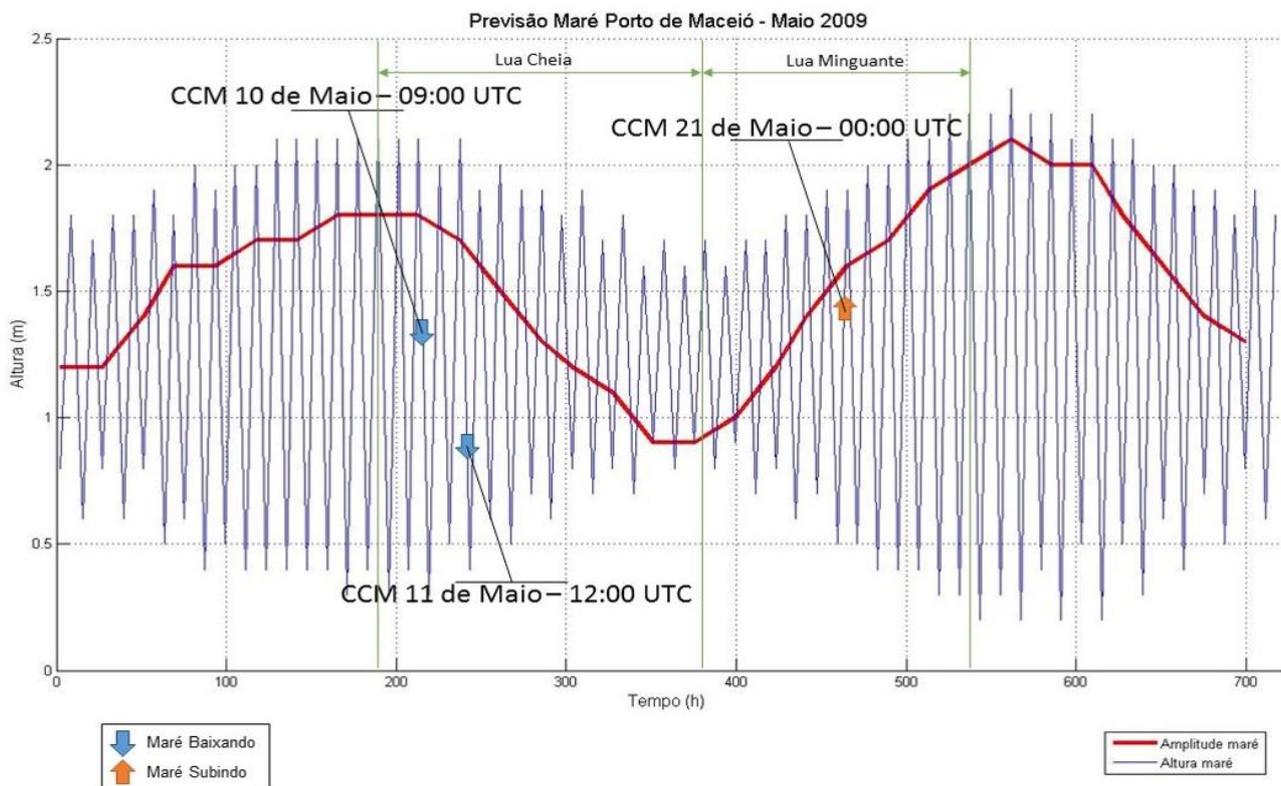
Fonte: AUTOR (2014)

2.3.3 Gráficos do comportamento da maré e amplitude

Com os dados de altura de maré, amplitude de maré, hora dos eventos CCM (item 2.2.2) organizados (tabela 4), utilizou-se o software MATLAB 2012 para confeccionar os gráficos para análise do comportamento da maré e formação do CCM nos horários de ocorrência dos eventos.

Nesse gráfico da figura 17 é possível visualizar todo o comportamento da maré do mês. Primeiramente se pensou em gerá-lo assim a fim de se ter um panorama maior do fenômeno. Entretanto quando inserido os dados de formação do CCM não era evidente o comportamento da maré nesse estágio. Também não era evidente o tempo da ocorre

Figura 17 - Comportamento da maré oceânica prevista para o mês de maio de 2009 com a indicação da amplitude da maré e a formação de casos de CCM no período.



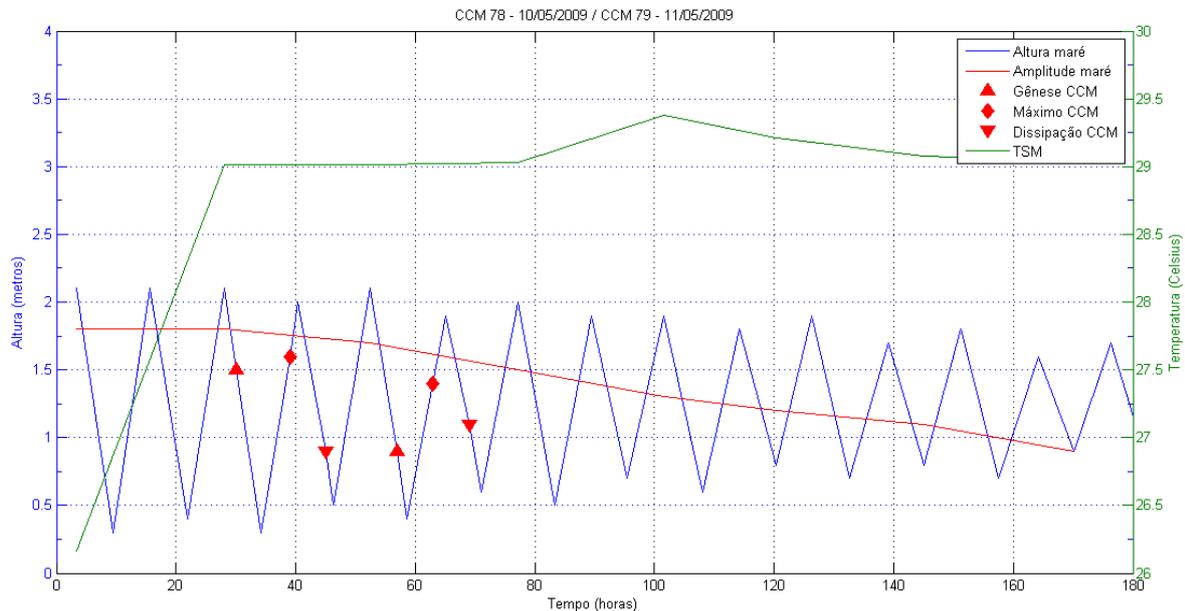
Fonte: AUTOR (2014)

2.3.4 Gráficos do comportamento da maré, amplitude e temperatura da superfície do mar

Posteriormente pensou-se também no desenvolvimento máximo e dissipação do CCM serem incluídos no gráfico e foram adquiridos dados de temperatura da superfície do mar (tabela 4). Foi diminuído o tempo de análise para o período da fase lunar, possibilitando uma melhor visualização do comportamento da maré oceânica.

Como demonstra a figura 18, em todos os gráficos a linha azul representa a o comportamento da altura da maré ao longo do tempo da lunação de ocorrência do evento de CCM. A linha vermelha representa a amplitude da altura da maré. A linha verde a variação da temperatura da superfície do mar ao longo do mesmo tempo dos anteriores. Os pontos vermelhos representam os estágios do CCM. O triângulo a formação, o losango o máximo desenvolvimento e o triângulo invertido a dissipação.

Figura 18 - Comportamento da maré oceânica para a Lua Cheia do mês de maio de 2009 com os casos de CCM 78 e 79 nos seus estágios de formação, desenvolvimento máximo e dissipação e temperatura da superfície do mar.



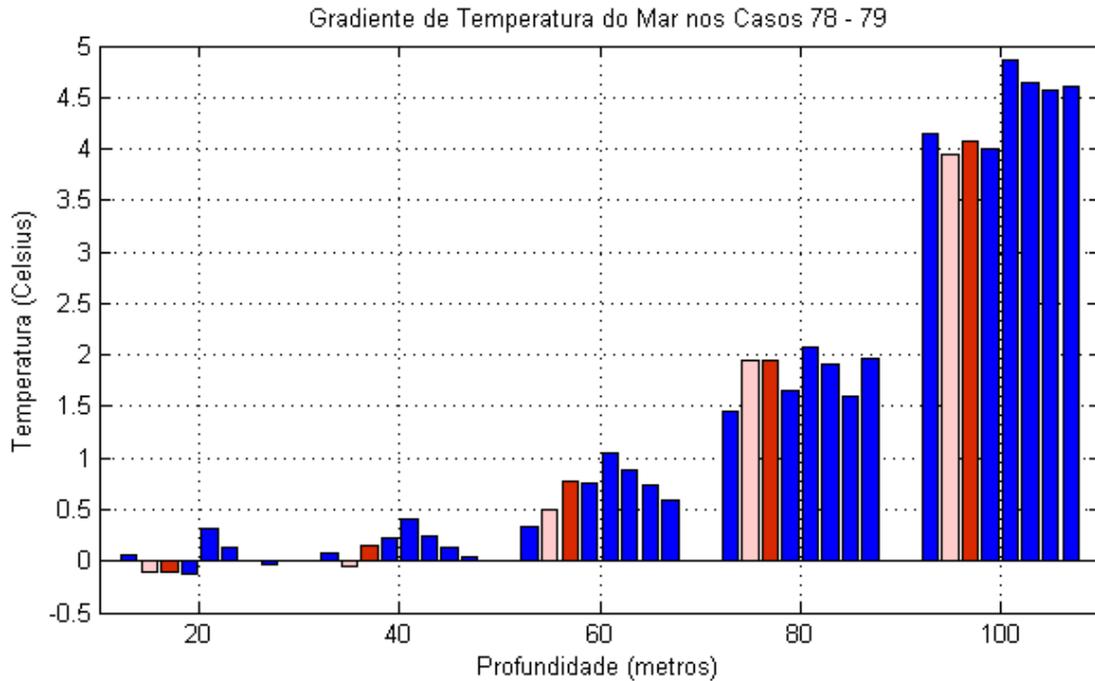
Fonte: AUTOR (2015).

Os dados organizados no Microsoft Excel 2013 (tabela 4) foram utilizados no software MATLAB 2012 para confecção do gráfico conforme visto no item anterior.

2.3.5 Gráficos do perfil de temperatura do oceano

Os dados de temperatura do mar foram organizados a fim verificar se a variação de temperatura nas profundidades de 20, 40, 60, 80 e 100 metros (item 2.2.4) em relação a temperatura da superfície do mar (medida a 1m) apresentariam algum padrão dentro da luação de ocorrência dos casos CCM. Para tanto o gráfico da figura 19 apresenta a variação negativa de temperatura em relação a superfície para as profundidades já citadas. Cada barra indica um dia dentro da luação e as cores indicam situações dentro da luação. Estão em azul os dias em que não houve eventos de CCM dentro da luação. Quando da ocorrência de um CCM a cor selecionada para indicar a ocorrência do evento foi rosa. Se mais um evento de CCM for observado a cor selecionada para o segundo CCM é vermelho. Acaso mais um evento CCM ocorrer a cor selecionada é o vermelho-escuro.

Figura 16 - Variação negativa entre temperatura da superfície e nas profundidades de 20, 40, 60, 80 e 100 metros. Em azul dias referentes ao período lunar, em rosa o dia de formação do CCM 78 e em vermelho o dia de formação do CCM 79.



Fonte: AUTOR (2015)

Portanto por exemplo percebe-se que no primeiro dia da luação (primeira barra de cada profundidade) a variação de temperatura da superfície do mar na profundidade de 20 metros teve uma queda quase insignificante. No segundo dia da luação houve um aumento na variação da temperatura e também a ocorrência do primeiro evento CCM dessa luação. No terceiro dia o valor da temperatura se mantém constante para a profundidade de 20 metros e ocorre o segundo e último evento CCM da luação. No quarto dia a temperatura se mantém quase constante. No quinto dia a temperatura cai quase $0,5^{\circ}\text{C}$, volta a subir no sexto dia, é igual a temperatura da superfície no sétimo dia pois não apresenta barra e varia subindo muito fracamente no oitavo dia da luação.

Quando a boia não registrou dados em determinada profundidade não foi possível produzir a análise para a determinada profundidade (item 2.2.4). Para o desenvolvimento desses gráficos foram utilizados os softwares Microsoft Excel 2013 para organizar os dados úteis coletados do projeto PIRATA e calcular a variação de temperatura entre a superfície e as profundidades de 20, 40, 60, 80 e 100 metros, e o MATLAB 2012 para a confecção dos gráficos.

3 RESULTADOS

3.1 Análise dos Casos de CCM

Ao se cruzar os dados de altura de maré oceânica, amplitude da maré oceânica, temperatura da superfície do mar e os dados referentes a formação, desenvolvimento máximo e dissipação dos eventos de CCM, foram produzidos gráficos para análise das variáveis.

Apenas os eventos de CCM que ocorreram antes de agosto de 2005 não tiveram o cruzamento de dados com a temperatura da superfície do mar. A razão se deu em função dos dados terem sido adquiridos por um projeto que começou a funcionar a partir da data mencionada.

Para melhor orientar-se na escala de tempo a cada 4 pontos de maré alta ou baixa, temos a passagem de um dia completo. Essa ideia dos pontos é bastante visível na figura 20. A escala em horas foi utilizada nos gráficos para facilitar o cruzamento de dados entre os estágios do CCM e a altura da maré no momento da ocorrência.

Também foi feita a análise da variação da temperatura em profundidade em relação a temperatura da superfície do mar. Os gráficos dos gradientes de temperatura produzidos a partir dos dados de agosto 2005 começam a ser demonstrados a partir do caso CCM 49.

Para algumas profundidades não foi possível adquirir dados de temperatura em alguns períodos por falhas no sistema de coleta de dados da boia oceânica. Entretanto para as profundidades com dados disponíveis, as análises foram realizadas.

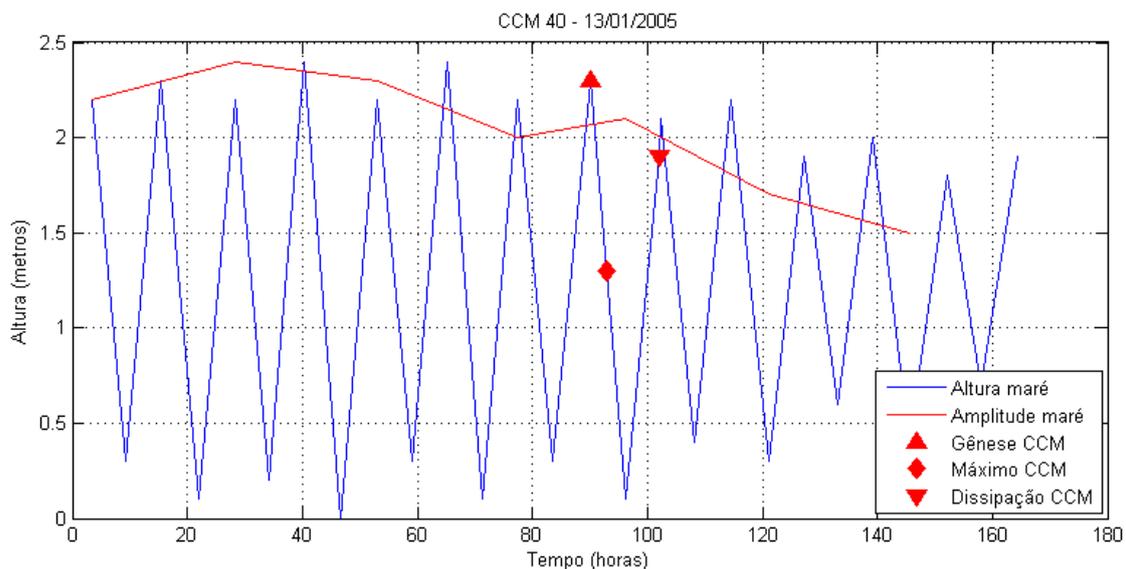
A seguir apresenta-se todas as análises realizadas em relação a produção dos gráficos confeccionados com os dados adquiridos. Essas análises produziram tabelas que serão discutidas posteriormente.

3.1.1 Caso do CCM 40

O CCM 40 ocorreu no dia 13 de Janeiro de 2005. Teve seu desenvolvimento sobre o continente a partir das 18 horas (hora local) com duração de doze horas, durante o alinhamento de sizígia da Lua Nova.

Verificou-se o início da formação do CCM 40 com a preamar (a altura máxima da maré no período) da maré oceânica, desenvolvimento máximo (três horas após formação) com a vazão da maré em aproximadamente 1 metro e dissipação antes da preamar da maré. A figura 20 mostra o desenvolvimento da maré dentro da fase lunar com os estágios do CCM. A linha azul mostra o comportamento da altura da maré ao longo do tempo e a linha vermelha a amplitude da altura da maré, os pontos vermelhos apontam para os estágios do CCM. O triângulo a formação do CCM, o losango o máximo desenvolvimento do CCM e o triângulo invertido a dissipação do CCM conforme descrito no item 2.3.4.

Figura 17 - Comportamento da maré oceânica e estágios de desenvolvimento do CCM 40.



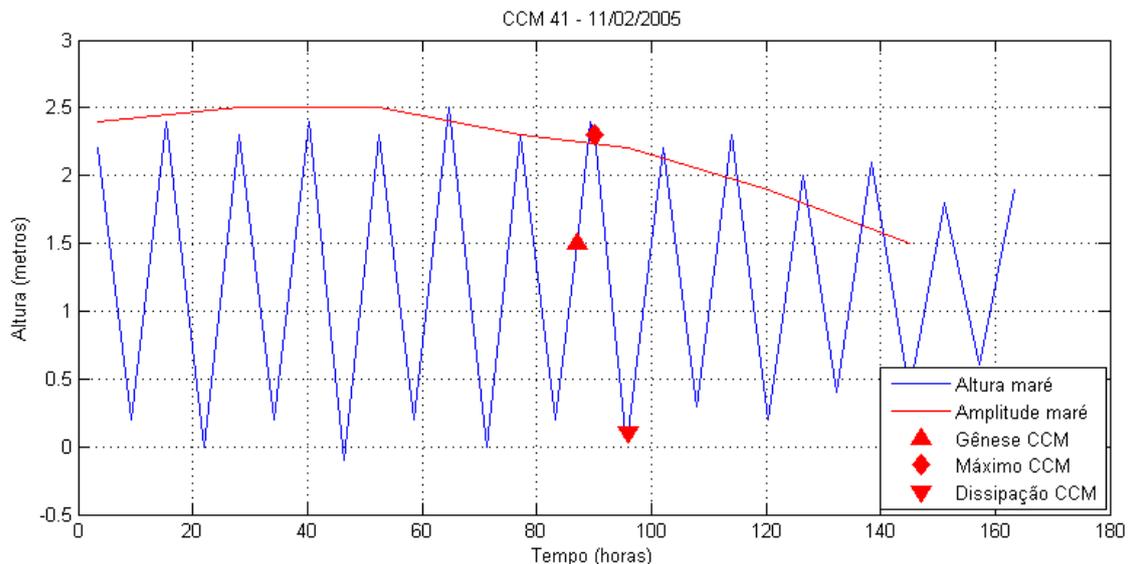
Fonte: AUTOR (2015)

3.1.2 Caso CCM 41

O CCM 41 ocorreu no dia 13 de Janeiro de 2005. Teve seu desenvolvimento sobre o continente a partir das 15 horas com duração de nove horas, durante o alinhamento de sizígia da Lua Nova.

Verificou-se o início da formação do CCM 41 com a enchente da maré oceânica, desenvolvimento máximo (três horas após formação) próximo a preamar da maré oceânica, mas já no processo de vazão da maré e dissipação após a baixa-mar, já no processo de enchente da maré. A figura 21 mostra o desenvolvimento da maré dentro da fase lunar com os estágios do CCM.

Figura 18 - Comportamento da maré oceânica e estágios de desenvolvimento do CCM 41.



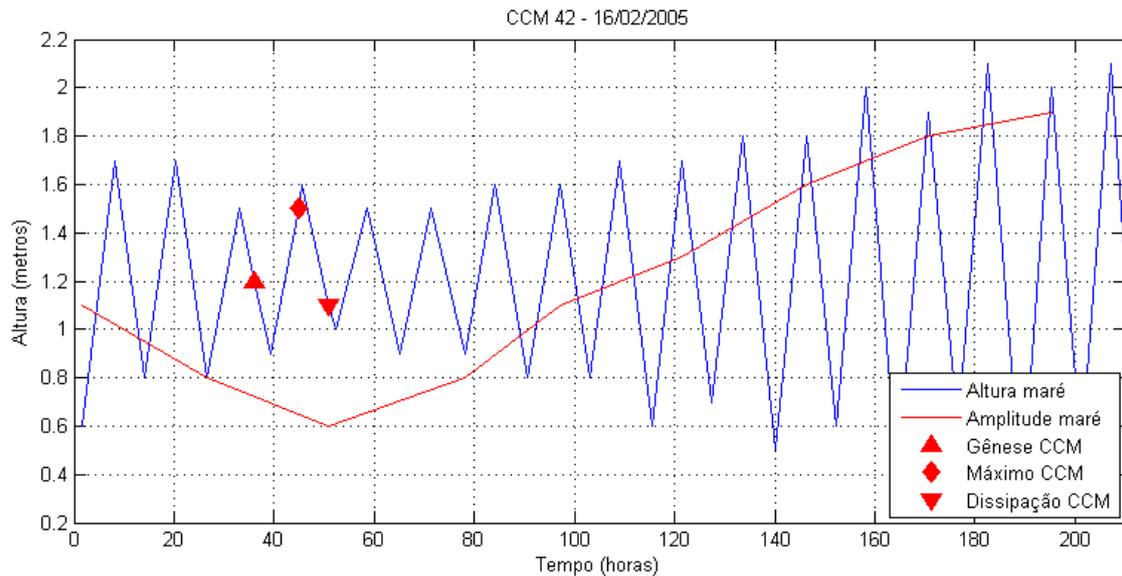
Fonte: AUTOR (2015)

3.1.3 Caso do CCM 42

O CCM 42 ocorreu no dia 16 de Fevereiro de 2005. Teve seu desenvolvimento sobre o oceano a partir do meio dia com duração de quinze horas, durante o alinhamento de quadratura da Lua Crescente.

Verificou-se o início da formação do CCM 42 com a vazão da maré oceânica, desenvolvimento máximo (nove horas após a formação) próximo a preamar da maré oceânica, mas ainda em processo de enchente da maré e dissipação antes da baixa-mar na vazão. A figura 22 mostra o desenvolvimento da maré dentro da fase lunar com os estágios do CCM.

Figura 22- Comportamento da maré oceânica e estágios de desenvolvimento do CCM 42.



Fonte: AUTOR (2015)

3.1.4 Casos dos CCM 43, 44 e 45

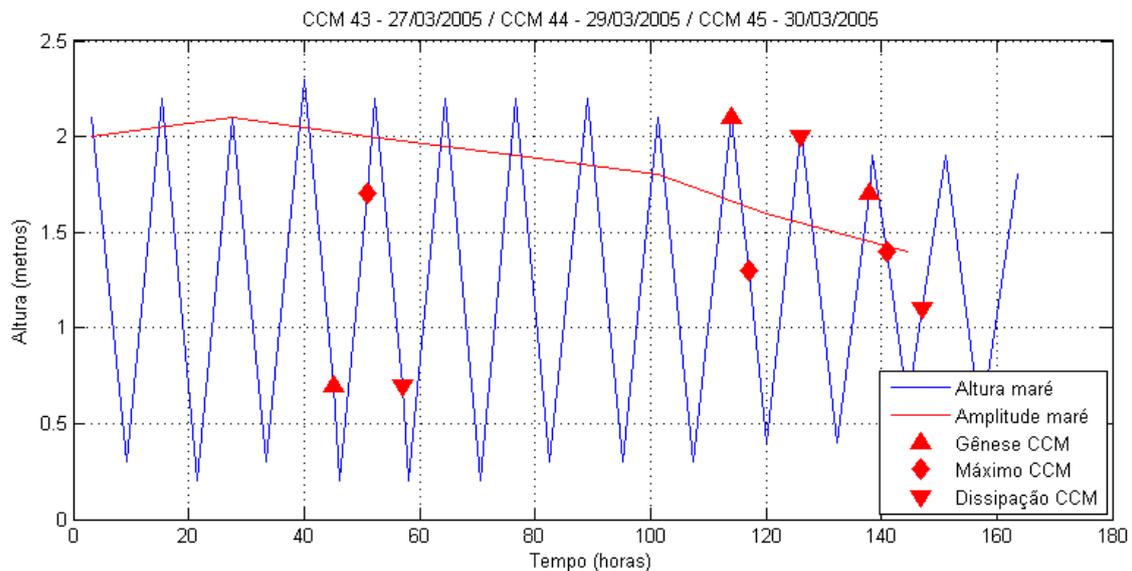
Os casos de CCM 43, CCM 44 e CCM 45 ocorreram nos dias 27, 29 e 30 de Março de 2005 respectivamente, durante o alinhamento de sizígia da Lua Cheia. A figura 23 mostra o desenvolvimento da maré com os estágios dos CCM.

O caso de CCM 43 teve seu desenvolvimento sobre o continente a partir das 21 horas (hora local) com duração de doze horas. A formação do CCM 43 com a vazão da maré oceânica, teve desenvolvimento máximo (seis horas após) ainda na enchente da maré próxima a preamar e dissipação antes da baixa-mar na vazão.

O caso de CCM 44 teve seu desenvolvimento sobre o continente também com duração de doze horas. A formação do CCM 44 as 18 horas (hora local) com a preamar, teve desenvolvimento máximo (três horas após) com a vazão em aproximadamente 1 metro e dissipação durante a preamar seguinte.

O caso de CCM 45 teve seu desenvolvimento sobre o continente, com duração de nove horas. O início da formação do CCM 45, as 18 horas, próximo da preamar, desenvolvimento máximo (três horas após) na vazão da maré oceânica e dissipação no processo de enchente da maré.

Figura 19 - Comportamento da maré oceânica e estágios de desenvolvimento dos CCM 43, 44 e 45.



Fonte: AUTOR (2015)

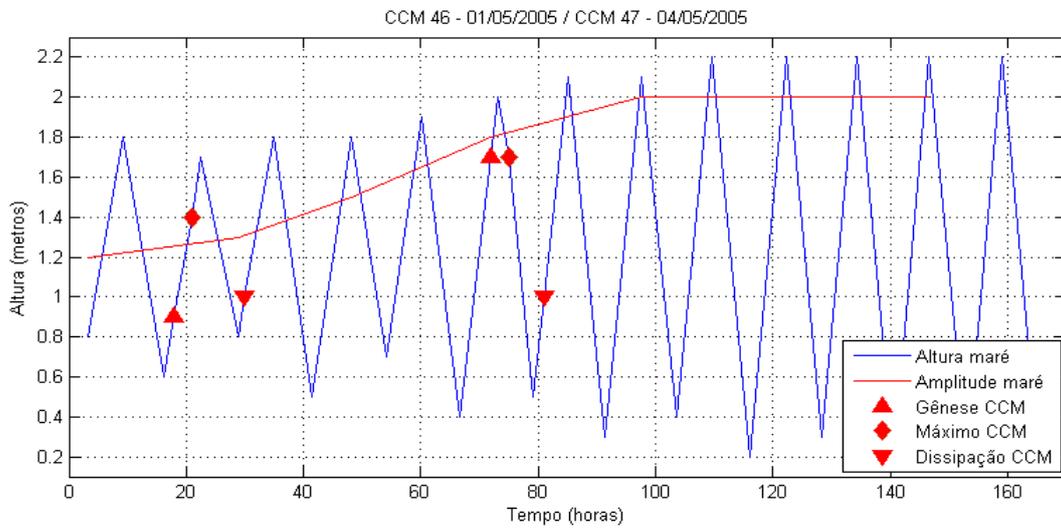
3.1.5 Casos dos CCM 46 e 47

Os casos de CCM 46 e CCM 47 ocorreram nos dias 1º e 4 de Maio de 2005, respectivamente, durante o alinhamento de quadratura da Lua Crescente. A figura 24 mostra o desenvolvimento da maré com os estágios dos CCM.

O caso de CCM 46 teve seu desenvolvimento sobre o continente as 18 horas horário local, com duração de doze horas. O início da formação do CCM 46 com a enchente da maré oceânica, desenvolvimento máximo próxima a preamar (três horas após formação) e dissipação já na enchente da maré.

O caso de CCM 47 teve seu desenvolvimento sobre o oceano com início a meia noite com duração de nove horas. Teve início da formação com a enchente da maré oceânica, desenvolvimento máximo (três horas depois da formação) com a vazão da maré e dissipação com a enchente da maré.

Figura 20 - Comportamento da maré oceânica e estágios de desenvolvimento dos CCM 46 e 47.

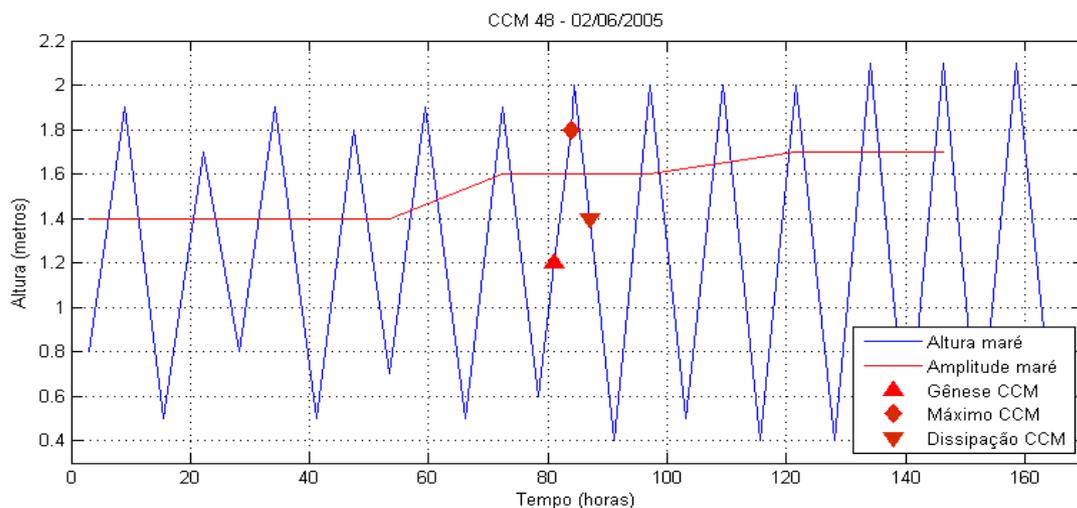


Fonte: AUTOR (2015)

3.1.6 Caso do CCM 48

O CCM 48 ocorreu no dia 02 de Junho de 2005 e teve seu desenvolvimento sobre o oceano as 9 horas da manhã com duração de seis horas, durante o alinhamento de quadratura da Lua Crescente. Verificou-se o início da formação do CCM 48 com a enchente da maré oceânica, desenvolvimento máximo (três horas após formação) próximo a preamar e dissipação no processo de vazão da maré oceânica. A figura 25 mostra o desenvolvimento da maré dentro da fase lunar com os estágios do CCM.

Figura 21 - Comportamento da maré oceânica e estágios de desenvolvimento do CCM 48.



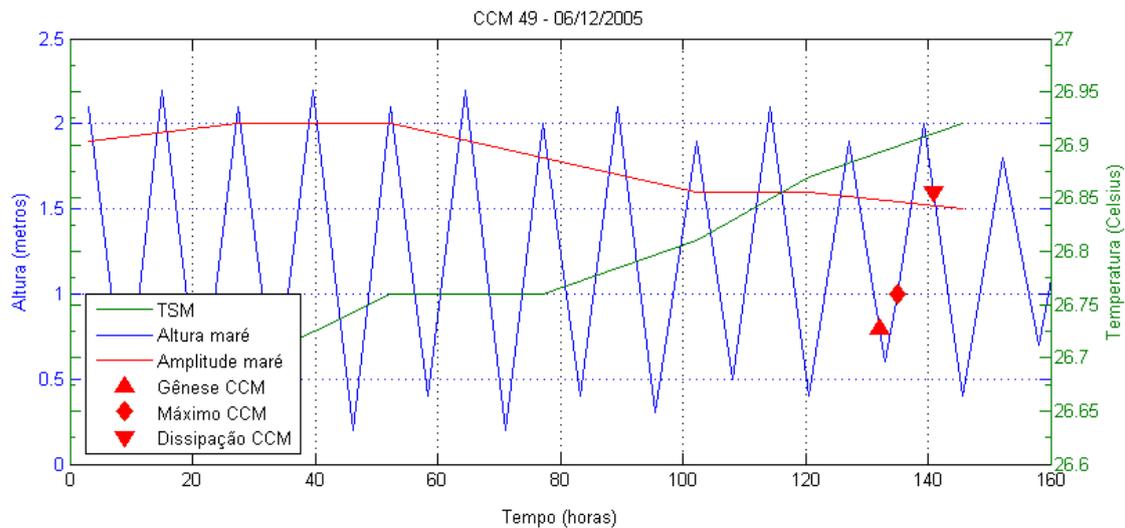
Fonte: AUTOR (2015)

3.1.7 Caso do CCM 49

A figura 26 mostra que o caso de CCM49 teve seu desenvolvimento sobre o oceano ao meio dia com duração de nove horas, durante o alinhamento de sizígia da Lua Nova.

Verificou-se o início da formação do CCM 49 com a vazão da maré oceânica próxima a baixa-mar, desenvolvimento máximo com a enchente da maré oceânica (três horas após formação) e dissipação no processo de vazão da maré oceânica. A temperatura da superfície do mar elevou-se durante o processo do evento CCM 49. As linhas e pontos estão de acordo com o item 2.3.4 descrito anteriormente.

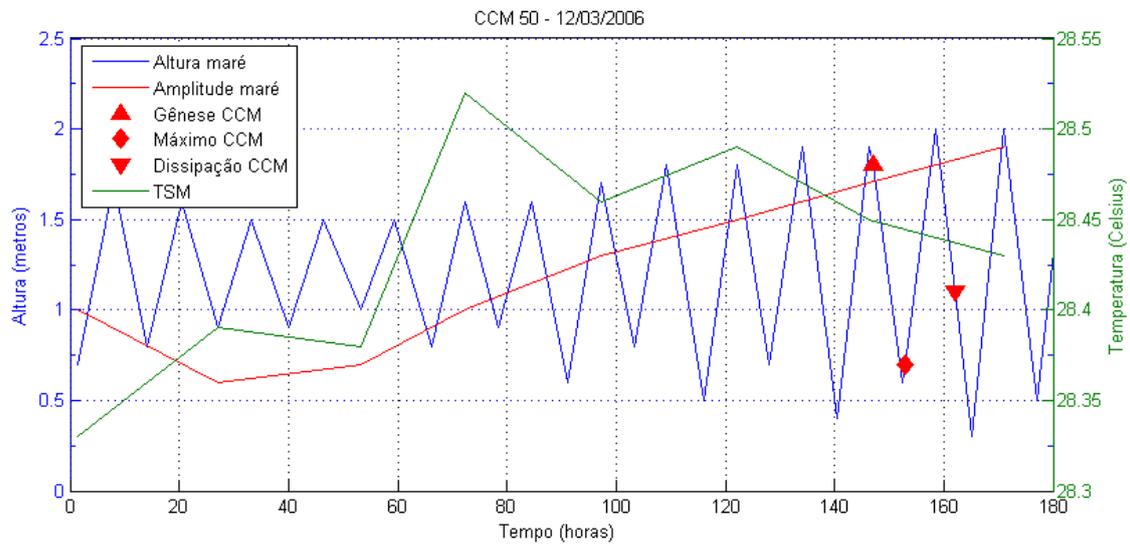
Figura 22 - Comportamento da maré oceânica, temperatura da superfície do mar e estágios de desenvolvimento do CCM 49.



Fonte: AUTOR (2015)

Com a diminuição da amplitude da maré temos uma variação pequena de temperatura entre a superfície do mar e as profundidades estudadas. A 100 metros de profundidade por exemplo a variação com a superfície não passa de 1,2°C. No dia da ocorrência do CCM a maior queda de temperatura ocorre na profundidade de 60 metros, entretanto é uma diminuição de apenas 0,27 °C conforme se observa na figura 27. As barras azuis representam a variação de temperatura nas profundidades analisadas e as barras com colorações diferentes representam as ocorrências de eventos de CCM, conforme descrito anteriormente no item 2.3.5.

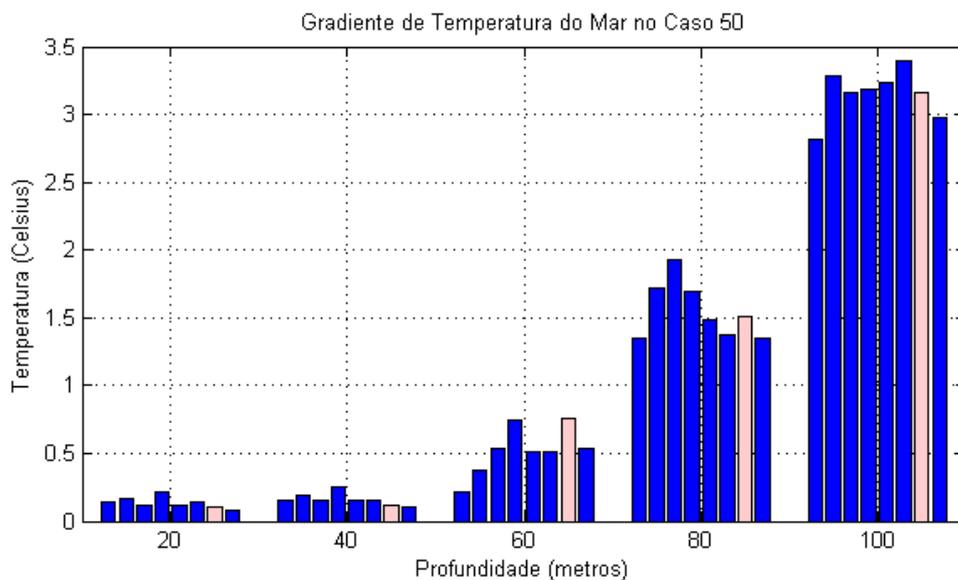
Figura 24 - Comportamento da maré oceânica, temperatura da superfície do mar e estágios de desenvolvimento do CCM 50.



Fonte: AUTOR (2015)

Com a amplitude crescente da maré tem-se um aumento significativo de variação de temperatura de quase $3,5^{\circ}\text{C}$ entre a superfície e 100 metros de profundidade. Novamente a profundidade de 60 metros apresenta uma variação de temperatura superior ao dia anterior e posterior a ocorrência do evento CCM conforme aponta a figura 29.

Figura 25 - Variação negativa entre a temperatura da superfície e as profundidades de 20, 40, 60, 80 e 100 metros. Em azul os dias referentes ao período lunar e em rosa o dia de formação do CCM 50.



Fonte: DO AUTOR (2015)

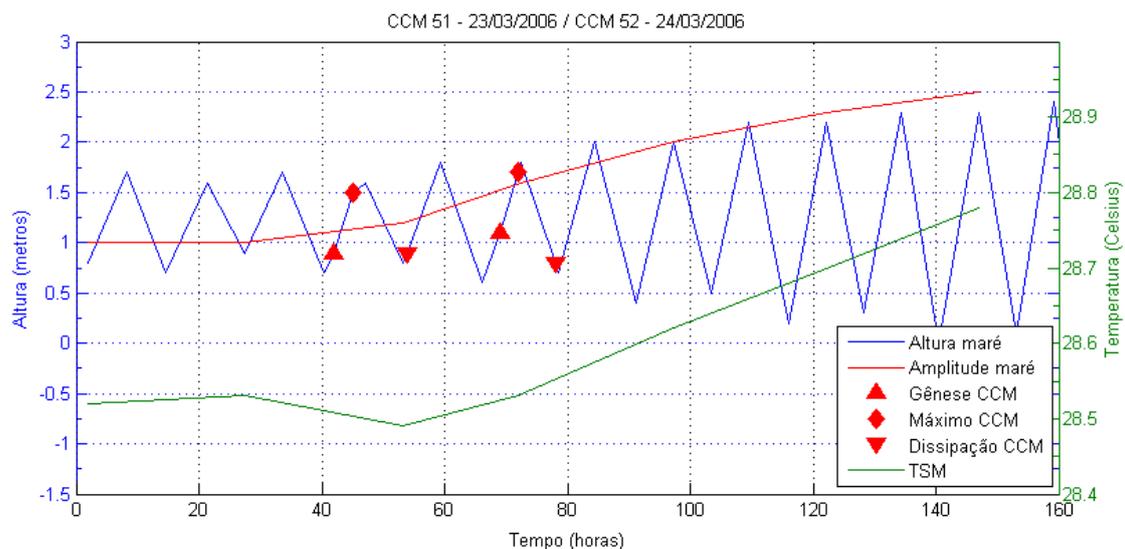
3.1.9 Casos dos CCM 51 e 52

Os casos de CCM 51 e CCM 52 ocorreram em 23 e 24 de Março de 2006 durante o alinhamento de quadratura da Lua Minguante. Os casos CCM 51 e 52 tiveram seu desenvolvimento sobre o continente. A duração do caso CCM 51 foi de doze horas iniciando as 18 horas enquanto que o caso CCM 52 durou nove horas iniciando as 21 horas do dia seguinte ao caso 51.

A figura 30 mostra que o início da formação do CCM 51 com a enchente da maré oceânica, o desenvolvimento máximo ocorre próximo a preamar da maré oceânica apenas três horas após a formação do evento e a dissipação acontece na enchente da maré próxima a baixa-mar. A temperatura da superfície do mar sofreu uma declinação não significativa.

Também na figura 30 o caso CCM 52 teve o início de sua formação com a enchente da maré oceânica, desenvolvimento máximo próximo a preamar também três horas após o início do processo de formação e dissipação com a vazão da maré próxima a baixa-mar. A temperatura da superfície do mar sofreu uma elevação não significativa.

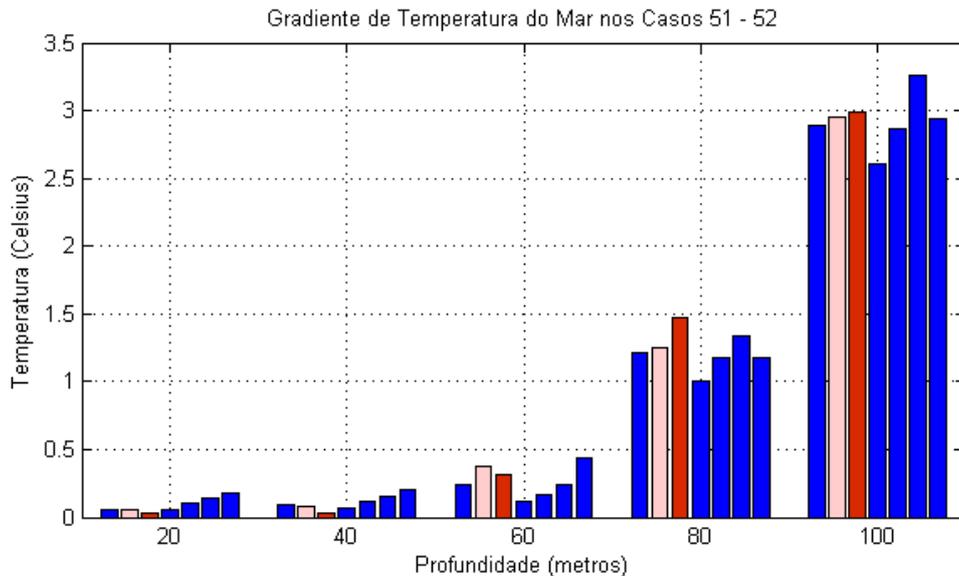
Figura 26 - Comportamento da maré oceânica, temperatura da superfície do mar e estágios de desenvolvimento dos CCM 51 e 52.



Fonte: AUTOR (2015)

Novamente temos um aumento na amplitude do nível do mar e uma variação alta de temperatura com a profundidade de 100 metros. O mesmo padrão de variação de temperatura ser maior que o dia anterior ao CCM se mantém na profundidade de 60 metros. Conforme pode ser observado na figura 31

Figura 27 - Variação negativa entre a temperatura da superfície e as profundidades de 20, 40, 60, 80 e 100 metros. Em azul os dias referentes ao período lunar, rosa o dia de formação do CCM 51 e vermelho o dia da formação do CCM 52.



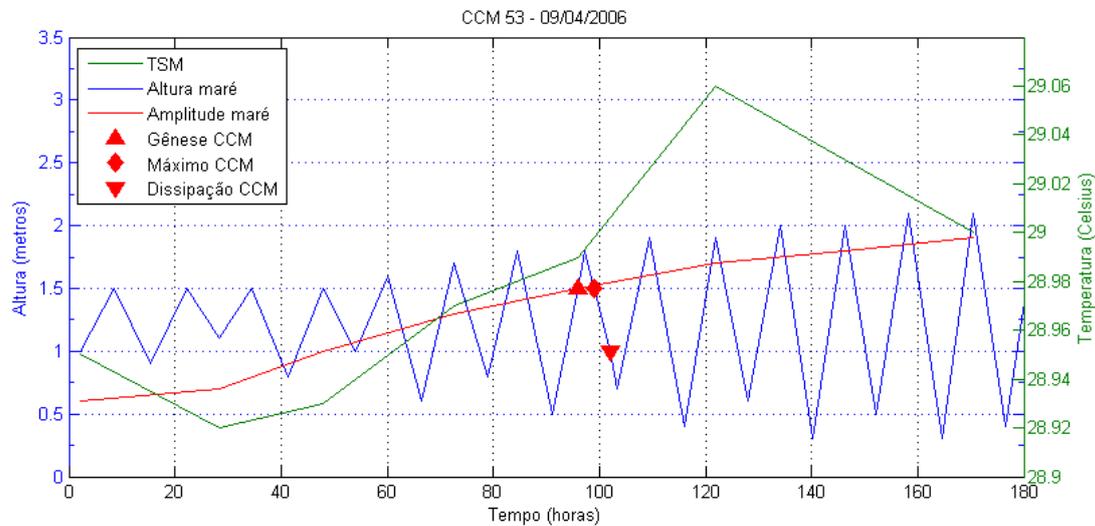
Fonte: AUTOR (2015)

3.1.10 Caso do CCM 53

O CCM 53 ocorreu em 09 de Abril de 2006 e teve seu desenvolvimento sobre o oceano com duração de seis horas, durante o alinhamento de quadratura da Lua Crescente.

Verificou-se o início da formação do CCM 53 com a enchente da maré oceânica a meia noite, desenvolvimento máximo com a vazão da maré oceânica três horas depois do início e dissipação no processo de vazão da maré oceânica. A temperatura da superfície do mar elevou-se durante o processo do evento CCM 53. Na figura 32 podemos observar esses comportamentos descritos.

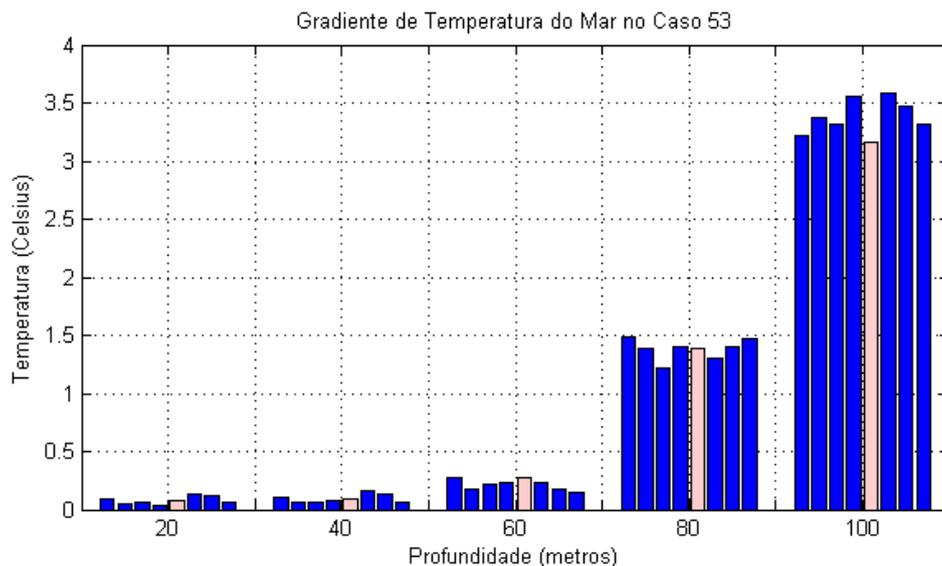
Figura 28 - Comportamento da maré oceânica, temperatura da superfície do mar e estágios de desenvolvimento do CCM 53.



Fonte: AUTOR (2015).

Verificou-se que com o aumento da amplitude a variação de temperatura novamente atingiu um máximo um pouco superior a $3,5^{\circ}\text{C}$. Essa grande queda de temperatura só é observada a partir dos 80 metros de profundidade. Antes disso as variações são quase insignificantes inferiores a $0,25^{\circ}\text{C}$. Mesmo assim a profundidade de 60 metros apresentou variação superior ao dia anterior de acordo com a figura 33.

Figura 29 - Variação negativa entre a temperatura da superfície e as profundidades de 20, 40, 60, 80 e 100 metros. Em azul os dias referentes ao período lunar e em rosa o dia de formação do CCM 53.

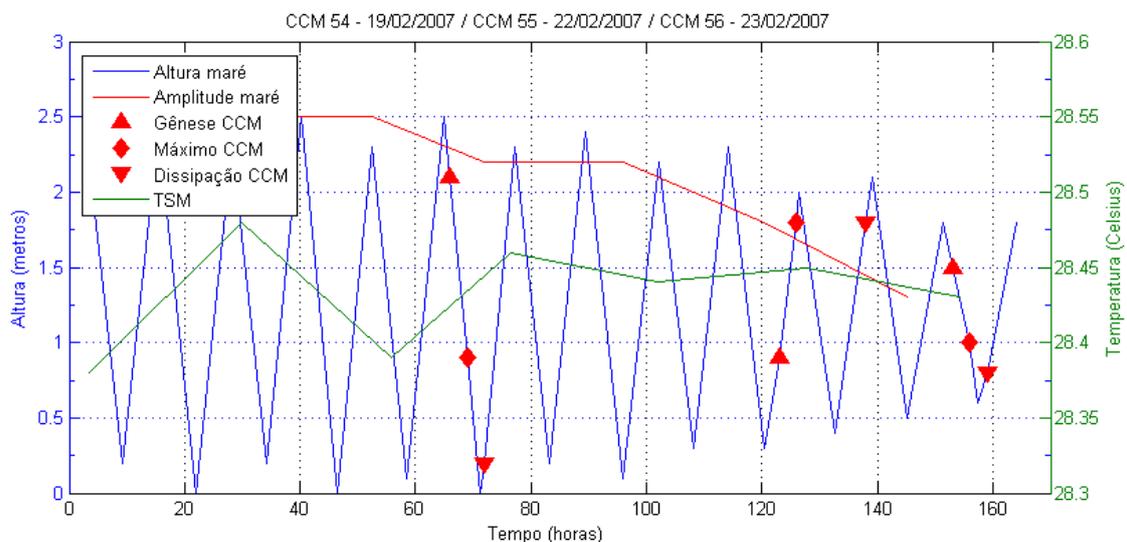


Fonte: AUTOR (2015)

3.1.11 Casos dos CCM 54, 55 e 56

Os casos de CCM 54, CCM 55 e CCM 56 ocorreram nos dias 19, 22 e 23 de Fevereiro de 2007 respectivamente, durante o alinhamento de sizígia da Lua Nova. A figura 34 revela o comportamento das variáveis analisadas quando da ocorrência dos casos mencionados.

Figura 30 - Comportamento da maré oceânica, temperatura da superfície do mar e estágios de desenvolvimento dos CCM 54, 55 e 56.



Fonte: AUTOR (2015)

O caso de CCM 54 teve seu desenvolvimento sobre o continente as 18 horas com duração de seis horas. O início da formação do CCM 54 com a vazão da maré oceânica, desenvolvimento máximo ainda na vazão da maré três horas após o início e dissipação após a baixa-mar na enchente da maré. A temperatura da superfície do mar elevou-se durante o evento.

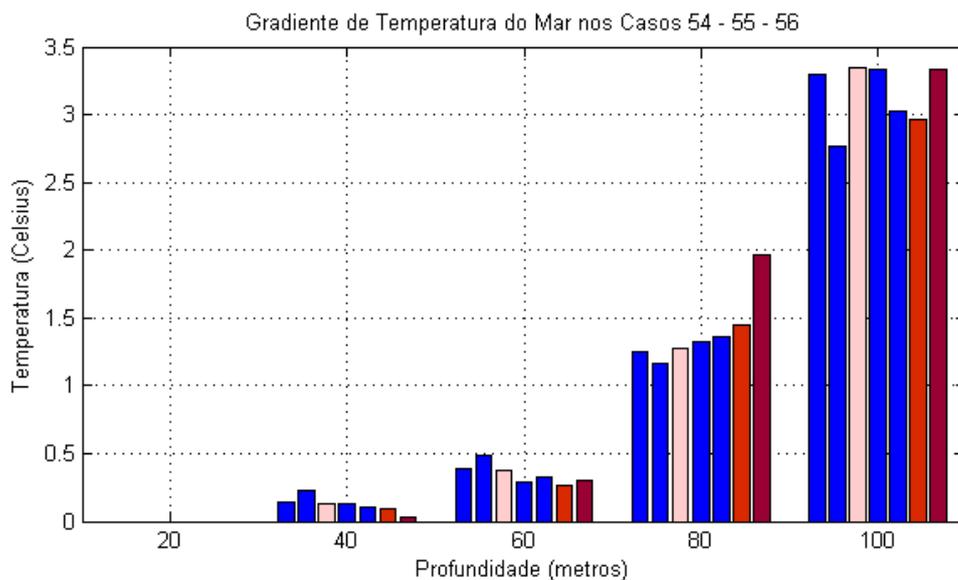
O caso de CCM 55 teve seu desenvolvimento sobre o oceano a partir das 3 horas da madrugada com duração de quinze horas. O início da formação do CCM 55 com a enchente, desenvolvimento máximo próximo à preamar com a enchente três horas após o início e dissipação próxima a preamar na enchente. A temperatura da superfície do mar não sofreu alteração significativa.

O caso de CCM 56 teve desenvolvimento sobre o oceano as 9 horas da manhã, com duração de seis horas. O início da formação do CCM 56, na vazão da maré, desenvolvimento máximo também na vazão da maré oceânica três horas depois e

dissipação no processo de enchente da maré. A temperatura da superfície do mar declinou-se.

Na figura 35 percebemos que ocorre uma diminuição da amplitude da maré e mantém-se a variação de temperaturas próximas a $3,0^{\circ}\text{C}$ na profundidade de 100 metros. Não é observado um aumento na variação em relação ao dia anterior na profundidade de 60 metros como observada nos casos anteriores, apenas uma ligeira queda na temperatura no último caso CCM da luação. Destaca-se aqui uma variação de quase $0,5^{\circ}\text{C}$ entre o dia da ocorrência do CCM 55 e o dia da ocorrência do CCM 56 na profundidade de 80 metros. Não existem dados para a profundidade de 20 metros.

Figura 31 - Variação negativa entre a temperatura da superfície e as profundidades de 40, 60, 80 e 100 metros. Em azul os dias referentes ao período lunar, rosa, vermelho e vermelho-escuro o dia de formação do CCM 54, CCM 55 e CCM 56 respectivamente.



Fonte: AUTOR (2015)

3.1.12 Casos dos CCM 57, 58 e 59

Os casos de CCM 57 e CCM 58 ocorreram em 28 e 30 de Abril de 2007 e o CCM 59 ocorreu em 1º de Abril de 2006, todos durante o alinhamento de quadratura da Lua Crescente.

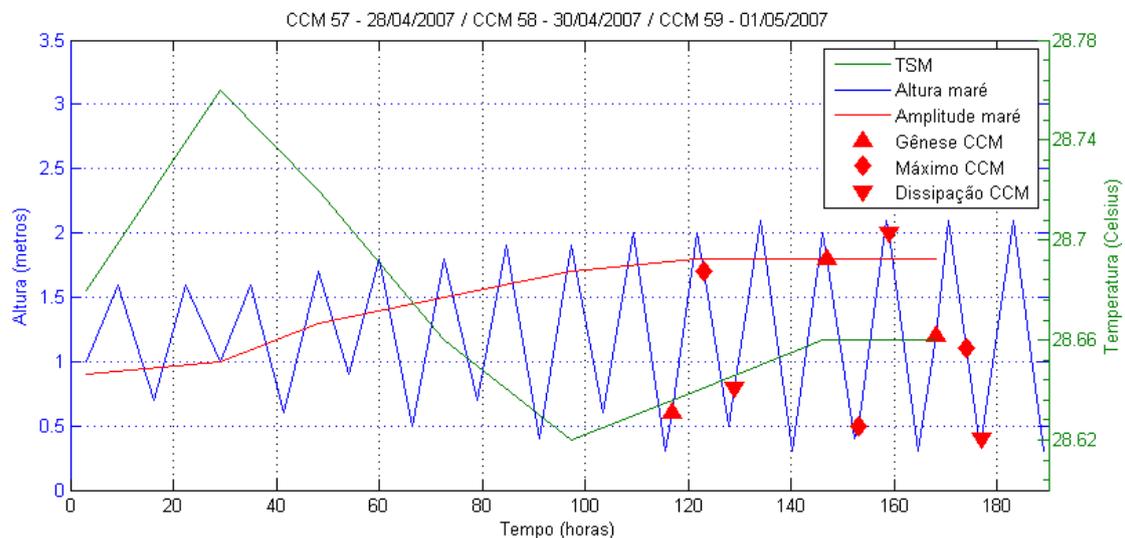
O caso de CCM 57 teve desenvolvimento sobre o oceano as 21 horas com duração de doze horas. O início da formação do CCM 57 com a enchente da maré oceânica, desenvolvimento máximo, seis horas após a formação, na vazão da maré e

dissipação após a baixa-mar na enchente da maré. A temperatura da superfície do mar elevou-se durante o evento.

O caso de CCM 58 teve desenvolvimento sobre o oceano as 3 horas da madrugada com duração de doze horas. O início da formação do CCM 58 com a vazão da maré logo após a preamar, desenvolvimento máximo próximo a baixa-mar com a enchente seis horas após a formação e dissipação próxima da preamar na vazão. A temperatura da superfície do mar não sofreu alteração significativa.

O caso de CCM 59 teve desenvolvimento sobre o oceano, com duração de nove horas. O início da formação do caso 59 ocorre a meia noite, na enchente da maré, desenvolvimento máximo seis horas depois da formação, na vazão da maré oceânica, e dissipação na baixa-mar da enchente da maré. A temperatura da superfície do mar não sofreu alteração. A figura 36 expõe graficamente a descrição dos eventos.

Figura 32 - Comportamento da maré oceânica, temperatura da superfície do mar e estágios de desenvolvimento dos CCM 57, 58 e 59.

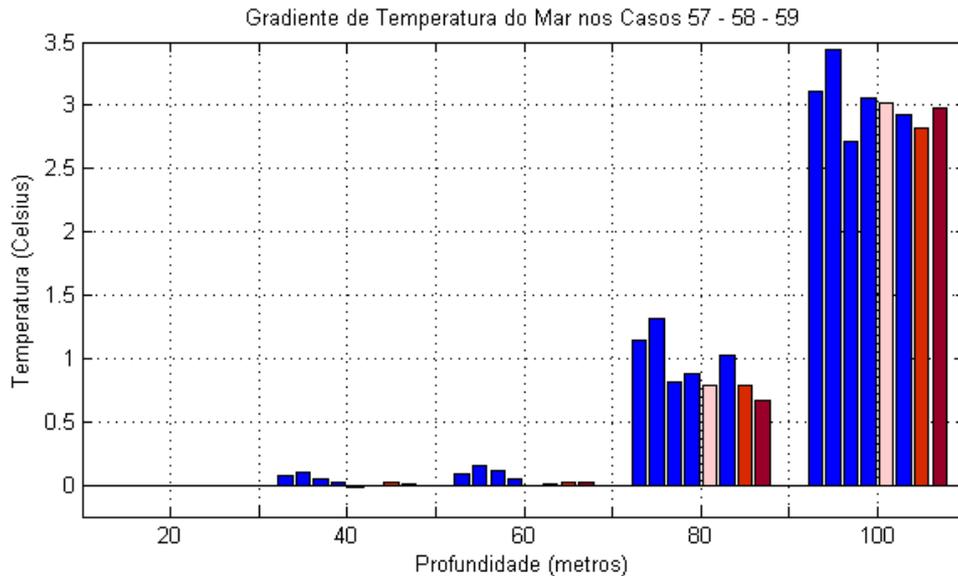


Fonte: AUTOR (2015)

Na figura 37 percebe-se que uma variação na amplitude do mar nula nas ocorrências dos casos CCM, não foi observado variações significantes para as profundidades de 40 e 60 metros. Percebeu-se que com o aumento e da quantidade de água ao longo da lunação provocou um aumento na temperatura durante a

ocorrência dos casos CCM. Também não existem dados para a profundidade de 20 metros.

Figura 33 - Variação negativa entre a temperatura da superfície e as profundidades de 40, 60, 80 e 100 metros. Em azul os dias referentes ao período lunar, rosa, vermelho e vermelho-escuro o dia de formação do CCM 57, CCM 58 e CCM 59 respectivamente.



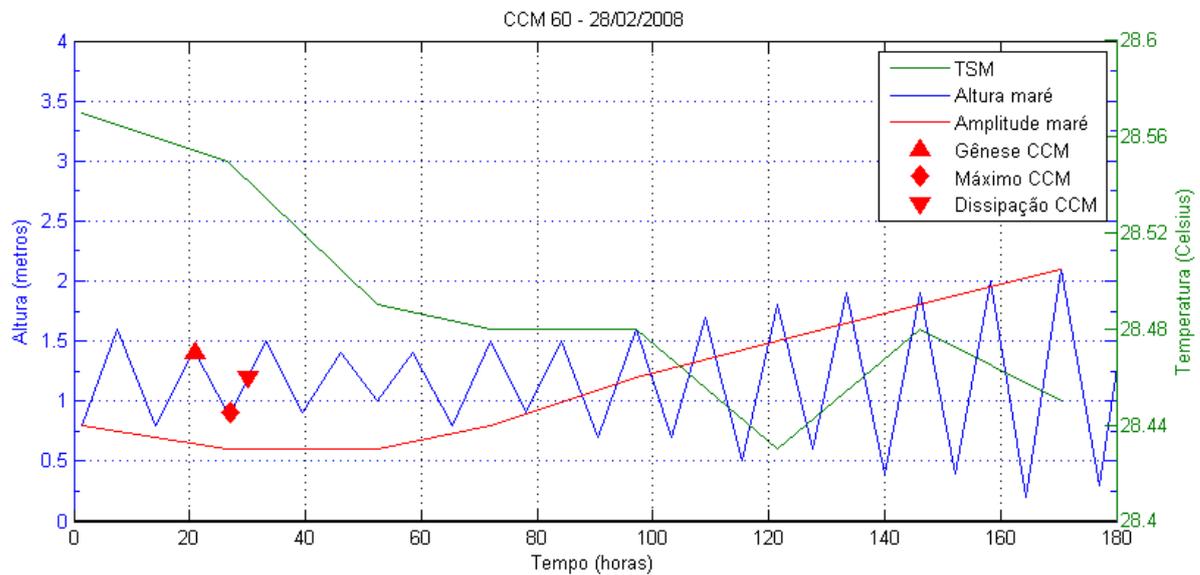
Fonte: AUTOR (2015)

3.1.13 Caso do CCM 60

O caso de CCM 60 teve seu desenvolvimento sobre o Continente no dia 28 de Fevereiro de 2008, com duração de nove horas, durante o alinhamento de quadratura da Lua Minguante.

Verificou-se o início da formação do CCM 60 com a premar as 21 horas, desenvolvimento máximo com a baixa-mar da vazão da maré oceânica seis horas após a formação e dissipação no processo de enchente da maré oceânica. A temperatura da superfície do mar declinou-se durante o processo do evento CCM 60. A amplitude da maré atinge o valo mínimo para o ciclo lunar durante o máximo desenvolvimento do evento CCM. A figura 38 expõe o comportamento da altura da maré e temperatura da superfície do mar.

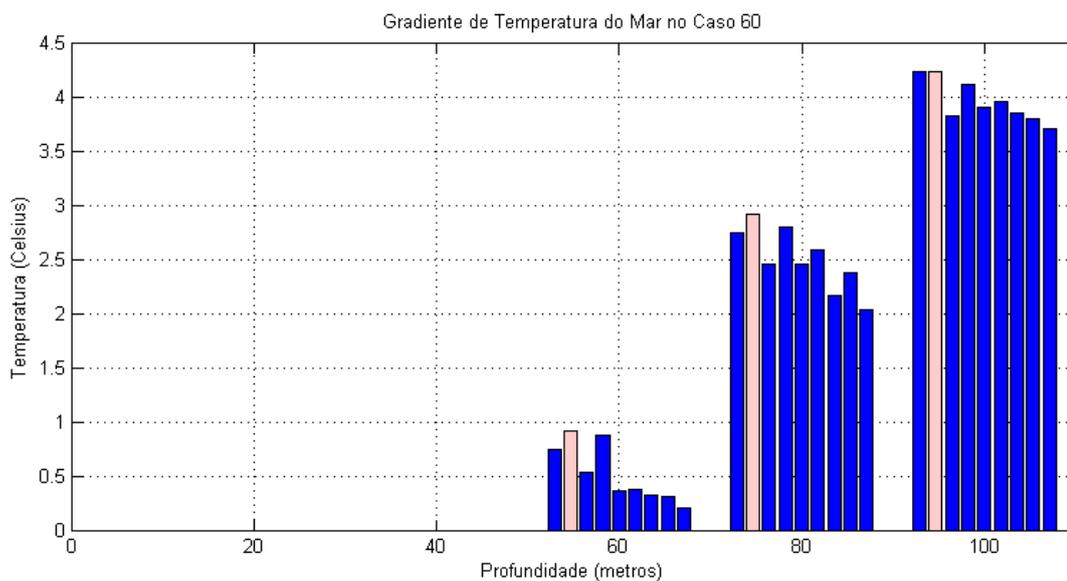
Figura 38 - Comportamento da maré oceânica, temperatura da superfície do mar e estágios de desenvolvimento do CCM 60.



Fonte: AUTOR (2015)

Verifica-se novamente na profundidade de 60 metros uma variação de temperatura maior que a do dia anterior. A variação de temperatura entre a superfície e a profundidade de 100 metros atinge uma variação de quase 4,5°C na formação do evento. Não existem dados de temperatura para as profundidades de 20 e 40 metros conforme demonstra a figura 39.

Figura 34 - Variação negativa entre a temperatura da superfície e as profundidades de 60, 80 e 100 metros. Em azul os dias referentes ao período lunar e em rosa o dia de formação do CCM 60.



Fonte: AUTOR (2015)

3.1.14 Casos dos CCM 61, 62 e 63

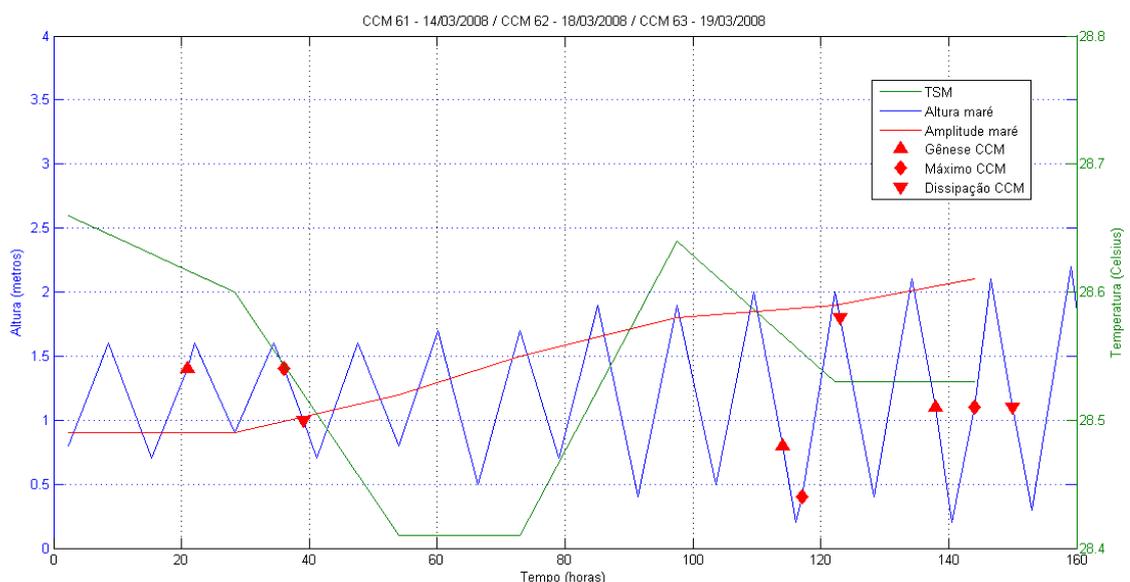
Os casos de CCM 61, CCM 62 e CCM 63 ocorreram em 14, 18 e 19 de Março de 2008 respectivamente, durante o alinhamento de quadratura da Lua Crescente.

O caso de CCM 61 teve seu desenvolvimento sobre o continente as 21 horas com duração de dezoito horas. O início do CCM 61 com a enchente da maré oceânica, desenvolvimento máximo quinze horas após a formação, na vazão da maré e dissipação na vazão da maré. A temperatura da superfície do mar declinou-se durante o evento.

O caso de CCM 62 teve seu desenvolvimento sobre o continente as 18 horas com duração de nove horas. O início do CCM 62 com a vazão da maré, desenvolvimento máximo três horas após, próximo a baixa-mar com a enchente e dissipação próxima da preamar já na vazão. A temperatura da superfície do mar declinou-se.

O caso de CCM 63 teve seu desenvolvimento sobre o continente as 18 horas, com duração de doze horas. O início do CCM 63, na vazão da maré, desenvolvimento máximo na enchente da maré a seis horas depois da formação e dissipação na vazão da maré. A temperatura da superfície do mar não sofreu alteração. A figura 40 ainda revela que o desenvolvimento da amplitude da maré é crescente em toda a lunação.

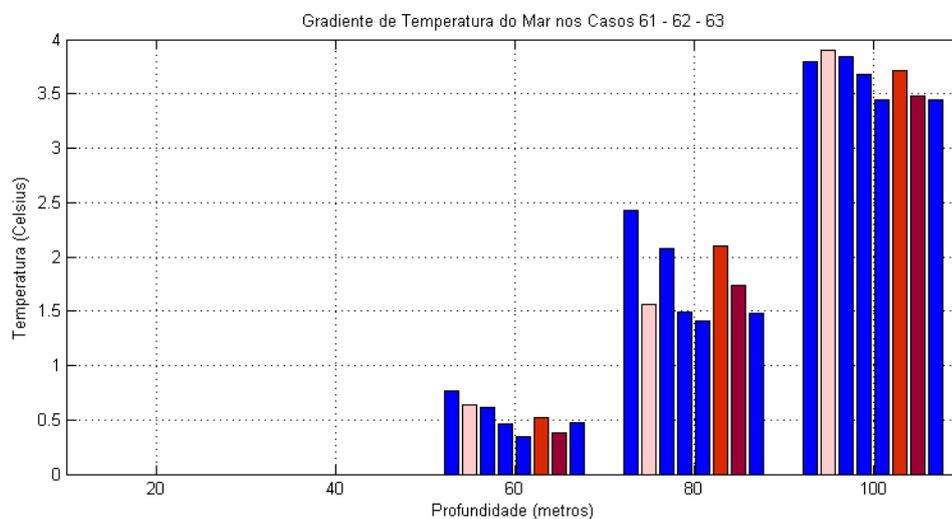
Figura 35 - Comportamento da maré oceânica, temperatura da superfície do mar e estágios de desenvolvimento dos CCM 61, 62 e 63.



Fonte: AUTOR (2015)

Mesmo sendo uma variação de $0,02^{\circ}\text{C}$ a profundidade de 60 metros ainda possui a maior variação de temperatura em relação ao dia anterior a ocorrência do evento CCM 62 seguindo o padrão dos eventos anteriores. Não existem dados de temperatura para as profundidades de 20 e 40 metros. Os dados da temperatura do oceano estão apresentados na figura 41.

Figura 36 - Variação negativa entre a temperatura da superfície e as profundidades de 40, 60, 80 e 100 metros. Em azul os dias referentes ao período lunar, rosa, vermelho e vermelho-escuro o dia de formação do CCM 61, CCM 62 e CCM 63 respectivamente.



Fonte: AUTOR (2015)

3.1.15 Casos dos CCM 64, 65 e 66

Os casos de CCM 64, CCM 65 e CCM 66 ocorreram durante o alinhamento de sizígia da Lua Cheia e desenvolvimento sobre o continente.

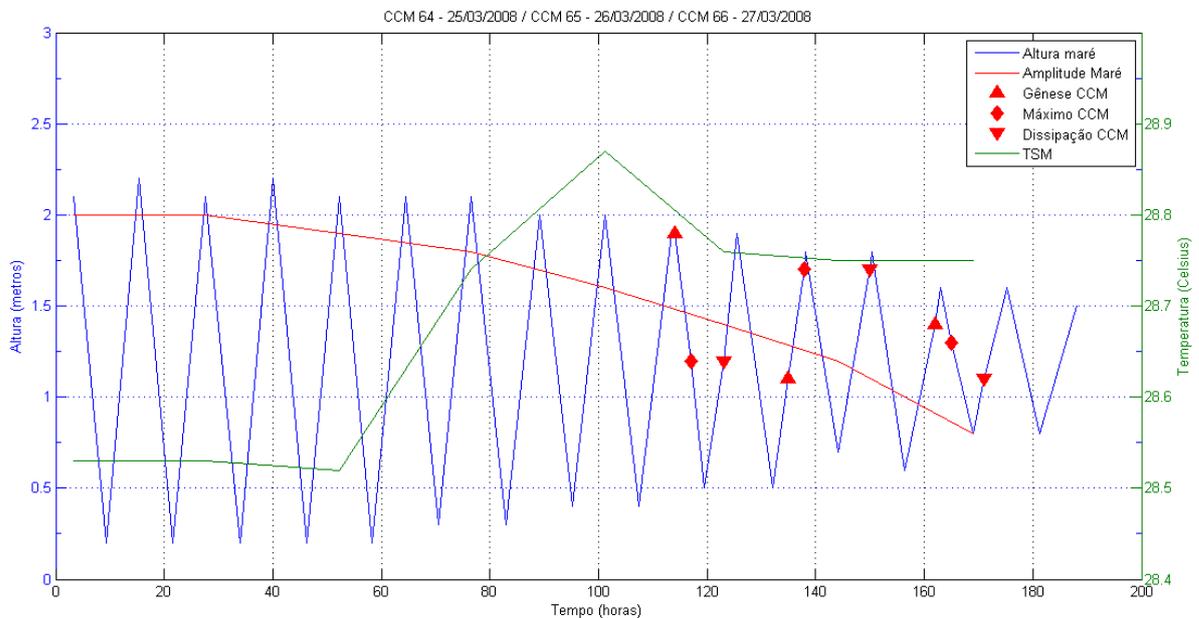
O caso de CCM 64 ocorreu em 25 de Março de 2008 e teve duração de nove horas. O início da formação do CCM 64 foi as 18 horas com a preamar iniciando o processo de vazão da maré oceânica, desenvolvimento máximo três horas após, na vazão da maré e dissipação na enchente da maré. A temperatura da superfície do mar declinou-se durante o evento.

O caso de CCM 65 ocorreu em 26 de Março de 2008 e teve duração de quinze horas. O início da formação do CCM 65 com a enchente da maré as 15 horas, desenvolvimento máximo três horas depois próximo a preamar com a enchente e

dissipação próxima da preamar na enchente. A temperatura da superfície do mar não sofreu alteração.

O caso de CCM 66 ocorreu em 27 de Março de 2008 e teve duração de nove horas. O início da formação do CCM 66, na enchente da maré as 18 horas, desenvolvimento máximo três horas depois na vazão da maré oceânica e dissipação na enchente da maré. A temperatura da superfície do mar não sofreu alteração como pode ser observado na figura 42.

Figura 37 - Comportamento da maré oceânica, temperatura da superfície do mar e estágios de desenvolvimento dos CCM 64, 65 e 66.

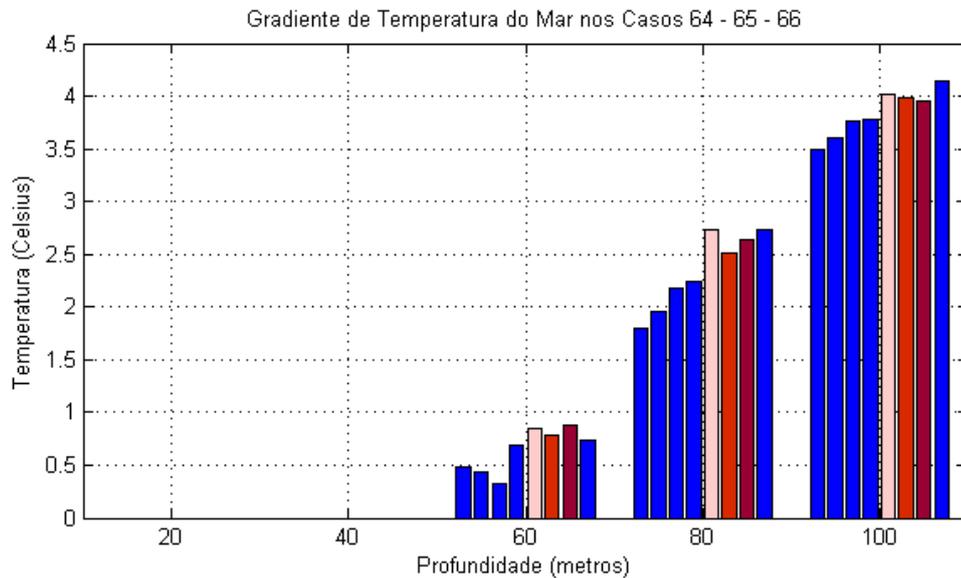


Fonte: AUTOR (2015)

A amplitude da maré durante a ocorrência dos casos foi diminuindo ao longo da lunação. Mais uma vez para o primeiro caso de CCM a variação de temperatura foi superior ao do dia anterior ao evento CCM para a profundidade de 60 metros.

Não existem dados de temperatura para as profundidades de 20 e 40 metros conforme pode ser observado na confecção dos dados de temperatura do oceano agrupados na figura 43

Figura 38 - Variação negativa entre a temperatura da superfície e as profundidades de 40, 60, 80 e 100 metros. Em azul os dias referentes ao período lunar, rosa, vermelho e vermelho-escuro o dia de formação do CCM 64, CCM 65 e CCM 66 respectivamente.



Fonte: AUTOR (2015)

3.1.16 Casos dos CCM 67 e 68

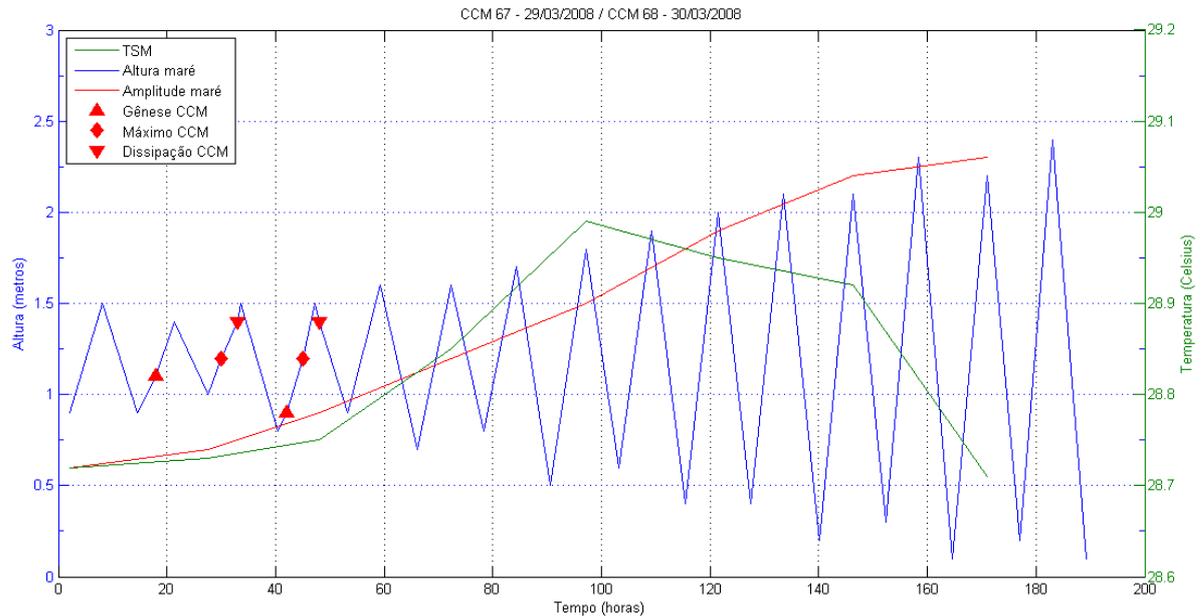
Os casos de CCM 67 e CCM 68 ocorreram em 29 e 30 de Março de 2008, durante o alinhamento de quadratura da Lua Minguante. Os casos de CCM 67 e 68 tiveram seu desenvolvimento sobre o continente. A duração do CCM 67 foi de quinze horas iniciando as 18 horas enquanto que o CCM 68 durou seis horas tendo iniciado também as 18 horas.

O início da formação do CCM 67 com a enchente da maré oceânica, desenvolvimento máximo na enchente da maré oceânica doze horas após a formação e dissipação ainda na enchente da maré próxima a preamar. A temperatura da superfície do mar sofreu uma elevação não significativa.

O caso de CCM 68 teve início da formação com a enchente da maré oceânica, desenvolvimento máximo três horas após a formação ainda na enchente e dissipação com a vazão da maré próxima a preamar. A temperatura da superfície do mar sofreu uma elevação não significativa.

O cruzamento dos dados de maré, temperatura da superfície do mar e os eventos CCM são apresentados na figura 44.

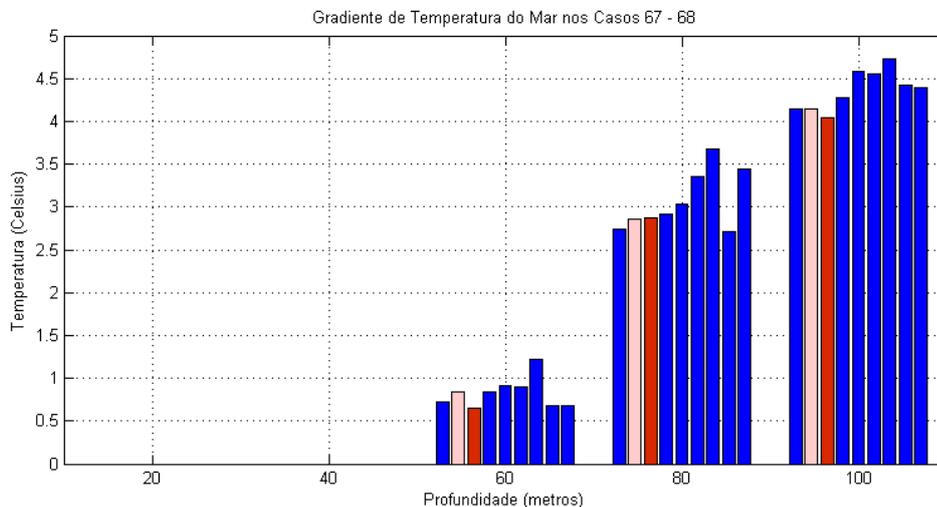
Figura 39 - Comportamento da maré oceânica, temperatura da superfície do mar e estágios de desenvolvimento dos CCM 67 e 68.



Fonte: AUTOR (2015)

A amplitude da maré estava crescendo com o desenvolvimento do ciclo lunar. O que proporcionou uma variação de temperatura bastante elevada de quase 5°C para profundidade de 100 metros. A variação na profundidade de 60 metros é maior em relação ao dia anterior da ocorrência do CCM 67. O padrão de desenvolvimento da variação ao longo da lunação é bastante semelhante entre as profundidades de 60 e 100 metros. Não existem dados para as profundidades de 20 e 40 metros apresentados na figura 45.

Figura 40 - Variação negativa entre a temperatura da superfície e as profundidades de 60, 80 e 100 metros. Em azul os dias referentes ao período lunar, rosa o dia de formação do CCM 67 e vermelho o dia da formação do CCM 68.

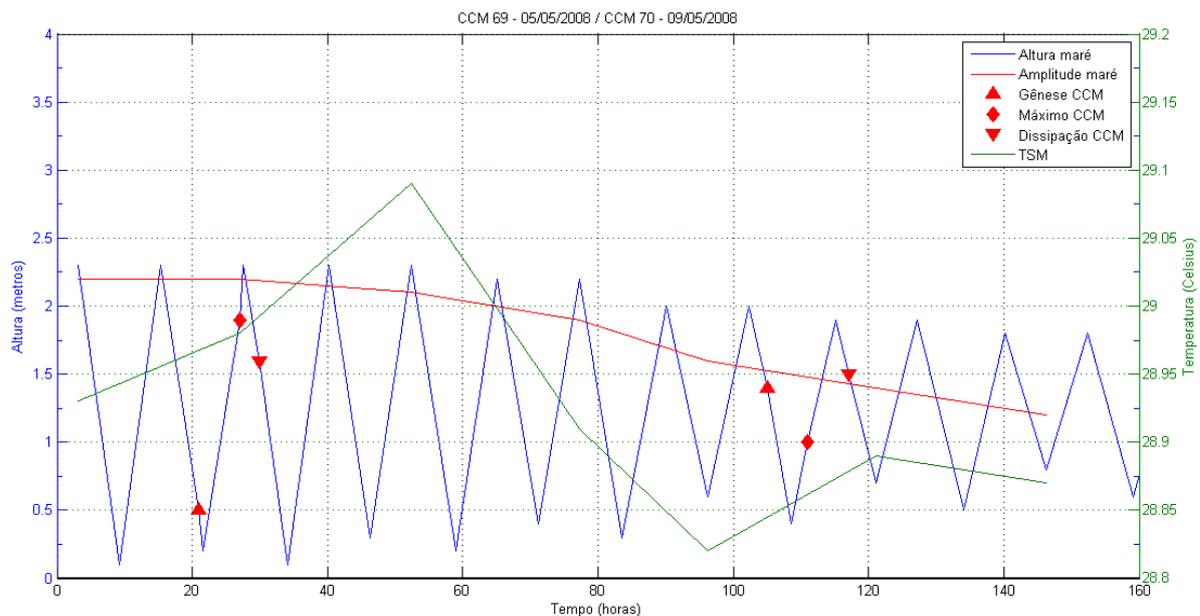


Fonte: AUTOR (2015)

3.1.17 Casos dos CCM 69 e 70

Os casos CCM 69 e CCM 70 ocorreram nos dias 05 e 09 de Maio de 2005, durante o alinhamento de sizígia da Lua Nova. A figura 46 mostra o comportamento da maré e a temperatura da superfície do mar durante a ocorrência dos eventos.

Figura 41 - Comportamento da maré oceânica, temperatura da superfície do mar e estágios de desenvolvimento dos CCM 69 e 70.



Fonte: AUTOR (2015)

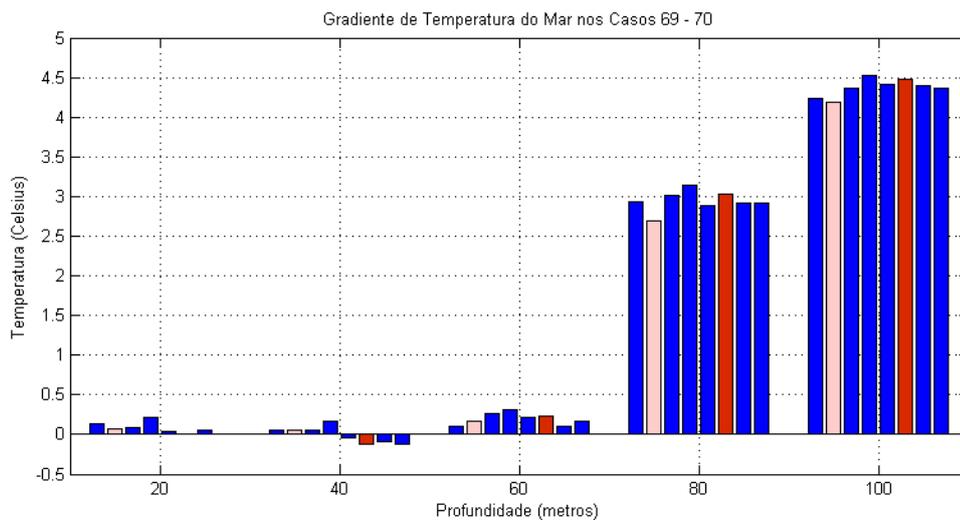
O caso de CCM 69 teve seu desenvolvimento sobre o continente a partir das 21 horas. A duração do caso CCM 69 foi de nove horas. O início da formação do CCM 69 com a vazão da maré oceânica, desenvolvimento máximo na enchente da maré oceânica seis horas após a formação e dissipação na vazão da maré. A temperatura da superfície do mar sofreu uma elevação.

O caso de CCM 70 teve seu desenvolvimento sobre o oceano. A duração do caso CCM 70 durou doze horas início da formação com a vazão da maré oceânica as 9 horas da manhã, desenvolvimento máximo seis horas depois da formação na enchente e dissipação com a vazão da maré. A temperatura da superfície do mar sofreu uma elevação.

A variação da amplitude da maré é praticamente nula no desenvolvimento do CCM 69, o que promove uma variação superior de temperatura no dia anterior ao evento na profundidade de 60 metros. Com a diminuição da amplitude o fenômeno

observado nos casos anteriores volta a ocorrer, com intensidade pouco significativa, mas ainda predominante. A figura 47 apresenta a variação de temperatura nas profundidades estudadas.

Figura 42 - Variação negativa entre a temperatura da superfície e as profundidades de 20, 40, 60, 80 e 100 metros. Em azul os dias referentes ao período lunar, rosa o dia de formação do CCM 69 e vermelho o dia da formação do CCM 70.



Fonte: AUTOR (2015)

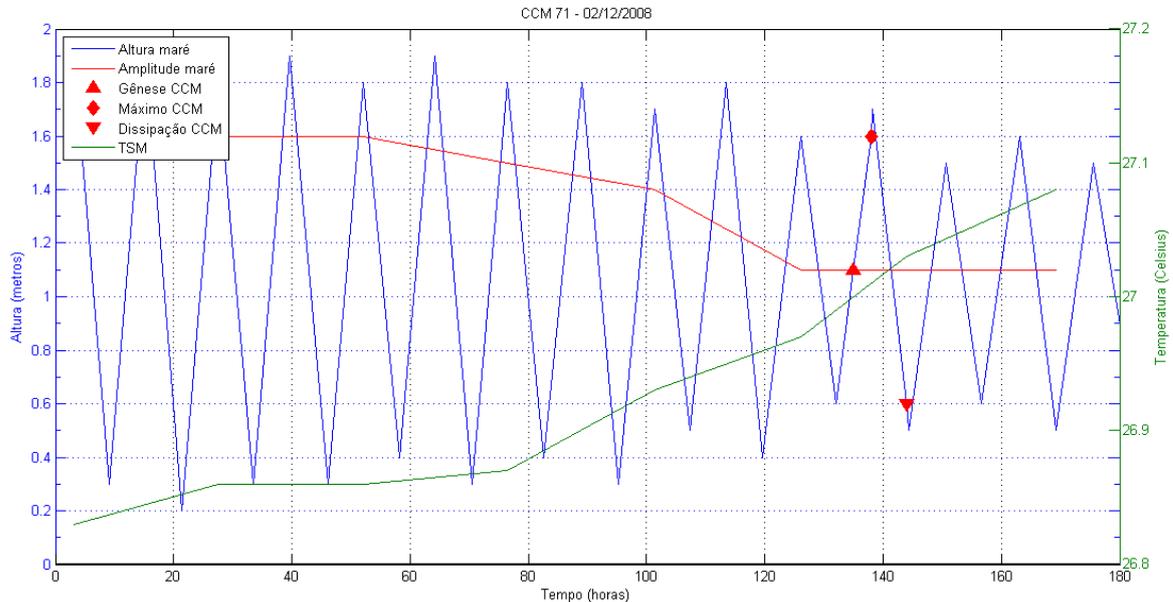
3.1.18 Caso do CCM 71

O caso de CCM 71 teve seu desenvolvimento sobre o continente no dia 02 de Dezembro de 2008 com duração de nove horas, durante o alinhamento de sizígia da Lua Nova.

Verificou-se o início da formação do CCM 71 as 15 horas, com a enchente da maré oceânica, desenvolvimento máximo próximo da preamar com a enchente da maré oceânica três horas depois e dissipação na vazão da maré oceânica próxima a baixa-mar. A temperatura da superfície do mar elevou-se durante o processo do evento CCM 71. A figura 48 apresenta a descrição anterior na forma gráfica.

A amplitude da maré novamente não sofre alteração alguma durante o desenvolvimento do evento de CCM. Esse fenômeno observado em alinhamentos de sizígia produz novamente variações de temperatura bastante inferiores as observadas anteriormente.

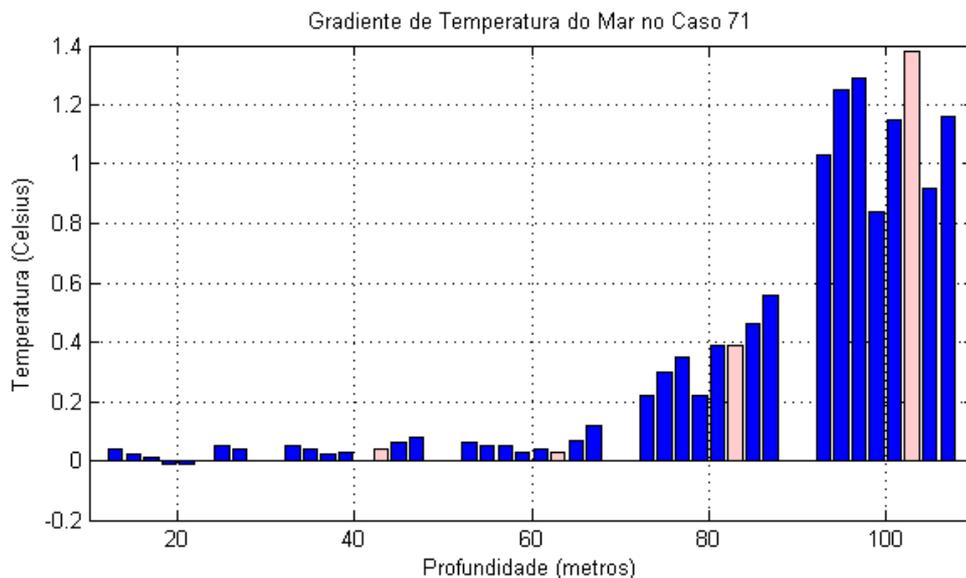
Figura 43 - Comportamento da maré oceânica, temperatura da superfície do mar e estágios de desenvolvimento do CCM 71.



Fonte: AUTOR (2015)

A máxima variação ocorre na profundidade de 100 metros no dia do evento de CCM onde a temperatura caiu apenas 1,4°C em relação a temperatura de superfície. Como nos outros eventos onde situação semelhante ocorreu, a profundidade de 60 metros não produziu uma variação superior ao do dia anterior ao evento. Em 20 metros nenhuma variação foi percebida no dia do evento como mostra a figura 49.

Figura 44 - Variação negativa entre a temperatura da superfície e as profundidades de 20, 40, 60, 80 e 100 metros. Em azul os dias referentes ao período lunar e em rosa o dia de formação do CCM 71.



Fonte: AUTOR (2015)

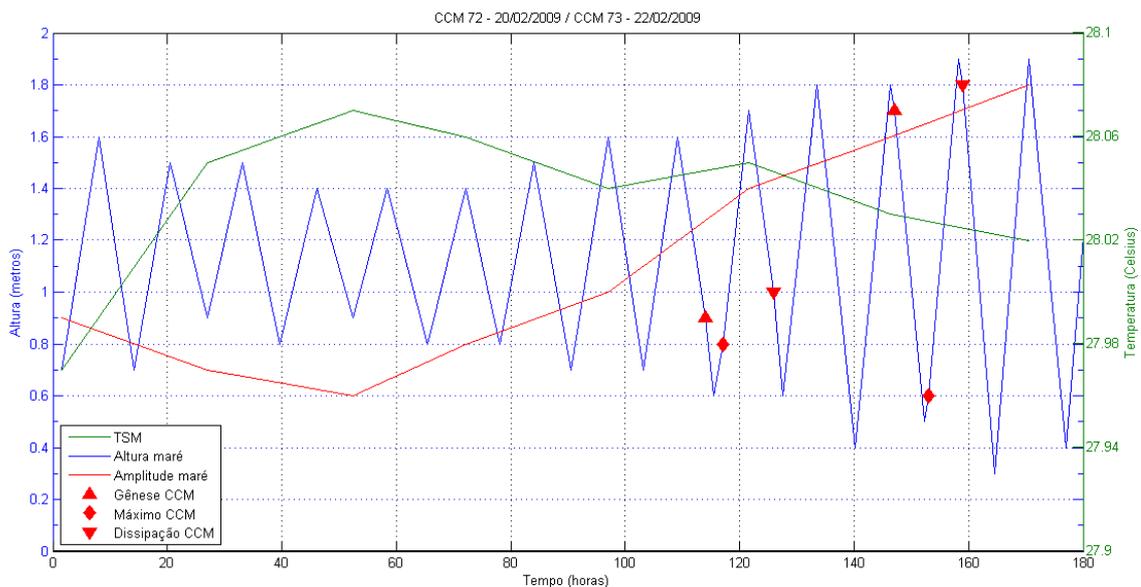
3.1.19 Casos dos CCM 72 e 73

Os casos de CCM 72 e CCM 73 ocorreram nos dias 20 e 22 de Fevereiro de 2009 respectivamente, durante o alinhamento de quadratura da Lua Minguante. Os casos de CCM 72 e 73 tiveram seu desenvolvimento sobre o continente e oceano respectivamente. A duração dos casos de CCM 72 e 73 foi de doze horas.

O início da formação do CCM 72 com a vazão da maré oceânica iniciou as 18 horas, desenvolvimento máximo na enchente da maré oceânica três horas depois e dissipação na vazão da maré. A temperatura da superfície do mar sofreu uma elevação não significativa.

O caso de CCM 73 teve início da formação as 3 horas da madrugada com a vazão da maré próxima a preamar, desenvolvimento máximo seis horas depois na enchente próxima a baixa-mar e dissipação com a vazão da maré próxima a preamar. A temperatura da superfície do mar sofreu uma declinação. A figura 50 apresenta o comportamento das variáveis analisadas nos casos descritos.

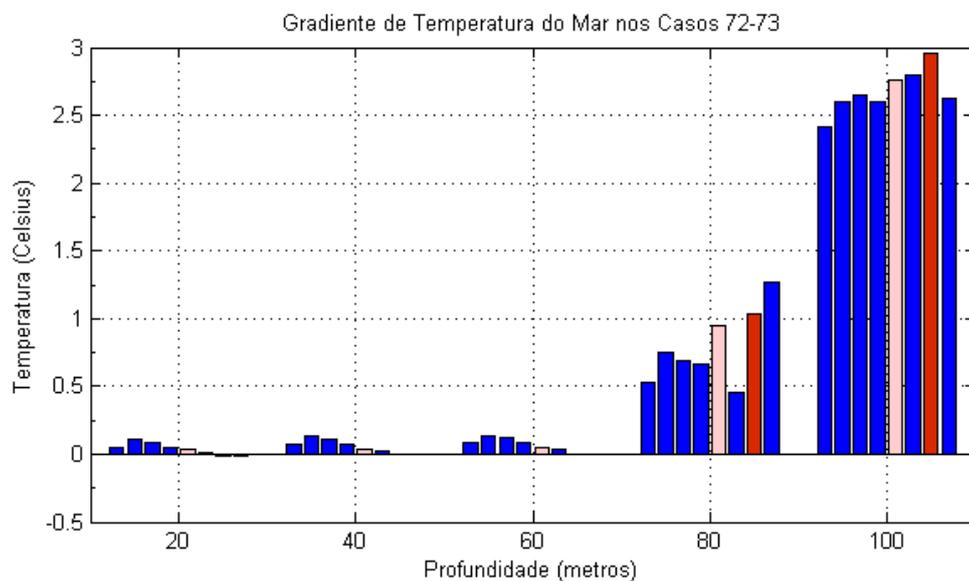
Figura 45 - Comportamento da maré oceânica, temperatura da superfície do mar e estágios de desenvolvimento dos CCM 72 e 73.



Fonte: AUTOR (2015)

A amplitude da maré durante a período de luação sofre um aumento considerável durante os dois eventos CCM. Entretanto o padrão esperado para a profundidade de 60 metros não ocorre como vemos na figura 51. Ele ocorre para os 80 metros. As variações de temperatura nas profundidades de 20, 40 e 60 são extremamente similares. Para o CCM 73 as variações são quase nulas ou nulas nessas profundidades.

Figura 46 - Variação negativa entre a temperatura da superfície e as profundidades de 20, 40, 60, 80 e 100 metros. Em azul os dias referentes ao período lunar, rosa o dia de formação do CCM 72 e vermelho o dia da formação do CCM 73.



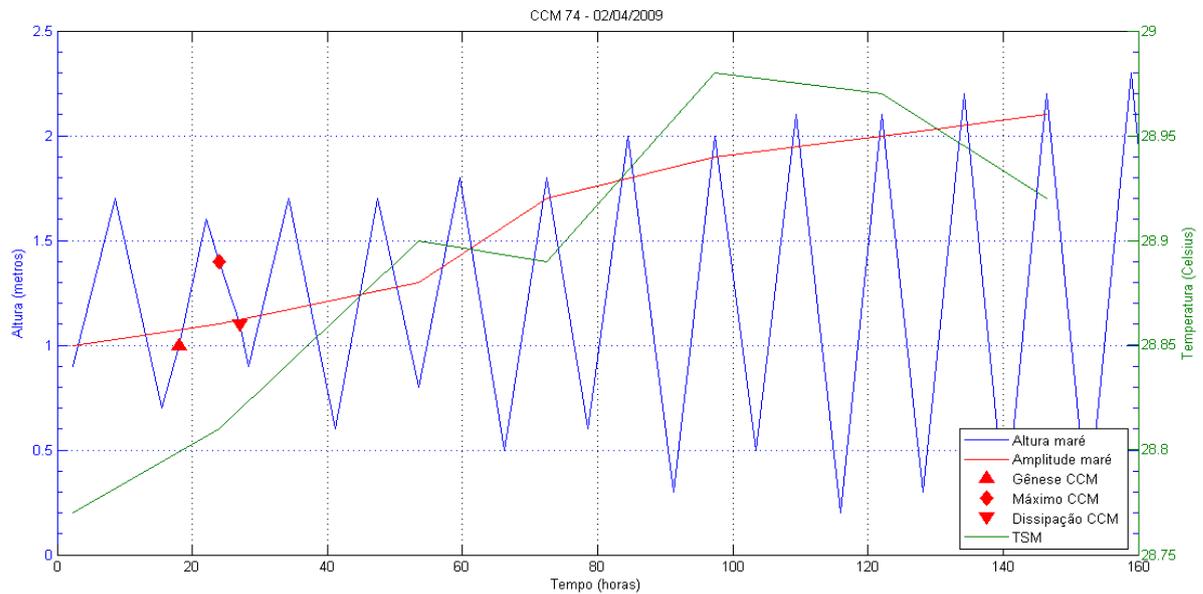
Fonte: AUTOR (2015)

3.1.20 Caso do CCM 74

O caso de CCM 74 teve seu desenvolvimento sobre o continente com duração de nove horas no dia 02 de Abril de 2009, durante o alinhamento de quadratura da Lua Crescente.

Verificou-se o início da formação do CCM 74 as 18 horas com a enchente da maré oceânica, desenvolvimento máximo seis horas depois com a vazão da maré oceânica e dissipação ainda na vazão da maré oceânica. A temperatura da superfície do mar elevou-se durante o processo do evento CCM 74 conforme aponta a figura 52.

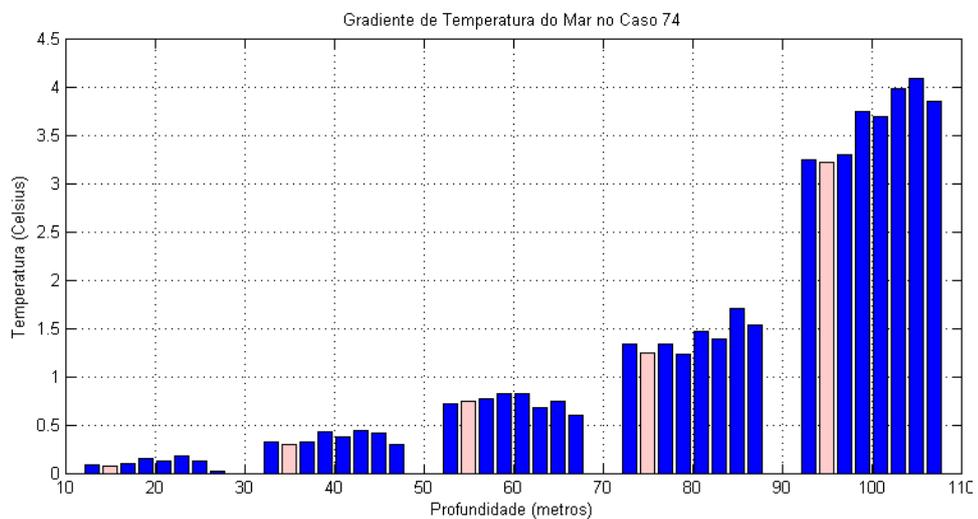
Figura 47 - Comportamento da maré oceânica, temperatura da superfície do mar e estágios de desenvolvimento do CCM 74.



Fonte: AUTOR (2015)

A amplitude da maré sofre um crescimento lento durante o processo de formação do evento CCM 74. O padrão esperado dos outros eventos é observado de maneira sutil para a profundidade de 60 metros como mostra a figura 53.

Figura 48 - Variação negativa entre a temperatura da superfície e as profundidades de 20, 40, 60, 80 e 100 metros. Em azul os dias referentes ao período lunar e em rosa o dia de formação do CCM 74.

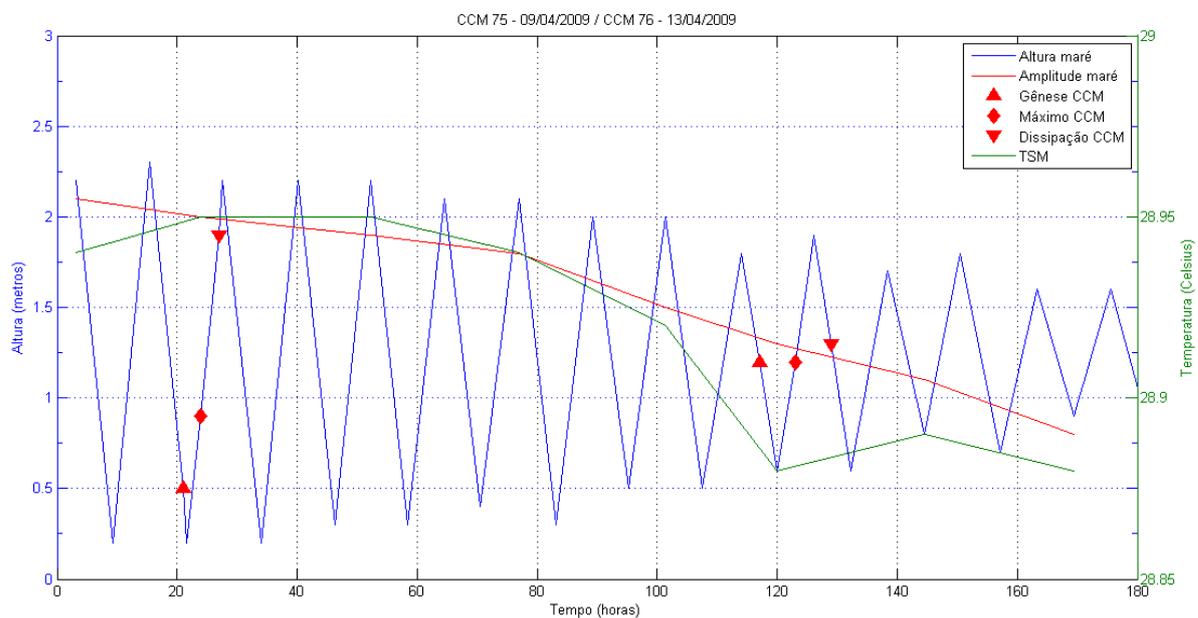


Fonte: AUTOR (2015)

3.1.21 Casos dos CCM 75 e 76

Os casos de CCM 75 e CCM 76 ocorreram em 09 e 13 de Abril de 2009, durante o alinhamento de sizígia da Lua Cheia. Os casos de CCM 75 e 76 tiveram seu desenvolvimento sobre o continente. A duração dos casos de CCM 72 e 73 foram de seis e doze horas respectivamente. A figura 54 mostra o desenvolvimento da maré em relação aos estágios dos CCM.

Figura 49 - Comportamento da maré oceânica, temperatura da superfície do mar e estágios de desenvolvimento dos CCM 75 e 76.



Fonte: AUTOR (2015)

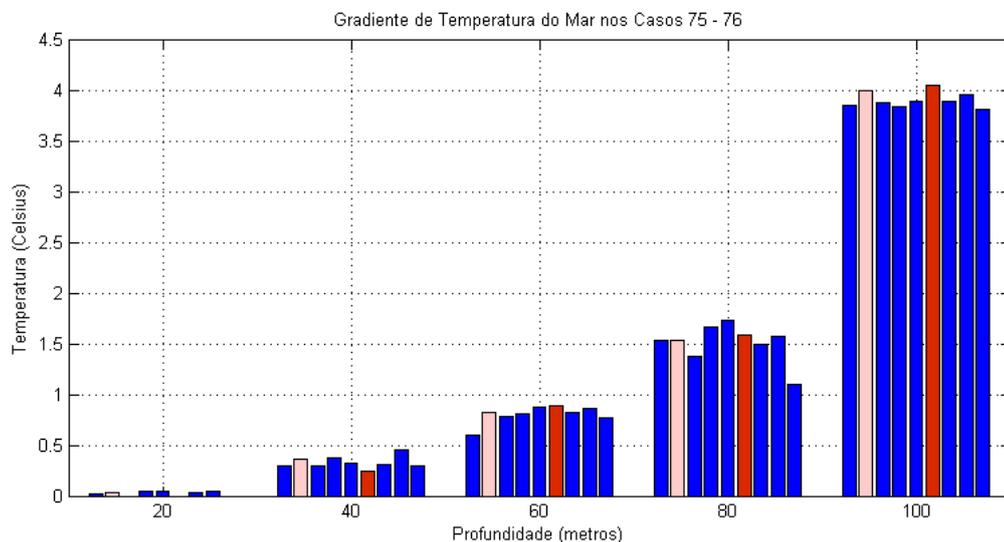
O início da formação do CCM 75 as 21 horas com a vazão da maré oceânica, desenvolvimento máximo três horas depois, na enchente da maré oceânica e dissipação ainda na enchente da maré. A temperatura da superfície do mar sofreu uma elevação não significativa.

O caso CCM 76 teve início da formação as 21 horas com a vazão da maré, desenvolvimento máximo seis horas depois na enchente e dissipação com a vazão da maré. A temperatura da superfície do mar sofreu uma declinação no início do evento e uma elevação não significativa no desenvolvimento máximo até a dissipação.

A amplitude da maré se comporta de maneira quase invariável no evento CCM 75 e um pouco mais acentuada no evento CCM 76. Isso provoca uma variação

parecida em profundidades de 60, 80 e 100 metros, mesmo sendo variações pequenas. Para a profundidade de 60 metros foi percebida alteração em relação ao dia anterior para o primeiro evento CCM mas para o segundo CCM com a amplitude da maré mudando de maneira bastante suave foi verificada uma pequena variação nessa profundidade para o segundo evento conforme pode ser percebido na figura 55.

Figura 50 - Variação negativa entre a temperatura da superfície e as profundidades de 20, 40, 60, 80 e 100 metros. Em azul os dias referentes ao período lunar, rosa o dia de formação do CCM 75 e vermelho o dia da formação do CCM 76.



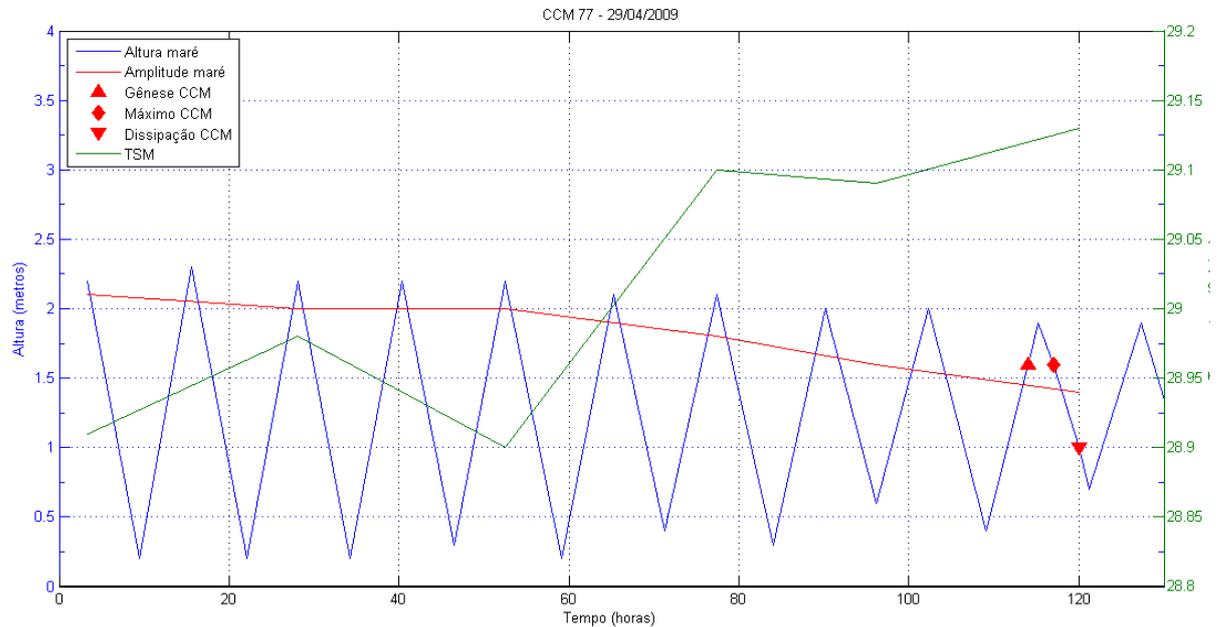
Fonte: AUTOR (2015)

3.1.22 Caso do CCM 77

O caso de CCM 77 ocorreu no dia 29 de Abril de 2009. Teve seu desenvolvimento sobre o continente com duração de seis horas, durante o alinhamento de sizígia da Lua Nova.

Verificou-se o início da formação do CCM 77 as 18 horas com a enchente da maré oceânica, desenvolvimento máximo três horas depois com a vazão da maré oceânica e dissipação ainda na vazão da maré oceânica. A temperatura da superfície do mar elevou-se durante o processo do evento de CCM 77 mas não de maneira significativa conforme pode ser visto na figura 56.

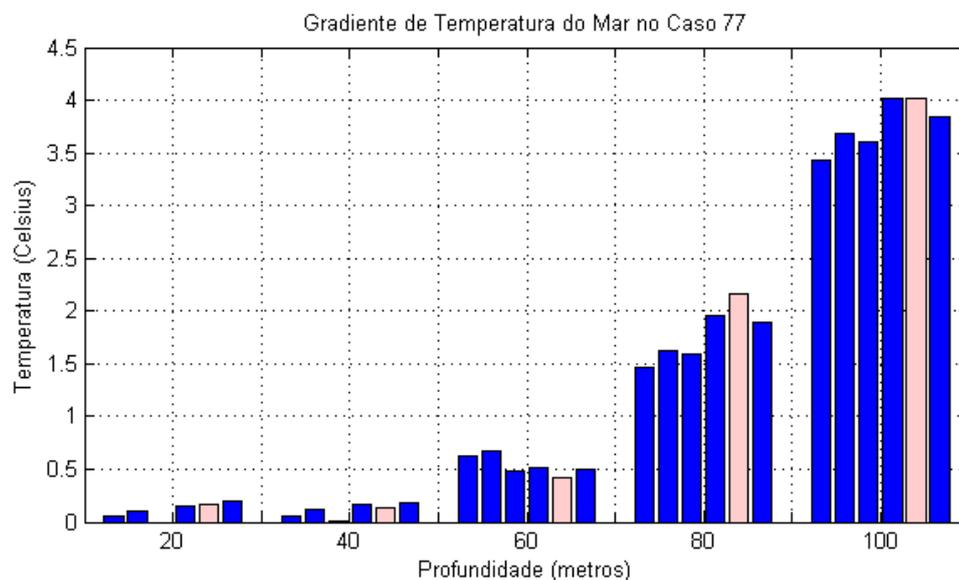
Figura 51 - Comportamento da maré oceânica, temperatura da superfície do mar e estágios de desenvolvimento do CCM 77.



Fonte: AUTOR (2015)

A amplitude da maré não sofreu variação relevante durante o processo de desenvolvimento do CCM. O mesmo padrão de desenvolvimento das variações de temperatura que ocorreram nessa situação de desenvolvimento da maré foi observada. Somente na profundidade de 80 metros a variação de temperatura da água foi superior no evento ao do dia anterior como mostra a figura 57.

Figura 52 - Variação negativa entre a temperatura da superfície e as profundidades de 20, 40, 60, 80 e 100 metros. Em azul os dias referentes ao período lunar e em rosa o dia de formação do CCM 77.

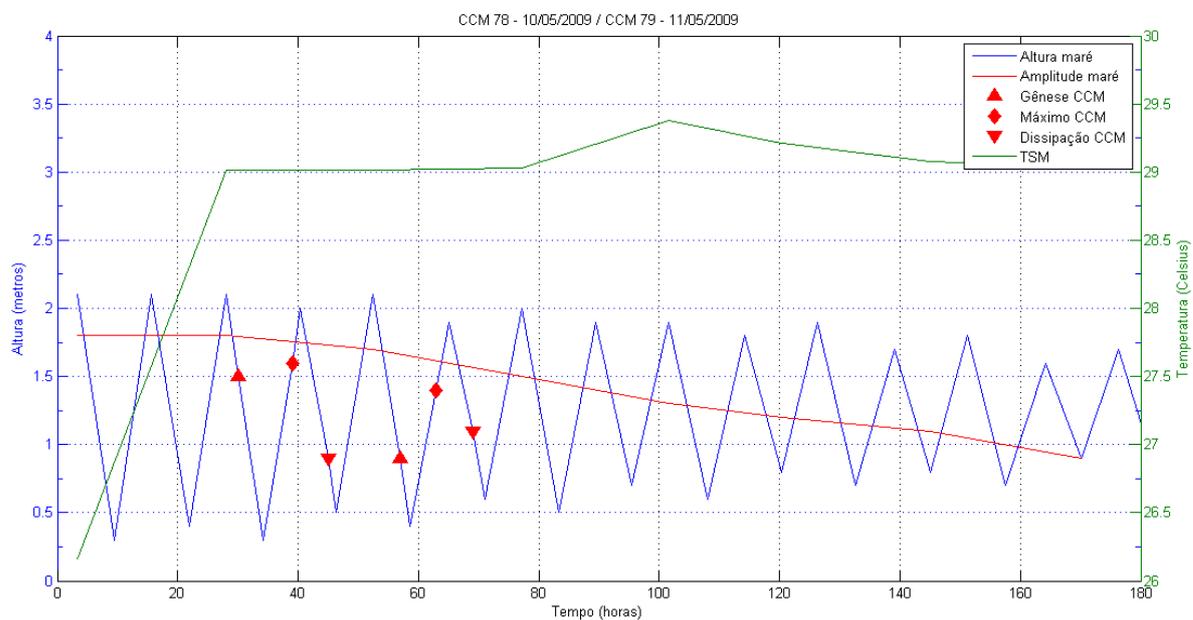


Fonte: AUTOR (2015)

3.1.23 Casos dos CCM 78 e 79

Os casos de CCM 78 e CCM 79 ocorreram nos dias 10 e 11 de Maio de 2009, durante o alinhamento de sizígia da Lua Cheia. Os casos CCM 78 e 79 tiveram seu desenvolvimento sobre o oceano. A duração dos casos CCM 78 e 79 foram de quinze e doze horas respectivamente. A figura 58 apresenta o desenvolvimento desses dois casos.

Figura 53 - Comportamento da maré oceânica, temperatura da superfície do mar e estágios de desenvolvimento dos CCM 78 e 79.



Fonte: AUTOR (2015)

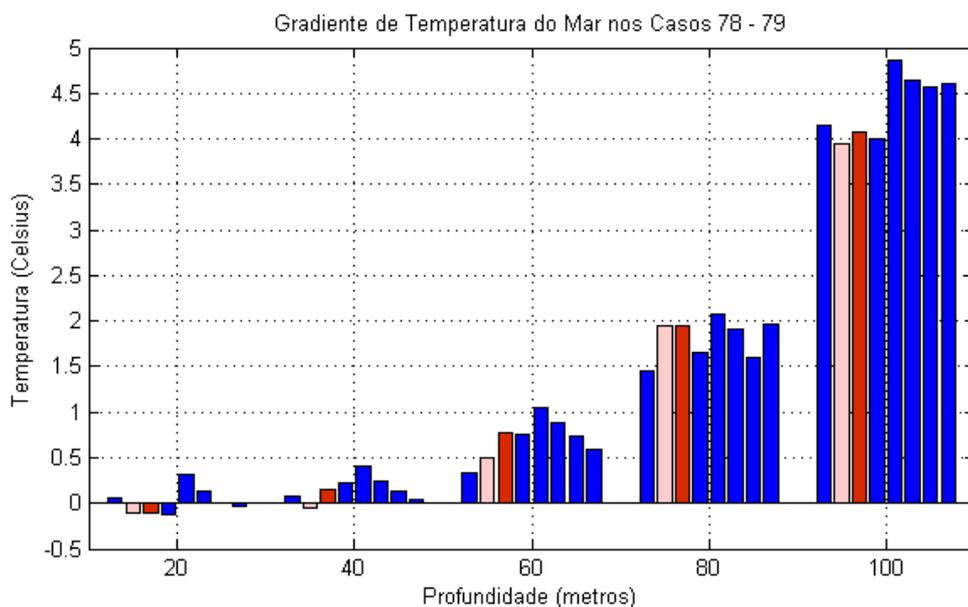
O início da formação do CCM 78 se deu as 6 horas da manhã com a vazão da maré oceânica, desenvolvimento máximo aconteceu 9 horas depois na enchente da maré oceânica e dissipação na vazão da maré. A temperatura da superfície do mar teve aumento de aproximadamente 3°C em relação ao dia anterior, e se manteve aproximadamente constante durante a ocorrência dos eventos de CCM.

O caso de CCM 79 teve início as 9 horas da manhã com a vazão da maré, desenvolvimento máximo seis horas depois na enchente e dissipação com a vazão da maré. A temperatura da superfície do mar também não sofreu modificação.

Mais um caso de ausência ou pequena variação da amplitude da maré durante a ocorrência do evento de CCM mas que proporcionou o padrão esperado para a

profundidade de 60 metros e também 80 metros para os dias dos eventos. Para as profundidades de 20 e 40 metros temos até uma inversão de temperatura com uma variação positiva para a temperatura durante o evento CCM 78 e apenas em 20 metros para o CCM 79. A figura 59 apresenta o comportamento da temperatura nas profundidades analisadas.

Figura 54 - Variação negativa entre a temperatura da superfície e as profundidades de 20, 40, 60, 80 e 100 metros. Em azul os dias referentes ao período lunar, rosa o dia de formação do CCM 78 e vermelho o dia da formação do CCM 79.



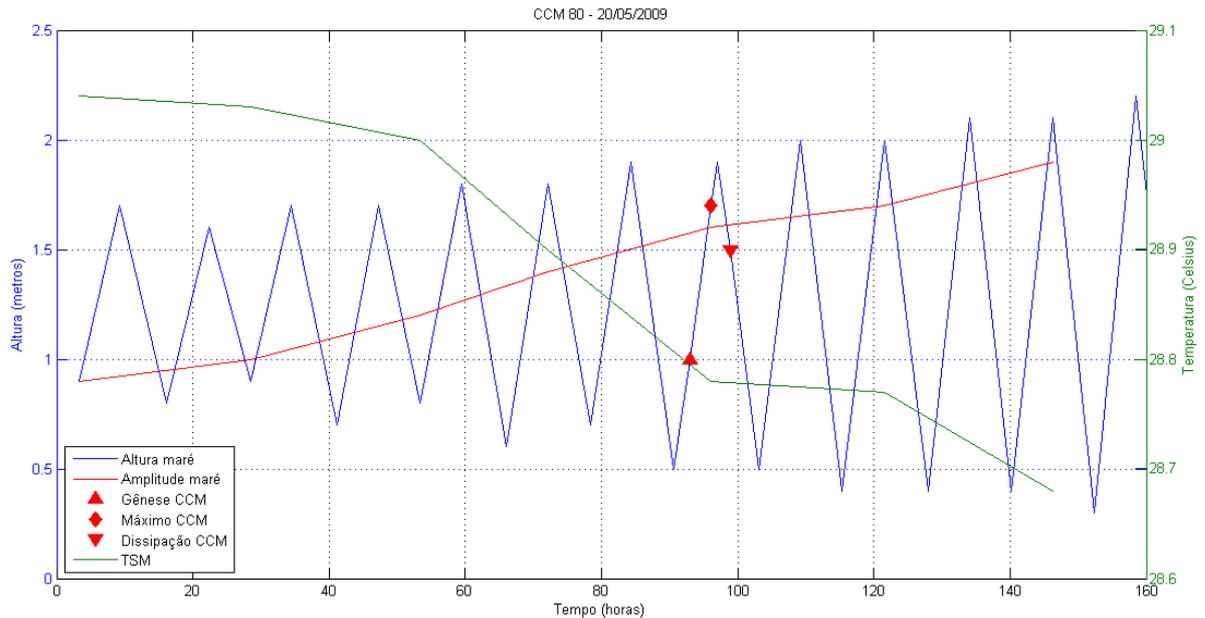
Fonte: AUTOR (2015)

3.1.24 Caso do CCM 80

O caso de CCM 80 ocorreu no dia 20 de Maio de 2009 e teve seu desenvolvimento sobre o oceano com duração de seis horas, durante o alinhamento de quadratura da Lua Minguante.

Verificou-se o início da formação do CCM 80 as 21 horas com a enchente da maré oceânica, desenvolvimento máximo três horas depois ainda na enchente da maré oceânica e dissipação na vazão da maré oceânica. A temperatura da superfície do mar declinou-se durante o processo do evento CCM 80 como vemos na figura 60.

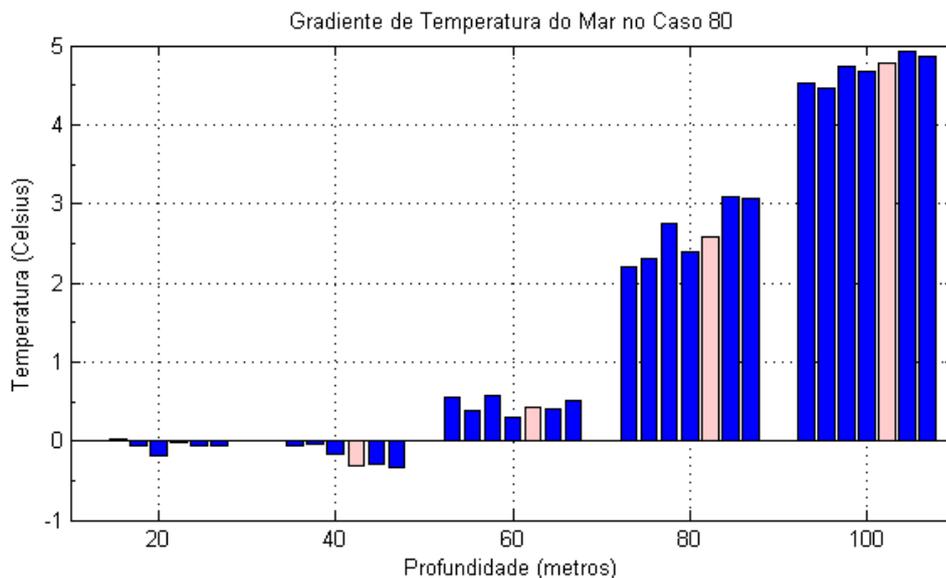
Figura 55 - Comportamento da maré oceânica, temperatura da superfície do mar e estágios de desenvolvimento do CCM 80.



Fonte: AUTOR (2015)

A amplitude da maré é crescente ao longo da luação mas sofre pouca variação durante o processo do evento CCM 80. Mesmo assim é observado o fenômeno esperado para a profundidade de 60 metros. A situação atípica é a variação de temperatura nas profundidades de 20 e 40 metros onde houve aumento de quase até 0,5°C conforme mostra a figura 61.

Figura 56 - Variação negativa entre a temperatura da superfície e as profundidades de 20, 40, 60, 80 e 100 metros. Em azul os dias referentes ao período lunar e em rosa o dia de formação do CCM 80.



Fonte: AUTOR (2015)

3.2 Análise dos casos por fase lunar

Identificando os casos por fase lunar foram separados e listados conforme a tabela 5.

Tabela 5 - Distribuição dos casos de CCM analisados em relação as fases lunares de ocorrência dos mesmos.

Lua Nova		Lua Cheia		Lua Crescente		Lua Minguante	
Caso	Data Local	Caso	Data Local	Caso	Data Local	Caso	Data Local
CCM 40	13/01/2005	CCM 43	27/03/2005	CCM 42	16/02/2005	CCM 46	01/05/2005
CCM 41	11/02/2005	CCM 44	29/03/2005	CCM 50	12/03/2006	CCM 47	04/05/2005
CCM 49	06/12/2005	CCM 45	30/03/2005	CCM 53	09/04/2006	CCM 48	02/06/2005
CCM 54	19/02/2007	CCM 64	25/03/2008	CCM 57	28/04/2007	CCM 51	23/03/2006
CCM 55	22/02/2007	CCM 65	26/03/2008	CCM 58	30/04/2007	CCM 52	24/03/2006
CCM 56	23/02/2007	CCM 66	27/03/2008	CCM 59	01/05/2007	CCM 60	28/02/2008
CCM 69	06/05/2008	CCM 75	09/04/2009	CCM 61	14/03/2008	CCM 67	29/03/2008
CCM 70	09/05/2008	CCM 76	13/04/2009	CCM 62	18/03/2008	CCM 68	30/03/2008
CCM 71	02/12/2008	CCM 78	10/05/2009	CCM 63	19/03/2008	CCM 72	20/02/2009
CCM 77	29/04/2009	CCM 79	11/05/2009	CCM 74	02/04/2009	CCM 73	22/02/2009
						CCM 80	21/05/2009

Fonte: AUTOR (2015)

Fica evidenciado uma distribuição praticamente igualitária na ocorrência dos casos de CCM em relação as fases lunares. São 10 casos de CCM para as fases Nova, Crescente e Cheia e 11 casos de CCM para a fase Minguante.

A fase Cheia da Lua apresenta um maior número de ocorrências de casos de CCM ocorrendo em sequência. Não foi registrado nenhum caso isolado de CCM durante essa fase lunar.

Separando os casos por fase lunar, foram feitas as análises sobre o local de desenvolvimento, amplitudes da temperatura da superfície do mar e da maré oceânica, duração do evento de CCM, sazonalidade, desenvolvimento da maré durante a formação, máximo desenvolvimento e dissipação do CCM e tempo entre os estágios de desenvolvimento do CCM.

3.2.1 Casos de CCM na Lua Nova

Durante os eventos que ocorreram no alinhamento de sizígia de Lua Nova, percebe-se uma predominância da ocorrência do evento sobre o continente, do aumento na amplitude da temperatura da superfície do mar, da diminuição da amplitude da maré, um tempo médio de 9,3 horas de duração dos eventos, com mais ocorrências no verão, seguido de ocorrências no outono e primavera conforme a tabela 6.

Tabela 6 - Descrição dos casos CCM que ocorreram em fase lunar Nova.

Casos	Predomínio	Duração (horas)	Estação	Comportamento da Maré					Amplitude	
				Gênese do CCM	Tempo entre estágios (horas)	Desenvolvimento Máximo do CCM	Tempo entre estágios (horas)	Dissipação do CCM	Maré	TSM
CCM 40	Continente	12	Verão	Sobe	3	Desce	9	Sobe	Cresce	Sem Dado
CCM 41	Continente	9	Verão	Sobe	3	Desce	6	Sobe	Decresce	Sem Dado
CCM 49	Oceano	9	Primavera	Desce	3	Sobe	6	Desce	Decresce	Cresce
CCM 54	Continente	6	Verão	Desce	3	Desce	3	Sobe	Decresce	Cresce
CCM 55	Oceano	15	Verão	Sobe	3	Sobe	12	Sobe	Decresce	Neutro
CCM 56	Oceano	6	Verão	Desce	3	Desce	3	Sobe	Decresce	Decresce
CCM 69	Continente	9	Outono	Desce	6	Sobe	3	Desce	Cresce	Cresce
CCM 70	Oceano	12	Outono	Desce	6	Sobe	6	Desce	Decresce	Cresce
CCM 71	Continente	9	Primavera	Sobe	3	Sobe	6	Desce	Decresce	Cresce
CCM 77	Continente	6	Outono	Sobe	3	Desce	3	Desce	Decresce	Neutro

Fonte: AUTOR (2015)

Quanto ao desenvolvimento do CCM analisando o comportamento da maré apenas se destaca o tempo entre o início do caso CCM e o seu máximo desenvolvimento que para 80% dos casos foi de 3 horas.

3.2.2 Casos de CCM na Lua Crescente

Durante os eventos que ocorreram no alinhamento de quadratura de Lua Crescente, percebe-se uma distribuição igualitária quanto ao local de ocorrência do desenvolvimento e da amplitude da temperatura da superfície do mar. Há uma evidente tendência de ocorrência quando do aumento da amplitude da maré (são 80% dos casos), e um tempo médio de 11,7 horas de duração dos eventos conforme a tabela 7.

Tabela 7 - Descrição dos casos CCM que ocorreram em fase lunar Crescente.

Casos	Predomínio	Duração (horas)	Estação	Comportamento da Maré					Amplitude	
				Gênese do CCM	Tempo entre estágios (horas)	Desenvolvimento Máximo do CCM	Tempo entre estágios (horas)	Dissipação do CCM	Maré	TSM
CCM 42	Oceano	15	Verão	Desce	9	Sobe	6	Desce	Decresce	Sem Dado
CCM 50	Continente	15	Verão	Desce	6	Sobe	9	Desce	Cresce	Decresce
CCM 53	Oceano	6	Outono	Sobe	3	Desce	3	Desce	Cresce	Cresce
CCM 57	Oceano	12	Outono	Sobe	6	Desce	6	Sobe	Cresce	Cresce
CCM 58	Oceano	12	Outono	Desce	6	Sobe	6	Desce	Cresce	Neutro
CCM 59	Oceano	9	Outono	Sobe	6	Desce	3	Sobe	Decresce	Neutro
CCM 61	Continente	18	Verão	Sobe	15	Desce	3	Desce	Cresce	Decresce
CCM 62	Continente	9	Verão	Desce	3	Sobe	6	Desce	Cresce	Decresce
CCM 63	Continente	12	Verão	Desce	6	Sobe	6	Desce	Cresce	Neutro
CCM 74	Continente	9	Outono	Sobe	6	Desce	3	Desce	Cresce	Cresce

Fonte: AUTOR (2015)

Quanto a sazonalidade uma distribuição igual entre verão e outono. Do desenvolvimento do CCM analisando o comportamento da maré apenas se destaca o comportamento da maré no momento de dissipação do CCM em que 80% dos casos foi de diminuição do nível da maré.

3.2.3 Casos de CCM na Lua Cheia

Sobre os eventos que ocorreram no alinhamento de sizígia da Lua Cheia destacam-se o desenvolvimento sobre o continente, uma neutralidade da amplitude da temperatura da superfície do mar. O que fica bastante evidente é a diminuição da amplitude da maré e a sazonalidade do evento, onde 100% deles ocorreram no outono. O tempo médio de duração dos casos foi de 11,1 horas. Quanto ao desenvolvimento da maré em 60% dos casos ocorreram: o nível da maré subindo no início do evento; tempo de 3 horas entre o início do evento e o máximo desenvolvimento; o nível da maré subindo no máximo desenvolvimento e na dissipação. Em 70% dos casos o tempo entre o máximo desenvolvimento e a dissipação foi de 6 horas conforme mostra a tabela 8.

Tabela 8 - Descrição dos casos CCM que ocorreram em fase lunar Cheia.

Casos	Predomínio	Duração (horas)	Estação	Comportamento da Maré					Amplitude	
				Gênese do CCM	Tempo entre estágios (horas)	Desenvolvimento Máximo do CCM	Tempo entre estágios (horas)	Dissipação do CCM	Maré	TSM
CCM 43	Continente	12	Outono	Desce	6	Sobe	6	Desce	Decresce	Sem Dado
CCM 44	Continente	12	Outono	Sobe	3	Desce	9	Sobe	Decresce	Sem Dado
CCM 45	Continente	9	Outono	Sobe	3	Desce	6	Sobe	Decresce	Sem Dado
CCM 64	Continente	9	Outono	Desce	3	Desce	6	Sobe	Decresce	Decresce
CCM 65	Continente	15	Outono	Sobe	3	Sobe	12	Sobe	Decresce	Neutro
CCM 66	Continente	9	Outono	Sobe	3	Desce	6	Sobe	Decresce	Neutro
CCM 75	Continente	6	Outono	Desce	3	Sobe	3	Sobe	Decresce	Neutro
CCM 76	Continente	12	Outono	Desce	6	Sobe	6	Desce	Decresce	Decresce
CCM 78	Oceano	15	Outono	Desce	9	Sobe	6	Desce	Decresce	Neutro
CCM 79	Oceano	12	Outono	Desce	6	Sobe	6	Desce	Decresce	Neutro

Fonte: AUTOR (2015)

3.2.4 Casos de CCM na Lua Minguante

Os eventos do alinhamento quadratura da Lua Minguante destaca-se 60% do desenvolvimento sobre o continente, amplitude crescente da maré oceânica. Tempo médio de 9,8 horas de duração. Predominância de ocorrências no outono e com a maré subindo na formação do CCM em 73% dos casos. Tempo predominante entre a formação inicial do CCM e o máximo desenvolvimento é de 3 horas. A maré sobe em 82% dos casos em que o CCM atinja o seu máximo desenvolvimento. Em 55% dos casos a maré baixava enquanto da dissipação do CCM conforme a tabela 9.

Tabela 9 - Descrição dos casos CCM que ocorreram em fase lunar Minguante.

Casos	Predomínio	Duração (horas)	Estação	Comportamento da Maré					Amplitude	
				Gênese do CCM	Tempo entre estágios (horas)	Desenvolvimento Máximo do CCM	Tempo entre estágios (horas)	Dissipação do CCM	Maré	TSM
CCM 46	Continente	12	Outono	Sobe	3	Sobe	9	Sobe	Cresce	Sem Dado
CCM 47	Oceano	9	Outono	Sobe	3	Desce	6	Sobe	Cresce	Sem Dado
CCM 48	Oceano	6	Outono	Sobe	3	Sobe	3	Desce	Cresce	Sem Dado
CCM 51	Continente	12	Outono	Sobe	3	Sobe	9	Sobe	Cresce	Decresce
CCM 52	Continente	9	Outono	Sobe	3	Sobe	6	Desce	Cresce	Cresce
CCM 60	Continente	9	Verão	Desce	6	Sobe	3	Sobe	Decresce	Decresce
CCM 67	Continente	15	Outono	Sobe	12	Sobe	3	Sobe	Cresce	Neutro
CCM 68	Continente	6	Outono	Sobe	3	Sobe	3	Desce	Cresce	Cresce
CCM 72	Continente	12	Verão	Desce	3	Sobe	9	Desce	Cresce	Neutro
CCM 73	Oceano	12	Verão	Desce	6	Sobe	6	Desce	Cresce	Neutro
CCM 80	Oceano	6	Outono	Sobe	3	Sobe	3	Desce	Cresce	Decresce

Fonte: AUTOR (2015)

3.3 Análise dos Casos por localização

3.3.1 Casos de CCM sobre o Continente

Separando os casos de CCM que se desenvolveram sobre o continente pelas fases lunares, obteve-se os seguintes resultados.

A tabela 10 evidencia a inexistência de eventos de CCM durante o Inverno. O Verão como estação com mais ocorrências na fase Nova e Crescente e o Outono com mais ocorrências na Lua Minguante e Cheia, nessa com 100% de concentração de casos. O tempo de existência média de um evento de CCM pode variar em até 4 horas, dependendo da fase lunar. São mais longos com a Lua Crescente e mais curtos com a Lua Nova.

Tabela 10 - Distribuição dos casos CCM que ocorreram sobre o continente, comparando fase lunar, sazonalidade e período de estágios do CCM.

		Nova	Crescente	Cheia	Minguante
Sazonalidade	Primavera	16,7%	0,0%	0,0%	0,0%
	Verão	50,0%	80,0%	0,0%	28,6%
	Outono	33,3%	20,0%	100,0%	71,4%
	Inverno	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Tempo médio (horas)	Total	8,5	12,6	10,5	10,7
	Entre Gênese e Máximo Desenvolvimento	3,5	7,2	3,8	4,7
	Entre Máximo Desenvolvimento e Dissipação	5	5,4	6,8	6

Fonte: AUTOR (2015)

A variação média de tempo entre a formação e o desenvolvimento máximo mostrou similaridade no alinhamento de sizígia. Nesse alinhamento são necessárias mais de 3 horas para o desenvolvimento máximo do CCM. O tempo mais longo ocorre com a Lua Crescente. O tempo entre o máximo desenvolvimento e a dissipação é sempre maior que o tempo entre a formação e o máximo desenvolvimento em todas as fases exceto na fase Crescente como também se vê na tabela 10.

Quanto as condições da maré os casos foram analisados quanto ao comportamento da maré no momento de ocorrência da formação, desenvolvimento máximo e dissipação do CCM. A Lua Minguante se destaca no momento de formação do CCM com 71,4% dos casos ocorrendo quando da enchente da maré. O mesmo ocorre quando o máximo desenvolvimento é alcançado todos os casos também estão na enchente. Nessa situação de máximo desenvolvimento o alinhamento quadratura tem um comportamento semelhante pois os casos com a Lua Crescente a enchente também tem predominância. Na vazão se destacam os casos da Lua Nova, durante o máximo desenvolvimento. Com a dissipação do CCM a Lua Crescente apresentou todos os casos com a vazão e a Lua Cheia apresentou 75% dos seus casos conforme a tabela 11.

Tabela 11 - Distribuição dos casos CCM que ocorreram sobre o continente, comparando fase lunar com condição da maré oceânica.

			Nova	Crescente	Cheia	Minguante
Estágios do CCM nas condições da maré	Gênese	Enchente	66,7%	40,0%	50,0%	71,4%
		Vazão	33,3%	60,0%	50,0%	28,6%
	Máximo	Enchente	33,3%	60,0%	50,0%	100,0%
		Vazão	66,7%	40,0%	50,0%	0,0%
	Dissipação	Enchente	50,0%	0,0%	75,0%	57,1%
		Vazão	50,0%	100,0%	25,0%	42,9%
Amplitude da Maré	Crescente	33,3%	100,0%	0,0%	85,7%	
	Decrescente	66,7%	0,0%	100,0%	14,3%	

Fonte: AUTOR (2015)

Na variação da amplitude da maré ambos alinhamentos de quadratura e sizígia apresentaram o mesmo comportamento. A quadratura da Lua Crescente 100% e da Minguante 85,7% dos casos com a amplitude crescendo. A sizígia da Lua Nova 66,7% e a Lua Cheia 100% dos casos (tabela 11).

3.3.2 Casos de CCM sobre o Oceano

Separando os casos de CCM que se desenvolveram sobre o oceano pelas fases lunares, obteve-se também as seguintes tabelas.

Sobre o oceano a distribuição dos casos contempla a primavera em um de quatro casos de eventos na Lua Nova. Esse caso também foi formado durante o dia e se estendeu até a noite. Segundo Albuquerque (2011) casos na primavera e durante o dia são isolados pois a predominância de eventos CCM na região de estudo se dá durante o verão e outono. Esse caso da primavera teve a mesma duração total de 9 horas levou 3 horas entre a formação e o máximo desenvolvimento e 6 horas entre o máximo desenvolvimento e a dissipação sobre o oceano e sobre o continente vide tabela 12.

Tabela 12 - Distribuição dos casos CCM que ocorreram sobre o oceano, comparando fase lunar, sazonalidade e período de estágios do CCM.

		Nova	Crescente	Cheia	Minguante
Sazonalidade	Primavera	25,0%	0,0%	0,0%	0,0%
	Verão	50,0%	20,0%	0,0%	25,0%
	Outono	25,0%	80,0%	100,0%	75,0%
	Inverno	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Tempo médio (horas)	Total	10,5	10,8	13,5	8,2
	Entre Gênese e Máximo Desenvolvimento	3,8	6,0	7,5	3,7
	Entre Máximo Desenvolvimento e Dissipação	6,8	4,8	6,0	4,5

Fonte: AUTOR (2015)

Novamente o destaque para a Lua Cheia que em 100% dos casos ocorreram no outono, seguido da Lua Crescente com 80% dos casos. A Lua Minguante apresentou também uma tendência de sazonalidade no outono. Nos eventos de CCM sobre o oceano a diferença de duração média sobe para 5 horas, uma hora a mais se comparado ao CCM continental. Eventos da Lua Cheia agora são os mais longos ao invés da Lua Crescente como CCM continentais. Eventos CCM da Lua Nova tem um aumento de 2 horas em média sobre o oceano do que sobre o continente.

Entre as fases de formação e máximo desenvolvimento do CCM, a fase lunar mais longa, a Cheia, tem duração de 5 horas e 18 minutos mais longa que a fase lunar mais curta, a Minguante. Na fase entre o máximo desenvolvimento e dissipação do CCM os alinhamentos de quadratura e sizígia se comportam do mesmo modo. As fases Crescente e Minguante são mais curtas. As fases Nova e Cheia as mais longas, com a fase Nova sendo 48 minutos em média mais longa que a fase Cheia.

Na fase de formação do CCM o alinhamento de sizígia e quadratura voltam a ter uma visualização em destaque. A maré tende a estar em processo de vazão quando do início do evento nas fases lunares Nova e Cheia. Já nas fases Crescente e Minguante a maré tende a estar em processo de enchente quando do início do evento vide tabela 13.

Tabela 13 - Distribuição dos casos CCM que ocorreram sobre o oceano, comparando fase lunar com condição da maré oceânica.

			Nova	Crescente	Cheia	Minguante
Estágios do CCM nas condições da maré	Gênese	Enchente	25,0%	60,0%	0,0%	75,0%
		Vazão	75,0%	40,0%	100,0%	25,0%
	Máximo	Enchente	75,0%	40,0%	100,0%	75,0%
		Vazão	25,0%	60,0%	0,0%	25,0%
	Dissipação	Enchente	50,0%	40,0%	0,0%	25,0%
		Vazão	50,0%	60,0%	100,0%	75,0%
Amplitude da Maré	Crescente	0,0%	60,0%	0,0%	100,0%	
	Decrescente	100,0%	40,0%	100,0%	0,0%	

Fonte: AUTOR (2015)

Um destaque evidente se dá no máximo desenvolvimento dos CCM com a Lua Nova e Lua Minguante em que 75% dos casos ocorrem na enchente da maré. A fase lunar Cheia também apresenta comportamento de enchente para o máximo

desenvolvimento e a fase lunar Crescente comportamento inverso ao da formação do CCM, maior quantidade de casos na vazão da maré. Com o máximo desenvolvimento a sizígia permanece com o mesmo padrão de comportamento, sendo agora a enchente e não vazão a tendência de comportamento da maré oceânica.

Na fase de dissipação do CCM, o alinhamento de quadratura tende a ter o mesmo comportamento com a vazão sendo mais frequente. A Lua Nova não apresenta uma tendência e a Lua Cheia volta a ter o mesmo comportamento da formação do CCM e 100% dos casos ocorrem na vazão da maré na fase de dissipação.

Com a amplitude da maré os alinhamentos lunares voltam a se comportar dentro de um padrão. Nos alinhamentos de quadratura têm uma tendência de ocorrerem eventos de CCM com a amplitude crescente da maré. Já os alinhamentos de sizígia concordam em ambas as fases lunares e 100% dos casos ocorrem com a amplitude decrescente da maré.

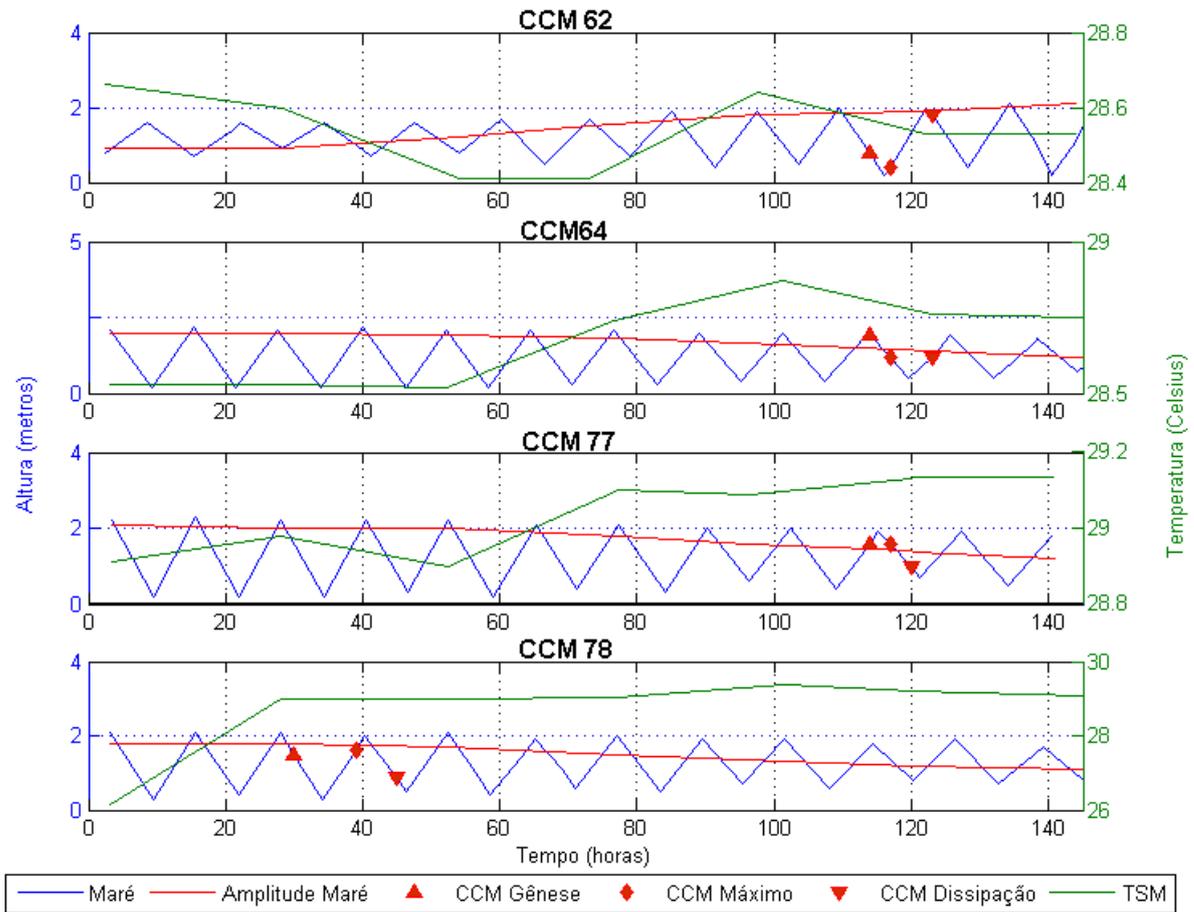
3.4 Análise por similaridade do comportamento da TSM

Os casos de CCM 62 (18/03/2008), de CCM 64 (25/03/2008), de CCM 77 (29/04/2009) e de CCM 78 (10/05/2009) apresentaram um comportamento similar da TSM após o início do evento de CCM.

Após sofrer elevação na temperatura, que nos casos CCM 62, 64 e 77, não ultrapassou 0,5°C cerca de 24 horas antes do início do fenômeno, a temperatura da superfície do mar começa a se manter constante horas antes da dissipação do CCM embora tenham a predominância continental e estágios de vida noturno.

Os casos de CCM 62, 64 ocorrem no final do verão e o CCM 77 no início do outono, e ocorrem próximos de 120 horas da luação, próximo da mudança de fase lunar. O tempo entre a formação e o máximo desenvolvimento deles é de 3 horas. A figura 15 do item 2.2.1 identifica os eventos ocorrendo todos próximos a mesma latitude de aproximadamente 8°S. A figura 62 apresenta um comparativo entre os casos.

Figura 57 - Comportamento da maré oceânica, TSM e estágios de desenvolvimento dos CCM 62, 64, 77 e 78.



Fonte: AUTOR (2015)

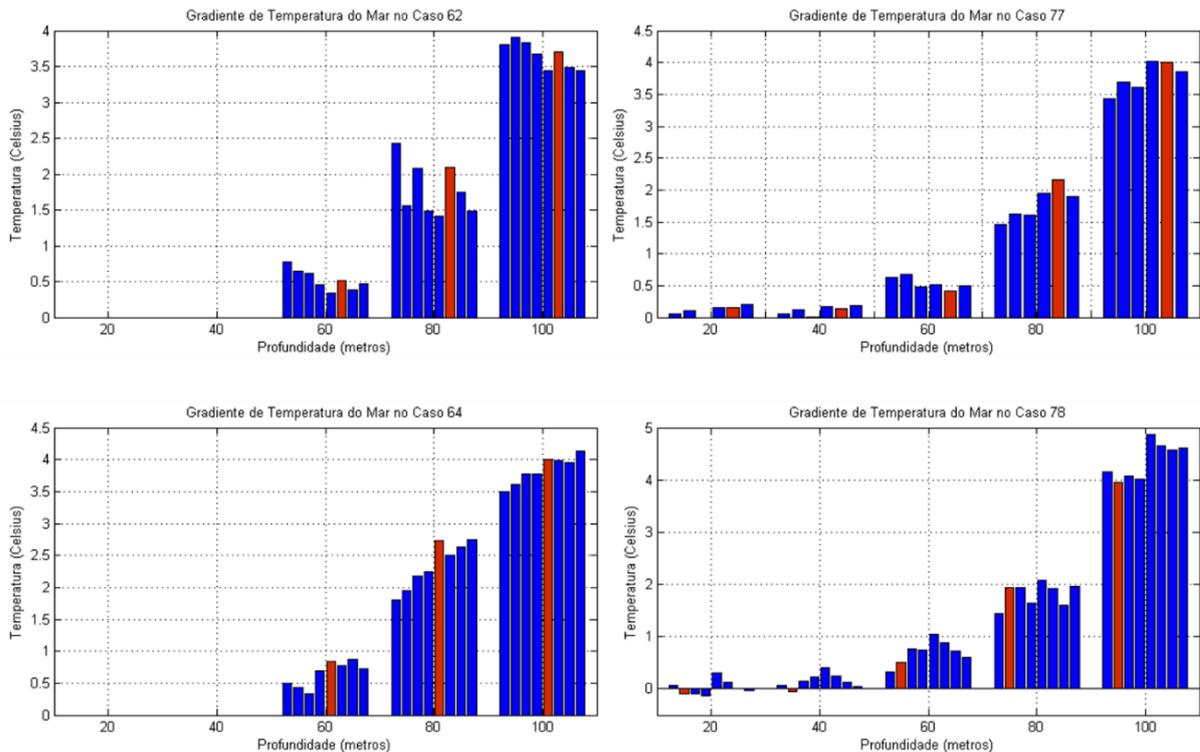
O Caso de CCM 78 se destaca pela intensidade com que a temperatura da superfície do mar se elevou. É um caso de predominância oceânica, que em pouco mais de 24 horas a TSM elevou-se em aproximadamente 3°C a maior variação observada em todos os casos estudados.

Teve formação as 9 horas da manhã, estágio de desenvolvimento máximo as 15 horas (seis horas depois) e dissipação as 21 horas (doze horas depois da formação). Ao contrário dos outros casos citados na figura 61, a temperatura da superfície do mar se mantém constante durante todo o processo de formação até a dissipação. Ocorreu no outono, na fase Cheia da Lua. O período entre a formação e o máximo desenvolvimento foi de 9 horas, o triplo dos outros três casos citados neste item.

Todos os casos apresentaram altura da maré igual ou inferior a 2 metros e queda na temperatura em relação ao dia anterior da ocorrência do evento de CCM na profundidade de 80 metros. A figura 63 apresenta a variação negativa de temperatura

do mar nas profundidades de 20, 40, 60, 80 e 100 metros para os casos CCM 77 e 78 e em 60, 80 e 100 metros para os casos CCM 62 e 64.

Figura 58 - Comportamento temperatura do mar nas profundidades de 20, 40, 60, 80 e 100 metros, com destaque em vermelho para o dia de ocorrência dos CCM 62, 64, 77 e 78. Os outros dias da fase lunar estão em azul.



Fonte: AUTOR (2015)

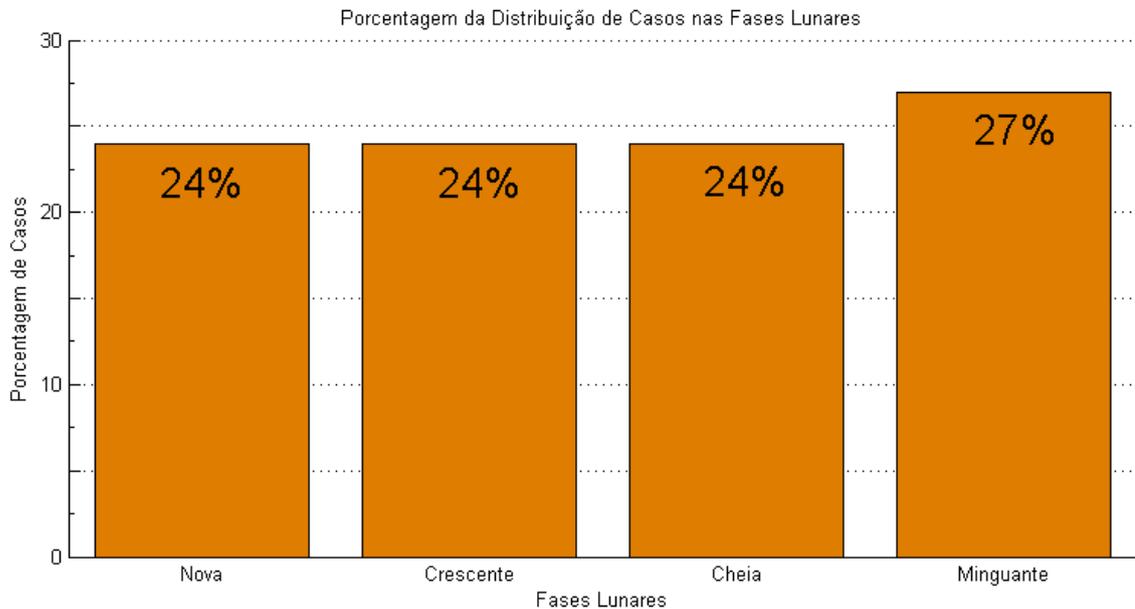
3.5 Análise total dos casos

Feitas as análises se verifica que quando separadas por condições específicas como sazonalidade e localização geográfica certos padrões de comportamento surgem a vista.

No caso da sazonalidade conforme demonstrado a ocorrência dos CCM no Outono é mais frequente com 63% de todos os casos, seguido do Verão com 32% e da Primavera com 5%. Nenhum caso ocorreu no Inverno e os casos da Primavera ocorreram no final da estação próximos do Verão.

A distribuição geral dos casos para as fases lunares não revela nenhuma preferência pela lunação. A figura 64 demonstra claramente uma distribuição igualitária para os 41 casos.

Figura 59 - Distribuição dos casos de CCM estudados em relação as fases lunares.



Fonte: AUTOR (2015)

Entretanto um padrão com o comportamento da maré é observado nos estágios de desenvolvimento máximo e dissipação do evento de CCM. No estágio de formação do CCM há uma tendência geral de formação dos eventos durante a enchente da maré de 54% dos casos e durante a vazão de 46% dos casos.

Esse padrão de comportamento não se repete quando separando os casos pela sazonalidade. Foi observado que na Primavera existe um equilíbrio nas distribuições. No Verão uma preferência pela vazão da maré e no Outono o inverso, a maioria dos casos inicia sua formação quando ocorre a enchente da maré conforme demonstra a tabela 14.

Para o máximo desenvolvimento e dissipação a tendência geral se repete quando separando os casos pela sazonalidade. Dos 41 casos observados 63% ocorreram na enchente da maré quando o evento de CCM atingiu seu desenvolvimento máximo contra 37% dos casos ocorrendo na vazão. Padrão que se seguiu quando observou-se os casos durante as estações conforme verificado também na tabela 14.

Na dissipação, a tendência geral é uma distribuição de 44% na enchente da maré, contra 56% dos casos ocorrerem na vazão da maré. Para as estações esse padrão é bastante evidente na tabela 14.

Tabela 14 - Distribuição percentual do comportamento da maré nos estágios de vida de um CCM em função da sazonalidade comparando a tendência global.

Estágio CCM	Estágio da Maré	Estação				Todos os casos
		Primavera	Verão	Outono	Inverno	
Gênese	Enchente	50,0%	30,8%	65,4%	0,0%	54,0%
	Vazão	50,0%	69,2%	34,6%	0,0%	46,0%
Máximo Desenvolvimento	Enchente	100,0%	61,5%	61,5%	0,0%	63,0%
	Vazão	0,0%	38,5%	38,5%	0,0%	37,0%
Dissipação	Enchente	0,0%	46,2%	46,2%	0,0%	44,0%
	Vazão	100,0%	53,8%	53,8%	0,0%	56,0%

Fonte: AUTOR (2015)

Com relação a duração do evento, e tempo para atingir o próximo estágio de vida a distribuição global se comportou de maneira semelhante a estação do outono. No total dos casos a duração média do evento de CCM é de 10,4 horas e no Outono de 10 horas. Já no Verão atinge a média de 11,5 horas e na Primavera 9 horas.

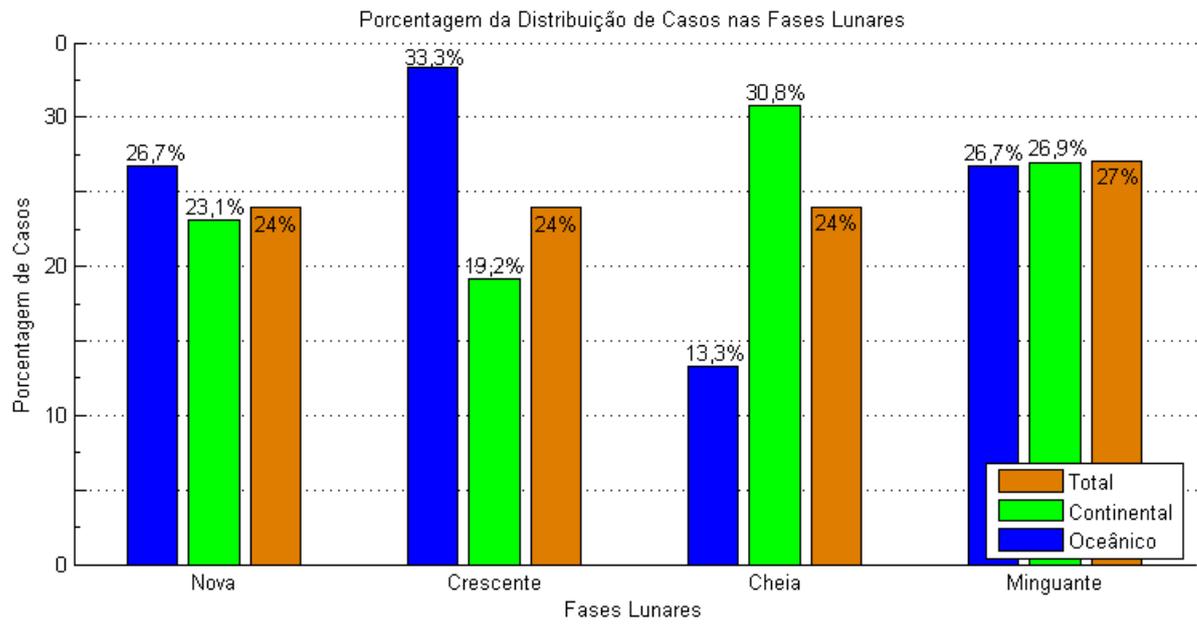
Entre a formação e o máximo desenvolvimento, a média global é de 4,7 horas e no Outono 4,6 horas. No Verão a média alcança 5,3 horas e na Primavera apenas 3 horas. Entre o máximo desenvolvimento e a dissipação a média é de 5,7 horas nos 41 casos. No Outono com seus 26 casos a média é de 5,4 horas. No Verão a média é de 6,2 horas para os 13 casos, e na Primavera a média é de 6 horas para os únicos 2 casos.

É perceptível uma maior duração durante o verão em relação ao outono. Os maiores tempos observados ocorrem entre o máximo desenvolvimento e a dissipação momento em que a maré está no processo de enchente.

Quando se analisa a localização de predomínio do evento de CCM como referência as distribuições são mais próximas da situação global no que diz respeito a sazonalidade, duração e situação da maré nos estágios de vida do CCM que tem o predomínio no continente do que sobre o oceano.

No entanto as variações são bastante pequenas. A distribuição dos casos em diferentes fases lunares é que chama mais atenção. A figura 65 chama atenção para a distribuição igualitária na ocorrência dos casos na Fase Minguante, e bastante próxima nos casos na Fase Nova. Já na Fase Crescente e Cheia verifica se uma distribuição mais acentuada para a formação de casos de CCM na Fase Crescente sobre o oceano e casos CCM sobre o continente na Fase Cheia.

Figura 60 - Distribuição dos casos de CCM estudados em relação as fases lunares e suas localizações predominantes.



Fonte: AUTOR (2015)

4 CONCLUSÕES

O estudo mostrou que não existe uma relação imediata entre a fase lunar e os eventos de CCM num panorama geral. Selecionando o espaço geográfico predominante do ciclo de vida de um CCM uma tendência se apresenta. Entre a predominância oceânica temos maior ocorrência de eventos durante a fase lunar Crescente e na predominância continental, maior ocorrência na fase Cheia da Lua. O comportamento da maré entre essas duas fases lunares apresenta um padrão que sobre o oceano se destaca durante o Outono e no continente também no Verão. O transporte de energia térmica em função da quantidade de água que é transportada pela maré pode ser a principal causa da recorrência dos eventos, mas não foi possível confirmar essa hipótese.

Na sazonalidade, 63% dos eventos ocorreram no início do Outono. Essa é uma característica marcante pois no Inverno não ocorreram eventos de CCM. O restante dos casos ficou distribuído entre o Verão com 32% e a Primavera com 5% dos eventos. Em 100% dos casos ocorridos em Lua Cheia a estação era Outono.

No comportamento oscilatório da maré não se percebeu uma única característica predominante para os estágios de vida do CCM. Foi constatado que para a formação do evento de CCM as estações do ano determinam a predominância da recorrência do evento. No Verão a maior ocorrência se apresenta na vazão da maré enquanto que no Outono na enchente. A primavera não apresentou preferência. Para o desenvolvimento máximo do CCM já aparece um padrão entre todas as estações. O tamanho máximo que atinge o CCM ocorre em 63% de todos os casos na enchente da maré. Para a dissipação do CCM a distribuição é mais próxima entre as duas fases da maré mas ainda assim existe uma preferência pela vazão. São 56% de ocorrências quando a maré baixava.

Sobre a análise da variação da temperatura do mar em função da profundidade pouco pode ser afirmado. A dificuldade de obtenção de dados e a ausência deles dificulta uma análise mais apurada. A ausência de dados horários que demonstrem a variação de temperatura em função da altura do nível do mar proporcionada pela maré impede o tratamento mais detalhado do estudo. A utilização da média diária possibilitou a verificação de que para pouca ou nenhuma variação da amplitude da maré a profundidade de 60 metros não apresenta uma tendência em diminuir sua

temperatura em relação a temperatura da superfície. Quando a variação da amplitude é percebida na maré, a profundidade de 60 metros sofre uma diminuição da temperatura média para o dia em relação à média do dia anterior em 47% dos casos analisados.

Os casos particulares que apresentam similaridades em relação a TSM como os casos de CCM 62, 64, 77 e em especial do CCM 78, podem indicar o futuro de um possível prosseguimento desse trabalho. Encontrar variações bruscas de temperatura na superfície do mar em outros casos como no CCM 78, podem revelar informações que não foram possíveis serem observadas nesse estudo.

Sugere-se uma verificação utilizando dados horários de temperatura. Isso proporcionará uma investigação da relação entre variação da quantidade de água provocada pela maré e variação na temperatura do mar mais profunda. Os dados de altura de maré observada (e não a prevista), também melhorariam essa investigação. Não é possível determinar melhor a influência da maré oceânica na formação e manutenção dos complexos convectivos de mesoescala sem dados mais precisos.

Conforme o trabalho de Sullivan *et. al.* (2014) que sugere uma relação mais profunda entre o movimento das ondas e o movimento atmosférico, uma modelagem acerca do comportamento da maré e a atmosfera precisa ser verificada.

A partir de 2009 até a presente data, novos casos de CCM ocorreram sobre o Nordeste do Brasil. O trabalho de Albuquerque (2011) precisa ser retomado para identificação desses novos casos, enriquecendo o banco de dados de eventos sinóticos.

REFERENCIAS

- AHRENS, C.D. **Essentials of meteorology** – an invitation to the atmosphere. 3.ed. 2004.
- ALBUQUERQUE, Carolina Silva Miranda de. **Desenvolvimento e trajetórias dos complexos convectivos de mesoescala no estado de alagoas entre os anos de 1999 e 2009**. Maceió 2011.
- ARAGÃO, J. O. R. Fatos Sobre o Fenômeno El Niño e sua Relação com as Secas no Nordeste do Brasil. **Boletim da Sociedade Brasileira de Meteorologia**, 14 (1): 2-8. 1990.
- ARAGÃO, J. O. R. A influência dos oceanos Atlântico e Pacífico sobre a circulação atmosférica e a chuva na Região semiárida do Nordeste Brasileira: Simulação e Observação. Campos do Jordão – SP, IX Congresso Brasileiro de Meteorologia. 1996.
- ARAGÃO, J. O. R. O Impacto do ENSO e do Dipolo do Atlântico no Nordeste do Brasil. **Bulletin de l’Institut français d’études andines**, Lima, v. 27, 1998.
- Banco Nacional de Dados Oceanográficos - <http://www.mar.mil.br/dhn/chm/tabuas/> Acessado em Fevereiro de 2013.
- BARBOSA, T. F.; CORREIA, M. F. Sistemas Convectivos Intensos no Semi-Árido Brasileiro: O Controle da Grande Escala. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.20, 2005.
- CPTEC. Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos – <http://satelite.cptec.inpe.br/home/> Acessado em Fevereiro 2013.
- DUNDEE UNIVERSITY. UK – <http://www.sat.dundee.ac.uk/> Acessado em Fevereiro de 2013.
- FERREIRA, G. A.; MELLO, N. G. S. Principais Sistemas Atmosféricos Atuantes Sobre a Região Nordeste do Brasil e a Influência dos Oceanos Pacífico e Atlântico no Clima da Região. **Revista Brasileira de Climatologia**, Vol. 1, No 1. Dezembro – 2005.
- FEYNMAN, Richard P. **Lições de Física** – 1 ed. São Paulo: Editora Bookman. 2008.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - <http://mapas.ibge.gov.br> - Acessado em Outubro de 2013.
- LAING, A. G.; FRITSCH, J. M. The Global Population of Mesoscale Convective Complexes. Quart. **Journal Royal Meteorology Society**., 123, 389-405. 1997.
- MADDOX, R. A. Mesoscale Convective Complexes. **Bulletin of the American Meteorological Society**. 1980.
- National Oceanic and Atmospheric Administration - NOAA - <http://www.pmel.noaa.gov/> - Acessado em Outubro 2015.
- National Oceanic Service Education – NOS Education – <http://oceanservice.noaa.gov/> - Acessado em Dezembro de 2015.

OLIVEIRA FILHO, Kepler de Souza. **Astronomia e Astrofísica** – 2 ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2004.

PAULINO, A.R.; BATISTA, P. P.; BATISTA, I. S. A global view of the atmospheric lunar semidiurnal tide. **J. Geophys. Res. Atmos.**, 118, 13, 128-13,139. 2013.

PHILANDER, S. G. El Niño, La Niña, and Southern Oscillation. **Academic Press**, Londres, 1991.

PICKARD, G.L.; EMERY J.W. **Descriptive Physical Oceanography**: an introduction, Pergamon Press. 1990.

PODESTA, G.P.; Brown O.B.; Evans, R.H. The Annual Cycle of Satellite-derived Sea Surface Temperature in the Southwestern Atlantic Ocean. **Journal of Climate**, 4 (4), 457-467. 1991.

Prediction and Research Moored Array in the Tropical Atlantic – PIRATA – <http://www.goosbrasil.org/pirata/> - Acessado em Outubro 2015.

ROSS, D.A.; **Introduction to Oceanography**. New York, NY: HarperCollins. 1995.

SILVA DIAS, M. A. F. Sistemas de mesoescala e previsão de tempo a curto prazo. **Revista Brasileira de Meteorologia**. V.2. p. 133-150. 1987.

SILVEIRA, Márcio Henrique dos Santos. **Complexos Convectivos De Mesoescala Do Estado De Alagoas**. Maceió 2010.

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

SULLIVAN, Peter P.; McWILLIAMS, James C.; PATTON, Edward G. Large-Eddy Simulation of Marine Atmospheric Boundary Layers above a Spectrum of Moving Waves. **American Meteorological Society**. 2014.

SUMICH, J.L.;. **An Introduction to the Biology of Marine Life**, sixth edition. 1996.

SVENSMARK, Henrik; CHRISTENSEN, Eigil Friis. Variation of cosmic ray flux and global cloud coverage – a missing link in solar-climate relationships. **Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics**. 1996.

University of Texas Libraries - <http://www.lib.utexas.edu/maps/world.html> - Acessado em Dezembro 2015.

VELASCO, I.; FRITSCH, J. M. Mesoscale Convective Complexes in the Americas. **J. Geophys. Res.**, 92, 1987.