



Universidade Federal do Pará  
Centro de Geociências  
Faculdade de Oceanografia

HYVANA CARLA SOARES DE OLIVEIRA

VARIABILIDADE DA TSM DAS ÁGUAS DO NORTE BRASILEIRO A PARTIR  
DO SENSOR AVHRR

BELÉM-PA

2011

HYVANA CARLA SOARES DE OLIVEIRA

VARIABILIDADE DA TSM DAS ÁGUAS DO NORTE BRASILEIRO A PARTIR  
DO SENSOR AVHRR

Trabalho de conclusão de curso apresentado  
à Faculdade de Oceanografia do Instituto de  
Geociências da Universidade Federal do  
Pará, em cumprimento as exigências para  
obtenção do grau de Bacharel em  
Oceanografia.

Orientador: Prof. Alexandre Melo Casseb  
do Carmo

BELÉM-PA

2011

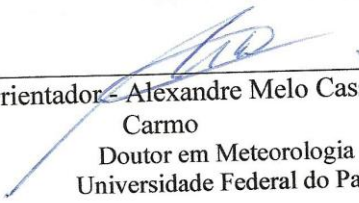
HYVANA CARLA SOARES DE OLIVEIRA

VARIABILIDADE DA TSM DAS ÁGUAS DO NORTE BRASILEIRO A PARTIR  
DO SENSOR AVHRR

Trabalho de conclusão de curso apresentado  
à Faculdade de Oceanografia do Instituto de Geociências da  
Universidade Federal do Pará, em cumprimento as exigências  
para obtenção do grau de Bacharel em Oceanografia.  
Orientador: Prof. Alexandre Melo Casseb do Carmo.


Data da Defesa: 08/04/2011  
Conceito: BOM.

Banca Examinadora:

  
Orientador - Alexandre Melo Casseb do  
Carmo  
Doutor em Meteorologia  
Universidade Federal do Pará

  
Membro - Helenice de Araújo Silva.

Especialista em Sensoriamento Remoto  
Universidade Federal do Pará

  
Membro - Leandro Patrick Ferreira Barbosa  
Mestre em Geologia Geoquímica  
Universidade Federal do Pará

A Deus, por ter iluminado minha trajetória hoje e sempre.

Aos meus pais Hyvanhoé e Aldenira, pelos investimentos, dedicação e amor.

Aos meus avôs Ruth e José que são tão importantes para meu crescimento.

## AGRADECIMENTOS

É com grande prazer que escrevo essas palavras, dedico com toda gratidão e sinceridade a todos que de alguma maneira contribuíram pelo meu desempenho e sucesso desta etapa da minha vida.

Agradeço a Deus pelo dom da vida e por todas as oportunidades. Por ter me dado força e coragem quando mais precisei nos momentos de dificuldade e desânimo.

A minha família pela perseverança e determinação de priorizar meus estudos, é graças à luta incansável de me oferecer o melhor que cheguei até aqui, sempre acreditando no meu futuro e apostando nas minhas conquistas.

Ao professor e orientador Alexandre Melo Casseb do Carmo, pela dedicação, apoio e ensinamento que me proporcionou o verdadeiro orgulho de ser Oceanógrafa.

A toda equipe do laboratório de Análises de Imagens do Trópico Úmido, em especial ao coordenador do laboratório Drº Pedro Walfir Filho que cedeu o laboratório para a realização de grande parte deste trabalho que ao longo da construção deste tiveram toda a paciência, atenção e disponibilidade para ajudar em intermináveis dúvidas, acompanharam de perto todo o trabalho e com todo cuidado. Uma grande equipe que conquistou meu carinho, respeito e amizade.

A todos da turma de Oceanografia de 2005, amigos fieis para todas as horas. Foram tantas viagens, mangues, praias e “balatinhas da praia”, muitas risadas no “Imagem em ação” e horas em claro de trabalhos intermináveis.

Agradeço em especial a minha amiga Suene, que por incontáveis vezes me ajudou, tirando minhas dúvidas, dando conselhos, inclusive à distância. Uma mulher, uma amiga e uma profissional incrível. Su, muito obrigada. Que Deus continue iluminando seu caminho e suas vitórias.

A equipe “Marandreira”, muitas idéias surgiram entre a Marambaia e a Pedreira, foi um trio que deu certo. Obrigada Nádia e Wilton Jr.

Ao meu grande amigo Marcelo, “malinha”, esse não tem jeito, já faz parte da minha vida, agradeço por tê-lo como amigo. O único que me escuta e me faz rir mesmo nas nossas brigas que não foram poucas.

Não esquecendo aqueles que por algum motivo só ficaram por um tempo na turma, apesar das escolhas e das distâncias, foram amigos que ganhei e que guardarei com muito orgulho.

## RESUMO

A temperatura superficial do mar (TSM) no Atlântico Equatorial possui uma variabilidade ao longo do ano interagindo com diversos processos da região que é influenciada pela dinâmica dos ventos, correntes, marés e descarga do Rio Amazonas.

O presente trabalho faz uma análise de TSM bem próximo a região costeira Norte, utilizando dados mensais do sensor AVHRR, a bordo do satélite NOAA para o período de Janeiro de 1998 a dezembro de 2007. Foi possível avaliar através desta série temporal o comportamento da TSM no espaço e no tempo com uma descrição objetiva das imagens e quantificar as relações tempo-escala através do uso da transformada de ondeletas (wavelets).

A análise de ondeletas foi feita para três pontos distintos dentro da área de estudo. Observou-se que a região do Atlântico Equatorial mesmo próximo a Foz do Rio Amazonas, possui variabilidades na escala de 10 a 14 meses mais expressivas do que as variabilidades sazonais de 4 a 8 meses.

Foram analisadas também as correlações da TSM com outras variáveis no intuito de compreender os processos que estão relacionados. A correlação de TSM e dados de Rol (Radiação de onda longa) não foram significativos para o período estudado, para a correlação entre TSM e vazão da estação de Óbidos foi bem baixa, indicando que a vazão não é um fator dominante para a variabilidade da TSM das águas do Norte do Brasil. Para a correlação entre as anomalias da TSM para os três pontos escolhidos e as anomalias de TSM da bacia do Atlântico Norte e Sul mostraram claramente a influência do Padrão de Dipolo na região de estudo, sugerindo que estão fortemente associadas.

Palavras-chave: Variabilidade da TSM. Plataforma Continental Norte. Sensoriamento Remoto. Transformada em Ondeletas.

## ABSTRACT

The sea surface temperature (SST) in the equatorial Atlantic has variability over the years with many interacting processes in the region that is influenced by the dynamics of winds, currents, tides and discharge of the Amazon River. The present study is an analysis of SST near the northern coastal region, using AVHRR sensor monthly data aboard the NOAA satellite for the period of January 1998 to December 2007. It was possible to evaluate through this time series the SST behavior in space and time with an objective description of the images and quantify the time-scale through the use of wavelets transformed.

The wavelets analysis was performed in three different points within the study area. It was observed that the Equatorial Atlantic region even near the Amazon River mouth has variability in the range of 10 to 14 months more significant than the seasonal variability 4 to 8 months.

It was also analysed the correlations of SST data with OLR (Outgoing Longwave Radiation) and the flow of the Óbidos station to represent the Amazon River flow, in order to understand the processes that are related. The correlation between SST and OLR weren't significant for the study period, the correlation between SST and low flow, indicating that the flow is not a dominant factor for the variability of SST of the northern waters of Brazil. The correlation between the SST anomalies for the three points, and the SST anomalies in the basin of the North and South Atlantic have clearly shown the influence of the dipole in the study area, suggesting that they are strongly associated.

**Keywords:** Variability of the SST. Northern Continental Platform. Remote Sensing. Wavelet Transformed.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 3.1- Simulação de anos de El Niño (A) e La Niña (B) no Oceano Pacífico	16
Figura 3.2- Anomalias de TSM Fase Negativa (à esquerda) e Fase Positiva (à direita) do Dipolo do Atlântico para os meses Abril e Maio.....	17
Figura 3.3: Velocidade de correntes, indicando retroflexão.....	18
Figura 4.1: Mapa de localização da área de estudo.....	19
Figura 4.2: Variação média da ZCIT durante o período chuvoso. Nesta figura utiliza-se maio de 2005.....	20
Figura 5.3: Localização dos pontos nas áreas A, B e C. Ponto 1: 5°4'48,032"N e 50°33'37,872"W ; Ponto 2: 1°4'30,511"N e 46°37'55,546"W ; Ponto3: 0°47'41,496"S e 41°35'37,223"W.....	23
Figura 6.1: Média mensal da temperatura da superfície do mar de janeiro de 1998 a dezembro de 2002, utilizando dados do sensor AVHRR....	26
Figura 6.2: Média mensal da temperatura da superfície do mar de janeiro de 2003 a dezembro de 2007, utilizando dados do sensor AVHRR....	27
Figura 6.3: Correlação entre anomalias de vazão da Estação de Óbidos e anomalias de TSM do Atlântico Equatorial para os pontos 1(a),2(b) e 3(c).....	31
Figura 6.4: Correlação entre AROL e ATSM para os pontos 1(a) ,2 (b) e 3(c).....	32
Figura 6.5: Correlação entre ATSM do Atlântico Norte e ATSM do Atlântico Sul.....	33
Figura 6.6: Correlação entre as ATSM dos pontos 1,2 e 3 do Atlântico Equatorial e ATSM da bacia do Atlântico Norte (esquerda) e Atlântico Sul (direita).....	34
Quadro1: Valores da TSM de 1998 a 2007 para o Ponto1. a) representa as flutuações; b) a energia do sinal; c) espectro global da ondeleta.....	28
Quadro2: Valores da TSM de 1998 a 2007 para o Ponto2. a) representa as flutuações;b) a energia do sinal;c) espectro global da ondeleta.....	28
Quadro3: Valores da TSM de 1998 a 2007 para o Ponto3. a) representa as flutuações; b) a energia do sinal; c) espectro global da ondeleta.....	29

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1:	Informações dos dados obtidos a partir do sensor AVHRR.....	21
Tabela 2:	Correlação entre as anomalias entre vazão da estação de Óbidos e TSM-FOZ.....	30
Tabela3:	Correlação entre as anomalias de ROL e TSM-FOZ.....	31
Tabela4:	Correlações TSM-FOZ E TSM das bacias do Atlântico Norte e Sul.....	34

# SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>11</b>
	<b>OBJETIVO .....</b>	<b>14</b>
2.1	OBJETIVO GERAL.....	14
2.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	14
<b>3</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>15</b>
3.1	EL NIÑO /LA NIÑA.....	15
3.2	DIPOLO DO ATLÂNTICO.....	16
3.3	CORRENTES OCEÂNICAS .....	17
<b>4</b>	<b>ÁREA DE ESTUDO.....</b>	<b>18</b>
<b>5</b>	<b>AQUISIÇÃO DE DADOS E METODOLOGIA .....</b>	<b>20</b>
5.1	DADOS DE TSM DA ÁREA DE ESTUDO .....	21
5.2	ANÁLISE DE ONDELETAS .....	22
5.3	DADOS DE ROL, VAZÃO E ATSM DAS BACIAS DO ATLÂNTICO NORTE E SUL.....	23
<b>6</b>	<b>RESULTADOS E DISCURSSÕES.....</b>	<b>.....</b>
6.1.	CICLO SAZONAL DA TSM .....	25
6.2.	ANÁLISE DE ONDELETAS .....	25
6.3	RELAÇÃO ENTRE TSM-FOZ E VAZÃO.....	30
6.4	RELAÇÃO ENTRE ROL E TSM-FOZ.....	31
6.5	RELAÇÕES ATSM ATLÂNTICO EQUATORIAL- ATSM ATLÂNTICO NORTE E ATLÂNTICO SUL .....	32
<b>7.</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>35</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>37</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A temperatura da água constitui um fator controlador para a vida e para os processos físico-químicos que se realizam no ambiente aquático, interferindo nos cálculos da salinidade, alcalinidade, pH, valores de saturação de oxigênio e outros gases dissolvidos na água.

Vários estudos mostram que pequenas mudanças na temperatura superficial (TSM) do mar para mais ou para menos podem causar conseqüências para a comunidade biótica, afetando o crescimento e desenvolvimento e reprodução de vários organismos aquáticos e também alterando os processos químicos que se realizam neste ambiente.

A manifestação de anomalias de temperatura superficial do mar (ATSM) é responsável por alterações na circulação atmosférica causando mudanças na distribuição e intensidade de chuvas do globo afetando o clima de várias regiões.

Em escala global, as variações interanuais que ocorrem na temperatura da superfície do mar estão associadas ao fenômeno El Niño - Oscilação Sul (ENOS), que ocorre no Pacífico tropical, estando associado ao aquecimento anômalo destas águas juntamente com enfraquecimento dos ventos alísios; e ao fenômeno La Niña, que é considerado o oposto ao El Niño, onde se tem o esfriamento anômalo das águas do Pacífico Tropical.

Para o oceano Atlântico o mecanismo de larga escala predominante na variabilidade da TSM é conhecido como Padrão Dipolo que se caracteriza como a presença simultânea de anomalias de TSM com sinais opostos sobre as Bacias do Atlântico Norte e do Atlântico Sul. Estas anomalias proporcionam a ocorrência de gradientes meridionais de anomalias de TSM que causam impactos na posição latitudinal da ZCIT (Zona de Convergência Intertropical), caracterizando a distribuição da precipitação pluviométrica sobre parte norte e nordeste do Brasil.(MARENGO; NOBRE, 2009).

Grande parte do sucesso na obtenção do conhecimento sobre o papel da TSM das grandes bacias tropicais do Pacífico e do Atlântico, sobre as condições do meio ambiente, se deve ao uso de imagens de satélite que, desde 1979, tem facilitado a análise e a descrição dos processos físicos e químicos em regiões de difícil acesso e de larga escala. Na última década, o aperfeiçoamento dos sensores de satélites, particularmente quanto à resolução espacial das medidas, tem permitido investigar as

características físico-químicas regionais de trechos oceânicos como o que envolve a Foz do Amazonas. Correa (2009) demonstrou a validade do uso das imagens MODIS em sua análise sobre a variação sazonal da clorofila e TSM no Atlântico Equatorial Ocidental.

Considerando-se o acima exposto, o presente trabalho pretende dar continuidade aos estudos observacionais<sup>1</sup> feito por Corre (2009) das características físicas das águas costeiras do norte brasileiro, focando-se na análise da variabilidade temporal e espacial da temperatura superficial do mar no trecho oceânico que envolve a pluma do amazonas (TSM-FOZ). Correlações entre a vazão e TSM-FOZ, ROL (Radiação de onda Longa) e TSM-FOZ, assim como entre as anomalias de TSM das bacias do Atlântico Norte (ATL-NORTE) e Atlântico Sul (ATL-SUL) com as anomalias DE TSM da região em estudo foram calculadas para auxiliar na compreensão dos fatores que levam à variabilidade da temperatura das águas regionais.

Utilizou-se dados de TSM a partir do sensor AVRHH, abordo do satélite NOAA como uma forte ferramenta para se observar o comportamento espacial e temporal ao longo do período estudado e optou-se fazer através do uso da Transformada em Ondeletas (TO) a análise de múltiplas escalas temporais para compreensão de fenômenos de alta e baixa frequência que influencia na dinâmica desta região.

A transformada em ondeletas é uma técnica estatística complexa que tem sido utilizada em diversas áreas do conhecimento, tais como: geofísica, meteorologia, oceanografia e até na medicina. Uma ferramenta matemática bastante confiável para análise de séries-temporais com características não-estacionárias.

Torrence e Compo (1998) aplicaram as TO de Morlet e de Chapéu Mexicano para dados de TSM na região do Niño3 (1871-1996) e do Índice de Oscilação Sul (IOS), obtido da pressão ao nível do mar (1871-1994) no Pacífico leste, conseguindo observar maior intensidade do ENOS ocorre em escalas de tempo interdecadal para os anos de 1880 a 1920 e de 1960 a 1990.

No Brasil, muitos pesquisadores já adotam a TO. Vitorino (2003) estudou a variabilidade atmosférica na escala de tempo intrasazonal associada a sistemas atmosféricos sobre a América do Sul e oceanos adjacentes.

Para região Norte, esta ferramenta ainda é pouco explorada, mas já existe a intenção de mudar este quadro. Clauzet et al. (2005) fez um estudo sobre a

---

<sup>1</sup> Neste trabalho os produtos (imagens) de satélite são considerados como “observação”.

variabilidade oceânica e atmosférica na Região do Atlântico Tropical utilizando dados da rede Pilot Research Array in the Tropical Atlantic (PIRATA) e Oliveira (2010) em seu trabalho inovador utilizou a TO para analisar a conexão de várias escalas atmosféricas na região da Floresta Nacional de Caxiuanã-PA.

A justificativa deste trabalho é incentivar, cada vez mais, novos estudos na região Norte em vista do déficit de informações a respeito da complexa interação oceano- atmosférica que existe esta região próxima a Foz do Rio Amazonas bem como a sua sensibilidade para fenômenos de pequenas e grandes escalas, uma vez que essa região possui grande importância ecológica e econômica.

## **OBJETIVO**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

Descrever as variabilidades do campo de TSM, em tempo e espaço, na grande área que envolve a pluma do Amazonas, buscando, melhor compreender também, entender sua escala de variabilidades no tempo. Este objetivo pode ser alcançado através do uso de importantes ferramentas como sensoriamento remoto e técnicas estatísticas ( transformadas de ondeletas e correlações lineares).

### **2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Processar e analisar os padrões mensais e sazonais espaciais da TSM utilizando o banco de dados captados pelo sensor AVHRR versão 5.0 para o período de janeiro de 1998 a dezembro de 2007;
- Determinar e analisar o sinal da TSM utilizando as transformadas em ondeletas;
- Analisar os dados de correlação entre as variáveis mencionadas.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 EL NIÑO /LA NIÑA

O fenômeno de El Niño foi primeiramente observado por pescadores na costa do Peru e Equador que perceberam que na época do Natal havia um aquecimento anômalo da temperatura das águas do Pacífico.

No entanto, este fenômeno é mais do que o aquecimento das águas. Normalmente o El Niño está associado ao enfraquecimento dos ventos alísios, baixos valores de pressão, acelerando os movimentos ascendentes na região do Pacífico e descendentes em outras partes da atmosfera tropical modificando a circulação da atmosfera nos níveis baixos e altos e conseqüentemente alterando os padrões de transporte de umidade e assim a distribuição e intensidade das chuvas em regiões tropicais e extratropicais (Figura 3.1\_. Esta componente atmosférica ligada ao fenômeno EL Niño é chamada de “Oscilação-Sul”, por isso o termo utilizado por muitos cientistas é El Niño - Oscilação-Sul ou ENOS. (TRENBERTH, 1997)

Os períodos de duração das secas e enchentes vão depender do período de atuação, duração, intensidade e cobertura do ENOS. Quinn et al. (1992) em seu estudo definiu uma escala com a intensidades desses eventos classificadas, respectivamente: forte, moderado, fraco, muito fraco.

Atualmente o critério para identificação dos fenômenos El Niño mais aceita pela comunidade científica esta descrita no trabalho de Trenberth (1997) se dá em fazer análise da média de TSM, calcular as médias de anomalias (ATSM) e verificar a existência de anomalias de cinco meses consecutivos maiores  $+0,5^{\circ}\text{C}$  para El Niño e  $-0,5^{\circ}\text{C}$  para La Niña.

Para alguns estudiosos a variabilidade da TSM no Atlântico Tropical pode esta relacionada com o fenômeno ENOS. Nobre e Shukla (1996) sugerem que as mudanças ocorridas no oceano Pacífico Equatorial durante El Niño influenciam nas anomalias do gradiente meridional de TSM no Atlântico Equatorial.

A influência do El Niño sobre as anomalias de TSM para o Atlântico esta associado a intensificação da célula de Walker sobre o Atlântico, enfraquecendo a célula de Hadley, causando também o enfraquecimento dos ventos alísios de Nordeste tendo como conseqüência o aquecimento das TSMs. (MARENGO; NOBRE, 2009)

Para Amazônia o El Niño pode atingir uma vez que estas anomalias afetam o posicionamento da ZCIT sobre o Atlântico influencia na distribuição pluviométrica sobre a o norte e nordeste da América do Sul. As secas e enchentes na Amazônia nem sempre estão associadas com fenômenos de EL Niño ou La Niña, mas para alguns anos, alguns fatos coincidem. Como exemplos são as secas que afetaram a Amazônia nos anos de eventos extremos de El Niño 1926, 1983 e 1997-1998. (MARENGO E NOBRE, 2009)

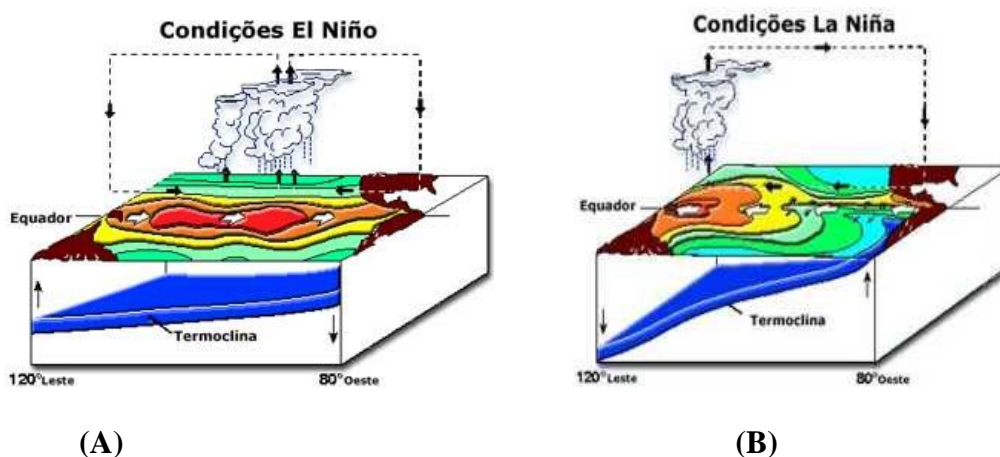


Figura 3.1: Simulação de anos de El Niño (A) e La Niña (B) no Oceano Pacífico  
Fonte: www.cptec.inpe.br

### 3.2 DIPOLO DO ATLÂNTICO

No oceano Atlântico a variabilidade interanual é caracterizada pela manifestação de Anomalias de temperatura da superfície do mar com sinais opostos sobre as bacias norte e sul do Atlântico Tropical (figura 3.2), no entanto estas ATSMs não necessariamente podem acontecer ao mesmo tempo.

Este padrão de Dipolo possui duas fases: a fase positiva e fase negativa:

- Dipolo Positivo: anomalias de TSM positivas no Atlântico Norte e negativas no Atlântico Sul; Pressão ao Nível do Mar baixa no Atlântico norte e Alta no Atlântico Sul.
- Dipolo Negativo: anomalias negativas no Atlântico Norte e positivas no Atlântico Sul; Pressão ao nível do Mar altas no Atlântico Norte e baixas no Atlântico Sul

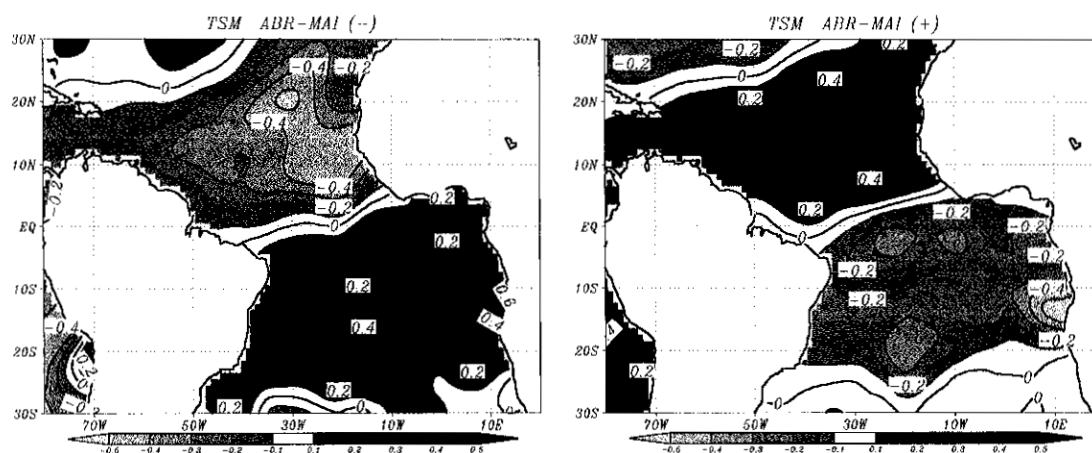


Figura 3.2: Anomalias de TSM Fase Negativa (à esquerda) e Fase Positiva (à direita) do Dipolo do Atlântico para os meses Abril e Maio.  
 Fonte: Souza (1997), p 50.

Este padrão térmico inverso exerce fortes influências no deslocamento norte-sul da ZCIT. Souza (1998) em seu trabalho mostrou a influência do Padrão de Dipolo na qualidade da estação das chuvas do Semi-árido nordestino é maior que a Influência do Oceano Pacífico em seus eventos El Niño e La Niña e isto se deve ao fato de que os padrões oceânicos-atmosféricos da bacia do Atlântico exerce influências diretas sobre a ZCIT (responsável pela grande variabilidade pluviométrica na região Norte e Nordeste do Brasil)

### 3.3 CORRENTES OCEÂNICAS

As correntes oceânicas também são importantes para compreensão da dinâmica oceano-atmosfera. Através dessas correntes existe um balanço energético onde ocorre transferência de calor ou energia entre os oceanos do equador aos pólos. Elas são movidas pelo vento (circulação horizontal) ou pela densidade da água (circulação vertical ou termoalina).

Para o equador, região de estudo deste trabalho, os ventos alísios formam as correntes equatoriais. Estas correntes ao encontrarem o continente sofrem desvios para o norte ou para o sul.

Os ventos alísios empurram as águas superficiais em direção ao lado oeste dos oceanos, fazendo com que haja acúmulo de água nessas regiões, este fluxo superficial

contínuo de leste para oeste é compensado pelas contracorrentes responsáveis pelo transporte de massa no sentido oposto (BROWN et al, 1989 ).

Em consequência ao fluxo contínuo para oeste, a camada de mistura naquele lado é mais profunda que no lado leste da bacia do Atlântico

A Corrente- Norte do Brasil (CNB) é a principal corrente superficial que atua na costa norte do Brasil, sendo influenciada sazonalmente pela descarga do Rio Amazonas aumentando ou diminuindo a quantidade de material transportado por essa corrente ao longo da costa.

Silva, Araújo e Boulès (2005) observam a sazonalidade desta corrente entre períodos de maior vazão onde ela é mais estreita e confinada na região do talude e períodos entre máximos e mínimos de valores de vazão se torna uma corrente mais larga e profunda.

A Contra-corrente Norte Equatorial é formada pela retroflexão da corrente Norte do Brasil entre as latitudes 5° e 10° N (figura 3.3). Ainda no trabalho de Silva,Araújo e Boulès (2005) observa-se a formação de vórtices anticiclônicos nesta região de retroflexão da CNB, no entanto uma região com uma dinâmica bem complexa que sofre influências de vários fatores que estão interligados de maneira direta ou indireta.

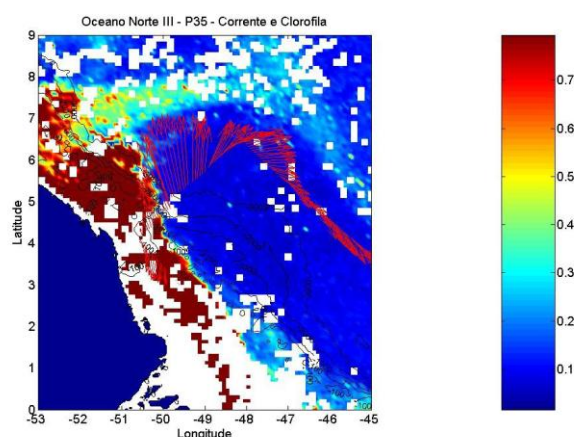


Figura 3.3: velocidade de correntes, indicando retroflexão. Fonte: Moraes e Paiva (2009).

#### 4 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo está compreendida entre as latitudes  $8^{\circ}25' N$  e  $5^{\circ}75' S$  e longitudes  $52^{\circ} 75'W$  e  $40 30^{\circ}W$  aproximadamente.

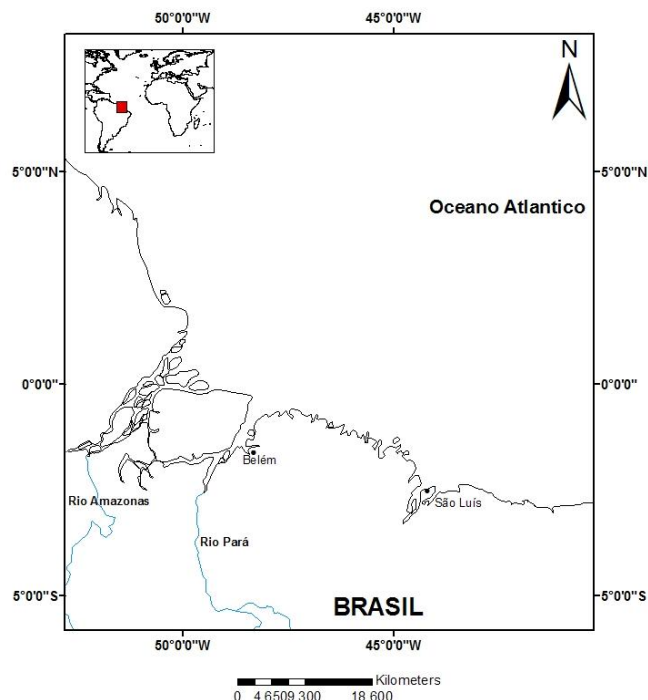


Figura 4.1: Mapa de localização da área de estudo

A região atlântica equatorial está sob influência da variabilidade espaço-temporal da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) que é a zona limítrofe que separa as massas de ar dos hemisférios Sul e Norte. Sua estrutura varia de região para região, dependendo de fatores como topografia e distribuição das superfícies terrestres e marítimas.

A principal característica deste sistema é seu posicionamento sobre as áreas oceânicas com anomalias de TSM positivas e anomalias de Pressão ao Nível do Mar (PNM) negativas que são suas principais forçantes. Ela migra sazonalmente (figura 4.2), em condições normais, tendo sua posição mais ao norte durante agosto-setembro e ao sul nos meses de março-abril tendo sua posição média se encontra um pouco acima do Equador (MELO et al, 2009).

Segundo Melo, Cavalcanti e Souza (2009) a ZCIT é considerada o sistema mais importante gerador de precipitação sobre a região equatorial dos oceanos Atlântico, Pacífico e Índico, assim como as áreas continentais adjacentes, sendo influenciada por aspectos meteorológicos de grande escala que podem interferir no posicionamento e intensidade deste sistema.

O posicionamento ZCIT influencia na precipitação das regiões Norte e Nordeste do Brasil e por isso vem sendo motivo de muitos estudos para compreensão de secas e enchentes que ocorrem nestas regiões. Melo et al .(2002), Rosário, Nobre e Carneiro (2004) determinam a posição da ZCIT através dos valores de Radiação de Onda Longa (ROL) avaliando seu comportamento ao longo do ano para melhor compreensão e previsão da distribuição e intensidade das chuvas nas regiões do Nordeste que são constantemente atingidas por secas ou enchentes

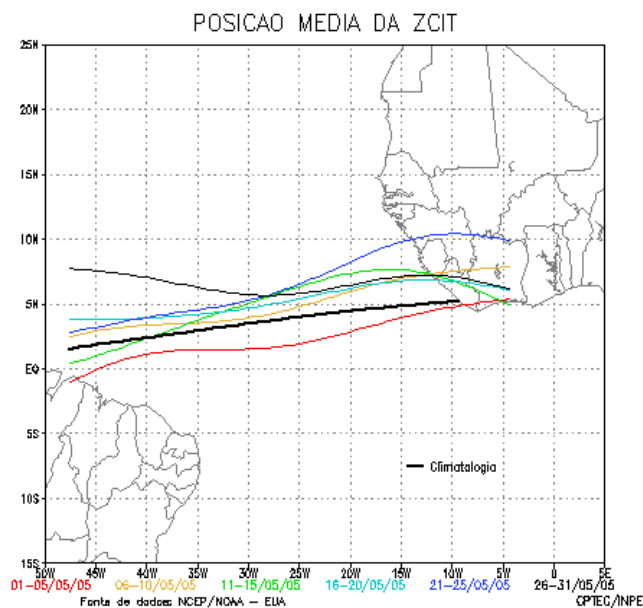


Figura 4.2: Variação média da ZCIT durante o período chuvoso. nesta figura utiliza-se maio de 2005. Fonte: CPTEC/INPE.

Além das forças atmosféricas, a região da Plataforma Continental do Amazonas representa um ambiente de alta energia, com influência de marés e correntes de marés, Corrente Norte Brasileira, e descarga das águas do rio Amazonas, fornecendo condições dinâmicas periódicas, conforme as condições meteorológicas (SILVA et al, 2001).

A descarga hídrica e sólida do Rio Amazonas que devido a seu grande aporte de água doce e sedimentos provoca a formação de uma extensa pluma de água de baixa salinidade. Lentz (1995) em seus estudos observa que esta pluma estende-se de 200 a 300 km em direção à Noroeste, podendo chegar 400 a 500 km nos períodos de março e maio, onde a descarga do rio é máxima.

## 5 AQUISIÇÃO DE DADOS E METODOLOGIA

### 5.1 DADOS DE TSM DA ÁREA DE ESTUDO

Os dados de TSM utilizados para produzir este trabalho é um produto da Physical Oceanography DACC (PO.DACC ), disponíveis no site <http://poet.jpl.nasa.gov>. O sensor utilizado foi o AVHRR, versão 5.0 a bordo do satélite NOAA, cujas informações seguem na tabela abaixo:

Tabela 1: Informações dos dados obtidos a partir do sensor AVHRR

<b>Produto</b>	<b>Dados</b>	<b>Ínicio-Fim</b>	<b>Resolução Temporal</b>	<b>Resolução Espacial</b>
<b>AVHRR Pathfinder, SST v5</b>	<u>OPeNDAP</u> <u>POET</u>	1998-2007	mensal	4 Km

As informações contidas nos arquivos em ASCII (Latitude, Longitude e TSM) foram primeiramente padronizadas no TextPad, um editor de texto, para retirar os espaços entre as colunas e substituir as vírgulas por pontos.

Posteriormente foi realizada a filtragem dos dados com objetivos de retirar os campos sem informação, fazer padronização das casas decimais e salvar em uma tabela em xlsx, onde foi possível plotar os pontos no SIG (Sistema de Informações Geográficas), no programa Arc Gis 9.3. O datum utilizado para georeferenciar as imagens foi o SAD69, sistema geodésico oficial para a América do Sul.

No Arc Gis foi realizada a interpolação do tipo spline tension dos pontos para criar um GRID, superfície de informação e imagens em geotiff. No total foram geradas 360 imagens em geotiff para o período de janeiro de 1998 a dezembro de 1997.

## 5.2 ANÁLISE DE ONDELETAS

A transformada de ondeletas ou waveletes é uma função matemática que decompõe a informação contida na série temporal, tanto em tempo quanto em escala (frequência), esta é uma vantagem sobre a Análise de Fourier uma vez que pode ser empregada em investigações de fenômenos não-estacionários, que são aqueles cuja suas series temporais variam ao longo do tempo, ou seja, sofrem mudanças nos seus momentos estatísticos como média, variância e outros (MORETTIN, 1999). A TSM, principal foco deste trabalho por ser uma variável não estacionaria, a transformada de ondeletas é uma excelente opção para análise e compreensão dos dados obtidos.

O termo ondeleta refere-se a um conjunto de funções com forma de pequenas ondas geradas por dilatações e translações de uma função simples  $\Psi(t)$  de variável real  $t$ , algumas vezes chamada de *ondeleta-mãe* e suas funções derivadas são denominadas ondeletas filhas, ou ondeletas (WENG e LAU, 1994 apud VITORINO, 2003. p, 76).

A escolha da ondeleta de investigação ainda constitui questão aberta na análise do sinal e está relacionada com a variável que se deseja estudar. O importante é conhecer as características gerais do sinal a ser investigada, assim a opção pela ondeleta de análise deverá ser efetuada de tal forma que esta possua atributos similares aos do sinal (tais como assimetria ou não, variação brusca ou suave no tempo, etc.).

Portanto, optou-se neste trabalho pela utilização da ondeleta complexa de Morlet por ser esta a mais adequada para captar variações nas periodicidades do sinal geofísico, de maneira contínua ao longo das escalas. A função de Morler é dada pela expressão:

$$g(t) = e^{i\omega_0 t} e^{-t^2/2}$$

Os espectros de ondeletas são representados utilizando-se uma escala de cores que representam sua magnitude. Esta escala varia em tons de azul do escuro ao claro à medida que cresce a magnitude do espectro até o vermelho. Considera o limite de confiança de 95%, estes estão representados por contornos vermelhos, ou seja, áreas de altas energias. Representado por uma linha preta grossa temos chamado Cone de

Influência (CI), onde os dados que se encontram abaixo desta linha não são considerados válidos, estando sujeitos a erros estatísticos. Uma descrição completa da metodologia empregada na análise de ondeletas esta minuciosamente detalhada no trabalho de Torrence e Compo (1998).

Para a análise de dados e discussão dos resultados através das transformada em ondeletas escolheu-se dentro da área de estudo para o mesmo período três pontos estratégicos com latitude e longitudes diferentes. Um ponto mais oeste (Ponto 1), outro ponto central bem próximo a foz do Rio Amazonas(Ponto 2) e o último ponto localizado na parte mais leste (Ponto 3).A figura 5.2 abaixo mostra a localização deste três pontos na área de estudo.

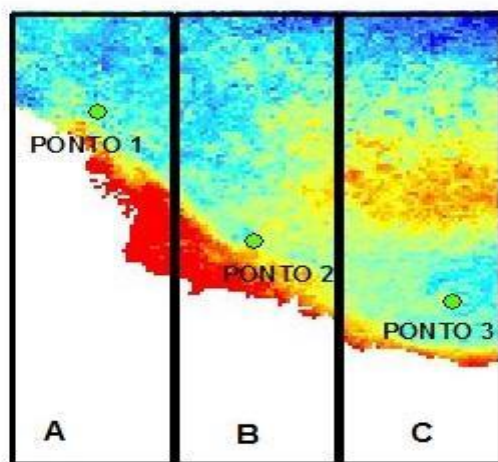


Figura 5.2: Localização dos pontos nas áreas A, B e C. Ponto 1:  $5^{\circ}4'48,032''\text{N}$  e  $50^{\circ}33'37,872''\text{W}$  ; Ponto 2:  $1^{\circ}4'30,511''\text{N}$  e  $46^{\circ}37'55,546''\text{W}$  ; Ponto3:  $0^{\circ}47'41,496''\text{S}$  e  $41^{\circ}35'37,223''\text{W}$

### 5.3 DADOS DE ROL, VAZÃO E ATSM DAS BACIAS DO ATLÂNTICO NORTE E SUL

Estas variáveis foram utilizadas apenas para as correlações com os dados de TSM do Atlântico Equatorial, com o objetivo de entender os processos que interagem e influenciam nesta variável durante todo o período estudado.

Para os dados mensais de vazão escolheu-se a estação de Óbidos para representar a vazão do Rio Amazonas. Eles estão disponíveis para download na página

eletrônica da Agência Nacional de Águas (ANA), <http://hidroweb.ana.gov.br/>. A série temporal para vazão foi menor, sendo de janeiro de 1998 a dezembro de 2005, logo para a correlação utilizamos os dados de TSM até este período.

Os dados interpolados de ROL e TSM das bacias do Atlântico Norte e Atlântico Sul para o período de nosso estudo foi obtido pelo NOAA / OAR / ESRL PSD, Boulder, Colorado, EUA, de sua Web site em <http://www.esrl.noaa.gov/psd/>. A grade de ROL é igualmente espaçada em 2,5° de latitude e longitude e as TSM é de 2,0°.

Para todos os dados foi feita média aritmética simples para posteriormente calcular o valor da anomalia. A fim de determinar a correlação entre as variáveis eram significantes foi aplicado o teste t-Student, descrito por Spiegel (1993).

## 6 RESULTADOS E DISCURSÕES

### 6.1. CICLO SAZONAL DA TSM

A figura 5.1 e 5.2 mostra a distribuição espacial da TSM mensal do período de janeiro de 1998 a dezembro de 2007. A média de TSM próxima a região costeira variou entre 25,46 a 30,57 ao longo deste período.

Observa-se que uma faixa de águas mais quentes possui um deslocamento ao longo do ano no sentido Norte-Sul, demonstrando claramente o ciclo sazonal da nossa região que é dividido em dois períodos (o seco e o chuvoso). Nos meses de janeiro, fevereiro e março as massas de água se concentram bem próximo a região do equador, na região da foz do Rio Amazonas. A partir do mês de maio seguidos dos meses junho e julho ocorre um deslocamento desta massa de água mais quentes para o Norte e águas mais frias se posicionam na região mais próxima ao Equador. Nos meses de agosto, setembro esta faixa de TSM máxima encontra-se em sua posição mais ao Norte. A partir do mês de outubro observa-se que esta faixa de valores de TSM máxima começa deslocar-se novamente em direção ao sul. Esta característica foi anteriormente observada por Correa (2009) para esta região.

Para os anos de 1998 e 2005 observa-se que no mês de Junho a faixa de TSM já bem mais posicionada ao Norte do que nos outros anos com aparecimento de TSM mais frias próximo a costa.

Para o ano 2004, o mês de dezembro nota-se que as águas mais quentes ainda se encontram mais ao Norte do que nos outros anos.

### 6.2. ANÁLISE DE ONDELETAS

Os Quadros 1, 2 e 3, abaixo mostram os resultados obtidos através da Análise de ondeletas, onde: (a) mostra as flutuações da variável estudada, (b) representa o escalograma de energia da TSM para o período de janeiro de 1998 a dezembro de 2007 e (c) representa o espectro global de energia da variável em questão.

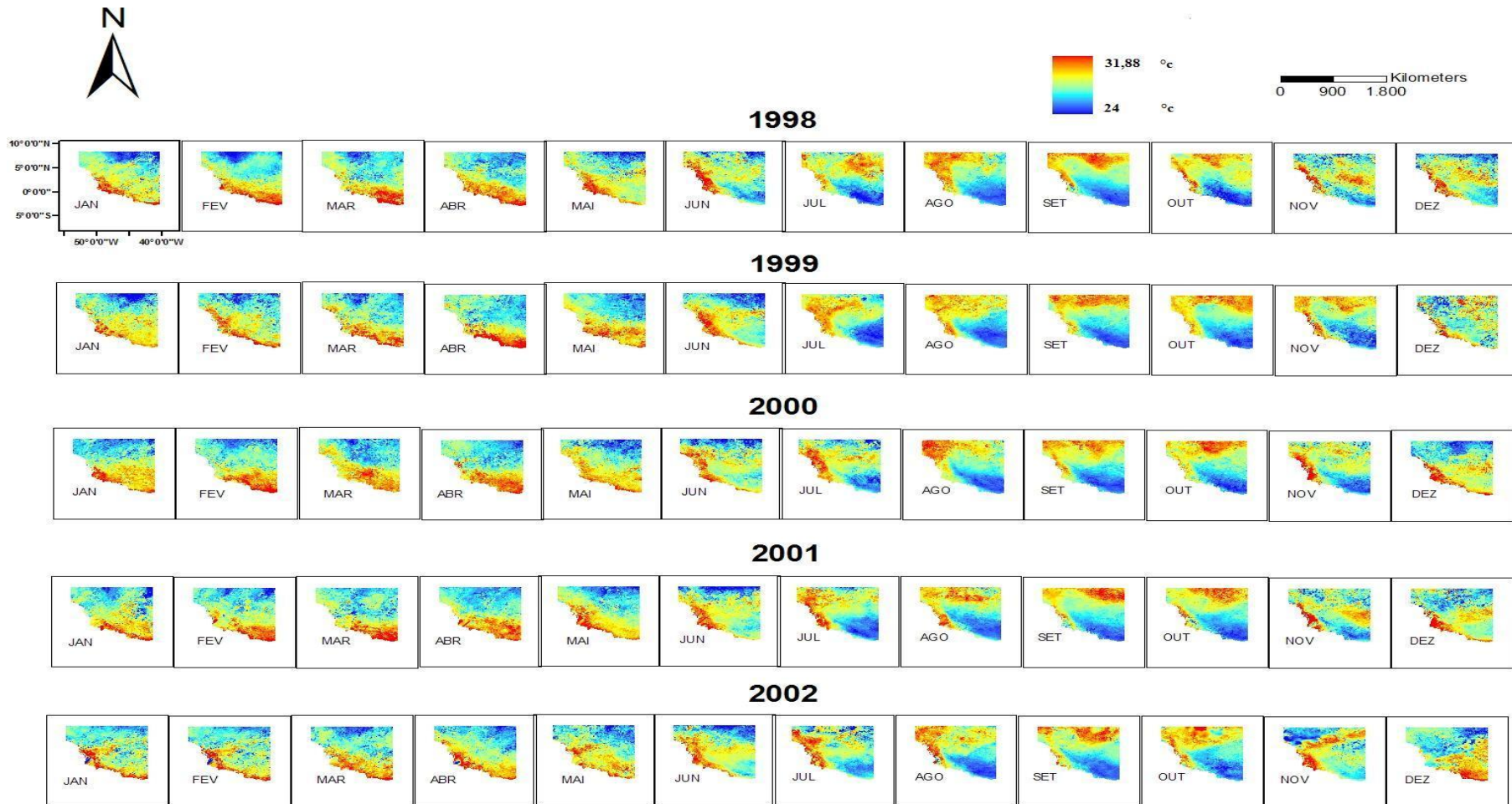


Figura 6.1: Média mensal da temperatura da superfície do mar de janeiro de 1998 a dezembro de 2002, utilizando dados do sensor AVHRR.

Fonte: <http://poet.jpl.nasa.gov>.

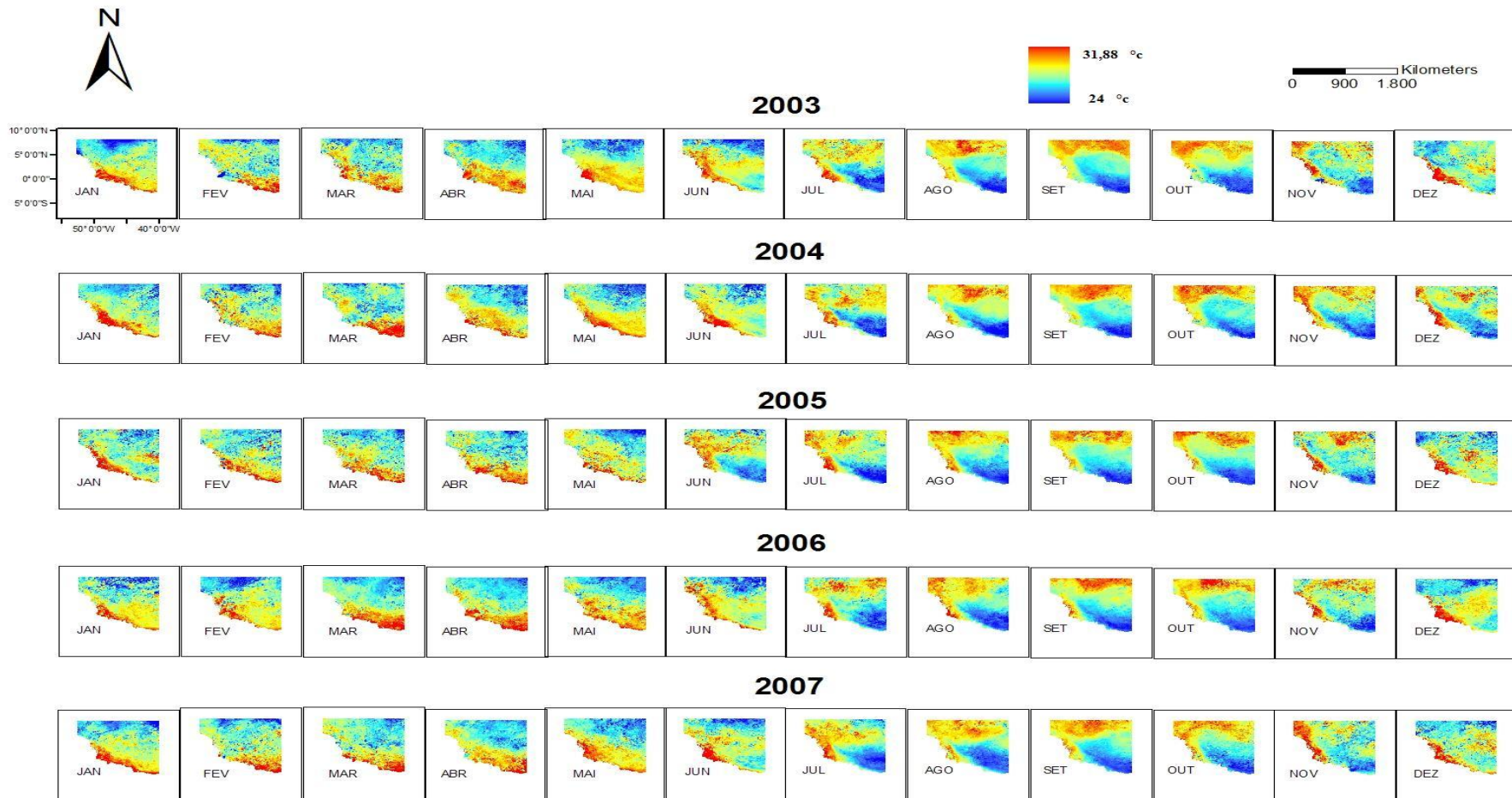
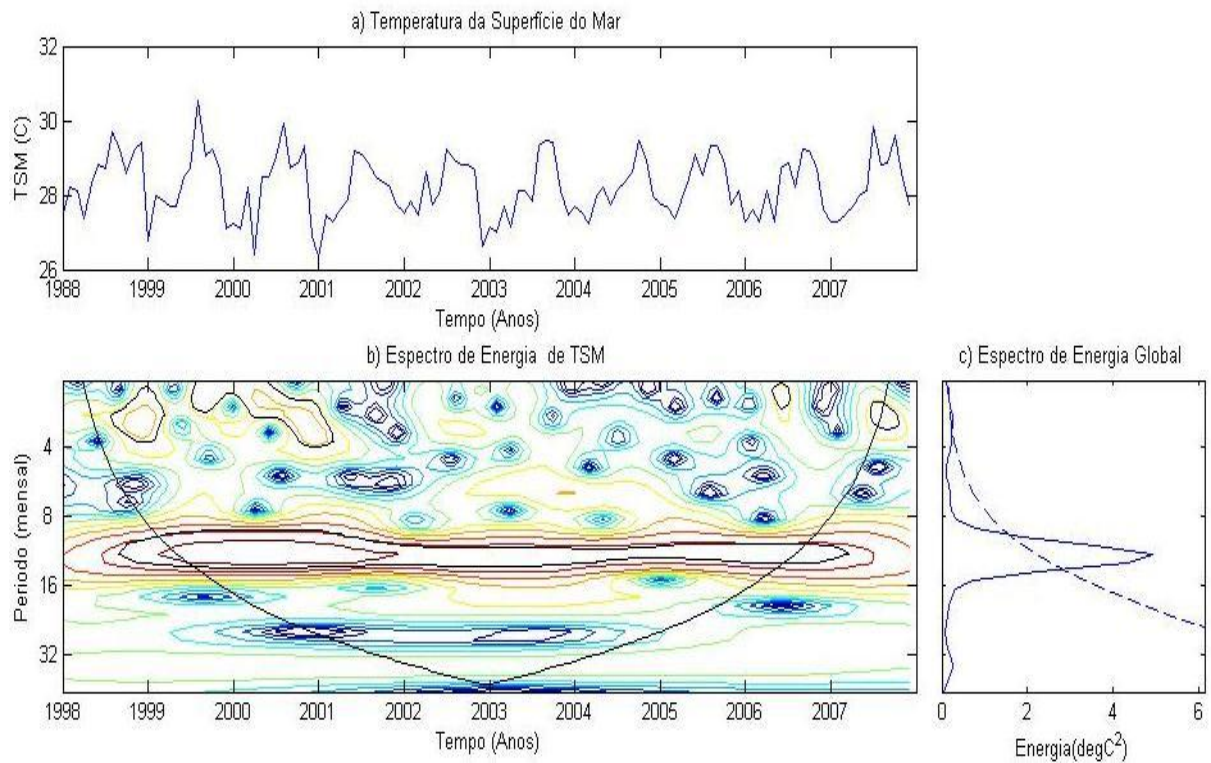
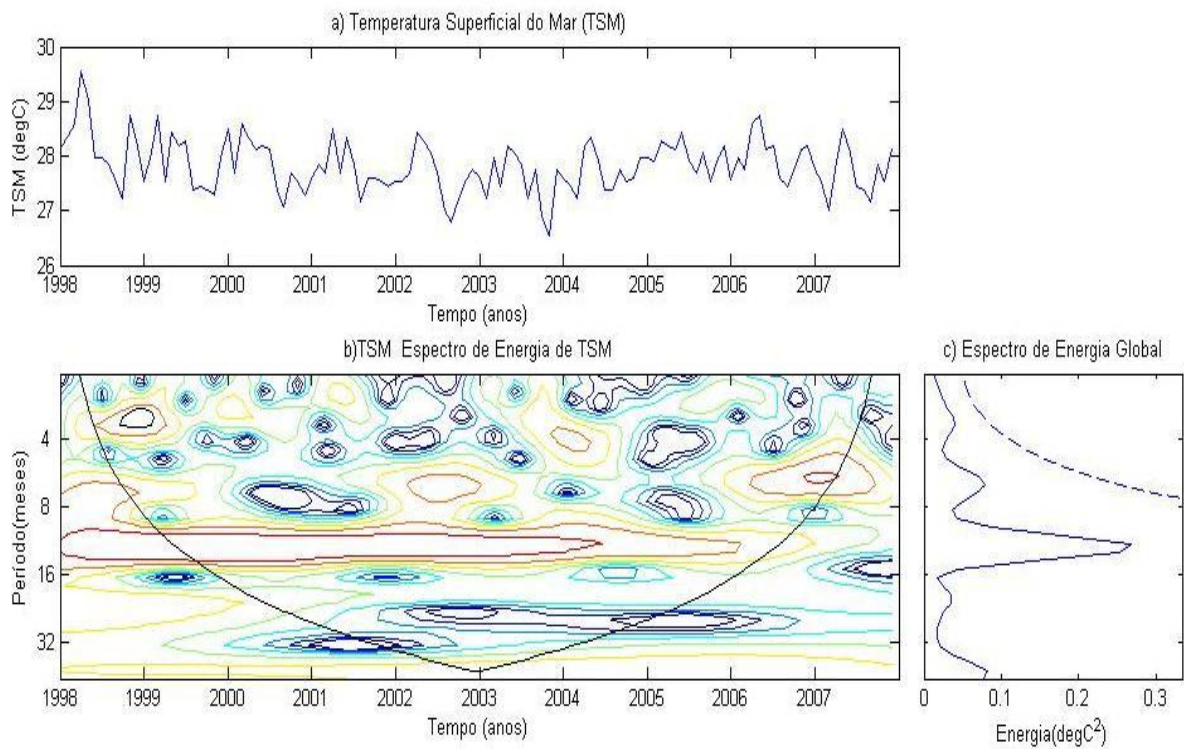


Figura 6.2: Média mensal da temperatura da superfície do mar de janeiro de 2003 a dezembro de 2007, utilizando dados do sensor AVHRR.

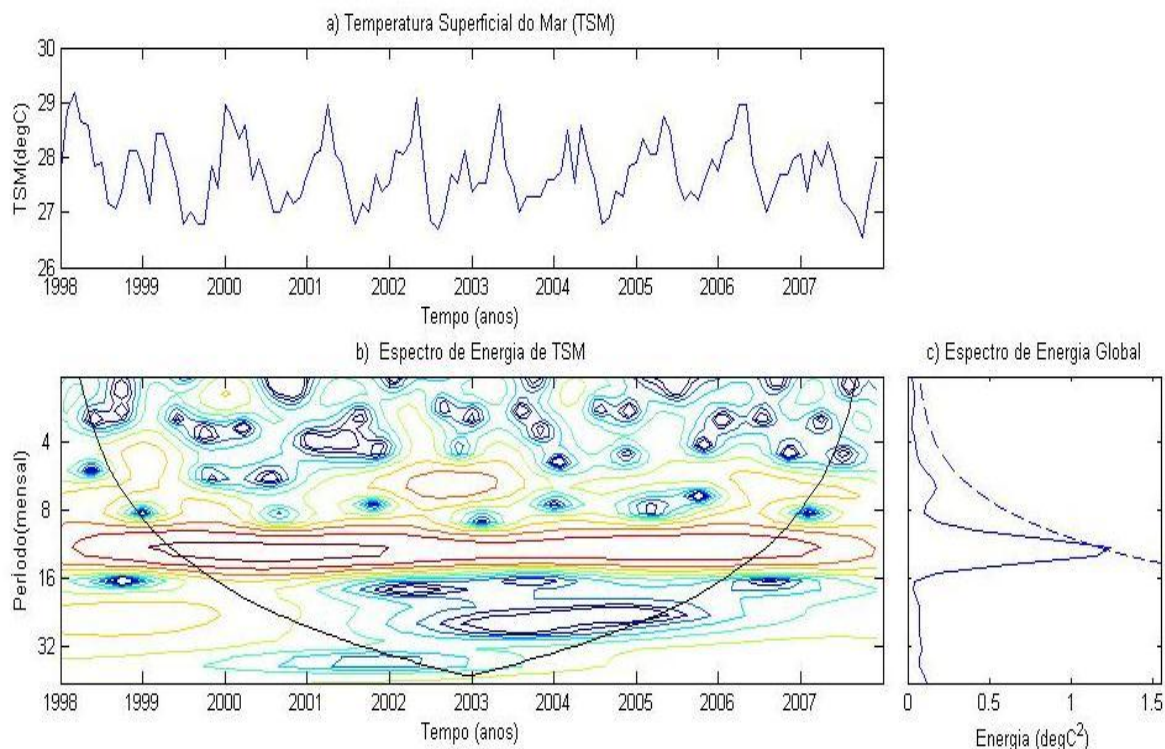
Fonte: <http://poet.jpl.nasa.gov>.



Quadro1: Valores da TSM de 1998 a 2007 para o Ponto1. a) representa as flutuações; b) a energia do sinal; c) espectro global da ondeleta



Quadro2: Valores da TSM de 1998 a 2007 para o Ponto2. a) representa as flutuações; b) a energia do sinal; c) espectro global da ondeleta



Quadro3: Valores da TSM de 1998 a 2007 para o Ponto3. a) representa as flutuações; b) a energia do sinal; c) espectro global da ondeleta.

O gráfico (a) representa a variabilidade da TSM ao longo dos anos durante todo o período estudado com uma média de 28,24; 27,82 e 27,73 respectivamente para os pontos 1,2 e 3. No gráfico (c) mostra que o ciclo que se destaca é interanual para os três pontos e o ciclo sazonal apenas no ponto 2 e 3, sendo mais expressivo no ponto 2.

Para o ponto 1, o gráfico (b) nota-se que as regiões mais significativas no espectro, ou seja mais energéticas, estão concentradas entre o período de 10 a 14 meses e durante toda a série temporal de dados desde 1998 a 2007, no entanto o ano de 1998 e o início de 1999 assim como metade do ano de 2006 e todo o ano de 2007 está fora do CI, logo iremos desconsiderar. Dentro desta grande área energética destacamos os anos de 2000 e 2001 que são mais expressivos que os demais anos. Na escala entre 2 a 4 meses observa-se também regiões significativas no final do ano de 1998 para início de 1999 e para ano de 2000.

No ponto 2 (gráfico b), observa-se uma variabilidade de alta frequência de aproximadamente três a quatro meses entre o fim do ano de 2008 e início de 2009; No período de 6 a 8 meses temos regiões significativas no ano de 2002 e no final de 2006 e início de 2007. A mesma região significativa para o período de 10 a 14 meses também aparecem no ponto 2, no entanto com menor potência e até o fim do ano de 2005.

Para o ponto três, o gráfico(b) mostra apenas uma região mais significativa no período de 6 a 8 meses no ano de 2002 e início de 2003. Novamente a região no período de 10 a 14 meses é bem expressiva para todos os anos da série temporal de 1998 a 2007, desconsiderando o ano de 1998 e início de 1999 e o final de 2006 e todo o ano de 2007 por estar fora do CI.

O resultado mais interessante observado no espectro de ondas é a diferença da intensidade de energia entre os três pontos 1, 2 e 3 que mesmo estando em áreas próximas apresenta comportamento diferenciados.

O ponto 1, localizado na área mais a oeste foi a mais significativa para os períodos entre 10 a 14 meses, ou seja dentro de um ciclo anual. Um dos fatores que podem explicar esse comportamento pode ser a presença de vórtices anticiclônicos na região de retroflexão da CNB descrito por Silva, Araújo e Bourlès (2005) que fica localizada aproximadamente na latitude 5° N e longitude 50° W (figura 3.3). Segundo Xie (1994 apud CORREA, 2009, p.31) A retroflexão da CNB e o posicionamento da ZCIT propicia o aumento da TSM.

Para o ponto 2, localizado bem ao centro da área de estudo, próxima a Foz do Rio Amazonas nota-se que uma variabilidade energética para o período de 6 a 8 meses, indicando possivelmente que estas variabilidades sazonais maiores nos anos de 2002 e 2006 e início de 2007 podem estar relacionadas com variabilidades interanuais como evento de El Niño, La Niña e Dipolo do Atlântico.

### 6.3 RELAÇÃO ENTRE TSM-FOZ E VAZÃO

A análise a seguir refere-se à correlação entre os dados de anomalias de TSM para os pontos 1, 2 e 3 com a anomalia de vazão do Rio Amazonas no período apenas de janeiro de 1998 a dezembro de 2005. Para os três pontos houve uma correlação positiva baixa, porém significativa apenas para o ponto 2 e 3 como mostrada na tabela 2 e na figura 5.3.

Tabela 2: Correlação entre as anomalias entre vazão da estação de Óbidos e TSM-FOZ.

VAZÃO/TSM	CORRELAÇÃO	COEF. DE CORREL.	TESTE T-STUDENT
vazão; P1	0,062	0,06	Não signif.
vazão; P2	0,325	0,32	99,50%
vazão; P3	0,217	0,21	99,50%

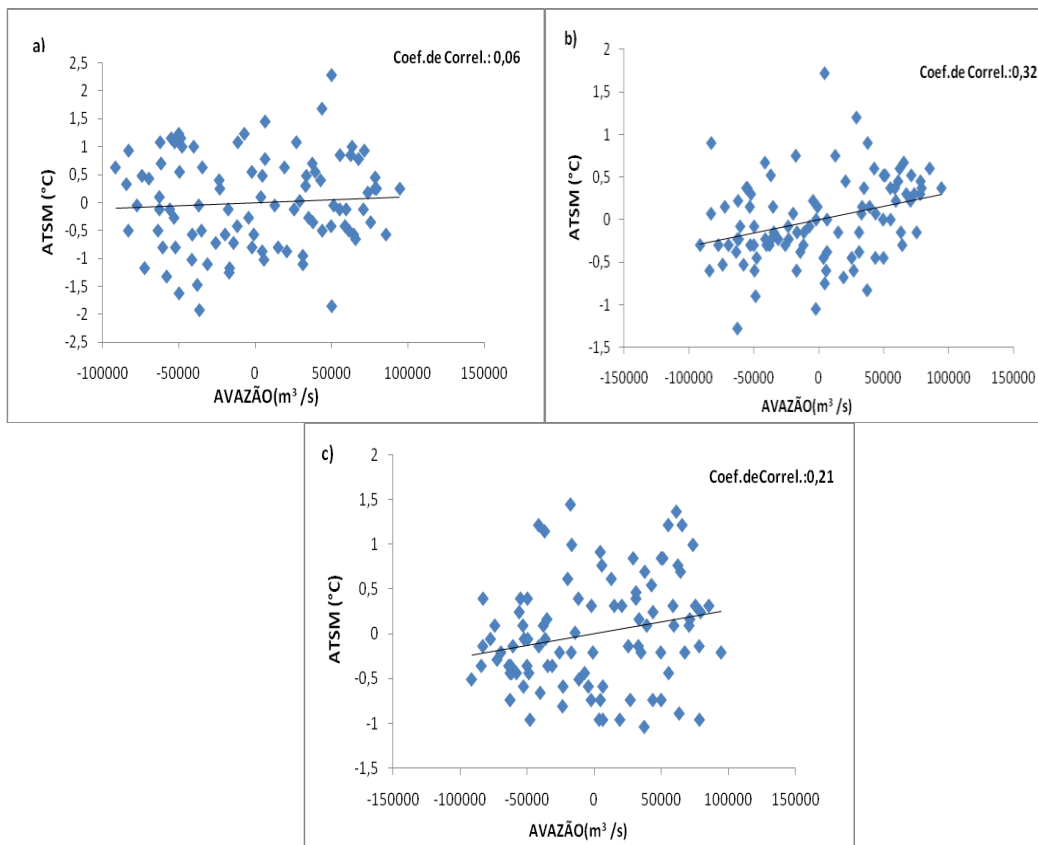


Figura 6.3: Correlação entre anomalias de vazão da Estação de Óbidos e anomalias de TSM do Atlântico Equatorial para os pontos 1(a), 2 (b) e 3(c).

#### 6.4 RELAÇÃO ENTRE ROL E TSM-FOZ

Com o intuito de compreender melhor a variabilidade da TSM da região em estudo, foi realizada a correlação das anomalias de TSM e ROL para os três pontos previamente escolhido. Os resultados não foram significativos, a correlação entre essas variáveis para o período estudado foi muito baixa como mostrado na tabela 3 e na figura 5.4.

Tabela 3: Correlação entre as anomalias de ROL e TSM-FOZ.

ROL/TSM	CORRELAÇÃO	COEF. DE CORREL.	TESTE T-STUDENT
ROL P1; TSMP1	0,259	0,25	ñ signif.
ROL P2; TSM P2	-0,084	-0,08	ñ signif.
ROL P3; TSM P3	0,010	0,01	ñ signif.

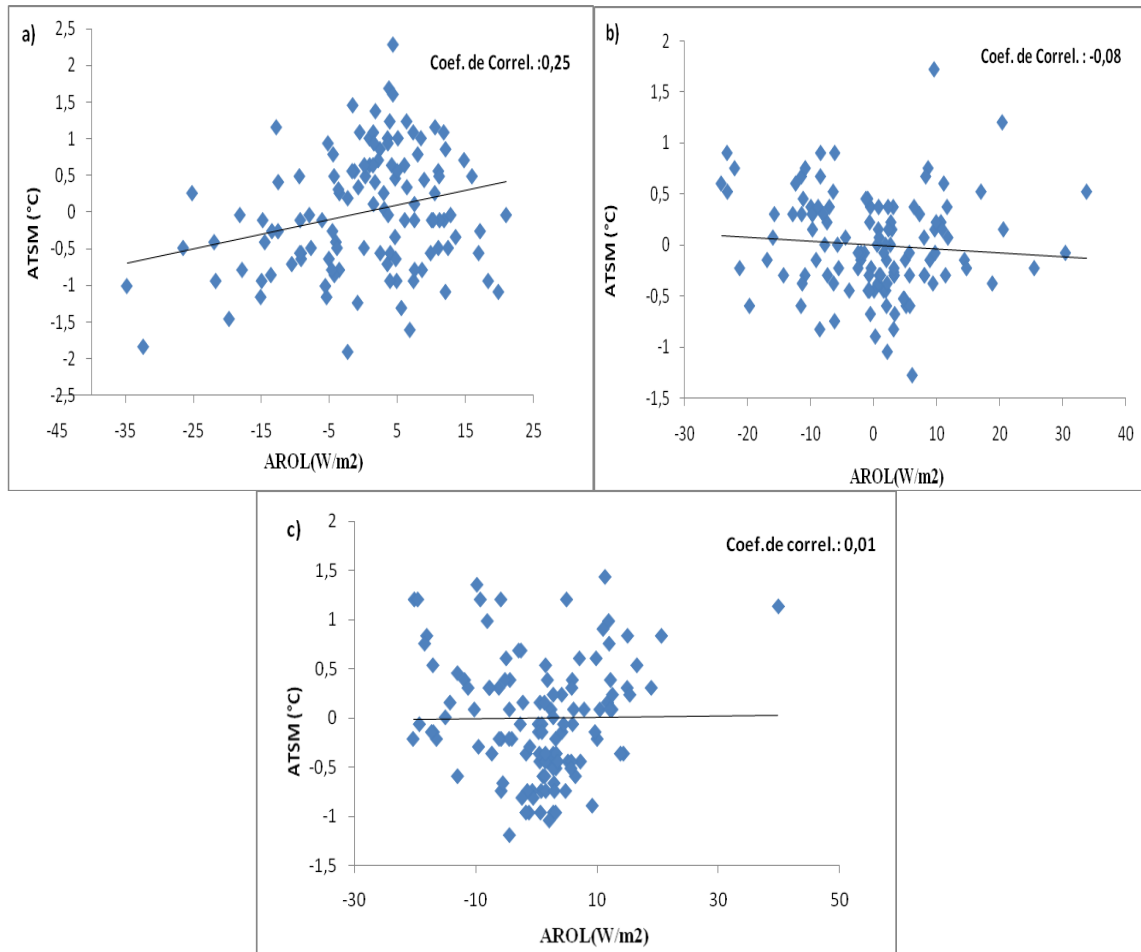


Figura 6.4: Correlação entre AROL e ATSM para os pontos 1(a) ,2 (b) e 3(c).

## 6.5 RELAÇÕES ATSM ATLÂNTICO EQUATORIAL- ATSM ATLÂNTICO NORTE E ATLÂNTICO SUL

Para a Bacia do Atlântico Norte as coordenadas utilizadas foram Longitude (60W-30W) e Latitude (5N-20N) e para a Bacia do Atlântico Sul Longitude (30W-10E) e Latitude (0S-20S). A seleção desta área foi previamente utilizada em outros trabalhos, cujo critério foi a presença de anomalias persistentes por mais de um mês acima de 1°C .

A figura 5.5, mostra a relação entre as anomalias de TSM das duas bacias do Atlântico Norte e Sul. A correlação é negativa com um alto coeficiente de correlação de 0,89.

A figura 5.6 mostra as correlações feitas entre as anomalias de TSM dos pontos 1, 2, e 3 com as anomalias de TSM das bacias do Atlântico Norte e Sul. Para determinar se as correlações entre as variáveis todas as correlações a significância foi de 99,5%.

No lado esquerdo da figura temos as correlações referentes à Bacia do Atlântico Norte (esquerda), nota-se o a correlação no ponto 1 é positiva com o coeficiente de correlação de 0,73 enquanto para os pontos 2 e 3 são negativas com -0,35 e -0,62, respectivamente.

As correlações entre as anomalias de TSM para o Atlântico Sul (direita), observa-se uma situação inversa para o ponto 1, temos uma correlação negativa com o coeficiente de correlação de -0,69 e positiva para os pontos 2 e 3 com coeficiente de correlação de 0,47 e 0,75 , respectivamente.

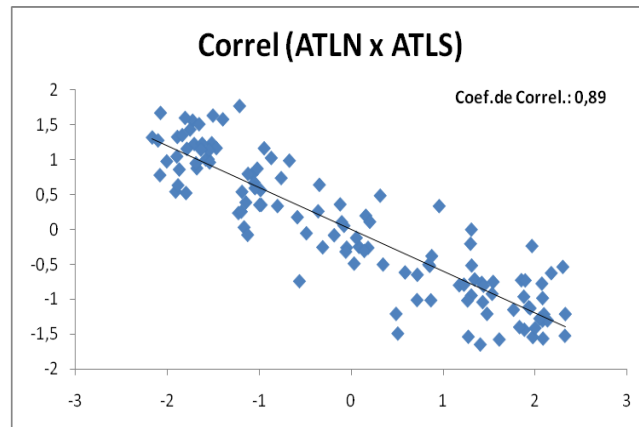


Figura 6.5: Correlação entre ATSM do Atlântico Norte e ATSM do Atlântico Sul.

No ponto 1 temos uma correlação positiva com o Atlântico Norte e negativa com Atlântico Sul, o que sugere que esta região sofre maior influência do Atlântico Norte, possivelmente devido ser uma região da retroflexão da corrente Norte do Brasil. Para os pontos 2 e 3 foram correlações negativas para o Atlântico Norte e positivas para o Atlântico Sul( ver na tabela 4 e figura 5.6). Isto sugere que a grande vazão do Rio Amazona isola essa região da influência das águas do Atlântico Norte. No entanto existe uma conexão entre o Atlântico Equatorial com o Atlântico Sul de maneira indireta. Nobre e Shukla (1996) observou em seu trabalho que nos anos nos quais apresentou-se anomalias negativas no Atlântico Tropical Norte e positivas no Atlântico Tropical Sul, conhecido como “Evento Frio” a ZCIT permanece ao sul da sua posição climatológica, logo isso indica que as águas mais quentes ficam mais próximas a Plataforma Continental, retardando o seu deslocamento para o Norte, por isso que ao encontrarmos um padrão de anomalias positivas no Atlântico Sul temos águas mais aquecidas na nossa região de estudo o que conseqüentemente as precipitações se tornam mais abundantes durante este período de “Evento Frio” o que também afeta a descarga do Rio Amazonas.

Tabela 4: Correlações TSM-FOZ E TSM das bacias do Atlântico Norte E Sul

	CORRELAÇÃO ATL-NORTE	COEF. CORREL.(ATL-N)	CORRELAÇÃO ATL-SUL	COEF. CORREL.(ATL-S)	TEST T- STUDENT
TSM P1	0,732	0,73	-0,693	-0,69	99,50%
TSM P2	-0,351	-0,35	0,475	0,47	99,50%
TSM P3	-0,625	-0,62	0,757	0,75	99,50%

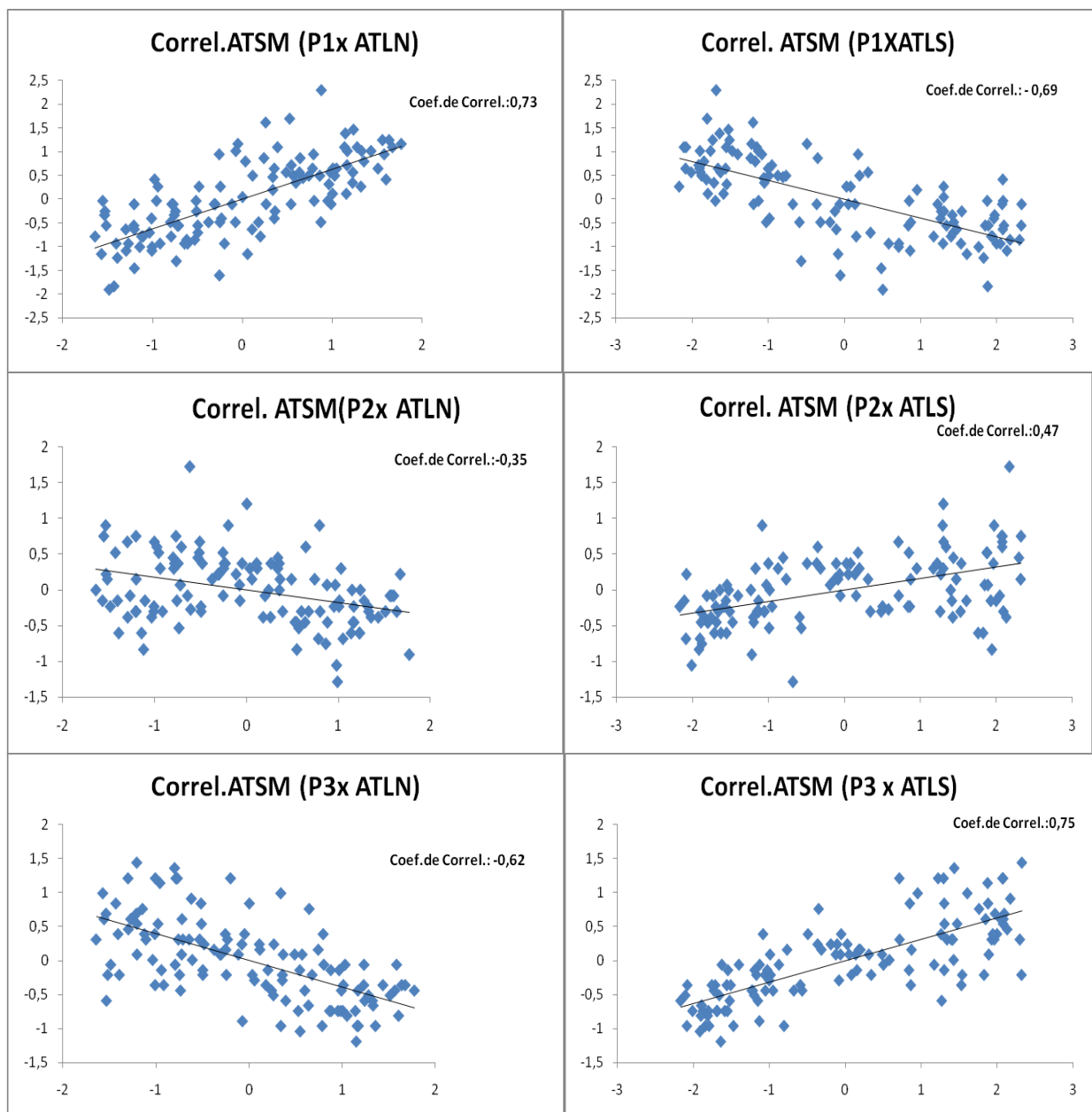


Figura 6.6: Correlação entre as ATSM dos pontos 1,2 e 3 do Atlântico Equatorial e ATSM da bacia do Atlântico Norte (esquerda) e Atlântico Sul (direita).

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho descreve a variabilidade e o comportamento da temperatura da superfície do mar no período de dez anos correspondente a janeiro de 1998 até dezembro de 2007.

As imagens do sensor AVHRR possibilitaram observar o deslocamento sazonal de uma faixa de água mais aquecida durante o ciclo de um ano. Esta variação no tempo e no espaço da TSM para esta região foi relatada anteriormente por Correa, 2009.

Estas diferenças de aquecimento das águas próximas ao Equador é reflexo do aquecimento diferenciado que a Terra sofre ao longo do ano devido a inclinação do eixo terrestre e o movimento de translação, época do ano a Terra se encontra mais próxima do sol com maior insolação e outra época mais distante determinando as estações do ano em ambos os hemisférios. No equador temos uma faixa que denominamos Equador térmico que não coincide com o equador geográfico de acordo com Varejão-Silva (2006 apud TORRES E MACHADO, 2008, p. 34) onde a distância entre o equador térmico e geográfico é maior sobre os continentes do que sobre os oceanos. Esta faixa representa os maiores valores médios de temperatura em todo o globo e que migra mais ao norte ou mais para sul ao longo do ano de acordo com o movimento de translação.

Nos últimos anos, vários autores têm mostrado que essas faixas onde a TSM possui valores mais elevados coincidem com a posição aproximada da ZCIT; fato explicado uma vez que máximos valores de TSM formam uma região de pressões barométricas relativamente baixas causadas por movimentos ascendentes de ar que por sua vez na base da superfície oceânica fica menos denso e tende a subir favorecendo a formação de grandes nuvens convectivas e geradoras de precipitação abundante. Rosário, Nobre e Carneiro (2004), ressaltam a importância da compreensão das condições da TSM para se obter maior previsibilidade da distribuição espacial da precipitação associada à posição da ZCIT por um modelo numérico para regiões da América do Sul, em especial norte e nordeste do Brasil.

Para a mesma série temporal de dados de TSM, este trabalho também utilizou análise de ondeletas que mostrou que a influência das variabilidades na escala de 8 a 14 meses de TSM são maiores que a na escala de 4 a seis meses para a região do Atlântico Equatorial próximo a costa do Norte do Brasil.

Esta região possui uma dinâmica muito complexa, de alta energia sendo influenciada por correntes de maré, descarga do Rio Amazonas, Corrente Norte do Brasil e a Contra-

Corrente Norte Equatorial, ZCIT, além de significativas influências de maneira indireta que ocorrem devido as mudanças das circulações atmosféricas e oceânicas ocorridas na bacia do Atlântico Norte e Sul.

As anomalias de vazão e TSM do Atlântico Equatorial apresentaram correlações positivas baixas para os três pontos, o que reafirma os resultados das ondeletas sugerindo que a variabilidade da TSM não depende somente da vazão, mas sim, de outros processos possivelmente relacionados as variações interanuais como El Niño, La Niña e Dipolo do Atlântico.

As correlações de ROL e TSM não foram significativas. Bomventi et al (2006) em seu estudo mostra que para a região embora haja altos índices de precipitação, possui baixos níveis de correlação indicando que apesar da TSM ser elevada, os valores negativos de ROL não indicam, sempre, atividade de convecção profunda, o que sugere que nesse local ocorra influência de outros processos, além da variabilidade da TSM. Isto sugere que as ATSM locais não são explicadas pela variação da nebulosidade regional.

A correlação negativa entre as anomalias e as bacias do Atlântico Tropical para o período estudado foi alta, caracterizando a ocorrência de eventos Dipolo durante o período estudado. Outra observação importante foi a correlação entre as anomalias das bacias do Atlântico Norte e Sul com as áreas de estudo, as correlações são opostas o que sugere mais uma vez a ocorrência de Dipolo e suas influências no Atlântico Equatorial.

O uso de sensoriamento remoto juntamente com outras ferramentas neste trabalho foi válido na descrição de séries temporais de TSM. No entanto, compreender a complexa dinâmica desta região bem como os diversos processos de interação entre oceano e atmosfera ainda é um desafio para futuros trabalhos.

## REFERÊNCIAS

- BOMVENTI, T. N.; WAINER, I. E. K. C.; TASCETTO, A. S. Relação entre radiação de onda longa, precipitação e temperatura da superfície do mar no oceano Atlântico Tropical. **Revista Brasileira de Geofísica**, v.24, n.4,2006.
- BROWN, J.; COLLING A.; PARK D.; PHILLIPS J., ROTHERY D.; WRIGHT J. **Waves, Tides and Shallow-water Processes**. [s.l.]: The Open University, 1989.
- CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS (CPTEC), 2009. Disponível em: < <http://enos.cptec.inpe.br/>>. Acesso em 10/01/2010.
- CLAUZET, G.; WAINER, I.; SERVAIN, J. A variabilidade oceânica e atmosférica na região do Atlântico tropical nos dados da rede pirata a partir da análise de ondeletas.**Revista Brasileira de Meteorologia**, v.20, n.1,43-58,2005.
- CORRÊA, S. C., **Variação Sazonal da clorofila A no Atlântico equatorial ocidental a partir de imagens de sensores remotos**. 2009. Monografia (Graduação em Oceanografia)-Instituto de Geociências,Universidade Federal do Pará, Belém, 2009,p. 197-212.
- MARENGO, J. A.; NOBRE, C. A. . Clima da região Amazônica. In: I. F. CAVALCANTE, **Tempo e clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos.2009.
- MELO, A. B.; CAVALCANTI, I. F.;SOUZA, P. P. Zona de Convergência Intertropical do Atlântico. In: I. F. CAVALCANTI, **Tempo e clima no Brsail**. São Paulo: Oficina de Textos.2009, p. 25-41.
- LENTZ, S. Seasonal variations in the horizontal structure of the Amazon Plume inferred from historical hydrographic data, **J. Geophys**, v.100, c2, 2391-2400. 1995.
- MELO, A. B. C.; P. NOBRE; D. MENDES; M BOTTINO. A Zona de Convergência Intertropical Sobre o Oceano Atlântico: Climatologia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 12., 2002,Foz do Iguaçu,. **Anais ...Foz do Iguaçu: SBMET,2002**.
- MORAES, S. O. C.; PAIVA, A. M. Interações entre e Corrente Norte do Brasil e a Plataforma Externa Amazônica. In: Simpósio sobre Ondas, Marés, Engenharia Oceânica e Oceanografia por Satélite – **OMAR-SAT**,8.,2009, Arraial do Cabo-RJ.

MORETTIN, P. A. **Ondas e Ondaletas**: Da análise de Fourier a Análise de Ondaletas- 1ª ed. São Paulo: Edusp, 1999. 276 p.

NOBRE, P.;SHUKLA, J. Variations of sea surface temperature, wind stress and rainfall over the tropical Atlantic and South America. **J. Clim.**, 9, 2464-2479.1996.

OLIVEIRA, J. VENTURA. **Análise das oscilações atmosféricas de multiescalas de tempo em Caxiuanã-Pa**. 2010.Monografia(Graduação em Meteorologia)-Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2010.

QUINN, W. H.;NEAL, V. T.The historical record of El Niño events.In:BRADLEY, R.S; JONES, P.D.(Eds.).**Climate since A.D.1500**. Routledge,1992.p.623-648.

ROSARIO, N.; NOBRE, P.; CARNEIRO, G. M., Zona de convergência intertropical do Atlântico: um estudo comparativo entre simulações do MGCA CPTEC/COLA, observações e reanálises do NCEP. **Revista Climanalise**, Ano 02,n.1, 2004.

SILVA, A. C.; EL-ROBRINI, M.; SANTOS, M. L S. Campos de temperatura e salinidade na plataforma continental do Amazonas, durante a descarga mínima do Rio Amazonas: uma análise ambiental. **Revista Virtual de Iniciação Acadêmica da UFPA**, v1, n1, p 1-12. 2001.Disponível em <<http://www.ufpa.br/revistaic> > Acesso em 15/09/2010.

SILVA, A. C.; ARAÚJO, M.; BOURLÈS, B. Variação sazonal da estrutura de massas de água na Plataforma Continental do Amazonas e área oceânica adjacente. **Revista Brasileira de Geofísica**,v25, n2, p 145-157.2005.

SOUZA, E. B. **Um estudo observacional sobre padrão de dipolo de anomalias de TSM no Oceano Atlântico Tropical**. Dissertação (Mestrado em Meteorologia)- INPE, São José dos Campos –SP,1997.INPE-TDL.

SOUZA, E. B.; ALVES, J. M. B.; REPELLI, C. A. **Influência dos Oceanos Pacífico e Atlântico na Estação Chuvosa do Semi-Árido Nordestino**. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v. 6, n. 2, p. 277-283, 1998.

SPIEGEL, M. R.**Estatística**-3ª Ed-São Paulo: Markron Books,1993.

TORRENCE, C; COMPO, G P. A Practical guide to wavelet analysis. **Bulletin of the american meteorology society**. v. 79, p. 61–78. Jan, 1998.

TORRES, F. T. P.; MACHADO, P. J. O. **Introdução a Climatologia**.2008.244p.

TRENBERT, K. E. The definition of El Niño. Bulletin of the American Meteorological Society,v.78,n12,p. 2771-2777. 1997.

VITORINO, M I. **Análise das oscilações intrasazonais sobre America do Sul e oceanos adjacentes utilizando a análise de ondeletas**. Tese de Doutorado (Meteorologia). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE. São José dos Campos. 2003, p. 344.