



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE – UFCG**  
**CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS – CTRN**  
**PROGRAMA DE DOUTORADO TEMÁTICO**  
**EM RECURSOS NATURAIS - PDRN**



## **TESE DE DOUTORADO**

**ANÁLISE DE ASPECTOS CLIMATOLÓGICOS, AGROECONÔMICOS,  
AMBIENTAIS E DE SEUS EFEITOS SOBRE A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO  
MUNDAÚ (AL E PE)**

**ALUNA: DJANE FONSECA DA SILVA**

**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: Recursos Hídricos**

**LINHA DE PESQUISA: Gestão e Planejamento de Recursos Naturais**

**ORIENTADORES: Francisco de Assis Salviano de Sousa - UFCG**

**Mary Toshie Kayano – CPTEC / INPE**

Campina Grande, PB.

02 de março de 2009.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE – UFCG  
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS – CTRN  
PROGRAMA DE DOUTORADO TEMÁTICO  
EM RECURSOS NATURAIS - PDRN**

**TESE DE DOUTORADO**

**ANÁLISE DE ASPECTOS CLIMATOLÓGICOS, AGROECONÔMICOS,  
AMBIENTAIS E DE SEUS EFEITOS SOBRE A BACIA HIDROGRÁFICA  
DO RIO MUNDAÚ (AL E PE)**

Tese de Doutorado apresentada em  
cumprimento exigido para a  
obtenção do título de Doutor em  
Recursos Naturais

Candidata: Djane Fonseca da Silva

Campina Grande, PB.

02 de março de 2009.

S586a

2009 Da Silva, Djane Fonseca

Análise de aspectos climatológicos, agroeconômicos, ambientais e de seus efeitos sobre a bacia hidrográfica do Rio Mundaú (AL e PE) / Djane Fonseca da Silva.— Campina Grande, 2009.

209 f.

Tese (Doutorado em Recursos Naturais) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais.

Referências.

Orientadores: Prof. Dr. Francisco de Assis Salviano de Sousa; Profa. Dra. Mary Toshie Kayano.

1. IAC 2. Ondeletas 3. Previsão de Anomalias 4. Poluição Hídrica 5. Degradação Ambiental I. Título.

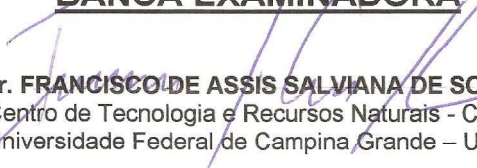
CDU – 551.579 (043)

**DJANE FONSECA DA SILVA**

**ANÁLISE DE ASPECTOS CLIMATOLÓGICOS, AGROECONÔMICOS,  
AMBIENTAIS E DE SEUS EFEITOS SOBRA A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO  
MUNDAÚ (AL E PE)**


**APROVADA EM: 02/03/2009**


**BANCA EXAMINADORA**

  
**Dr. FRANCISCO DE ASSIS SALVIANA DE SOUSA**  
Centro de Tecnologia e Recursos Naturais - CTRN  
Universidade Federal de Campina Grande - UFCG

  
**Dra. MARY TOSHIE KAYANO**  
Centro de Previsão de Tempo e Clima - CPTEC  
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE

  
**Dr. JOSÉ ORIBE ROCHA DE ARAGÃO**  
Laboratório de Meteorologia de Pernambuco - LAMEPE  
Instituto de Tecnologia de Pernambuco - ITEP

  
**Dr. RICARDO FERREIRA CARLOS DE AMORIM**  
Departamento de Meteorologia - DM  
Universidade Federal de Alagoas - UFAL

  
**Dr. PEDRO VIEIRA DE AZEVEDO**  
Centro de Tecnologia e Recursos Naturais - CTRN  
Universidade Federal de Campina Grande - UFCG

  
**Dr. VICENTE DE PAULO RODRIGUES DA SILVA**  
Centro de Tecnologia e Recursos Naturais - CTRN  
Universidade Federal de Campina Grande - UFCG

*“A grande e, muitas vezes, questionada história de sucesso da ciência foi construída por pessoas com características comuns (persistentes, pacientes, ambiciosas, inventivas e intuitivas, preguiçosas, enérgicas, egoístas, de sorte, honestas...), outras nem tanto, mas que, tendo algo em comum, fizeram de fato as observações relatadas em seus escritos, o que permitiu que outros, seguindo seus passos, reproduzissem seus resultados, acrescentando novos dados e novas conclusões. Eram feios, bonitos, gordos, magros, portadores de grandes habilidades manuais ou um desastre com as mãos, que escolhiam instrumentos simples ou sofisticados para suas observações. Procuraram desvendar o muito pequeno, o muito grande, o que está por perto, o que está longe, o que tem vida, o que é inerte. Enfim, nos conduziram a este porto em que agora nos encontramos. Foram salva-vidas, bons marujos, não muito bons em bússola, pois na maioria das vezes não sabiam para onde iam, e isso nos tem dado a sensação de que o barco muitas vezes esteve para afundar. Olhamos a placa e vemos que o nome do “porto” é razão, poderia ter sido outro o nome do “barco”, curiosidade, ou poderia ter sido outro, mistério; mas este é o nome do próximo porto, ou será o nome do mar?”*  
(F. Cruz, G. Borba e L. Abreu, 2005)

“Você não sabe  
O quanto eu caminhei  
Prá chegar até aqui  
Percorri milhas e milhas  
Antes de dormir  
Eu nem cochilei  
Os mais belos montes escalei  
Nas noites escuras  
De frio chorei, ei , ei, ei!  
A vida ensina  
E o tempo traz o tom  
Prá nascer uma canção  
Com a fé do dia-a-dia  
Encontro a solução  
Encontro a solução...  
Quando bate a saudade  
Eu vou pro mar  
Fecho os meus olhos  
E sinto você chegar  
Você, chegar...  
Meu caminho só meu Pai pode mudar  
Meu caminho só meu Pai  
Meu caminho só meu Pai...”

(A Estrada – Cidade Negra)

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus, por tudo ter sido possível e Dedido e agradeço aos meus pais (Eunice da Silva Fonseca e Djair Fonseca da Silva) e minha irmã (Djnane Fonseca) pela ajuda em toda minha caminhada, sempre, até aqui.

Agradeço grandemente ao meu orientador Francisco de Assis Salviano de Sousa pela orientação e toda ajuda ao longo da realização de minha tese, além da paciência e amizade dispostas.

Agradeço à minha orientadora Mary Toshie Kayano pela acessibilidade, mesmo distante fisicamente de mim, pela sua simplicidade, por tudo que me ensinou e por tudo que a admiro.

Agradeço aos professores do DCA-UFCG pelos ensinamentos e amizade.

Agradeço a TODOS os amigos que conquistei em Campina Grande ao longo de 6 anos de moradia e estudos. Todos me ensinaram muito, engrandecendo o meu lado pessoal e trazendo-me felicidade.

Agradeço aos amigos Ronaldo Menezes, Wendell Rondinelli, Maryfrance Diniz, Lincoln Eloi, Maria José dos Santos, Gildarte Silva e Josicleda Galvício por me ajudarem em “detalhes” importantes para a realização da tese.

Agradeço aos amigos Gildarte Barbosa, Marle Bandeira, Werônica Meira, Maria José dos Santos, Lincoln Eloi, João Hugo Campos e Girlene Maciel pela companhia e alegria na “nossa sala” de estudos durante meu doutorado.

Agradeço a todos os amigos da minha turma de Doutorado, em especial, homenagem a nosso amigo Aurelir Barreto (em memória).

Agradeço ao professor Pedro Vieira e à secretária Cleide pela ajuda durante meu doutorado.

Agradeço ao CNPq pela bolsa de estudo ao longo do Doutorado.

Agradeço as sugestões e orientações da banca examinadora.

A todos que me ajudaram direta ou indiretamente na realização desse trabalho e na minha “passagem” por Campina Grande, agradeço do fundo de meu coração.

Com amor e amizade, agradeço!

## RESUMO

A bacia hidrográfica do rio Mundaú encontra-se em acelerado processo de degradação ambiental devido a práticas antrópicas degradantes. Medidas para atenuação dos efeitos da degradação exigem a identificação e informações de suas causas, o que potencializa a importância dessa pesquisa. Desejou-se analisar a climatologia da bacia hidrográfica, mostrando sua variabilidade espaço-temporal, os principais eventos que proporcionam chuvas na região e como tais afetam aspectos sócio-econômicos, agrícolas e ambientais. Também foram objetivos deste trabalho gerar diagnóstico e prognóstico úteis aos setores ligados aos recursos hídricos (planejamentos do uso da água, agrícola, energético, pesqueiro, sucro-alcooleiro e industrial); propor equações previsoras de anomalias de chuva, utilizando os índices climáticos IME, IOS e ODP e anomalias de TSM do Oceano Atlântico; quantificar, através dos quatro índices, a influência do clima global sobre a bacia hidrográfica; gerar informações sobre a produção agrícola e aspectos sócio-ambientais e propor ações de manejo local, as quais auxiliarão na tomada de decisões do gerenciamento da bacia hidrográfica. Foi detectado um “ponto de inversão” na série de precipitação. No Baixo Mundaú, o período antes de 1974 foi mais úmido que o posterior a este ano. Nas regiões do Médio Mundaú e Alto Mundaú, o período depois de 1974 foi mais úmido que o anterior, o contrário da região litorânea. Foi sugerido, para o Baixo Mundaú, que as anomalias de TSM do Oceano Atlântico sejam usadas como previsoras das anomalias de precipitação da quadra chuvosa. Para o Médio Mundaú foi usado como previsor o IME, e para o Alto Mundaú, o IME e as anomalias de TSM do Oceano Atlântico. De acordo com os dados de produção agrícola, o Alto Mundaú destacou-se como produtor de carvão vegetal, feijão e milho, o Médio Mundaú, de laranja, leite e arroz; e o Baixo Mundaú, de cana-de-açúcar, mel, leite e arroz. Verificou-se ainda que as carvoarias no Alto Mundaú e o cultivo da cana-de-açúcar no Baixo Mundaú agridem ecologicamente a bacia hidrográfica. Ambientalmente, verificou-se que a poluição hídrica, a distribuição pluviométrica, o uso e manejo do solo, principalmente no que se refere à agricultura, interferem na distribuição dos macrocrustáceos decápodas do CELMM, uma das principais fontes de renda local. Diante do quadro encontrado no CELMM, citando deposição de sedimentos e assoreamento, desmatamento, antropização da paisagem, alteração do microclima, impermeabilização do solo, erosão, poluição hídrica e diminuição da biodiversidade, foram propostas ações (macrodrenagem, monitoramento da qualidade hídrica, plantio de espécies arbóreas nativas, reintrodução de espécies nativas da fauna, planejamento urbano e turístico, controle de especulação imobiliária, deslocamento de indústrias, plantios e construções e projetos de educação ambiental) para amenizar e impedir o agravamento dos impactos ambientais. Este trabalho mostrou que as informações climatológicas e meteorológicas geradas para a bacia hidrográfica do rio Mundaú são úteis em vários aspectos do setor agrícola, ambiental e sócio-econômico. Ao mesmo tempo, verificou-se que a variabilidade pluviométrica interfere na produção de vários cultivos e na biodiversidade local. Os aspectos ambientais também se mostraram dependentes das ações humanas como uso, ocupação do solo e agricultura, as quais comprovadamente poluem os recursos hídricos locais.

**Palavras-chave:** IAC, ondeletas, previsão de anomalias, poluição hídrica e degradação ambiental.



## ABSTRACT

The hydrographic basin of the Mundaú River is in a fast process of environmental degradation due to the degrading anthropogenic actions. Actions to attenuate the degradation effects demand their identification and information, what makes this research very important. The climatology of the hydrographic basin was analyzed in order to show its space-time variability and the main events rainfall in the region. This study also proposes to investigate the impacts and influences of the climate in an area of social-economic and environmental importance and the causes (phenomenon), the temporal scales of the local climatic variability, its effects in the region of the hydrographic basin and as such affect aspects economic, social, agriculturist and environmental. Also, other objectives of this work was: to generate useful diagnosis and prognostic to sectors related to the water resources (water use planning, agriculturist, energy, fishery, and industrial); to propose forecast equations of rainfall anomalies using the climatic indices MEI, SOI and PDO and Atlantic SST anomalies; to quantify, with four indices, the influence of the global climate on the hydrographic basin; to generate information about the agricultural production and social-environmental aspects and to propose local handling actions, which will assist in the taking of decisions of the hydrographic basin management agencies. A “point of inversion” in the precipitation series was detected. In the Low Mundaú, the period before 1974 was more humid than after that year. In the regions of the Medium Mundaú and High Mundaú, the period after 1974 was more humid than the previous one, the opposite was noted in the coastal region. For the Low Mundaú, the index based on the Atlantic SST anomalies was used as the predictor of the precipitation anomalies of the rainy season. For the Medium Mundaú, the MEI was used as the predictor and for the High Mundaú, the MEI and the Atlantic index were the predictors. Accordingly with the agricultural production, the High Mundaú distinguished as producing of vegetal coal, beans and maize, the Medium Mundaú, of orange, milk and rice, and the Low Mundaú, of sugar cane, honey, milk and rice. It was noted that the coal-bunkers in the High Mundaú and the culture of the sugar cane in the Low Mundaú cause ecological prejudices to the hydrographic basin. It was noted that the water pollution, the rainfall distribution, and the land use, mainly for agriculture, intervene in the distribution of the decapodous macro-crustaceans of the MMELC, one of the main sources of local income. Due to the observed situation in the MMELC, as the sediment deposition which block of the lagoon, deforestation, landscape anthropogenic changes, microclimate alteration, ground waterproofing, erosion, water pollution and reduction of biodiversity, actions have been proposed to reduce and to avoid the aggravation the environmental impacts (macro-drainage, water quality monitoring, plantation of native trees, reintroduction of native fauna species, urban and tourist planning, control of real-state speculation, displacement of industries, and projects of environmental education). This work showed that generated the climatologic and meteorological information for the hydrographic basin of the river Mundaú are useful in some aspects of the agricultural sector, ambient and social-economic. At the same time, it was verified that the rainfall variability intervenes with the production of some plantations and local biodiversity. The ambient aspects had also revealed to dependents of the actions human as use, occupation of the ground and agriculture, which was proved as pollutants the local hidryc resources.

**Key-words:** RAI, wavelet, forecast of anomalies, water pollution e environmental degradation.

## TESE DE DOUTORADO

# ANÁLISE CLIMATOLÓGICA, AGROECONÔMICA, AMBIENTAL E DE SEUS EFEITOS SOBRE A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MUNDAÚ (AL E PE)

## SUMÁRIO

Lista de Figuras

Lista de Tabelas

Lista de Símbolos

Lista de Siglas e Abreviaturas

Lista de Equações

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	pág. 30
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	pág. 33
<b>2.1 Bacia hidrográfica do rio Mundaú</b> .....	pág. 33
<b>2.2 Aspectos Climatológicos</b> .....	pág. 37
2.2.1 Mecanismos produtores de chuva na bacia hidrográfica do rio Mundaú .....	pág. 38
2.2.1.1. Perturbações ondulatórias no campo dos ventos alísios (POAS) .....	pág. 40
2.2.1.2 Ondas de leste .....	pág. 41
2.2.1.3 Vórtices ciclônicos em altos níveis (VCAN) .....	pág. 42
2.2.1.4 Linhas de instabilidade .....	pág. 43
2.2.1.5 Brisas marítima e terrestre .....	pág. 44
2.2.1.6 Oscilação de Madden e Julian .....	pág. 44
2.2.2 Variabilidade climática global .....	pág. 45
2.2.2.1 IOS .....	pág. 45
2.2.2.1 a) El Niño-Oscilação Sul (ENOS) .....	pág. 47
2.2.2.1 b) Impactos climáticos dos ENOS .....	pág. 48
2.2.2.2 Índice multivariado de El Niño-Oscilação Sul (IME) .....	pág. 51
2.2.2.3 Oscilação decadal do Pacífico (ODP) .....	pág. 52

2.2.2.3 a) Influência da ODP .....	pág. 52
2.2.2.3 b) Relação entre ODP e ENOS .....	pág. 54
2.2.2.4 Variabilidade sobre o Oceano Atlântico .....	pág. 56
2.2.3 Impactos climáticos sobre setores ligados aos recursos hídricos .....	pág. 58
2.2.4 Índice de Anomalia de Chuva (IAC) .....	pág. 64
2.2.5 Análise wavelet (Ondeletas) .....	pág. 65
<b>2.3 Aspectos Agroeconômicos .....</b>	<b>pág. 68</b>
2.3.1 Influência da variabilidade climática na produção agrícola .....	pág. 68
<b>2.4 Aspectos Ambientais .....</b>	<b>pág. 71</b>
2.4.1 Degradação ambiental e sustentabilidade local .....	pág. 71
2.4.2 Conflitos gerados pela ocupação irregular .....	pág. 79
2.4.3 Proposta de manejo no CELMM .....	pág. 82
2.4.4 Parâmetros de qualidade de água .....	pág. 83
2.4.4.1 Temperatura da água .....	pág. 84
2.4.4.2 pH (potencial hidrogeniônico) .....	pág. 85
2.4.4.3 Condutividade elétrica .....	pág. 86
2.4.4.4 Oxigênio dissolvido (OD) .....	pág. 86
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>pág. 88</b>
<b>3.1 Área de estudo .....</b>	<b>pág. 88</b>
3.1.1 Região do entorno do CELMM .....	pág. 88
3.1.2 Bacias e rios contribuintes ao CELMM .....	pág. 90
<b>3.2 Cronograma das etapas da metodologia .....</b>	<b>pág. 91</b>
<b>3.3 Análise Climatológica .....</b>	<b>pág. 92</b>
3.3.1 Análise da variabilidade espaço-temporal da precipitação local .....	pág. 92
3.3.1.1 Índice de Anomalia de Chuva (IAC) .....	pág. 93
3.3.1.2 Análise de ondeletas (Wavelet) .....	pág. 93
<b>3.4 Efeitos da variabilidade climática global para a pluviometria da bacia do rio Mundaú .....</b>	<b>pág. 96</b>
3.4.1 Índices climáticos .....	pág. 97

3.4.2 Regressão linear simples, múltipla e não linear .....	pág. 100
3.4.3 Teste de significância de t-Student .....	pág. 101
<b>3.5 Análise Agroeconômica .....</b>	<b>pág. 102</b>
<b>3.6 Análise Ambiental .....</b>	<b>pág. 103</b>
3.6.1 Formas de uso e ocupação do solo no CELMM .....	pág. 104
3.6.2 Verificação de ocupação desordenada e aplicação de lei florestal .....	pág. 104
3.6.3 Análise de parâmetros de qualidade de água .....	pág. 105
3.6.4 Distribuição espaço-temporal dos crustáceos no CELMM .....	pág. 105
3.6.5 Proposta de manejo no CELMM .....	pág. 106
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>pág. 108</b>
<b>4.1 Análise climatológica .....</b>	<b>pág. 108</b>
4.1.1 Análise da variabilidade espaço-temporal da precipitação local .....	pág. 111
4.1.2 Análise wavelet .....	pág. 116
<b>4.2 Efeitos da variabilidade climática global para a pluviometria da bacia hidrográfica do rio Mundaú .....</b>	<b>pág. 121</b>
4.2.1 Regressão linear para previsão anual da anomalia de precipitação .....	pág. 121
4.2.1.1 Baixo Mundaú .....	pág. 121
4.2.1.2 Médio Mundaú .....	pág. 123
4.2.1.3 Alto Mundaú .....	pág. 124
4.2.2 Regressão linear múltipla para previsão mensal de anomalia de precipitação..	pág. 126
4.2.2.1 Baixo Mundaú .....	pág. 126
4.2.2.2 Médio Mundaú .....	pág. 128
4.2.2.3 Alto Mundaú .....	pág. 129
4.2.3 Regressão linear para previsão da anomalia de precipitação durante a quadra chuvosa .....	pág. 131
4.2.3.1 Baixo Mundaú .....	pág. 131
4.2.3.2 Médio Mundaú .....	pág. 132
4.2.3.3 Alto Mundaú .....	pág. 134
4.2.4 Regressão linear para previsão da anomalia de precipitação durante a quadra seca .....	pág. 135

4.2.4.1 Baixo Mundaú .....	pág. 135
4.2.4.2 Médio Mundaú .....	pág. 137
4.2.4.3 Alto Mundaú .....	pág. 138
4.2.5 Regressão não-linear para previsão da anomalia de precipitação durante a quadra chuvosa .....	pág. 140
4.2.5.1 Baixo Mundaú .....	pág. 140
4.2.5.2 Médio Mundaú .....	pág. 141
4.2.5.3 Alto Mundaú .....	pág. 142
4.2.6 Regressão não-linear para previsão .....	pág. 143
4.2.6.1 Baixo Mundaú .....	pág. 143
4.2.6.2 Médio Mundaú .....	pág. 145
4.2.6.3 Alto Mundaú .....	pág. 147
<b>4.3 Análise agroeconômica de dados de produção agrícola da bacia hidrográfica do rio Mundaú .....</b>	<b>pág. 148</b>
<b>4.4 Análise Ambiental .....</b>	<b>pág. 169</b>
4.4.1 Formas de uso e ocupação no CELMM .....	pág. 173
4.4.2 Análise de parâmetros de qualidade da água na bacia hidrográfica do rio Mundaú . .....	pág. 176
4.4.3 Distribuição espaço-temporal dos macro-crustáceos no CELMM .....	pág. 181
4.4.4 Proposta de manejo no CELMM .....	pág. 185
<b>5. CONCLUSÕES .....</b>	<b>pág. 189</b>
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>pág. 193</b>
<b>7. ANEXOS</b>	

## LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
3.1	Localização da bacia hidrográfica do rio Mundaú em relação ao nordeste brasileiro e da mesma e suas regiões em relação aos Estados que a compõem, Alagoas e Pernambuco.	88
3.2	Bacia hidrográfica do rio Mundaú, suas três regiões e estações pluviométricas utilizadas neste trabalho.	89
3.3	Bacia do rio Mundaú e região do entorno do CELMM (contornado em azul). (Fonte: ANA, 2005).	90
3.4	Bacias e rios contribuintes ao CELMM: Bacia do rio Paraíba do Meio, do rio Sumaúma, do rio Remédio e os rios Estivas e Riacho do Silva (Fonte: IBGE, 2000).	90
3.5	Medida do Índice de Oscilação Sul (IOS) em períodos de El Niño e La Niña. (Fonte: CDC/NOAA, 2002).	97
3.6	Série temporal do IME de 1950-2002 (Fonte: CDC/NOAA/ENSO, 2002).	98
3.7	Fases da ODP (Fonte: Mantua / PDO-Internet page).	99
3.8	Períodos predominantemente “quentes” ou “frios” da ODP (Fonte : Mantua /PDO-Internet page).	100
3.9	Área da distribuição espacial das espécies de crustáceos no CELMM.	106
4.1	Média das precipitações anuais de 1955 a 1991 para as três sub-regiões.	109
4.2	Médias Climatológicas para as três sub-regiões.	109
4.3	Médias Climatológicas da precipitação no Baixo Mundaú.	109
4.4	Precipitação média mensal dos municípios do Baixo Mundaú (AL) no período 1955-1991.	109
4.5	Médias Climatológicas da precipitação no Médio Mundaú.	110
4.6	Precipitação média mensal dos municípios do Médio Mundaú (AL) no período 1955-1991.	110
4.7	Médias Climatológicas da precipitação no Alto Mundaú.	111
4.8	Precipitação média mensal dos municípios do Alto Mundaú (AL) no período 1955-1991.	111

4.9	IAC anual para o Baixo Mundaú.	112
4.10	Média do número de dias com e sem chuva no Baixo Mundaú de 1955-1991.	112
4.11	IAC mensal de anos secos (conforme IAC anual) para o Baixo Mundaú.	113
4.12	IAC mensal de anos úmidos (conforme IAC anual) para o Baixo Mundaú.	113
4.13	IAC anual para o Médio Mundaú.	113
4.14	Média do número de dias com e sem chuva no Médio Mundaú de 1963-2004.	113
4.15	IAC mensal de anos secos (conforme IAC anual) para o Médio Mundaú.	114
4.16	IAC mensal de anos úmidos (conforme IAC anual) para o Médio Mundaú.	114
4.17	IAC anual para o Alto Mundaú.	115
4.18	Média do número de dias com e sem chuva no Alto Mundaú de 1955-1991.	115
4.19	IAC mensal de anos secos (conforme IAC anual) para o Alto Mundaú.	116
4.20	IAC mensal de anos úmidos (conforme IAC anual) para o Alto Mundaú.	116
4.21	a) Índice de precipitação para BM (Prp) normalizado pelo desvio padrão; b) Espectro de energia local para Prp. Contornos sombreados correspondem a valores de variância normalizados. Contornos tracejados correspondem a variâncias significativas ao nível de 95%. A curva em forma de U, representado o cone de influência, sob o qual o efeito de borda é importante; c) Espectro global de wavelet, o contorno tracejado indica que o espectro de wavelet global é significativo ao nível de confiança de 95%.	117
4.22	a) Índice de precipitação para MM (Prp) normalizado pelo desvio padrão; b) Espectro de energia local para Prp. Contornos sombreados correspondem a valores de variância normalizados. Contornos tracejados correspondem a variâncias significativas ao nível de 95%. A curva em forma de U, representado o cone de influência, sob o qual o efeito de borda é importante; c) Espectro global de wavelet, o contorno tracejado indica que o espectro de wavelet global é significativo ao nível de confiança de 95%.	118

4.23	a) Índice de precipitação para AM (Prp) normalizado pelo desvio padrão; b) Espectro de energia local para Prp. Contornos sombreados correspondem a valores de variância normalizados. Contornos tracejados correspondem a variâncias significativas ao nível de 95%. A curva em forma de U, representado o cone de influência, sob o qual o efeito de borda é importante; c) Espectro global de wavelet, o contorno tracejado indica que o espectro de wavelet global é significativo ao nível de confiança de 95%.	119
4.24	Área média plantada de cana-de-açúcar (mil ha) por municípios da bacia hidrográfica do rio Mundaú no período de 1990-2005 (Fonte de dados: IBGE).	148
4.25	Área média plantada de cana-de-açúcar (mil ha) na bacia hidrográfica do rio Mundaú no período de 1990-2005 (Fonte de dados: IBGE).	149
4.26	Área média colhida de cana-de-açúcar (mil ha) na bacia hidrográfica do rio Mundaú no período de 1990-2005. (Fonte de dados: IBGE).	151
4.27	Área média de cana-de-açúcar colhida (mil ha) na bacia hidrográfica do rio Mundaú no período de 1990-2005. (Fonte de dados: IBGE).	152
4.28	Quantidade média de carvão vegetal (tn) produzido na bacia hidrográfica do rio Mundaú por localidade no período de 1990-2002 (Fonte de dados: IBGE).	153
4.29	Quantidade média de carvão vegetal (tn) produzido na bacia hidrográfica do rio Mundaú no período de 1990-2002 (Fonte de dados: IBGE)	154
4.30	Produção média de laranja colhida (mil tn) na bacia hidrográfica do rio Mundaú por localidade no período de 1990-2005. (Fonte de dados: IBGE).	155
4.31	Quantidade média de laranja colhida (mil tn) na bacia do rio Mundaú no período de 1990-2005 (Fonte de dados: IBGE).	156
4.32	Litros de leite (mil litros) produzidos em Alagoas e Pernambuco no período de 1997-2006 (Fonte de dados: IBGE).	157
4.33	Quantidade de mel (mil kg) produzida na bacia hidrográfica do rio Mundaú por localidade no período de 1990 a 2004 (Fonte de dados: IBGE).	158
4.34	Média da quantidade de mel (kg) produzida na bacia hidrográfica do rio Mundaú no período de 1990 a 2004 (Fonte de dados: IBGE).	159
4.35	Produção potencial e realizada de arroz (mil tn) em Alagoas e Pernambuco no período de 1996 a 2002. (Fonte de dados: IBGE).	160



4.36	Perdas da produção até a pré-colheita de arroz (%) em Alagoas e Pernambuco no período de 1996 a 2002 (Fonte de dados: IBGE).	161
4.37	Produção potencial e realizada de feijão (mil tn) em Alagoas e Pernambuco no período de 1996 a 2002. (Fonte de dados: IBGE).	162
4.38	Perdas da produção até a pré-colheita de feijão (%) em Alagoas e Pernambuco no período de 1996 a 2002 (Fonte de dados: IBGE).	163
4.39	Produção potencial e realizada de milho (mil tn) em Alagoas e Pernambuco no período de 1996 a 2002. (Fonte de dados: IBGE).	164
4.40	Perdas da produção até a pré-colheita de milho (%) em Alagoas e Pernambuco no período de 1996 a 2002 (Fonte de dados: IBGE).	166
4.41	Distribuição dos cultivos analisados no âmbito da bacia hidrográfica do rio Mundaú. Lê-se AM para Alto Mundaú, MM para Médio Mundaú e BM para Baixo Mundaú. (Fonte de dados: IBGE).	167
4.42	Vista maior da Lagoa Mundaú. Uso e ocupação presentes na Lagoa (Fonte: Google Earth).	169
4.43	Vista aproximada da Figura 4.4.1 com uso e ocupação presentes na Lagoa Mundaú (Fonte: Google Earth).	169
4.44	Uso e ocupação do solo próximo à Lagoa Mundaú/canais entre as lagoas. (Fonte: Google Earth).	170
4.45	Uso e ocupação do solo próximo à Lagoa Manguaba (Fonte: Google Earth).	170
4.46	Uso e ocupação do solo presentes na região dos canais que ligam as duas lagoas (Fonte: Google Earth).	171
4.47	Uso e ocupação do solo presentes na região dos canais que ligam as duas lagoas (Fonte: Google Earth).	171
4.48	Uso e ocupação do solo na região de manguezal (Fonte: Google Earth).	172
4.49	Uso e ocupação do solo na região de praia e pós-praia (Fonte: Google Earth).	172
4.50	Uso e ocupação do solo na região de praia e pós-praia (Fonte: Google Earth).	173
4.51	(a) e (b) Ocupação irregular na lagoa Manguaba no CELMM.	174
4.52	(a) e (b) Ocupação irregular na lagoa Manguaba e às margens de rodovia.	174

4.53	(a) e (b) Ocupação irregular na Lagoa Manguaba no CELMM.	174
4.54	(a) e (b) Ocupação irregular e formação de lixão próximo à Lagoa Manguaba no CELMM.	175
4.55	(a) e (b) Ocupação irregular e especulação imobiliária, próximo à Lagoa Manguaba.	175
4.56	(a) e (b) Ocupação irregular e especulação imobiliária próximo à Lagoa Manguaba.	175
4.57	(a) e (b) Lançamento de esgoto residencial na Lagoa Mundaú.	176
4.58	Profundidade do rio nas três regiões da bacia hidrográfica do rio Mundaú em situações com e sem chuva.	177
4.59	Temperatura da amostra da água do rio nas três regiões da bacia hidrográfica do rio Mundaú em situações com e sem chuva.	178
4.60	pH da água do rio nas três regiões da bacia hidrográfica do rio Mundaú em situações com e sem chuva.	178
4.61	Condutividade elétrica nas três regiões da bacia hidrográfica do rio Mundaú em situações com e sem chuva.	179
4.62	OD nas três regiões da bacia hidrográfica do rio Mundaú em situações com e sem chuva.	180
4.63	Distribuição das espécies dominantes da região da Lagoa Manguaba no CELMM.	181
4.64	Distribuição das espécies dominantes da região da Lagoa Mundaú no CELMM.	182
4.65	Distribuição das espécies dominantes na região de manguezal no CELMM.	182
4.66	Distribuição das espécies dominantes na região dos Canais entre as Lagoas no CELMM.	183
4.67	Distribuição espacial das espécies dominantes no CELMM.	184
4.68	Distribuição média-temporal das espécies dominantes no CELMM.	185

## LISTA DE TABELAS

Tabela		página
4.1	Valor do coeficiente de determinação, correlação e percentual de determinação ( $r^2$ ) entre anomalias de precipitação no BM e quatro índices climáticos.	121
4.2	Previsão da anomalia de precipitação no BM utilizando o índice da ODP para ano seco (1983).	122
4.3	Valor do coeficiente de determinação, correlação e percentual de determinação ( $r^2$ ) entre anomalias de precipitação no MM e quatro índices climáticos.	123
4.4	Previsão da anomalia de precipitação no MM utilizando o índice IOS para ano seco (1957) e úmido (1978).	124
4.5	Valor do coeficiente de determinação, correlação e percentual de determinação ( $r^2$ ) entre anomalias de precipitação no AM e quatro índices climáticos.	125
4.6	Previsão da anomalia de precipitação no AM utilizando o índice ODP para ano seco (1990) e ano úmido (1985).	126
4.7	Valor do coeficiente de correlação e percentual de determinação ( $r^2$ ) entre anomalias de precipitação no BM e quatro índices climáticos.	127
4.8	Teste da previsão de anomalias de precipitação através de equações lineares múltiplas para o BM durante ano seco (1983) e ano úmido (1977).	127
4.9	Valor do coeficiente de correlação e percentual de determinação ( $r^2$ ) entre anomalias de precipitação no MM e quatro índices climáticos.	128
4.10	Teste da previsão de anomalias de precipitação através de equações lineares múltiplas para o MM durante ano seco (1957) e ano úmido (1978).	129
4.11	Valor do coeficiente de correlação e percentual de determinação ( $r^2$ ) entre anomalias de precipitação no AM e quatro índices climáticos.	130
4.12	Previsão de anomalias de precipitação através de equações lineares múltiplas para o AM durante ano seco (1990) e ano úmido (1985).	130
4.13	Valor do coeficiente de determinação, correlação e percentual de determinação ( $r^2$ ) entre anomalias de precipitação da quadra chuvosa no BM e quatro índices climáticos.	131

4.14	Previsão da anomalia de precipitação da quadra chuvosa no BM utilizando o índice de anomalia de TSM para ano seco (1983) e úmido (1977).	132
4.15	Valor do coeficiente de determinação, correlação e percentual de determinação ( $r^2$ ) entre anomalias de precipitação da quadra chuvosa no MM e quatro índices climáticos.	132
4.16	Previsão da anomalia de precipitação da quadra chuvosa no MM utilizando o índice de IME para ano seco (1957) e úmido (1978).	133
4.17	Valor do coeficiente de determinação, correlação e percentual de determinação ( $r^2$ ) entre anomalias de precipitação da quadra chuvosa no AM e quatro índices climáticos.	134
4.18	Previsão da anomalia de precipitação da quadra chuvosa no AM utilizando o índice de IOS para ano úmido (1985).	135
4.19	Valor do coeficiente de determinação, correlação e percentual de determinação ( $r^2$ ) entre anomalias de precipitação da quadra seca no BM e quatro índices climáticos.	136
4.20	Previsão da anomalia de precipitação da quadra seca no BM utilizando o índice ODP para ano úmido (1977).	137
4.21	Valor do coeficiente de determinação, correlação e percentual de determinação ( $r^2$ ) entre anomalias de precipitação da quadra seca no MM e quatro índices climáticos.	137
4.22	Previsão da anomalia de precipitação da quadra seca no MM utilizando o índice da ODP para ano seco (1957) e ano úmido (1978).	138
4.23	Valor do coeficiente de determinação, correlação e percentual de determinação ( $r^2$ ) entre anomalias de precipitação da quadra seca no AM e quatro índices climáticos.	139
4.24	Previsão da anomalia de precipitação da quadra seca no AM utilizando o índice IME para ano úmido (1985).	139

4.25	Valores de percentagem do coeficiente de determinação ( $r^2$ ) e do coeficiente de correlação ( $r$ ) entre anomalia de precipitação no BM durante a quadra chuvosa em 1977 (ano úmido) e 1983 (ano seco), respectivamente.	140
4.26	Previsão de anomalia de precipitação do BM feita através de equações não-linear (quadrática) para a quadra chuvosa do BM em 1977 (ano úmido).	141
4.27	Valores de percentagem do coeficiente de determinação ( $r^2$ ) e coeficiente de correlação ( $r$ ) entre anomalia de precipitação no MM durante a quadra chuvosa em 1957 (ano seco) e 1978 (ano chuvoso), respectivamente.	141
4.28	Valores de percentagem do coeficiente de determinação ( $r^2$ ) e coeficiente de correlação ( $r$ ) entre anomalia de precipitação no AM durante a quadra chuvosa em 1975 (ano úmido) e 1979 (ano seco), respectivamente.	142
4.29	Previsão feita através de equações não-linear (inversa) para a quadra chuvosa do AM em ano úmido (1957).	143
4.30	Valores de percentual do coeficiente de determinação ( $r^2$ ) e coeficiente de correlação ( $r$ ) entre anomalia de precipitação no BM durante a quadra seca em 1977 (ano úmido) e 1983 (ano seco), respectivamente.	144
4.31	Previsão de anomalia de precipitação do BM feita através de funções inversas para a quadra seca do BM em 1977 (ano úmido).	144
4.32	Previsão de anomalia de precipitação feita através de equações quadrática e cúbica para a quadra seca do BM em 1977 (ano úmido).	145
4.33	Valores de percentagem do coeficiente de determinação ( $r^2$ ) e do coeficiente de correlação ( $r$ ) entre anomalia de precipitação no MM durante a quadra seca em 1957 (ano seco) e 1978 (ano úmido), respectivamente.	146
4.34	Previsão de anomalia de precipitação do MM feita através de equações não-linear (cúbica) para a quadra seca em 1957 (ano seco).	146
4.35	Valores de percentagem do coeficiente de determinação ( $r^2$ ) e do coeficiente de correlação ( $r$ ) entre anomalia de precipitação no AM durante a quadra seca em 1985 (ano úmido) e 1990 (ano seco), respectivamente.	147
4.36	Valor médio, desvio padrão e correlação da área média plantada de cana-de-açúcar em cada região da bacia hidrográfica do rio Mundaú. (Fonte de dados: IBGE).	150

4.37	Valor médio, desvio padrão e correlação da área média colhida de cana-de-açúcar em cada região da bacia hidrográfica do rio Mundaú (Fonte de dados: IBGE).	152
4.38	Valor médio, desvio padrão e correlação da quantidade de carvão vegetal produzido em cada região da bacia hidrográfica do rio Mundaú (Fonte de dados: IBGE).	154
4.39	Valor médio, desvio padrão e correlação da quantidade de laranja colhida em cada região da bacia hidrográfica do rio Mundaú (Fonte de dados: IBGE).	156
4.40	Valor médio, desvio padrão e correlação da quantidade de litros de leite produzidos nos Estados que compõem a bacia hidrográfica do rio Mundaú (Fonte de dados: IBGE).	157
4.41	Valor médio, desvio padrão e correlação da média da quantidade de mel (kg) produzidos em cada sub-região da bacia hidrográfica do rio Mundaú (Fonte de dados: IBGE).	159
4.42	Valor médio, desvio padrão e correlação da média da produção potencial de arroz produzidos nos Estados que compõem a bacia hidrográfica do rio Mundaú (Fonte de dados: IBGE).	160
4.43	Valor médio, desvio padrão e correlação da produção realizada de arroz produzidos nos Estados que compõem a bacia hidrográfica do rio Mundaú. (Fonte de dados: IBGE).	161
4.44	Valor médio, desvio e correlação das perdas da produção de arroz até a pré-colheita nos Estados que compõem a bacia hidrográfica do rio Mundaú no período de 1996 a 2002 (Fonte de dados: IBGE).	162
4.45	Valor médio, desvio padrão e correlação da produção potencial de feijão nos Estados que compõem a bacia hidrográfica do rio Mundaú no período de 1996 a 2002 (Fonte de dados: IBGE).	163
4.46	Valor médio, desvio padrão e correlação da produção realizada de feijão nos Estados que compõem a bacia hidrográfica do rio Mundaú no período de 1996 a 2002 (Fonte de dados: IBGE).	163
4.47	Valor médio, desvio padrão e correlação das perdas da produção de feijão até a pré-colheita em cada sub-região da bacia hidrográfica do rio Mundaú no período de 1996 a 2002 (Fonte de dados: IBGE).	164
4.48	Valor médio, desvio padrão e correlação da produção potencial de milho nos Estados que compõem a bacia hidrográfica do rio Mundaú no período de 1996 a 2002 (Fonte de dados: IBGE).	165

4.49	Valor médio, desvio padrão e correlação da produção realizada de milho nos Estados que compõem a bacia hidrográfica do rio Mundaú no período de 1996 a 2002. (Fonte de dados: IBGE).	165
4.50	Valor médio, desvio padrão e correlação das perdas da produção de milho até a pré-colheita nos Estados que compõem a bacia hidrográfica do rio Mundaú no período de 1996 a 2002 (Fonte de dados: IBGE).	166
4.51	Local, forma de uso e ocupação do solo, impactos ambientais e propostas de manejo sugeridas para o CELMM.	186

## LISTA DE EQUAÇÕES

Equação	Descrição
3.1	IAC para anomalias positivas
3.2	IAC para anomalias negativas
3.3	Anomalia de variáveis calculadas a partir da climatologia mensal e normalização através dos respectivos desvios-padrões
3.4	Função ondeleta numa escala a e posição b
3.5	Transformada ondeleta contínua da função (t)
3.6	Função Morlet
3.7	Função para mudar o tamanho total das ondeletas em relação ao tempo
3.8	Função de transformação do conjunto da onda
3.9	Cálculo do percentil de acordo com teste de t-Student



## LISTA DE SÍMBOLOS

%	Porcentagem
Km <sup>2</sup>	Quilômetro quadrado
mm	Milímetro
m <sup>3</sup> /s	Metro cúbico por segundo
m	Metro
°C	Graus Celsius
S	Sul
N	Norte
L	Leste
W	Oeste
mm/dia	Milímetro por dia
km/h	Quilômetro por hora
km	Quilômetro
$\Delta p$	Diferença entre desvios, em relação à média, das pressões registradas ao nível médio do mar.
u	Componente u (zonal) do vento
v	Componente v (meridional) do vento
hPa	hectorPascal
XX	vinte em algarismos romanos
n°	número
>	maior que
<	menor que
H <sup>+</sup>	Hidrogênio
OH <sup>-</sup>	Monóxido de hidrogênio
N	Precipitação mensal atual
$\bar{N}$	Precipitação média mensal da serie histórica
$\bar{M}$	Média das 10 maiores precipitações mensais da série histórica
$\bar{X}$	Média das 10 menores precipitações mensais da série histórica
A Var <sub>I,J</sub>	Anomalia da variável no ano j = 1, 2, 3 ... N e mês i = 1, 2, 3 ... 12
$\overline{Var}_i$	Média climatológica do mês a ser calculado a anomalia
$\sigma_i$	Desvio padrão utilizado para cada mês i específico

$\Psi(t)$	Função simples de pequenas ondas geradas por dilatações e translações
$t$	Variável $t$ da função simples
$[L^2(\mathbb{R})]$	função quadraticamente integrável dentro de um intervalo real
$f(t)$	função que constitui a série de dados a ser analisada
$\Delta t$	variação da variável pelo tempo
$S$	parâmetro de dilatação da onda para mudar a escala
$n$	parâmetro de transformação no tempo
$*$	complexo conjugado de $\phi$
$r^2$	coeficiente de determinação
$r$	coeficiente de correlação
$\alpha$	nível de significância
$t_c$	valor do percentil com grau de liberdade
$p$	porcentagem ou nível de confiança
$t$	valor do percentil tabelado
ha	hectare
tn	tonelada
Kg	quilograma
l	litro
$(\Omega\text{-m})^{-1}$	unidade de medida da condutividade elétrica
mg/L	miligrama por litro

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ODP	Oscilação Decadal do Pacífico.
IME	Índice Multivariado de El Niño Oscilação Sul.
IOS	Índice de Oscilação Sul.
TSM	Temperatura de Superfície do Mar
ENOS	El Niño Oscilação Sul
CELMM	Complexo Estuarino Lagunar Mundaú-Manguaba
NEB	Nordeste do Brasil
AO	Análise Ondeleta
ZCIT	Zona de Convergência Inter-tropical
CE	Ceará
NNE	Norte do Nordeste
POAS	Perturbação Ondulatória dos Alísios
SNE	Sul do nordeste
ZCAS	Zona de Convergência do Atlântico Sul
ENE	Leste do Nordeste
ZCEN	Zona de Convergência do Leste do Nordeste
CCS	Complexo Convectivo de escala sub-sinótica
HS	Hemisfério Sul
HN	Hemisfério Norte
VCANs	Vórtices Ciclônicos de ar superior
AB	Alta da Bolívia
AL	Alagoas
LI	Linha de instabilidade
OMJ	Oscilação de Madden-Julian
PNMM	Pressão ao nível médio do mar
OS	Oscilação Sul
CPTEC	Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IDR	Índice de Descarga do Rio
NCDC	National Climatic Data Center
USA	United States of America
ERSST	Extended Reconstructed Sea Surface Temperature

NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
ATSM	Anomalia de Temperatura de Superfície do Mar
AT	Atlântico Tropical
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental de São Paulo
SEPLAN	Secretaria de Estado do Planejamento e Desenvolvimento
SUDENE	Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste
CNRC	Centro Nacional de Referência Cultural
CDCT	Coordenação de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
PROÁGUA	Programa de Desenvolvimento de Recursos Hídricos
SERHI	Secretaria Estadual de Recursos Hídricos e Irrigação de Alagoas
SRH	Secretaria de Recursos Hídricos
MMA	Ministério do Meio Ambiente
ANA	Agência Nacional das Águas
CPRH	Agência Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos de Pernambuco
pH	Potencial hidrogeniônico
AM	Alto Mundaú
MM	Médio Mundaú
BM	Baixo Mundaú
PDSI	Palmer Drought Severity Index
RAI	Rainfall Anomaly Index
IAC	Índice de Anomalia de Chuva
PDO	Pacific Decadal Oscillation
ODP	Oscilação Decadal do Pacífico
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
Art.	Artigo da Lei
APP	Área de Proteção Permanente
OD	Oxigênio Dissolvido
Prp	Índice de Precipitação
EPG	Espectro Global de ondeleta
EPW	Espectro de Energia
JAN	Janeiro
FEV	Fevereiro

MAR	Março
ABR	Abril
MAI	Maio
JUN	Junho
JUL	Julho
AGO	Agosto
SET	Setembro
OUT	Outubro
NOV	Novembro
DEZ	Dezembro
MDE	Modelo Digital de Elevação
APA	Área de Proteção Ambiental
TO	Transformada de Ondeleita
ROLE	Radiação de Onda Longa Emergente
MS	Mato Grosso do Sul
SEMARHN	Secretaria Executiva de Meio Ambiente e Recursos Hídricos e Naturais do Estado de Alagoas
IMA	Instituto do Meio Ambiente
CASAL	Companhia de Abastecimento de água e Saneamento de Alagoas
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente
MPF	Ministério Público Federal
ABCC	Associação Brasileira de Criadores de Camarão
Ltda	Limitada
Cia	Companhia
CODEPAL	Companhia de Papel de Alagoas
PROFERTIL	Produtos Químicos e Fertilizantes de Alagoas
MAFRIAL	Mafrial Matadouro e Frigorífico de Alagoas
BAMAC	Terminal Aquaviário de Maceió
VCM	Cloreto de Vinila
PVC	Poli-cloreto de Vinila
UFES	Universidade Federal do Espírito Santo
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente

## 1. INTRODUÇÃO

---

A bacia hidrográfica do rio Mundaú encontra-se em acelerado processo de degradação ambiental devido a práticas antrópicas degradantes como o lançamento de esgoto sanitário; deficiência na coleta e disposição inadequada de resíduos sólidos; assoreamento e ocorrência de cheias; lançamento de efluentes industriais não-tratados; exploração indiscriminada dos recursos hídricos e naturais; baixa participação social; ocupação desordenada de áreas de risco, urbanização não consolidada; práticas agrícolas e de pesca inadequadas (MMA, 2008).

Essas ações comprometem a saúde pública a partir de doenças de veiculação hídrica e as atividades turísticas no principal atrativo da região. A exploração pesqueira gera conseqüências sócio-econômicas como redução de oportunidades de trabalho no Complexo Estuarino Lagunar Mundaú-Manguaba (CELMM) e compromete o desenvolvimento sustentável local e de seu entorno (Oliveira, 1997). O gerenciamento para atenuar os efeitos causados por esses problemas exige a identificação e informações de suas causas, o que potencializa a importância dessa pesquisa.

As ações poluidoras que podem ser verificadas na região já justificam a realização de estudos, pesquisas e ações sistemáticas de conscientização ambiental que venham fornecer subsídios para o planejamento e desenvolvimento de mecanismos de gestão capazes de garantir a manutenção de padrões adequados de qualidade ambiental e possibilitar o uso múltiplo dos recursos hídricos.

Estudos que investigam os impactos do clima em áreas de importância sócio-econômica e ambiental e seus efeitos nas atividades econômicas e na população são de extrema importância, pois é através desses estudos que é possível conhecer os problemas da região e ao mesmo tempo tentar solucioná-los, tornando possível o planejamento de ações no setor social, econômico e ambiental. A previsão e diagnóstico climático, também, poderão auxiliar nos planejamentos do uso da água, agrícola, energético, pesqueiro, sucro-alcooleiro e industrial no âmbito da bacia hidrográfica em estudo.

Especificamente, na bacia hidrográfica do rio Mundaú, o presente estudo será muito útil para o desenvolvimento regional através da gestão dos recursos naturais locais, visto que esse rio abastece a região metropolitana da cidade de Maceió. Praticamente, em todos os municípios onde passa, serve à irrigação da cana-de-açúcar (que é uma das principais atividades econômicas realizadas na bacia), é fonte de turismo com suas belezas naturais,

abastece as indústrias sucro-alcooleiras e petroquímicas e abriga o CELMM, um dos principais estuários do país.

Adicionalmente, com a compreensão dos mecanismos geradores de precipitação, da sua variabilidade espaço-temporal e dos seus efeitos que, ora afetam as atividades agrícolas e conseqüentemente a população da região, a sociedade ganhará no sentido de planejar suas atividades e reduzir perdas.

Trabalhos que utilizam índices de variabilidade climática, em escala global, para estudar os efeitos dos fenômenos planetários em variáveis hidrometeorológicas (Molion e Moraes, 1987; Andreoli *et al.*, 2007), local e regional (Medeiros e Molion, 2002), no âmbito de bacias hidrológicas (Da Silva, 2003) não são muito freqüentes na literatura. Também, ainda é pouco utilizado o índice de Oscilação Decadal do Pacífico (ODP) para compor estudos dos efeitos da variação de temperatura do Pacífico Norte sobre a região Nordeste e particularmente inédito sobre bacias hidrográficas. O ODP será testado como índice previsor de anomalias de precipitações, juntamente com os índices Índice Multivariado de El-Niño Oscilação Sul (IME) e Índice de Oscilação Sul (IOS). Será estudada também a influência do Oceano Atlântico na bacia hidrográfica. Portanto, a proposta desta pesquisa é inédita no que se refere a estudos sobre variações ocorridas nas temperaturas de superfície dos mares (TSM) e seus efeitos sobre a bacia hidrográfica do rio Mundaú.

O objetivo principal deste trabalho é o de analisar a climatologia da bacia hidrográfica em questão, mostrando sua variabilidade espaço-temporal, os principais eventos que a causa e ao mesmo tempo verificar como isso afeta aspectos ambientais e agroeconômicos.

Essa ação mostrará o papel da disponibilidade de água na produção agrícola, no uso da irrigação e conseqüentemente, na economia local. No que se refere à influência da precipitação aos aspectos ambientais, as informações climatológicas servem como ferramenta para a gestão de pesca e carcinocultura, além de se relacionar fortemente com a qualidade de água na bacia hidrográfica e na distribuição dos crustáceos, os quais são fonte de renda para população ribeirinha.

Espera-se que sejam estabelecidos os graus de relação entre aspectos meteorológicos de grande escala e de escalas regional e local. Espera-se ainda, aprofundar os conhecimentos relativos à climatologia na área de estudo e propor equações matemáticas que sejam capazes de prever a precipitação, fato que auxiliará na tomada de decisão dos vários setores de planejamento.

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- Conhecer as causas (fenômenos) e as escalas temporais da variabilidade climática local e os seus efeitos na região da bacia hidrográfica;
- Gerar diagnóstico e prognóstico úteis aos setores ligados aos recursos hídricos;
- Propor equações previsoras de anomalias de precipitação, utilizando os índices climáticos: IME, IOS e ODP e anomalias de temperatura da superfície do Oceano Atlântico. Tal procedimento poderá ser usado como instrumento na gestão agrícola, sócio-econômica e dos recursos hídricos. Paralelamente, pode-se ainda, através das correlações, quantificar a influência do clima global sobre a bacia hidrográfica;
- Gerar informações sobre a produção agrícola e aspectos sócio-ambientais, auxiliando na tomada de decisões e no gerenciamento da bacia hidrográfica.
- Diagnosticar a degradação ambiental no CELMM e gerar proposta de manejo local adequado.

Este trabalho foi organizado em 6 capítulos. Uma revisão bibliográfica sobre os temas relevantes para a pesquisa foi abordada no Capítulo 2. O Capítulo 3 traz a metodologia adotada em todas as etapas do trabalho, área de trabalho, dados utilizados e cronograma de execução das atividades. O Capítulo 4 é composto pela análise e discussões dos resultados, sendo primeiramente apresentada a análise climatológica para a bacia hidrográfica, seguido pela análise de sua produção agrícola e por fim, a análise ambiental da área, com ênfase no CELMM. As conclusões e recomendações são apresentadas no Capítulo 5 e, no Capítulo 6, têm-se as referências bibliográficas utilizadas ao longo desse trabalho.



## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

---

### 2.1 BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MUNDAÚ

A bacia hidrográfica do rio Mundaú ocupa parte do sudeste pernambucano e do centro-norte-oriental de Alagoas, drenando as microrregiões homogêneas da Mata Alagoana e de Maceió. O principal rio da bacia, o rio Mundaú, nasce a oeste da cidade pernambucana de Garanhuns, na parte sul do Planalto da Borborema e entra em Alagoas pela Cachoeira da Escada, situada ao sul da cidade pernambucana de Correntes e a noroeste da cidade alagoana de Santana do Mundaú. Depois, o rio Mundaú atravessa a área central da Mata Alagoana e chega ao litoral, com a sua foz afogada, formando a Lagoa Mundaú (Tenório, 1985).

No âmbito da referida bacia hidrográfica há ocorrência dos biomas Caatinga, Mata Atlântica e Restingas e manguezais; de vegetações originais da Caatinga, Floresta Tropical Atlântica e Vegetação litorânea, climas Semi-árido e Tropical. Há presença das estruturas geológicas Escudos cristalinos (Pré-cambriano) e Sedimentos recentes (Cenozóicos). A região é influenciada pela massa de ar Tropical Atlântica. Seu principal recurso mineral é o cobre e a agricultura baseia-se na cana-de-açúcar e cultivo de grãos. A taxa de urbanização varia de 68% a 78% e a densidade demográfica é superior a 100 habitantes por Km<sup>2</sup> nas maiores cidades (Atlas Geográfico Melhoramentos, 2002).

A bacia é composta por regiões assoladas por eventos adversos (desde sistemas sinóticos a mecanismos de grande escala) que proporcionam eventos de secas ou enchentes. O escoamento nas cabeceiras do rio é temporário devido à má distribuição de chuvas na região Nordeste do Brasil, mas no período chuvoso, com o aumento da precipitação, o escoamento cresce, e torna-se lento devido à presença das lagoas Mundaú e Manguaba, cujas águas escoam lentamente para o oceano devido à topografia local.

No curso médio da bacia, as enchentes já causaram prejuízos tendo, inclusive, provocado a relocação de assentamentos urbanos. Historicamente, as maiores enchentes ocorreram nos trechos médio e baixo da bacia hidrográfica do rio Mundaú. Em Santana do Mundaú, a máxima enchente registrada ocorreu em 03/03/1993 (SUDENE, 1999).

As chuvas dos meses de fevereiro a julho correspondem, climatologicamente, à aproximadamente 73% de toda precipitação anual local. O período chuvoso da região coincide com a época em que ocorrem os distúrbios de leste, chamados de Ondas de Leste,

que somados com sistemas de escala local (Convergência dos Alísios e Brisa Terrestre), intensificam as chuvas, principalmente à noite (Costa *et al.*, 2005).

A precipitação média anual na bacia é de 900 mm. Os máximos valores de precipitação concentram-se próximos à região litorânea, com médias anuais em torno de 2000 mm. Esses valores são conseqüências de influências de brisas marítimas e de sistemas atmosféricos globais que transportam mais umidade para o continente, provocando maior concentração de chuvas nessa área. Verifica-se diminuição na precipitação à medida que se adentra no continente, devido à aproximação da região do polígono das secas (Gomes *et al.*, 2004).

O rio Mundaú é perene, tem vazão média anual de 30,6 m<sup>3</sup>/s e é o rio cujas águas são as mais utilizadas na bacia hidrográfica. Existem quatro usinas canavieiras instaladas ao longo do seu curso, suas águas servem para irrigação, fábricas de açúcar e álcool, gera energia, 'doa' areia, é usado para o lazer e pesca e abastece praticamente todas as cidades por onde passa.

No âmbito da bacia hidrográfica do rio Mundaú, que é uma área de grande produtividade primária, porém ecológica e ambientalmente muito vulnerável, há a presença de várias atividades econômicas, como atividades ecológicas relacionadas aos manguezais, cultivo de cana-de-açúcar, atividades da indústria petroquímica, turismo, pesca, lazer e atividades culturais como preservação do patrimônio histórico, principalmente na cidade de Marechal Deodoro (Da Silva *et al.*, 2006).

No baixo curso do rio Mundaú, já na sua foz, encontram-se as lagoas Mundaú e Manguaba, localizadas no litoral médio do Estado de Alagoas, a sudeste da cidade de Maceió. Essas lagoas foram constituídas pelo barramento da foz dos rios Mundaú e Paraíba do Meio, por deposição dos sedimentos marinhos e o conseqüente afogamento de seus leitos. Dentre as 17 lagoas do litoral alagoano, essas duas lagoas se destacam pela extensão, proximidade da capital, número de habitantes, produtividade e problemas ambientais e sociais (Souza *et al.*, 2004).

As lagoas Mundaú e Manguaba compõem um ecossistema lagunar onde se processa a dinâmica de escoamento das águas das bacias hidrográficas dos rios Mundaú e Paraíba do Meio, respectivamente, e o fluxo e refluxo das marés. As lagoas se interligam em sua porção inferior através de canais, apresentando uma única comunicação com o mar (Souza *et al.*, 2004). Entre as lagoas, encontra-se a ilha de Santa Rita e, na região costeira, há manguezais, restingas e dunas (Diegues, 1987)

A lagoa Mundaú tem cerca de 27 Km<sup>2</sup>, 2 m de profundidade e constitui o baixo curso da bacia hidrográfica do rio Mundaú, que drena uma área de 4.126 Km<sup>2</sup> e percorre 30 municípios, dos quais oito apresentam sedes municipais ribeirinhas. Essa lagoa situa-se

próximo a Maceió e banha Fernão Velho, Santa Luzia do Norte e Coqueiro Seco. Sua origem é o rio Mundaú, associado ao sentido de seu vale, seguindo a forma de um estuário, antes de ter evoluído para a lagoa de hoje. Outra consequência para a formação da atual paisagem lagunar é o processo de erosão. As águas que alimentam a Lagoa vêm tanto do mar, quanto do rio Mundaú e seus afluentes (riacho da Silva, Petrópolis, Catolé, Santo Cristo, Matroé entre outros) (Tenório, 1985).

A lagoa Manguaba, por sua vez, tem aproximadamente 42 Km<sup>2</sup>, 3 m de profundidade e constitui a região estuarina dos rios Paraíba do Meio e Sumaúma. O primeiro apresenta uma bacia hidrográfica de 3.330 Km<sup>2</sup> e percorre 20 municípios, dos quais 13 apresentam sedes municipais ribeirinhas, enquanto que o Sumaúma drena uma área de 406 Km<sup>2</sup> e percorre 6 municípios, contando com 1 sede municipal ribeirinha (Platonov e Oliveira, 2000).

O rio Mundaú é o principal fornecedor de água para a Lagoa Mundaú, enquanto o Rio Paraíba do Meio é o principal fornecedor de água para a Lagoa Manguaba. As águas dessas lagoas encontram-se numa zona de canais com 12 Km<sup>2</sup>, perfazendo um total de 81 Km<sup>2</sup> (Souza *et al.*, 2004; Diegues, 1987).

Como mencionado anteriormente, essas duas lagoas compõem o Complexo Estuarino-Lagunar Mundaú/Manguaba (CELMM) o qual, por sua extensão e pela riqueza de suas águas constitui um sistema de expressivo potencial econômico e possível de ser aproveitado, sem prejuízos para o ambiente, desde que o gerenciamento de suas águas seja adequadamente promovido.

No CELMM, o clima é quente com temperaturas médias do ar anuais em torno de 24°C. A vegetação característica da área restringe-se às Formações Pioneiras tanto de influência marinha (restinga) herbácea, quanto de influência Fluvio-marinha arbórea (manguezal). Ocorrem espécies vegetais da restinga como *Remirea marítima* (alecrim da praia), *Paspalum vaginatum* (capim da praia), *Ipomoea prescapae* (salsa da praia) e *Canavalia obtusifolia* (feijão da praia). Entre as vegetações que compõem os bosques de manguezais associados às lagoas estão *Rhizophora mangle* (mangue vermelho), *Laguncularia racemosa* (mangue branco), *Avicenia shueriana* (mangue preto) e *Hibiscus titiaceus* (guaxuma) (Marques *et al.*, 1993).

Algumas aves locais dependem diretamente da área, como *Netta erythrophthalma* (paturi preto), *Hoploxypterus cayanus* (mexeriqueira), *Charadrius collaris* (maçarico de coleira), *Arenaria interpres* (agachadeira), *Numerius phaeopus* (bacuira de bico torto), *Calidris minutilla* (maçariquinho) e *Limnodromus griséus* (maçarico de costas brancas) (Marques *et al.*, 1993).

Segundo Marques *et al.* (1993) os peixes encontrados no CELMM estão representados pelas espécies *Aeotobatus narinari* (arraia-pintada), *Selenaspis sp.* (bagre), *Epinephelus itajara* (mero), *Cynoscion sp* (pescada), *Mugil sp.* (tainha), *Diapterus sp.* (carapeba), *Centropomus sp.* (robalo), *Mugil cephalus* (curimã). Já os moluscos, pelas espécies *Mytella falcata* (sururu), *Tagelus pleberius* (unha de velho), *Macona constricta* (taioba), *Anamalocardia brasiliiana* (maçunim) e os crustáceos pelas espécies *Callinectes danal* (siri-azul), *C. bocourti* (siri-grajaú), *Penaeus schimitti* (camarão-branco), *P. aztecus subtilis* (rajadinho), *Ucides cordatus* (carangueijo-uça), *Cardisoma guanhumi* (guaiamum) e *Macrobrachium sp.* (camarão de água doce).

Essa região é um aporte de nutrientes carregados pelos cursos d'água interioranos, originando um sistema altamente produtivo, onde se desenvolve uma série de organismos importantes como fonte de alimento para o homem como *M. falcata*, *P. schimitti*, *Cynoscion sp.* e *Centropomus sp.* É uma área de alimentação e descanso de organismos marinhos e aves. Os recursos pesqueiros são ricos e abundantes, porém o molusco *M. falcata* (sururu) é o prato típico da região representando, em safra normal, o maior volume de produção. O camarão de todos os tipos, tanto de água doce como de água salgada é também abundante nas lagoas (Marques *et al.*, 1993).

No entanto, segundo Pereira Barros e Macedo (1969) *apud* Granja (1969) há grande desequilíbrio no ecossistema lagunar nos meses mais rigorosos de inverno quando a salinidade cai para zero ou próximo. Se o fenômeno se prolonga por muitos dias, a mortalidade das colônias de sururu é fatal. Será parcial ou total dependendo das enchentes do rio Mundaú. Quando a mortalidade é total, há grave desequilíbrio sócio-econômico com grande repercussão para o Estado, na população que reside às margens da Lagoa e que depende direta ou indiretamente da sua exploração.

O sururu prolifera nas partes mais rasas da lagoa, dentro da lama e vive em colônias numerosas. Cresce, engorda e sobrevive de acordo com o teor de salinidade da água, que não deve ser nem muito doce, nem muito salgada; o ideal é entre 5% e 15%. Somente as águas da lagoa Mundaú oferecem essa condição. Por isso, ali habitam com grande abundância e é a espécie de maior volume de produção do Estado de Alagoas, chegando a aproximadamente 6 toneladas ao ano (Granja, 1969).

De acordo com Teixeira e Sá (1998), o CELMM, além de se caracterizar pela diversidade de habitats, também se caracteriza pela diversidade de espécies de peixes (Teixeira e Falcão, 1992), assim como pela diversidade de macrocrustáceos (Pereira-Barros, 1981; Silva, 1992). Bancos de sururu (*M. falcata*) se formam principalmente na Lagoa

Mundaú e certamente, criam microhabitats à parte, cuja complexidade contribui com a distribuição e a abundância de vários organismos.

Dentre os fatores abióticos, a salinidade parece ser o mais importante como regulador da distribuição e abundância dos macrocrustáceos no CELMM. Efeitos da salinidade têm influenciado o desaparecimento local do sururu, os quais foram amplamente discutidos por Asbury (1979). A salinidade também é um fator importante que controla a distribuição de espécies de peixes dentro do complexo estuarino, como por exemplo os bagres (Melo e Teixeira, 1992), os eleotridídeos (Teixeira, 1994), os gerreídeos (Teixeira e Helmer, 1997) e o camurim *Centropomus undecimalis* (Teixeira, 1997), entre outros, os quais apresentaram altas proporções de crustáceos em seus conteúdos estomacais.

A temperatura da água pouco flutua ao longo do ano e, durante o período de chuvas, o sistema transforma-se em um grande manancial de água doce. Os valores de transparência da água diminuem durante o período de chuvas devido à grande quantidade de sedimentos trazidos pelos rios. Os “blooms” de algas que ocorrem principalmente durante a primavera contribuem para a depleção nas taxas de saturação do oxigênio dissolvido em determinadas áreas das lagoas, ocasionando a morte principalmente de peixes com baixa capacidade de natação (Teixeira e Falcão, 1992). Os crustáceos, aparentemente, são mais resistentes às depleções nas taxas de oxigênio dissolvido (Teixeira e Sá, 1998).

## 2.2 ASPECTOS CLIMATOLÓGICOS

O Nordeste do Brasil (NEB) é conhecido por apresentar em alguns anos secas severas ou chuvas excessivas, que têm sido relacionadas aos padrões anômalos de grande escala da circulação atmosférica global associados ao fenômeno El-Niño-Oscilação Sul (ENOS).

As secas severas no NEB, objeto de inúmeros estudos por seus impactos sociais e econômicos, têm sido relacionadas à ocorrência do El Niño. Esta hipótese é baseada no fato de que para alguns anos de El Niño (fortes ou moderados) ocorrem secas severas no NEB (Andreoli *et al.*, 2004; Aragão, 1986).

Entretanto, a relação entre El Niño e as secas no NEB não só comporta uma forma de interpretação (Kane e Trivedi, 1988; Kane, 1992; Kane, 1997). Kane (1997) mostrou que dos 46 El Niños (fortes e moderados) do período de 1849-1992, somente 21 (45%) estiveram associados a secas severas em Fortaleza, por exemplo.

Haja vista que as análises espectrais das séries de ATSM para os Oceanos Atlântico e Pacífico são caracterizadas por oscilações em escalas de tempo interanual e decadal, sendo a escala interanual mais pronunciada na região do Pacífico e a decadal, no Atlântico (Hastenrath e Kaczmarczyk, 1981; Sperber e Hameed, 1993; Mehta e Delworth, 1995), é importante verificar quais escalas exercem influência sobre a variabilidade pluviométrica de uma bacia hidrográfica.

Apesar da variabilidade de TSM no Pacífico ser dominada por variabilidades na escala de tempo interanual, Zhang *et al.* (1997) separaram a variabilidade temporal do Pacífico em duas componentes: uma relacionada à escala de variabilidade interanual do ciclo ENOS e a outra, linearmente independente incluindo toda a variabilidade interdecadal.

Assim, as variações da precipitação em regiões das bacias hidrográficas do rio Mundaú foram estudadas utilizando a Análise Ondeleta (AO). Esta técnica envolve transformação de uma série unidimensional em um espaço de tempo e frequência, o que permite determinar as escalas de variabilidade dominantes e suas variações temporais.

Sabe-se também que a precipitação no NEB é resultante do acoplamento de diversos sistemas atmosféricos de várias escalas quase periódicos, como a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) (Uvo, 1989), os Vórtices Ciclônicos de Ar Superior (Aragão, 1975; Kousky e Gan, 1981), os Sistemas Frontais (Kousky, 1979), e os Distúrbios de Leste (Espinoza, 1996), que podem ser modificados pelas características fisiográficas da região e por anomalias atmosféricas de escala planetária. Destacam-se o dipolo do Atlântico e o ENOS, que modificam a frequência, distribuição espacial e intensidade desses sistemas (Araújo, 2006); deste modo, faz-se necessário estudar a variabilidade interanual com ênfase na quadra chuvosa da região.

### **2.2.1 Mecanismos produtores de chuva na bacia hidrográfica do rio Mundaú**

De acordo com Aragão (1975) os efeitos dinâmicos são os principais responsáveis por estimular ou inibir a precipitação na região do NEB de forma que:

Em dezembro e janeiro admite-se que o principal efeito dinâmico favorável à precipitação, principalmente ao sul da região, é a penetração de frentes frias oriundas do Sul do continente, afirmação reforçada por Kousky (1979).

Em fevereiro ocorre convergência de massa nos níveis baixos, associada a movimento vertical ascendente favorecendo a precipitação.

Em março ocorre divergência de massa nos baixos níveis, convergência nos níveis médios associado a movimento vertical descendente inibindo a precipitação.

Em Aragão (1975), ainda, é afirmado que, durante os períodos de seca na região do NEB, há suficiente umidade nos baixos níveis da atmosfera, mas inexistente um mecanismo dinâmico capaz de provocar movimentos ascendentes que tenham como resultado formação de nuvens suficientemente desenvolvidas para produzir precipitação.

As razões físicas da variabilidade da precipitação do NEB são complexas e estão relacionadas com a circulação atmosférica global.

As ocorrências de anomalias de TSM tipo dipolo sobre o Atlântico Tropical, assim referida por apresentar configurações que mostram anomalias de sinais opostos ao norte e ao sul do equador, e o aparecimento de anomalias de TSM sobre o Pacífico Equatorial central leste durante as ocorrências de episódios de ENOS (Hastenrath e Heller, 1977; Moura e Shukla, 1981; Aragão *et al.*, 1994; Andreoli e Kayano, 2003) estão entre os principais fatores de grande escala que contribuem para as mudanças na circulação atmosférica responsáveis pela variabilidade interanual da precipitação sobre o NEB.

Segundo Hastenrath e Heller (1977) e Moura e Shukla (1981) as configurações tipo dipolo de TSM sobre o Atlântico Tropical, verificada para o norte do Nordeste também foi observada na estação chuvosa do litoral leste do Nordeste.

Já para Andreoli e Kayano (2006), os efeitos isolados de variabilidade de TSM do Atlântico Sul nas chuvas do NEB são mais pronunciados e estatisticamente mais significativas durante o outono. Nesse caso, segundo as autoras, as TSMs do Atlântico Sul são responsáveis pelo posicionamento anômalo da ZCIT, o qual afeta a distribuição das chuvas no NEB.

As características climatológicas da precipitação no leste do NEB foram investigadas por Lima (1991). Os principais processos responsáveis pela variação interanual da precipitação sobre a região são a posição e intensidade dos sistemas de alta pressão no Atlântico Sul (segundo a autora, parece ser o mecanismo que melhor determina a quantidade da estação chuvosa nessa região), as ocorrências ou não de El Niño e a TSM no Atlântico.

Calbete e Lemos (1996) ao estudarem precipitações intensas sobre o Brasil apontaram os sistemas que atuam sobre a região Nordeste: linhas de instabilidade associadas à brisa marítima, distúrbios de leste, vórtices ciclônicos e sistemas de grande escala como a ZCIT, como sendo os grandes responsáveis por chuvas intensas. Por exemplo, os distúrbios de leste, em julho e agosto de 1989, provocaram desvios positivos de precipitação superiores a 300 mm no litoral de Pernambuco e em Guaramiranga-CE. Em junho de 1994, ocorreram chuvas

em Fortaleza-CE, onde a precipitação mensal foi aproximadamente três vezes superior à média climatológica. Em algumas localidades do Piauí, os totais mensais foram sete vezes superiores à média climatológica. Esse excesso de precipitação foi causado pela atuação de distúrbios de leste e pelos ventos Alísios que formaram uma zona de confluência sobre a parte norte do Nordeste.

Molion e Bernardo (2002) sugerem que a variabilidade interanual da distribuição de chuvas sobre o NEB, tanto nas escalas espacial quanto temporal, esteja intimamente relacionada com as mudanças nas configurações de circulação atmosférica de grande escala e com a interação oceano-atmosfera nos Oceanos Pacífico e Atlântico. Eles apontaram, para o norte do NEB (NNE), que os principais mecanismos de produção de chuva são a ZCIT, a convergência de umidade (brisas e perturbações oscilatórias no campo dos ventos Alísios-POAS), a convecção local e, muito raramente, a influência direta das frentes frias. O sul do NEB (SNE) tem, como principal mecanismo de precipitação, os sistemas frontais estacionários alimentados pela umidade proveniente do Atlântico Sul, que definem a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), sistemas pré-frontais, convecção local e brisas de mar e terra no litoral. O regime do SNE é semelhante ao da parte norte da região Sudeste do Brasil. O máximo de chuvas na faixa costeira do leste do NEB (ENE) estaria ligado à maior atividade de circulação de brisa que advecta bandas de nebulosidade para o continente e à ação das frentes frias, ou seus remanescentes, que se propagam ao longo da costa. Foi sugerido ainda que esse máximo de chuvas estaria possivelmente associado à máxima convergência dos Alísios com a brisa terrestre, à Zona de Convergência do ENE (ZCEN) e às POAS que, por sua vez, associam-se à topografia e à convergência de umidade (Molion e Bernardo, 2002).

#### 2.2.1.1 Perturbações Oscilatórias no Campo dos Ventos Alísios (POAS)

No Atlântico Sul, a convergência dos ventos de sul, associados aos sistemas frontais que passam pelo continente sul-americano, com os Alísios, provoca perturbações ondulatórias que se propagam para oeste, imersas no campo dos Alísios, as POAS.

Esses sistemas são de extrema importância para o NEB, porque causam intensas precipitações sobre o continente, quando se deslocam sobre superfícies oceânicas superaquecidas com temperatura por volta de 28°C.

As POAS se originam quando os sistemas frontais do hemisfério norte (HN) penetram profundamente em latitudes equatoriais durante o inverno-primavera daquele Hemisfério,



dezembro a abril, e a ZCIT está em sua posição mais ao sul, tanto sobre o Atlântico quanto sobre a África Equatorial produzindo, na região da ZCIT, grandes complexos convectivos de escala subsinótica (CCS) que, por sua vez, geram perturbações ondulatórias no campo dos ventos Alísios (POAS) (Molion e Bernardo, 2000 e Da Silva, 2003).

Yamazaky e Rao (1977) *apud* Molion e Bernardo (2002) analisaram imagens de satélites para as faixas de 5°-10° S e 10°-15° S e concluíram que as POAs poderiam ser a causa das chuvas na costa leste do NEB nos meses de junho a agosto.

As POAS se propagam para oeste com velocidades de 6° a 8° de longitude por dia, cruzam o equador, mas não têm condições de se desenvolverem sobre o oceano devido à forte inversão psicrotérmica (de umidade e temperatura do ar) sempre presente sobre o campo dos Alísios. Porém, geralmente se intensificam quando chegam à costa, devido ao aumento da convergência do fluxo de umidade e ao contraste térmico entre continente e oceano. Quando em fase com a brisa marítima, essas perturbações chegam a penetrar até 300 Km para o interior do continente. Se confluírem com a brisa terrestre, o que ocorre com frequência próximo à costa leste do Nordeste à noite, podem intensificar-se e causar tempestades com totais pluviométricos superiores a 50 mm/dia e rajadas de vento superiores a 50 Km/h. Sua maior frequência é observada em anos de La Niña devido à maior troca de energia entre as regiões tropicais, ao contrário do que ocorre em anos de El Niño, que causa um bloqueio das frentes frias que são uma das causas de POAS (Molion e Bernardo, 2002).

#### 2.2.1.2 Ondas de Leste

São ondas que se formam no campo da pressão atmosférica, ao longo dos Alísios, na faixa tropical do Globo, deslocando-se de leste para oeste. Embora não seja fácil distinguí-las nas cartas sinóticas, essas ondas são capazes de causar precipitações acentuadas ao longo de suas trajetórias. Na região de baixa pressão da onda, o tempo é caracteristicamente chuvoso, associando-se frequentemente a tempestades. As nuvens dos tipos cumulus e cumulonimbus destacam-se (Vianello e Alves, 2000).

Na América do Sul, as ondas de leste ocorrem na faixa tropical do Oceano Atlântico e deslocam-se para oeste até atingir o litoral e a Zona da Mata do NEB, desde o Recôncavo Baiano até o litoral do Rio Grande do Norte, principalmente no inverno. Como essa região é dominada pela massa tropical marítima e pelo Anticiclone do Atlântico Sul, que provoca subsidência e a conseqüente inversão dos Alísios, essas ondas se desenvolvem e se deslocam sob tais condições.

Entretanto, à proporção que a baixa avança, promove-se a subida da inversão dos Alísios. O ar úmido é injetado pela circulação anticiclônica e a zona de convergência, associada ao cavado, provoca ascensão desse ar, favorecendo a formação de nuvens de grande extensão vertical. Imediatamente após a passagem da onda, o nível de inversão dos Alísios volta a baixar (Vianello e Alves, 2000).

### 2.2.1.3 Vórtices Ciclônicos em Altos Níveis (VCAN)

Os VCANs são sistemas caracterizados por uma baixa pressão originada na alta troposfera. Possuem uma circulação ciclônica fechada com centro mais frio que a sua periferia. Os VCANs atuam sobre a costa leste no Nordeste, principalmente durante o verão do hemisfério sul (HS), e formam-se anualmente. Podem ter um tempo de atividade curto ou persistirem por vários dias consecutivos, ou mesmo semanas, mantendo-se quase-estacionários ou movendo-se rápida e irregularmente de acordo com Varejão-Silva (2001). Para sua formação, parece ser necessário que a Alta da Bolívia (AB) esteja bem desenvolvida sobre o continente e seu deslocamento longitudinal, para leste ou oeste, está associado ao deslocamento do anticiclone acoplado, que se estabelece junto à costa da África.

De acordo com Silva *et al.* (2001), a atuação dos VCANs é a principal causa para o aumento ou decréscimo da taxa de precipitação durante o verão no NEB. Um VCAN atuou sobre o NEB em fevereiro de 1992, trazendo chuvas e fazendo com que o total mensal de precipitação atingisse 226 mm na cidade de Maceió (AL), quando a média histórica é de 80 mm. Em janeiro de 2002, um VCAN fez com que o total pluviométrico mensal atingisse a marca de 381 mm em Maceió, tendo sido o janeiro mais chuvoso dos últimos 100 anos.

Simpson (1952) verificou que o deslocamento dos vórtices ciclônicos geralmente é irregular, porém existe uma tendência nas baixas latitudes, entre 10° – 15°S, de deslocamento para oeste e os que se formam na costa leste do Brasil deslocam-se também para oeste, em direção ao interior do continente.

Aragão em 1975 detectou a presença de um vórtice ciclônico de ar superior sobre o NEB utilizando um modelo diagnóstico tri-dimensional, nos dias 22 e 23 de janeiro de 1970.

Lacava (1995), ao estudar a formação e a estrutura dos VCANs, destacou que na sua maioria, os vórtices ciclônicos se originam nos meses de verão sobre o Oceano Atlântico.

Souza *et al.* (2001) destacaram que, nos meses de novembro e dezembro de 2000, os VCANs ficaram semi-estacionários, enquanto nos meses de janeiro e fevereiro, esses adentraram sobre o continente atuando sobre o Centro-norte do país. No verão de 2000/2001,

notaram que houve uma maior atuação de VCANs sobre essa região do país e na maioria dos casos os VCANs ficaram semi-estacionários sobre o estado da Bahia inibindo assim a precipitação no centro-leste desse Estado. Dependendo do posicionamento geográfico do seu centro de subsidência, eles podem intensificar a precipitação fazendo com que os totais mensais de precipitação sejam superiores a 300% das normais climatológicas, ou contribuir para que o verão seja mais seco e mais quente nas localidades sob a região de movimento descendente.

De acordo com Kousky e Gan (1981) os VCANs, na vizinhança do NEB, formam-se devido à intensificação simultânea da crista associada à Alta da Bolívia e ao cavado corrente abaixo sobre o Oceano Atlântico. Isto ocorre quando um sistema frontal proveniente do sul do Brasil, ao penetrar nos subtropicais, provoca forte advecção de ar quente no seu lado leste, amplificando a crista de nível superior e, por conservação de vorticidade absoluta, o cavado que está à jusante também é intensificado, formando-se o ciclone na alta troposfera.

#### 2.2.1.4 Linhas de Instabilidade (LI)

Segundo Vianello e Alves (2000), esses sistemas são designados linhas de instabilidade em virtude da forma alongada que assumem. No continente sul-americano, ocorrem no interior da massa equatorial continental e o forte aquecimento diurno desempenha papel de destaque em sua formação. Na estação do verão, o dia amanhece calmo e o céu azul. À medida que a intensa radiação solar incide sobre a região tropical, inicia-se o processo de desenvolvimento de cumulus, atingindo formações de cumulonimbus, isoladas ou alinhadas, desenvolvem-se rapidamente, provocando pancadas fortes e localizadas, associando-se a rajadas, granizo, descargas elétricas ou trovoadas.

As LI são bandas de nuvens causadoras de chuva, normalmente do tipo cumulus, organizadas em forma de linha. Outro fator que contribui para o incremento das LI, principalmente nos meses de fevereiro e março, é a proximidade da ZCIT.

Geralmente associadas às ondulações frontais, formam-se pequenas depressões barométricas, ao longo das quais formações cumuliformes se desenvolvem e se deslocam, podendo resultar em chuvaradas intensas e localizadas. Essas formações ocorrem principalmente no verão do HS (dezembro a março), encontram-se ao sul da Linha do Equador influenciando as chuvas no litoral norte do NEB e regiões adjacentes ocorrendo no período da tarde e início da noite (Varejão-Silva, 2001).

### 2.2.1.5 Brisas marítima e terrestre

Nobre e Molion (1987) sugeriram que a confluência dos Alísios com a brisa de terra (noturna) pode ser um dos mecanismos importantes na produção de chuva na região costeira.

Durante o dia, o vento sopra do mar para a terra e em sentido contrário durante a noite. No início da manhã, a diferença de temperatura entre a terra e o mar é pequena, resultando num escoamento praticamente nulo. À medida que o Sol se eleva, a terra se aquece mais rapidamente que o mar, porque o calor armazenado no continente fica concentrado na superfície atingindo uma profundidade de aproximadamente 1 m, no continente, enquanto no oceano, que armazena uma quantidade maior de calor, é transmitido para camadas mais profundas e transportado pelas correntes marinhas, resultando na formação de uma baixa pressão sobre a terra. Nesse caso, a força, devida ao gradiente horizontal de pressão, determina um escoamento à superfície, do mar para a terra. Na região terrestre aquecida, a convecção dá origem a correntes ascendentes. Por continuidade da massa, fecha-se uma célula de circulação, caracterizando um escoamento de terra para o mar em níveis superiores (1.500 a 2.000 m) da camada, e correntes descendentes sobre o mar. À tarde, quando a terra se esfria e desaparece o contraste de temperatura, a brisa cessa.

À noite, em razão da maior taxa de resfriamento continental, em relação ao oceano, inicia-se a formação de um novo contraste térmico, permanecendo o mar mais aquecido que o continente. Nesse caso, as isóbaras irão afastar-se sobre o mar, estabelecendo aí uma baixa pressão, contrastando-se com a alta estabelecida sobre a terra mais fria. O mecanismo se inverte, ocorrendo a formação de uma célula de circulação em que o vento soprará da terra para o mar em baixos níveis e no sentido contrário nos níveis mais elevados (Vianello e Alves, 2000).

Como citado em Molion e Bernardo (2000) e Molion e Bernardo (2002), as brisas, por si só, são mecanismos que produzem chuvas leves e de curta duração e estão sempre presentes em todo o litoral nordestino.

### 2.2.1.6 Oscilação de Madden e Julian

Na década de 70 dois pesquisadores norte-americanos, R. Madden e P. Julian, ao analisar séries históricas de 10 anos de dados de radiossondagens em várias estações próximas da Indonésia, observaram que, num período entre 30 e 60 dias, os sistemas meteorológicos que atuavam em diversos locais na região tropical, eram intensificados (inibidos) o que

favorecia (desfavorecia) a precipitação. Eles verificaram que este comportamento estava associado à atuação de um sistema que se desloca de oeste para leste contornando o globo num período que varia entre 30 e 60 dias (Madden e Julian, 1971).

Esta oscilação, denominada de Oscilação de Madden-Julian (OMJ) ou Oscilação 30-60 dias, está relacionada com as variações na posição e intensidade da ZCAS que, por sua vez, interfere na precipitação das regiões Centro-Oeste, Sudeste, setor sul do Nordeste e norte da Região Sul. Por outro lado, a OMJ influencia todo o Nordeste, podendo inibir ou favorecer a atuação de sistemas meteorológicos associados à ocorrência de chuva.

Kayano (1996) associou a OMJ, sobre a América do Sul, às variações na posição e intensidade da ZCAS (Casarin e Kousky 1986; Kousky e Kayano, 1993; 1994), por sua vez associaram-se às flutuações na escala de tempo intrasazonal da circulação atmosférica global da alta troposfera e da convecção tropical (Casarin e Kousky 1986; Weickmann *et al.* 1985; Kayano e Kousky, 1992; Kousky e Kayano, 1993; 1994).

Kayano e Kousky (1992) e Kousky e Kayano (1993), utilizando dados em pântadas (média sem sobreposição a cada 5 dias) da faixa tropical e a técnica de funções ortogonais empíricas estendidas, analisaram os padrões globais de radiação de onda longa (ROL) e circulação relacionados com a OMJ. Embora o sinal da OMJ sobre a América do Sul não seja tão forte como nos Oceanos Índico e Pacífico Oeste, ficou evidente que uma extensa área é afetada pela passagem de uma OMJ, incluindo a região da ZCAS.

## **2.2.2 Variabilidade climática global**

Nas últimas décadas, a comunidade científica empreendeu esforços para melhorar o entendimento da variabilidade interanual e intra-sazonal da precipitação sobre o Brasil, assim como também dos mecanismos atmosféricos responsáveis por tal variabilidade. Resultados encontrados na literatura mostraram que essa variabilidade é causada por mecanismos de escala global, alguns dos quais são descritos a seguir.

### 2.2.2.1 Índice de Oscilação Sul – IOS

Walker (1928) documentou uma notável coincidência do aquecimento anômalo das águas superficiais no Pacífico equatorial e as secas do NEB. Assim, analisando-se longas séries de desvios da pressão ao nível médio do mar (PNM) em torno das

respectivas médias, em toda a Bacia do Oceano Pacífico, verificou-se a existência de duas grandes áreas cujas flutuações estão fora de fase: uma englobando a Austrália e a Polinésia, a outra, na parte centro-sul do Pacífico tropical. Em geral, quando a PNM está mais alta que a média climatológica numa área, encontra-se mais baixa na outra e vice-versa. Esse fenômeno foi denominado de Oscilação Sul (OS).

Foi criado um índice para avaliar sua intensidade, o Índice de Oscilação Sul (IOS), definido como a diferença entre os desvios ( $\Delta p$ ), em relação à média, das pressões ao nível médio do mar (PNMM) em Tahiti (17°S, 150° W) e Darwin (12°S, 130° E) (Varejão-Silva, 2001).

A fase fria da OS, denominada de La Niña, apresenta pressão maior que a média climatológica em Tahiti e, simultaneamente, a pressão em Darwin é inferior à média correspondente. Apresentam-se movimentos ascendentes do ar sobre a Indonésia.

Durante a fase quente da OS, denominada de El Niño, a pressão atmosférica começa a diminuir em Tahiti e a aumentar em Darwin. Desenvolve-se um intenso centro de baixa pressão nas proximidades de Tahiti e um centro de alta pressão sobre a Indonésia e norte da Austrália (Darwin).

Segundo Ropelewski e Jones (1987), a fase quente do ENOS é caracterizada sempre que ocorrem cinco meses consecutivos de Índice de Oscilação Sul (IOS) com valores inferiores a -0.5 (fase negativa) e a fase fria é caracterizada pelo mesmo critério, porém com valores de IOS superiores a 0.5 (fase positiva).

Philander (1990) chamou a atenção para o fato do El Niño e La Niña não serem desvios temporários e anormais de algum estado “normal” intermediário, mas fases opostas de um mesmo fenômeno.

Uvo *et al.* (1994) obtiveram evidências que anos bastantes secos (chuvosos) no norte do Nordeste ocorrem em associação com valores anormalmente altos (baixos) da TSM no Pacífico Equatorial, reforçando a influência da OS sobre o clima do NEB.

A OS, em geral, não altera a fase dos períodos chuvosos das regiões atingidas; têm-se verificado que as alterações ocorrem apenas na amplitude, ou seja, o total de chuva caída durante o período normalmente chuvoso torna-se maior ou menor que a média, embora a época do ano seja a mesma (Varejão-Silva, 2001).

### 2.2.2.1 a) El Niño – Oscilação Sul (ENOS)

A fase quente da Oscilação Sul, fenômeno El Niño ou episódio quente do ENOS é caracterizado pelo aquecimento anômalo ou anormal das águas do Pacífico Tropical central e leste, desde a costa oeste da América do Sul. O aquecimento, e o subsequente resfriamento, dura de 12 a 18 meses, tendo início no começo do primeiro ano, atingindo sua máxima intensidade durante dezembro - janeiro e terminando na metade do segundo ano, mas não existe um ciclo bem definido.

Segundo o CPTEC/INPE (2000), o fenômeno El Niño é repetitivo, mas não possui um período regular, reaparecendo no intervalo de três a cinco anos. Em anos de El Niño, ocorre uma mudança de inclinação na "gangorra barométrica" de Walker, isto é, as pressões mais baixas na região da Indonésia e norte da Austrália tendem a aumentar, diminuindo o movimento ascendente e, paralelamente, sobre a região do Pacífico Sudeste próxima da América do Sul, ocorre uma diminuição correspondente da pressão à superfície e, conseqüentemente, diminuição de movimento descendente. Como resultado, enfraquecem os ventos Alísios, reduz a velocidade das correntes marinhas e diminui o fenômeno da ressurgência na costa do Peru e Equador, provocando um aumento rápido da temperatura da superfície do mar em toda a faixa equatorial do Oceano Pacífico, além de diminuir a disponibilidade de plâncton e peixes.

O aquecimento das águas nessa região do Pacífico é mais acentuado na costa noroeste da América do Sul. Verifica-se, então, um deslocamento do ramo ascendente da Circulação de Walker para leste, o que provoca convecção nas regiões próximas às costas do Peru e Equador, que normalmente não ocorre.

A célula de Walker enfraquece e entra em funcionamento a célula de Hadley ou Circulação de Hadley, a qual possui movimento norte-sul. Esta célula intensifica o jato subtropical que sopra da região do Pacífico ao sul do equador para o norte do Chile e Sul do Brasil, causando bloqueios atmosféricos de sistemas de tempo tais como das frentes frias, as quais permanecem estacionárias sobre a Região Sul do Brasil (CPTEC/INPE, 2000).

Em Marin e Sentelhas (1997) e Philander (1990) a fase fria da Oscilação Sul é denominada de La Niña e descreve que esta ocorre como conseqüência do resfriamento anormal da corrente de Humbolt. Em anos de La Niña, a região Sul do Brasil sofre secas, enquanto as chuvas se intensificam no NEB.

Segundo CPTEC/INPE (2000) o La Niña também pode variar em intensidade. Em geral, o episódio começa a se desenvolver em meados de um ano, atinge sua intensidade máxima no final daquele ano e dissipa-se em meados do ano seguinte, durando de 10 e 15 meses.

O ramo descendente da circulação de Walker intensifica o sistema de alta pressão sobre o Pacífico sudeste, preferencialmente junto à costa do Chile, provocando ausência de nuvens causadoras de chuva nesse setor do Pacífico. Com isso, aumenta o movimento de ressurgência em associação com a amplificação da circulação marinha de Humbolt adjacente à costa oeste da América do Sul.

O ramo secundário da circulação de Walker (Bjerknes, 1969), que ascende sobre o norte da América do Sul e desce sobre a região do Oceano Atlântico também se intensificaria em anos de La Niña, favorecendo o aumento das chuvas sobre o setor norte do continente Sul-americano.

#### 2.2.2.1 b) Impactos Climáticos dos ENOS

Perto do fim de cada ano, uma contra-corrente quente flui em direção ao sul, seguindo as costas do Equador e do Peru, substituindo a fria corrente peruana. Normalmente, estas contra-correntes quentes duram no máximo algumas semanas quando, novamente dão lugar ao fluxo frio peruano. Entretanto, a cada período de três a sete anos, esta contra-corrente é excepcionalmente quente e forte. Este evento é acompanhado de um acúmulo de água quente na superfície oceânica do Pacífico Central e Leste. El Niño tem feito aparições freqüentes, com conseqüências particularmente severas em 1891, 1925, 1953, 1972, 1982, 1986, 1992, 1993, e 1997 (INPE/CPTEC, 2007 *apud* Martins, 2008).

Schott (1931) *apud* Galvínio (2000) foi quem primeiro descreveu as características do fenômeno El Niño próximo ao mar, com base em observações dos eventos de 1925-1926.

Bjerknes (1969), dando continuidade ao estudo de Schott, descreveu e documentou o El Niño. Ele afirmou que os Alísios sobre o Oceano Pacífico tropical abastecem de umidade o fenômeno que é dominado pelo gradiente de temperatura à superfície. O aquecimento das águas superficiais do Pacífico interfere no campo de PNMM, no regime de ventos e, portanto, no deslocamento das nuvens e no regime das chuvas, gerando alterações significativas no clima de todo o planeta.



Kousky *et al.* (1984) dentre outros pesquisadores, estudaram a influência do ENOS sobre a variabilidade climática interanual da América do Sul. Foram identificadas chuvas deficientes em vastas áreas, incluindo o NEB e a Amazônia bem como excesso de chuva no Sul do Brasil e parte da costa do Peru e Equador durante episódios de El Niño.

De acordo com Ropelewski e Halpert (1987), em anos de ocorrência de El Niño, os ventos diminuem, chegando, em algumas áreas da faixa tropical, a inverterem o sentido (soprando de oeste para leste).

Molion e Moraes (1987) investigaram as relações entre o IOS e a vazão de rios na América do Sul tropical localizados na Bacia Amazônica brasileira. Encontraram que as descargas dos rios amazônicos estão correlacionadas positivamente com a série de IOS que é um previsor em potencial, pelo menos qualitativamente, das descargas mensais dos rios da América do Sul tropical, especialmente quando o valor absoluto do IOS é alto.

Aragão (1990) afirmou que existe uma grande probabilidade de ocorrerem secas no NEB. Essa ocorrência está associada, em 70% dos casos, aos episódios do El Niño moderados a forte. A influência desse fenômeno é mais forte ao norte do NEB, norte do Estado do Maranhão, o Estado do Piauí, do Ceará, do Rio Grande do Norte, de Pernambuco, da Paraíba e na região norte da Bahia.

Segundo Cane (1992) o El Niño provoca impactos climáticos não apenas na Bacia do Pacífico. O El Niño de 82-83 causou impactos climáticos importantes e desastrosos em metade do planeta, provocando prejuízos estimados em milhões de dólares. Levou tempestades tropicais para o Deserto do Arizona, maremotos para o México e inundações para o Rio Grande do Sul. A África enfrentou uma das maiores secas de sua história no ano de 1999. Quando a chuva diminui em regiões como a Amazônia brasileira ou sudeste australiano, focos de incêndios se multiplicam e uma parcela da mata foi consumida pelas chamas.

Mechoso e Perez-Iribarren (1992) *apud* Gomes Filho (2000), investigaram as relações entre o IOS e as vazões em dois grandes rios da parte sudeste da América do Sul, Uruguai e Negro, para o período de 1909 a 1989. Encontraram que as vazões em ambos os rios têm uma clara tendência de ser abaixo da média no período de junho a dezembro, nos anos com índices positivos de IOS (eventos frios no Pacífico equatorial) e uma ligeira tendência de ser acima no período de novembro a fevereiro em anos de El Niño.

Gomes Filho (2000) apresentou uma análise das influências dos sistemas atmosféricos de meso e grande escalas sobre os recursos hídricos armazenados nos principais reservatórios de água na Paraíba. Ele encontrou que os valores dos reservatórios dependem dos eventos de mesoescala com maior influência no mês de março e que, nos anos de El Niño, essa atividade é bastante reduzida, com repercussão nos volumes mensais desses reservatórios. Portanto, é possível se estimar uma provável redução nos volumes desses reservatórios, uma vez estabelecido um evento de El Niño.

De acordo com Silva (2000), o El Niño de 1997/98 causou rigorosas ocorrências climáticas de modo global atingindo os dois hemisférios, numa seqüência de tempo alternada, ora pelas condições térmicas, com ondas de calor afetando a saúde de grandes populações e propiciando incêndios de grandes proporções, ora pelas tempestades ora pelas chuvas torrenciais, arrasando com a agricultura, deixando centenas de milhares de pessoas desabrigadas, em situações de calamidade pública. Em meados de 1998, na fase final do El Niño, houve a ocorrência de enchentes devastadoras na China e uma grande seca assolou o território do México e sul dos Estados Unidos da América.

Souza Filho *et al.* (2002), estudando o impacto do fenômeno El Niño-Oscilação Sul na influência de reservatórios do sistema hidroelétrico brasileiro, verificaram que em 60% dos anos em que ocorreram episódios quentes do Pacífico, a vazão no reservatório de Sobradinho no verão foi igual ou inferior a 4.400 m<sup>3</sup>/s, ao passo que, em 60% dos anos sem El Niño, a afluência no reservatório foi de até 5.000 m<sup>3</sup>/s. Ao mesmo tempo, constata-se que vazões acima de 6000 m<sup>3</sup>/s são muito pouco prováveis em anos de El Niño, em contraste com uma probabilidade significativa de aproximadamente 15% para a ocorrência desses valores de afluência em anos de La Niña ou neutros. Ainda foi constatado que a probabilidade da ocorrência de anos críticos é menor durante anos de El Niño (11,8%) do que em anos de La Niña e neutros (25,6%).

Durante os episódios de La Niña, os ventos Alísios são mais intensos que a média climatológica, empilhando as águas mais aquecidas na porção ocidental da Bacia do Pacífico tropical. Com a maior exposição das águas frias no Oceano Pacífico tropical leste e central, registram-se temperaturas superficiais abaixo dos valores médios (anomalias negativas) enquanto, em áreas próximas do continente australiano, as anomalias tendem a ser positivas. Eventos La Niña (LN) têm sido associados à ocorrência de estações chuvosas mais úmidas que o normal na região do NEB (Alves e Souza, 1997).

Alves e Souza (1997) mostraram que, para 3 tipos de La Niña, forte, moderado e fraco, observados na Bacia do Oceano Pacífico tropical, a distribuição de chuvas sazonais (fevereiro a maio) e intra-sazonais no setor norte do NEB configuram-se em torno ou acima da média climatológica que é aproximadamente 850 mm para esse período.

De acordo com CPTEC/INPE (2002), os principais efeitos do La Niña observados sobre o Brasil são:

- Passagem rápidas de frentes frias sobre a região Sul do Brasil, com tendência de diminuição da precipitação;
- Temperaturas próximas da média climatológica ou ligeiramente abaixo da média durante o inverno;
- Chegada das frentes frias até a região Nordeste, principalmente no litoral da Bahia, Sergipe e Alagoas;
- Tendência de chuvas abundantes no norte e leste da Amazônia;
- Possibilidade de chuvas acima da média sobre a região semi-árida do NEB. Essas chuvas só ocorrem, se simultaneamente ao La Niña, as condições atmosféricas e oceânicas sobre o Oceano Atlântico mostrarem-se favoráveis, isto é, com TSM acima da média no Atlântico Tropical sul e abaixo da média no Atlântico Tropical norte.

Em CPTEC/INPE (2002) ainda foi afirmado que em alguns lugares, como no Sul do Brasil, durante o forte evento de La Niña de 1988/89, a estação chuvosa de setembro a dezembro de 1988 teve um mês muito seco, porém, os demais meses da estação teve chuva normal, ou ligeiramente acima da média. Durante o episódio fraco de 1995/96, o esfriamento do Pacífico não foi tão intenso, mas o período chuvoso de setembro a dezembro de 1995, mostrou durante todos os meses, chuvas abaixo da normal climatológica registrada.

#### 2.2.2.2 Índice Multivariado de El Niño – Oscilação Sul (IME)

Ao contrário do IOS, o IME apresenta valores positivos em eventos de El Niño e negativos em eventos de La Niña.

Medeiros e Molion (2002), ao estudarem as correlações dos índices de descarga de rio (IDR), IOS e IME e sua influência nas descargas de Bacias hidrográficas do Estado de Alagoas, verificaram que o IOS parece não oferecer, de maneira geral, potencial preditor para as vazões dos rios alagoanos com exceção de março para prever IDR de

julho. Já a série IME apresentou um potencial preditor que pode ser explorado para o gerenciamento dos recursos hídricos superficiais do Estado de Alagoas.

Da Silva (2003) realizou correlações entre o IDR de estações da bacia hidrográfica do rio São Francisco e os índices IME e IOS e concluiu que o primeiro foi um melhor previsor para as vazões do rio, principalmente em anos em que os eventos de ENOS estavam bem configurados.

### 2.2.2.3 Índice da Oscilação Decadal do Pacífico (ODP)

ODP significa Oscilação Decadal do Pacífico ou ainda pode ser chamada de PDO, Pacific Decadal Oscillation. A designação PDO deve-se a Steven Hare e Robert Francis, que a propuseram entre 1995/96, ao pesquisar conexões entre “ciclos” de produção de salmão no Alasca e condições climáticas no Pacífico (Hare e Francis, 1995).

Nota-se, pois, que a ODP comporta-se como uma “gangorra” entre a TSM ao longo da costa oeste da América do Norte, em respeito ao restante da bacia do Pacífico Norte. Da mesma maneira como o IOS constitui uma “gangorra”, no Pacífico Sul, no que se refere às variações da pressão atmosférica de superfície entre dois pontos ao leste e ao oeste da bacia do Pacífico Sul (por exemplo Tahiti, no sudeste do Pacífico, e Darwin, na Austrália).

Freqüentemente são utilizados três tipos do índice de ODP:

- 1- Índice da ODP de Mantua *et al.* (1997): deriva-se da primeira componente principal das anomalias da temperatura da superfície do mar, no Pacífico Norte, entre as latitudes 20° N e 90° N (pólo).
- 2- Índice do NCDC (National Climatic Data Center), USA: baseado nos dados da ERSST-“extended reconstructed SST” da NOAA (dados “reconstruídos” da TSM no Pacífico).
- 3- Índice anual reconstruído a partir de dados dendroclimáticos de 1661 a 1984, de Biondi *et al.* (2001).

Uma segunda característica da ODP é a persistência das fases quentes (positivas) ou frias (negativas) predominantes por anos seguidos, por vezes ao longo de duas décadas, a menos de algumas oscilações esparsas em sentidos contrários. Ao invés do ENOS, cuja persistência é bem menor.

### 2.2.2.3 a) Influência da ODP

A influência mais nítida da ODP é no clima da América do Norte, além de seu papel na biodiversidade e nas populações de salmão no Alaska e no Noroeste dos Estados Unidos. De fato, há evidências de que os estoques das populações de salmão no Pacífico Norte variavam em função de condições climáticas oceânicas. Assim, na fase multidecadal positiva de 1977 a meados da década de 90, ocorreu um aumento na produção de salmão no Alaska juntamente com um decréscimo dessa produção na costa noroeste dos Estados Unidos. Em princípio, numa fase negativa, dá-se o contrário. Do ponto de vista do clima continental, comportamentos opostos podem ser também denotados, nas fases positiva/negativa da ODP, no que se refere à temperatura do ar, precipitação, etc., de outubro a março em várias regiões da América do Norte. Por exemplo, a precipitação no noroeste da América do Norte e nos Grandes Lagos aumentou acima da média na fase negativa da ODP e diminuiu abaixo da média na fase positiva (Hare e Francis, 1995).

De acordo com Molion (2005) a ODP parece ter entrado novamente em sua fase negativa a partir de 1999, na qual deve permanecer até cerca de 2025, com um conseqüente aumento (redução) da frequência de eventos La Niña (El Niño). Ainda, conforme o autor, se o sistema Terra-oceanos-atmosfera se comportar como na fase fria anterior da ODP (1947-76), a temperatura média global deverá diminuir, pelo menos, de cerca de 0,15°C até 2025. Considerando que, os próximos dois máximos de manchas solares, previstos para 2011 e 2022, poderão apresentar número máximo de manchas inferior aos anteriores (mínimo do Ciclo de Gleissberg) se o Sol mantiver o mesmo comportamento dos últimos 300 anos, o autor ainda faz outras inferências, por exemplo, que nos próximos 25 anos, a produção de energia solar poderá ser reduzida e mesmo com emissões crescentes, a taxa anual de crescimento da concentração CO<sub>2</sub> na atmosfera poderá ser inferior às observadas anteriormente, uma vez que sua absorção, pelo Oceano Pacífico Tropical mais frio, poderá aumentar.

Aceitando a hipótese que o Pacífico e sua Oscilação Decadal sejam um controlador importante do clima global, pode se arriscar a fazer os prognósticos qualitativos que se seguem. O clima global poderá experimentar um resfriamento paulatino nos próximos 25 anos se a ODP comprovadamente permanecer em sua nova fase fria. O Brasil também poderá sofrer mudanças climáticas. Resultados indicaram que os invernos foram mais intensos, com aumento da frequência de geadas, fato também comprovado por Pezza e Ambrizzi (2005). Em

adição, os totais pluviométricos poderão se reduzir globalmente e no País como um todo, pois uma troposfera, mais fria e mais seca, é mais estável e produz menos chuva.

Durante a ocorrência da fase positiva da ODP, há a tendência de maior número de episódios de El Niño e mais intensos. Menor número de La Niña, e menos intensas. Já durante a fase negativa da ODP, há maior ocorrência de episódios de La Niña, que tendem a ser mais intensos, e menor frequência de El Niños, os quais tendem a ser curtos e rápidos (Andreoli e Kayano, 2005).

Xavier e Xavier (2004) calcularam correlações entre o índice médio da ODP de Mantua, em novembro-março, com respeito à chuva acumulada em bimestres e trimestres consecutivos, para várias regiões pluviometricamente homogêneas do Ceará. Os resultados destes autores não foram conclusivos, no sentido de que as correlações eram baixas e estatisticamente não significativas. Eles evidenciaram que a ODP não influi significativamente no estado do Oceano Atlântico Intertropical, não encontraram indícios de que a ODP possa modular as chuvas no Nordeste Setentrional (em particular no Ceará) durante a pré-estação ou no início da estação chuvosa, e que nas chuvas a partir de março/abril no Ceará, o sinal da ODP é muito fraco comparativamente à do ENOS.

Em Mantua *et al.* (1997) foi verificado que a atmosfera co-varia com o índice de ODP, sugerindo um fenômeno acoplado, tendo por exemplo relação entre PNMM e vento com índice de ODP e ATSM no Pacífico Norte central.

#### 2.2.2.3 b) Relação entre ODP e ENOS

Anomalias de precipitação relacionadas a ENOS em certas regiões do globo poderiam ser moduladas por modos de clima de baixa frequência, ou seja, longos tempo para ocorrer um próximo evento (Gershunov e Barnett, 1998; McCabe e Dettinger, 1999; Gutzler *et al.*, 2002; Krishnan e Sugi, 2003). Entre esses modos de clima de baixa frequência, a ODP exerce um papel importante (Mantua *et al.*, 1997).

Silva *et al.* (2005) estudaram o comportamento das anomalias de TSM durante eventos de El Niño seco, normais e chuvosos durante as duas fases da ODP e concluíram que durante a ODP positiva, ao longo da costa oeste das Américas, tiveram maior abrangência meridional, e o aquecimento iniciou-se no Pacífico central, fortaleceu e se propagou para leste. Já na fase da ODP negativa, as águas quentes estiveram confinadas no Pacífico central leste, mais ou menos entre 180° W e 120° W, onde o aquecimento iniciou-se ao longo da costa oeste da América do Sul e se propagou para o Pacífico central.

Andreoli e Kayano (2005), Kayano *et al.* (2005), Kayano e Andreoli (1998), Newman *et al.* (2005) estudaram relação da ODP e chuvas relacionadas a eventos de ENOS, ou o efeito combinado dos dois eventos.

Andreoli e Kayano (2005) determinaram que o El Niño indicou chuva no sul da América para os dois períodos da ODP, mas as diferenças sazonais são mais pronunciadas para o regime quente da ODP. Foi encontrado também um menor número de eventos de La Niña durante o regime quente de ODP, indicando que a resposta do clima da América do Sul é dependente das fases de ODP.

Segundo Gershunov e Barnett (1998), a ODP e o ENOS podem ter combinado efeitos na distribuição anômala de precipitação em algumas regiões, agindo “construtivamente”, com anomalias fortes e bem definidas quando elas estão na mesma fase e “destrutivamente”, com anomalias fracas e mal definidas quando elas estão em fases opostas (Brown e Comrie, 2004 *apud* Andreoli e Kayano, 2005).

Alguns trabalhos relatam fatos relacionados ao período quente da ODP que deu-se início em 1977.

Kashiwabara (1987) relatou que anomalias negativas de altura geopotencial sobre o Pacífico Norte, na região de ocorrência da ODP, após 1977, têm possível ligação com ENOS.

Nitta e Yamada (1989) mostraram que mudanças drásticas nas TSM do globo, com essencialmente o mesmo padrão da ODP, ocorrem com mais frequência na fase positiva após 1977, e sugere que isso tenha origem num “deslocamento” do Pacífico Tropical.

Em Minobe *et al.* (2004) cita-se que o resfriamento de 1976/1977 no Pacífico Norte central e aquecimento da Califórnia e Golfo do Alasca, resultantes da ODP, (Nitta e Yamada, 1989) apresentam-se ligados às mudanças de fluxo de calor na superfície e mistura e advecção na camada de Ekman (Miller *et al.*, 1994; Seager *et al.*, 2001).

Niebauer (1998) mostra que o aquecimento ocorrido no ano de 1977 apresentou efeito sobre o gelo do mar de Bering oriental, o qual foi reduzido após esse ano.

Da Silva *et al.* (2005) encontrou um ponto de inversão na vazão da bacia hidrográfica do rio Mundaú (AL e PE) em 1976/77. Antes de 1976/77 as vazões apresentavam maiores valores e podiam ocorrer casos de enchentes com mais frequência. Depois desse ponto, não foram visualizadas altas vazões, com exceção de 1988/89, período de La Niña.

#### 2.2.2.4 Variabilidade sobre o Oceano Atlântico

Alguns estudos indicam influência da variabilidade do Oceano Atlântico sobre as precipitações da região do nordeste do Brasil. Tanto o El Niño quanto o gradiente inter-hemisférico de anomalia de temperatura de superfície do mar (ATSM) no Atlântico Tropical (AT) são fatores importantes que modulam a precipitação do NEB (Andreoli e Kayano, 2007).

Andreoli e Kayano (2007) estudaram as relações entre as ATSMs dos Oceanos Pacífico e AT e os campos anômalos de precipitação no NEB, considerando-se os efeitos combinados e isolados das ATSMs nestas bacias oceânicas durante a estação que antecede o período chuvoso no norte do NEB. As autoras concluíram que, enquanto as ocorrências simultâneas de El Niño e secas no NEB restringem-se a determinados eventos, a precipitação nessa região tem sido, por outro lado, fortemente relacionada às ATSMs no AT.

Moura e Shukla (1981) mostraram que para alguns anos, os eventos de secas do NEB estão associados a um dipolo meridional de ATSMs no AT. Eles sugeriram que as condições dinâmicas e termodinâmicas associadas ao dipolo meridional de ATSMs interferem sensivelmente na posição e intensidade da ZCIT que, por sua vez, influencia a precipitação no NEB. Este modo envolve variações de TSM em ambos os hemisférios, em escalas de tempo sazonal, interanual e decadal (Servain, 1991).

Uma interpretação amplamente aceita é que a variabilidade de TSM do Atlântico seja a forçante dominante das anomalias de precipitação no NEB, enquanto que a influência remota do Pacífico, em determinadas ocasiões pode reforçar estas anomalias, mas em outras ocasiões pode ter efeitos opostos, de modo que estas anomalias sejam enfraquecidas (Uvo *et al.*, 1998; Pezzi e Cavalcanti, 2001; Ambrizzi *et al.*, 2004; Souza *et al.*, 2004).

De acordo com Servain (1991) análises empíricas de TSM no Atlântico tropical mostraram dois modos de variabilidade, um equatorial zonal e outro meridional (modo de dipolo). O primeiro modo, com flutuações sazonais e interanuais ocorre no setor leste da Bacia do Atlântico e é mais pronunciado no período de junho a agosto (Zebiak, 1993 *apud* Andreoli e Kayano, 2005). O outro modo, conhecido como padrão de dipolo, envolve variações de TSM centradas na região dos Alísios de nordeste e sudeste, em escalas de tempo sazonal, interanual e decadal (Moura e Shukla, 1981 *apud* Andreoli e Kayano, 2005).

No entanto, vários autores sugeriram que as componentes norte e sul do dipolo do Atlântico Tropical não estão dinamicamente acopladas, para as diversas escalas temporais, da



sazonal à decadal (Houghton e Tourre, 1992; Enfield e Mayer, 1997; Enfield *et al.*, 1999; Mo e Häkkinen, 2001; Andreoli e Kayano, 2004).

Alguns estudos mostram que ao invés de um dipolo, um gradiente meridional de ATSMs cruza o equador relacionado a variações de precipitação (Hastenrath e Heller, 1977; Nobre e Shukla, 1996). Esse modo relaciona-se hidrosticamente aos campos de pressão ao nível do mar sobre o Atlântico Equatorial e afeta o deslocamento meridional da ZCIT.

Em Kayano (2003) foram estudados aspectos de modos dominantes de alta frequência da componente  $v$  a 925 hPa e água precipitável na América do Sul Tropical e setor do Atlântico, durante o verão e inverno e suas relações com as anomalias de precipitação sobre a América do Sul Equatorial. Foi determinada que a variabilidade de alta frequência no AT Sul durante o verão somada a efeitos combinados de incursões em médias latitudes e sistemas de ondas transientes em latitudes equatoriais têm um importante papel na “modulação” da precipitação diária da América do Sul.

Outro aspecto importante é que a previsibilidade da precipitação no NEB é dependente da distribuição de ATSMs no Pacífico e AT. Hastenrath (1990) e Hastenrath e Greishar (1993) mostraram que a variabilidade de precipitação sobre o NEB é previsível com alguns meses de antecedência, usando uma combinação de ATSMs do Pacífico e do AT.

Condições de La Niña e gradiente de TSM no AT, ocorrendo simultaneamente, podem apresentar configurações inversas das obtidas considerando somente os efeitos de eventos La Niña, dependendo da condição do AT (Andreoli e Kayano, 2007). Os resultados das autoras são consistentes com estudos anteriores que mostraram através de modelagem (Pezzi e Cavalcanti, 2001), estudo de casos (Souza *et al.*, 2004) e composições (Ambrizzi *et al.*, 2004) que, em certas situações, o efeito da variabilidade do Oceano Atlântico pode sobrepujar o efeito da variabilidade no Pacífico Leste associada ao ENOS, e em outros não.

O modo de variabilidade equatorial é similar ao ENOS do Pacífico (Zebiak, 1993 e Carton e Huang, 1994 *apud* Martins, 2008) e varia em escalas de tempo sazonal e interanual. Este modo caracteriza-se pela presença de anomalias de TSM extremas, definidas mais ou menos zonalmente no leste do Atlântico equatorial, que são acompanhadas por alterações nos Alísios no Atlântico equatorial oeste tal que, os Alísios são mais fracos (fortes) que o normal durante eventos quente (frios). O início de um evento equatorial quente ou frio pode ocorrer rapidamente em escalas de poucas semanas a meses, devido à excitação e propagação de ondas de Kelvin e Rossby equatorial, forçadas pelo vento.

O modo meridional da variabilidade de TSM no AT caracteriza-se por anomalias de TSM com sinais opostos sobre as Bacias Norte e Sul do Atlântico tropical. Isso gera um

gradiente térmico norte-sul e inter-hemisférico nos baixos níveis da troposfera sobre o Atlântico tropical (Weare, 1977 *apud* Martins, 2008; Moura e Shukla, 1981; Servain, 1991; Servain *et al.*; 1999 *apud* Martins, 2008). Este modo envolve variações de TSM em ambos os hemisférios, em escalas de tempo sazonal, interanual e decadal. As anomalias de TSM são relacionadas à posição e intensidade da ZCIT durante o período de março-abril-maio e exercem considerável influência na precipitação no norte do NEB (Moura e Shukla, 1981) até a parte central da Amazônia. A fase positiva (negativa) do gradiente do Atlântico ocorre quando anomalias positivas (negativas) de TSM são encontradas na Bacia norte (entre 5°N e 20°N) e negativas (positivas) na Bacia sul do Oceano Atlântico (entre a linha do equador e 15°S).

### **2.2.3 Impactos climáticos sobre setores ligados aos recursos hídricos**

As mudanças no clima, atuais e futuras, trazem uma série de situações que caracterizam vulnerabilidades para as populações. Constata-se que as mudanças climáticas influirão na biodiversidade, na agricultura, nas mudanças ambientais, nos regimes hídricos e nas condições de saúde (Rede de Justiça Ambiental, 2005).

A mudança no regime de chuvas, causando secas em regiões que não tinham este problema, e chuvas excessivas em outras regiões, causará perdas de produtividade, o que por si só já é um grande problema que afeta a saúde das populações, aumentando a possibilidade de doenças pela desnutrição. As migrações causadas pela fome serão um grave problema social gerador de conflitos entre regiões e países, e as más condições de higiene e segurança das populações migrantes promoverão o aparecimento de doenças em grande escala. Conflitos armados podem eclodir pela posse da terra ou de alimentos, o que poderá causar enormes perdas de vidas humanas (IPCC, 2001).

A biodiversidade será afetada à medida em que as espécies terão que se adaptar a novos regimes climáticos, usarão da migração para procurar locais mais adequados ou mesmo se extinguirão.

A extinção de espécies, tanto vegetais quanto animais, além das consequências graves para o equilíbrio natural, trazem também a possibilidade da perda dos serviços ecossistêmicos, do patrimônio genético e dos conhecimentos tradicionais, o que acarreta prejuízos à saúde, pois muitos medicamentos valiosos para as indústrias farmacêutica e química dependem da nossa rica biodiversidade. Como resultado, desaparecerá a possível

cura de tantas doenças para as quais os cientistas procuram princípios ativos em plantas e animais.

O aquecimento global causa a migração de espécies, não só da fauna, mas também da flora, como vem acontecendo com as Florestas boreais, que avançam sobre o círculo ártico sobrepondo-se à Tundra. Prevê-se que algumas espécies não sobreviverão à migração forçada e às mudanças súbitas de temperatura, fazendo com que sejam extintas.

A própria floração, ocorrendo mais cedo devido à elevação das temperaturas, leva a problemas de adaptação de espécies animais. O desaparecimento de espécies utilizadas para a alimentação dos seres humanos é uma vulnerabilidade possível (Stenseth, 2002).

As modificações climáticas poderão levar a transtornos nas correntes marítimas, as quais deixarão de levar nutrientes às costas da Antártida, prejudicando o crescimento do krill, crustáceo minúsculo que é a base da cadeia alimentar dos oceanos. Isto poderá levar à diminuição da biota marinha e à baixa oferta de alimento a comunidades tradicionalmente consumidoras de pescado e/ou frutos do mar (Novacek e Cleland, 2002).

As variações de temperatura causam modificações na própria forma e efetividade da caça marinha, trazendo vantagens a determinados predadores, diminuindo a população das presas, desequilibrando assim ecossistemas antes ajustados.

O aquecimento das camadas superficiais do oceano e um aumento na entrada de água doce poderiam reduzir a corrente ascendente de nutrientes que sustenta grande parte da produtividade oceânica. Por outro lado, a corrente ascendente altamente produtiva da parte oriental de alguns oceanos pode se intensificar se houver um maior aquecimento na região da ressurgência, como previsto por algumas projeções (Bakun, 1996).

Há uma preocupação especial em relação aos possíveis efeitos do aquecimento global sobre os recifes de coral. Durante o episódio intenso do El Niño de 1997-98, houve um branqueamento extenso dos recifes de coral no mundo inteiro (Wilkinson, 1998). Alguns recifes se recuperaram rápido, mas outros, especialmente no Oceano Índico, no Sudeste Asiático e no extremo oeste do Pacífico, sofreram uma mortandade significativa, chegando a mais de 90% em alguns casos (Wilkinson, 2000).

Alguns modelos prevêem um aumento a longo prazo da frequência e da intensidade de eventos do El Niño, ou condições parecidas. Se isso ocorrer, o branqueamento também pode se tornar mais frequente e intenso, com danos irreversíveis para os recifes.

De acordo com Wilkinson (1998), há evidências de uma redução a longo prazo de recifes. Os recifes também podem estar ameaçados por uma concentração mais alta de CO<sub>2</sub> na água do mar, o que compromete a deposição do seu esqueleto calcário.

Previsões alertam que as mudanças no clima vão ameaçar os estoques pesqueiros, que já sofrem com a sobrepesca, com a poluição dos ecossistemas aquáticos e com a degradação de habitats.

No Brasil, em regiões como a Amazônia, o eventual aumento de temperatura poderia tornar as condições letais para os peixes. Com a água mais quente, a aceleração do metabolismo e a redução do oxigênio dissolvido afetariam diretamente a vida dos cardumes. Temperaturas mais altas poderiam ainda provocar a migração de cardumes para águas mais frias. Com isso, espécies que se alimentam de peixes perderiam sua fonte de alimento.

No Golfo do Alasca, em 1993, 120 mil aves, incapazes de alcançar os peixes, morreram de fome. Na Amazônia, aves como o mergulhão precisariam mergulhar mais fundo para capturar a presa, o que causaria impacto sobre a espécie devido o novo processo de adaptação (Rede de Justiça Ambiental, 2005).

Determinados parasitas podem ter maior incidência com o aumento das temperaturas, levando à diminuição de espécies ou mesmo sua extinção. Recentemente, foram constatadas mortes massivas entre leões, sapos, pássaros, cães selvagens, caramujos, mexilhões, cegonhas, águias, corais e diversos tipos de plantas, todas causadas por patógenos (agente com potencial agressivo ao homem, por exemplo, vírus ou bactérias).

Fungos e vírus são especialmente sensíveis a mudanças climáticas e podem rapidamente entrar em crescimento quando a temperatura se eleva, especialmente se esta elevação for acompanhada de aumento da umidade. Quando fungos e insetos têm sua atividade aumentada, podem ser responsáveis pela eliminação de espécies inteiras de árvores. As verminoses e parasitoses tanto no gado quanto em animais silvestres também são grandemente aumentadas com as temperaturas mais altas (Harvell, 2002).

A agricultura sofrerá abalos com a mudança do regime de chuvas resultante e modificações nos solos, com perda de produtividade, prejuízos à segurança alimentar e causará migrações e conflitos.

Consequentemente ocorrerão modificações nas culturas e na criação de animais, as quais têm altos custos, pois a adaptação às mudanças climáticas poderá envolver ajustes nas épocas de plantio e colheita, na quantidade de fertilizantes usado, frequência de irrigação, cuidados com os cultivos e seleção de novas espécies mais adaptadas.

Na região Sul e Sudeste do Brasil, por exemplo, a irrigação não abrange grandes áreas até porque os períodos secos não têm sido muito longos desde a década de 70, o que leva parte dos agricultores a não optarem pela irrigação. No entanto, se houver uma modificação de tendência poderá aumentar a demanda por irrigação, tornando-se viável a sua implantação

em função de um maior resultado econômico e da diminuição da disponibilidade nos períodos secos.

Na região semi-árida a tendência é de que o uso agrícola, na vizinhança dos grandes mananciais, aumente e seja voltado para produtos de maior rentabilidade e para agricultura de subsistência nas áreas de pouca disponibilidade de água.

O Centro-Oeste, onde se encontra grande parte do cerrado brasileiro, área de grande potencial agrícola, depende muito da regularização da água, já que o lençol freático é profundo e a sazonalidade anual da precipitação mostra vários meses praticamente sem precipitação. Portanto, a viabilidade da expansão agrícola desta área está relacionada com a disponibilidade hídrica e sua regularização, além de ser fortemente dependente da demanda dos recursos hídricos futuros (Tucci, 2002).

Os regimes hídricos sofrerão modificações pluviométricas de tal gravidade que, dependendo da região, poderão causar estresse hídrico ou enchentes, com evidentes prejuízos em todas as áreas. A falta de água potável será um dos fatores cruciais para o aumento das doenças entre as populações. O aumento do nível dos oceanos pode comprometer as reservas de água doce de países inteiros, levando a epidemias de difícil controle (Rede de Justiça Ambiental, 2005).

O setor de abastecimento urbano de localidades as quais rios de pequena bacia hidrográfica sem regularização as abastecem, mesmo tendo uma vazão média alta, podem ser comprometidos. O mesmo é válido para mananciais urbanos com demanda acima da capacidade da disponibilidade hídrica, como em parte da Região Metropolitana de São Paulo, onde a água retirada para abastecimento é superior a disponibilidade de alguns mananciais, e nas regiões semi-áridas onde a disponibilidade é pequena, independentemente da regularização (Tucci, 2002).

A redução da disponibilidade de água pela poluição dos sistemas hídricos devido ao ciclo de contaminação urbana também é um fato presente.

Num cenário crítico de disponibilidade hídrica, a tendência é de que aumente o conflito entre a irrigação e o abastecimento de água, que já ocorre. Por exemplo, a irrigação de arroz no Sul do país é um dos grandes consumidores de água, na qual observa-se pouca racionalização do seu uso. Num período crítico o abastecimento será penalizado e exigirá medidas fortes para inverter a prioridade prevista na legislação para o abastecimento humano.

O setor energético depende fortemente da quantidade de água disponível a médio e longo prazo, para a produção de energia e, portanto, da garantia de atendimento do sistema. Deste modo, nosso fornecimento pode estar marcado para viver dias de conflitos.

Em Tucci (2002) também é mostrado que o sistema elétrico brasileiro, mesmo em período de vazões altas, pode ter o atendimento da demanda limitado. Condições climáticas mais desfavoráveis resultariam em condicionantes críticos ao desenvolvimento econômico brasileiro, pois possivelmente seriam mantidas as tendências de aumento da demanda e de reduzida oferta.

Ainda, segundo o autor, nas condições previstas futuras é possível prever os custos de transporte hidroviário em função dos níveis de água e a capacidade de transporte das embarcações. Como a maioria dos rios do Brasil não possui regularização para a navegação (com poucas exceções, como Tietê e o Jacuí, ainda em conflitos com outros usos) o impacto de períodos longos acima ou abaixo dos conhecidos pode comprometer o preço e a viabilidade do transporte hidroviário.

Diante de períodos longos de estiagens, quando a vazão nos rios diminui e sua capacidade de diluição das cargas urbanas e rurais também diminui, ocorrem as condições críticas de qualidade da água, na maioria dos sistemas hídricos.

Sabe-se que períodos secos podem representar gradual redução na qualidade da água dos rios. Por outro lado, intensificando as precipitações nos centros urbanos devido ao efeito de aquecimento das superfícies urbanas e processos convectivos, as cargas pluviais representarão custos maiores para melhoria da qualidade da água (Rede de Justiça Ambiental, 2005).

Tanto a quantidade como a qualidade das águas sofrem alterações em decorrência da variabilidade climática devido causas naturais e antrópicas. A quantidade da água que é perdida através da evapotranspiração, dependente da energia solar disponível, da natureza da vegetação e das características do solo, possivelmente aumentará.

Em adição às variações naturais do clima, ações antrópicas como o uso da terra com remoção da cobertura vegetal e com a implantação de uma agricultura sem controle da erosão, normalmente degradam os recursos hídricos. Como consequência, aumenta-se o escoamento superficial carregando solos que promovem o assoreamento dos rios, lagos e represas. Em especial, estas atividades antrópicas, associadas ao desenvolvimento industrial, à agroindústria e à urbanização, degradam a qualidade dos recursos hídricos (CETESB, 2005).

Estudos revelam que no semi-árido nordestino, o problema das secas tende a ficar ainda mais dramático, visto que a elevação da temperatura pode tornar a região ainda menos chuvosa. Sem dúvida, os mais afetados serão os agricultores familiares, em geral de subsistência, deixando as condições de vida nas áreas rurais ainda piores. Isso poderá aumentar a dependência de programas de assistência social e gerar importantes consequências sociais e demográficas. O clima mais quente e seco poderia ainda levar a população a migrar

para as grandes cidades da região ou para outras regiões, gerando ondas de “refugiados da seca”, aumentando assim, os problemas sociais já existentes nos grandes centros urbanos do Nordeste e do Brasil (Frickmann Young e Stefen, 2007).

No aspecto saúde, as mudanças climáticas causarão o aumento e a migração de vetores, o aumento de epidemias e doenças, o aumento dos gastos com medicamentos e cuidados à saúde. Para enfrentar estas possibilidades futuras torna-se fundamental o planejamento de ações que possam minimizar os impactos.

As modificações de temperatura e regime de chuvas podem trazer maior disseminação de patógenos. Está provada a relação entre, por exemplo, a incidência de cólera e o aumento de temperatura das águas do mar em Bangladesh, em estudo feito em 1994, também entre a malária na Venezuela e o fenômeno El Niño, entre 1910 e 1935, e por fim, entre a temperatura do ar e a infecção por *Ciclospora Cayetanensis* em Lima, Peru, entre 1992 e 1994 (Confalonieri, 2002).

Confalonieri (2002) também cita que no caso dos fenômenos de seca, a saúde da população é afetada inicialmente pela condição de fome epidêmica, que leva a um sistema imunológico deprimido, à migração e a problemas sócio-econômicos, todos trazendo um risco aumentado de infecção. A seca também traz incêndios florestais, causando doenças respiratórias e espalhando os vetores de doenças, como o mosquito transmissor da malária para centros urbanos.

Informações contidas no relatório do IPCC (2001) relatam que as más condições sanitárias, causadas entre outras razões pela falta de água, levam a um aumento de doenças diarreicas, as quais debilitam mais ainda a população, especialmente crianças. Também devido à falta de higiene, podem ocorrer doenças como tracoma e escabiose.

Não bastando todos os possíveis impactos previstos, as mudanças ambientais possíveis, além das já citadas, serão principalmente o derretimento das calotas polares, com aumento dos níveis dos oceanos e conseqüente perda de regiões costeiras, com prejuízos para a agricultura e o turismo.

Diante deste quadro especialmente delicado, é de extrema importância o homem conhecer fatores que podem afetar o clima terrestre e seu papel nesse processo para, posteriormente, promover ações que minimizem tais impactos e gradativamente tornar a vida no nosso planeta mais agradável.

## 2.2.4 Índice de Anomalia de Chuva (IAC)

No NEB a previsão e o monitoramento de períodos de secas ou chuvosos são particularmente úteis devido aos seguintes aspectos: (1) a existência de inúmeros projetos de irrigação implantados e a serem implantados ao longo dos principais rios; (2) o abastecimento d'água das grandes cidades é, em sua maioria, dependente direto do escoamento dos rios, ou indiretamente do volume acumulado nas barragens; (3) a maioria das culturas agrícolas dependem exclusivamente da regularidade das chuvas e (4) a possibilidade de uso de água subterrânea é pequena quando comparada ao da água superficial (Freitas, 2004 e 2005).

Deste modo, o monitoramento desses períodos pode ser efetuado através do emprego de índices. Com base neles, pode-se desenvolver um sistema de acompanhamento das características dos períodos de seca ou chuvosos, assim como as diferenciadas medidas a serem efetivadas de acordo com os valores atingidos por tais parâmetros.

Um ponto crucial no emprego de um índice como esse, bem como de qualquer outro, reside na escolha do patamar a ser estabelecido para a definição de um período de seca. Esse patamar é, de modo geral, escolhido arbitrariamente. Em um estudo no Estado de Illinois, nos Estados Unidos, Chagnon (1980) chegou às seguintes conclusões: para um patamar de 75% da precipitação média anual já havia problemas de abastecimento d'água em algumas cidades, bem como problemas nas atividades agrícolas; para um patamar de 60% havia quebra das atividades agrícolas do Estado e problemas de abastecimento d'água em muitas cidades; quando a precipitação caía para um valor de 50% da precipitação média anual havia problemas na atividade industrial e no abastecimento d'água de quase todos os municípios.

Para o NEB, Ghose (1971) analisou a frequência dos períodos de cheias e secas para a bacia hidrográfica do rio Itapicuru (Estado da Bahia) com base nos critérios: o ano seria classificado como úmido, se durante o 'período das chuvas' na região (novembro a abril) o total precipitado fosse maior do que a média a longo prazo mais 50% deste valor; um ano seria tido como seco, caso a precipitação estivesse abaixo da média menos 50% da mesma; caso, porém, a precipitação encontrasse entre esses limites, o ano seria classificado como normal. Essa é, entretanto, uma escolha um tanto arbitrária. Tanto é que, num total de 52 anos, somente os anos 1913 e 1959 foram considerados secos e os anos 1914, 1924 e 1964 foram classificados como anos úmidos. Todos os demais foram classificados como anos normais.

A escolha do patamar para a separação entre anos secos e úmidos não deve ser, portanto, arbitrária, mas sim escolhido com base no conhecimento climático da região, na análise das



características dos períodos históricos de secas e das correspondentes conseqüências à população e meio ambiente atingidos. Esses efeitos dependem, por sua vez, da infra-estrutura hídrica existente, isto é, variam com o tempo.

Freitas (2004 e 2005) utilizou este índice para localidades no Estado do Ceará e observou que com base nesse índice é possível fazer uma comparação das condições atuais de precipitação em relação aos valores históricos, servindo ainda para avaliar a distribuição espacial do evento, consoante sua intensidade.

Mauget (2005) ao estudar a variação multi-decadal da precipitação de 1901 a 1998 para identificar as concentrações mais significativas de anos úmidos e secos dentro da série, em regiões continentais, encontrou alta incidência de anos úmidos na América do Norte durante 1972 a 1998, com oito dos dez anos mais úmidos desde 1901, ou seja, oito eventos aconteceram durante esse último período de 27 anos.

Para a região Norte da Europa, foram encontrados sete dos dez anos mais úmidos durante 1978 a 1998. Regimes secos e úmidos significantes foram encontrados nas últimas décadas do século XX. O autor sugere que estes períodos úmidos mais recentes sejam realmente efeito de causas terrestres tendo evidência mais notável numa larga mudança do padrão do clima do Atlântico Norte.

Araújo *et al.* (2007) encontraram uma “peculiaridade” no ano de 1974 na precipitação da bacia hidrográfica do rio Paraíba. Antes disso, os anos foram mais secos e após 1974 foram mais úmidos. Resultados semelhantes foram encontrados em Da Silva *et al.* (2005).

Gonçalves *et al.* (2006) obtiveram o IAC para 15 estações situadas no rio São Francisco, fato o qual mostrou que a incidência de anos secos é substancialmente maior na região estudada. Através da aplicação do índice em áreas situadas à jusante da hidrelétrica de Sobradinho, pode-se explicar a ocorrência de cheias e inundações ocorridas no sertão pernambucano.

Segundo Repelli *et al.* (1998), o índice proposto parece ser apropriado para utilização em regiões semi-áridas e ou tropicais, especialmente para o NEB. A facilidade de acesso aos dados de precipitação mensais em tempo real é um fator importante e faz do índice uma potencial ferramenta para aplicações de monitoramento durante a estação chuvosa.

### **2.2.5 Análise Wavelet (Ondeletas)**

Desde a década de 90 que a aplicação da Transformada em Ondeletas (TO) vem sendo utilizada em diversas áreas da ciência e da técnica, desde as ciências médicas às ciências

exatas, da eletrônica à ótica aplicada (Vitorino, 2003). Assim, para se analisar variações decadais nas séries pode-se utilizar a TO. A partir dessas pode-se detectar oscilações de 12 anos como de 3-7 anos (Tucci e Braga, 2003) e gerar uma medida quantitativa (frequência) de mudanças ao longo do tempo e determinar o período total dessas mudanças.

Segundo Barbosa *et al.* (2004), basicamente, a idéia central da análise de ondeletas (AO), no contexto de análises de sinais, consiste em decompor uma série temporal em diferentes níveis de resolução tempo-frequência e, então determinar, as componentes da variabilidade dominante.

Na meteorologia, houve grande quantidade de trabalhos aplicando a AO ao sinal turbulento (Farge, 1992). No que se refere à climatologia e à dinâmica atmosférica, poucos estudos utilizaram até o momento a AO. A grande maioria dos trabalhos desenvolvidos na dinâmica atmosférica enfocam as escalas climáticas, desde a sua variabilidade interdecadal a intrasazonal. Em geral, estes trabalhos buscam uma metodologia eficaz na localização de fenômenos transientes e que atuem simultaneamente em várias escalas de tempo, proporcionando novas perspectivas e abordagens de análises, impossíveis de se efetuarem através dos métodos tradicionais.

Esta técnica é útil para detectar, analisar e caracterizar as escalas de tempo que afetam os sistemas atmosféricos sobre a América do Sul e oceanos adjacentes. Esta ferramenta revela a estrutura temporal das séries temporais não-estacionárias. O reconhecimento que a AO possui propriedades matemáticas capazes de quantificar as relações tempo-escala em meteorologia, estimula muitas pesquisas em mesoescala e na escala sinótica (Repelli *et al.*, 1998; Schneider *et al.*, 2005).

Em Schneider *et al.* (2005) foi aplicada a AO via função de Morlet em dados meteorológicos de temperatura, radiação de onda longa emergente (ROLE) e índices globais, em estudos de casos de 2003 e 2004, com o intuito de diagnosticar as múltiplas escalas de tempo existentes no sinal atmosférico. Ao analisarem o IOS de 1994 até o final de 2005, detectou-se uma forte oscilação na banda de 1300-1400 dias (3,5 - 4 anos) tendo maior amplitude entre 1994 e 1999. A partir de 2000 há predomínio da oscilação próxima de 4 anos (1500 dias). Eles concluíram que a consolidação de eventos extremos de frio-calor, chuvoso-seco ocorre quando da sobreposição ou interação das escalas de baixa e alta frequência. Já projeções de curto prazo (uma semana, por exemplo) são possíveis quando o ambiente de alta frequência predomina.

Gu e Philander (1995) aplicaram a TO de Morlet a dados de velocidade do vento zonal e meridional, e de TSM sobre os Oceanos Índico, Atlântico, Pacífico Leste e Central para o

período de 1870 a 1988. Os resultados indicaram que a amplitude do ENOS foi relativamente maior no período de 1885-1915, menor entre 1915 a 1950 e aumentou rapidamente após 1960. As escalas de tempo de 2-5 anos do ENOS foram fortemente influenciadas pelo ciclo anual em certas regiões do Pacífico tropical leste e central. Os autores interpretaram que o aumento do ciclo anual no Pacífico leste equatorial durante os episódios de La Niña está associado com a termoclina rasa. No entanto, durante os episódios de El Niño o ciclo anual diminui e a termoclina fica profunda. Isto sugere que a amplitude do ciclo sazonal é afetado pelas variações interanuais, devido a profundidade da termoclina e a intensidade dos ventos Alísios.

Torrence e Webster (1999) estudaram a mudança interdecadal no sistema monção-ENOS, aplicando à TO de Morlet e analisando a coerência de ondeleta no que se refere aos índices da TSM-Niño3, do IOS e da precipitação sobre a Índia, para o período de 1871 a 1998. Os resultados mostram mudanças interdecadais de variância de 2-7 anos com intervalos de alta (1875-1920 e 1960-1990) e baixa variância (1920-1960). A variância monção-ENOS também apresenta uma modulação de amplitudes na escala de tempo de 12-20 anos, entre a monção-ENOS.

Torrence e Compo (1998) aplicaram as TO de Morlet e de Chapéu Mexicano a dados de TSM na região do Niño3 (1871-1996) e do IOS, obtido da PNMM (1871-1994) entre o Pacífico leste e oeste. Os resultados mostraram que a variância do ENOS mais intensa ocorre nas escalas de tempo interdecadal de 1880-1920 e 1960-1990, com um período de baixa variância entre 1920 a 1960. Estes períodos estiveram relacionados com maior variância nas escalas de tempo de 2 a 8 anos.

Alguns estudos relacionam oscilações atmosféricas e climáticas aos sinais encontrados nas séries temporais. Abreu Sá *et al.* (1998) utilizaram a ondeleta de Morlet para estudar as escalas em que o nível do rio Paraguai em Ladário (MS) apresenta maior variabilidade. A ondeleta de Morlet foi utilizada por ser a mais adequada para captar variações nas periodicidades do sinal geofísico, de maneira contínua ao longo das escalas. Após as análises, verificou-se variabilidade dominante na escala anual, a qual se manteve estacionária; detectou-se variabilidade importante num intervalo de escalas de 2 a 5 anos, a qual não se mostrou persistente; observou-se outra variabilidade marcante no intervalo de escalas de 10 a 11 anos, aproximadamente, a qual se mostrou persistente. Resultados semelhantes foram encontrados em Labat *et al.*, 2005.

De acordo com Abreu Sá *et al.* (1998) oscilações entre dois e três anos pode estar relacionado à oscilação quase-bienal. Se a oscilação estudada tiver sinal persistente, terá relação com a oscilação de dois-três anos se esta também tiver sinal persistente.

Alguns estudos usaram ondeletas para associar eventos na escala interdecadal ao ciclo de manchas solares, relatando muitos fenômenos geofísicos que também apresentam periodicidades desta ordem e tentaram estabelecer uma relação destes com o ciclo solar de 10-11 anos. Todavia, tal explicação foi duramente contestada por autores, tais como Mann *et al.* (1995), para os quais tal variabilidade climática, pelo menos no Hemisfério Norte, deva ser atribuída à interação entre o Oceano Atlântico e a atmosfera, ponto de vista que é parcialmente endossado por Allen e Smith (1994). Todavia, Kerr (1996) discute novas evidências a partir das quais a conexão sol-clima deve ser considerada seriamente, particularmente no que se refere às flutuações de temperatura dos oceanos tropicais e subtropicais.

Para sinais de escalas de tempo de dois anos, Robock e Mao (1995) associam-os às erupções vulcânicas. Num estudo de Robock e Free (1995) observaram, entre 1960 e 1970, aumento dos índices de vulcanismo no HS e paralelamente, uma diminuição do nível do rio Paraguai.

Trigo *et al.* (1999) ao aplicar as ondeletas no estudo da variabilidade de descargas diárias em bacias portuguesas e brasileiras, determinaram para o rio Mondego, (localizado na região centro-oeste da Península Ibérica) evidente variabilidade anual, sendo possível distinguir o período chuvoso e o seco. Foram determinados também máximos do espectro de potência em torno das escalas de 64 a 128 dias, correspondente ao período semi-anual e da escala de 2 a 16 dias, referente a fenômenos meteorológicos de escala sinótica. Para o rio Piancó (situado no Estado da Paraíba, NEB) a ferramenta matemática evidenciou uma periodicidade anual. O rio Piancó apresentou em vários anos e de forma irregular uma forte variabilidade nas escalas compreendidas entre 256 e 1024 dias, associada à frequência irregular dos episódios do El Niño.

Andreoli e Kayano (2004) estudaram a variabilidade da TSM no Atlântico Tropical usando a transformada ondeleta e encontraram escalas dominantes de 9,8 anos e 12,7 anos para os índices do Atlântico Tropical Norte e Sul, respectivamente, e uma escala não significativa de 12,7 anos para o índice do Atlântico Equatorial.

Andreoli *et al.* (2004) utilizaram a TO para analisar as variações da precipitação em Fortaleza e da TSM nos oceanos Pacífico e Atlântico para o período de 1856 a 1991 e foi identificado um pico dominante de 12,7 anos na série. Confirmou-se ainda uma alta coerência

entre a variabilidade de precipitação no norte do NEB e o gradiente inter-hemisfério de ATSM no Atlântico na escala decadal.

## 2.3 ASPECTOS AGROECONÔMICOS

### 2.3.1 Influência da variabilidade climática na produção agrícola

É fato conhecido que a variabilidade interanual das chuvas é determinante na variabilidade dos rendimentos e da produção agrícola desde o plantio até a colheita (Berlato, 1992a; Berlato, 1992), mas nem todo evento de ENOS causa impactos negativos sobre os rendimentos de grãos no Brasil. O impacto depende da intensidade do fenômeno e da anomalia causada no regime de chuva (Prela, 2004).

Em Kiyuna e Assumpção (2001; 2002) foi verificada como a variabilidade climática influencia a produtividade agrícola e seu desempenho no mercado. As regiões leste da Amazônia e nordeste brasileiro apresentam cultura historicamente afetada pelos impactos climáticos do ENOS, principalmente na fase de plantio e desenvolvimento da cultura. Os picos anormais de preços no mercado brasileiro de feijão na segunda metade do século XX, por exemplo, estão correlacionados às frustrações de safras ligadas às anomalias climáticas dos anos de ocorrência do ENOS, sobretudo na fase de El Niño.

Na tentativa de amenizar as consequências do ENOS, os produtores e os agentes de mercado ligados a produtos com peso no mercado internacional, como café e soja, acompanham e analisam os impactos de mudanças no regime de chuvas, como também os impactos do El Niño no território brasileiro e os efeitos que ocorrências anteriores de ENOS tiveram sobre o mercado de seus produtos (Kiyuna e Assumpção, 2001; 2002).

Já o La Niña provoca estiagem prolongada que atinge diretamente o Paraná, regiões de Minas e São Paulo, ao passo que provoca chuvas no NEB. Saindo desse ciclo generoso de chuvas o NEB sofre implicações diretas nas formas de manejo e na escolha de variedades a plantar (Silva Dias, 2005).

Eventos de ENOS quando ocasionam chuvas excessivas sobre certas áreas podem trazer prejuízos como no caso de excedentes hídricos nos solos, o que causa alguns problemas para os agricultores, como o acamamento das plantas, proliferação de doenças fúngicas, diminuição da aeração do solo principalmente em áreas de baixada onde ocorrem casos de alagamento, erosão do solo, queda de flores e frutos e aumento no teor de umidade de

produtos prestes a serem colhidos, como algodão, amendoim, arroz, milho e soja, contribuindo para a redução no rendimento das lavouras (Prela, 2004).

Além desses efeitos diretos sobre as culturas, o excesso de umidade no solo impede a entrada de máquinas no campo, adiando a semeadura da safra da seca (casos do amendoim, batata e feijão), da safrinha de milho e da cana-de-açúcar, além das colheitas (Prela, 2004).

A produtividade agrícola das culturas depende das condições hídricas durante o período de formação dos órgãos reprodutivos e na floração (Lomas, 1976). Na cultura do milho, por exemplo, falta de água nessas épocas reduz o número de grãos por espiga e o rendimento da cultura.

Chuvas frequentes durante o inverno, além de intensificar as moléstias, prejudicam a qualidade e a produtividade quando coincide com a colheita sendo comum a germinação do grau ainda na espiga e o acamamento da planta (Dario, 1998; Linhares e Nedel, 1989; Fontana e Berlato, 1996; Cunha, 1999).

No entanto, o mesmo evento de chuva forte pode apresentar um importante aspecto positivo: O excesso de água no solo. A água em excesso, que escorre ou que se perde por drenagem profunda, é aquela que vai reabastecer os mananciais de água, como os rios, lagos, açudes e também o lençol freático. Essa recuperação dos mananciais é fundamental para o consumo de água pelas cidades e para a agricultura irrigada (Prela, 2004).

Segundo Buchmann (1998), uma possível solução para o melhoramento da agricultura no NEB seria o aproveitamento da água salobra dos poços artesianos, questionáveis em sua existência, e até da própria água do mar, através do processo de dessalinização. O autor conclui que faltam recursos e principalmente vontade política para se resolver os problemas desta região.

De acordo com recentes estudos, os países tropicais, que são considerados os menos responsáveis pelas mudanças climáticas são os mais dramaticamente afetados. Como o Brasil está situado em partes relativamente quentes do planeta e tem dimensões continentais, os impactos são consideráveis, inclusive na economia. O setor econômico mais diretamente afetado deverá ser a agropecuária, pois é dependente das condições de temperatura e precipitação (Frickmann Young e Stefen, 2007).

Como a previsão é de aumento não apenas na média da temperatura, mas também em sua variância, conseqüentemente, a incidência de eventos extremos deve aumentar, como verões ou invernos excepcionalmente chuvosos ou secos, quentes demais ou de menos. Essas oscilações terão diferenças regionais importantes e, seguramente, levarão a uma redivisão do mapa da produção agrícola. É sugerido que o maior prejuízo tende a concentrar-se onde a

temperatura já é muito alta, que é o caso das regiões Norte e Nordeste (Frickmann Young e Stefen, 2007).

Ainda em Frickmann Young e Stefen (2007), haverá um deslocamento de cultivos que não aceitam temperaturas muito altas, para regiões como o Sudeste e o Sul. O documento explica ainda que se os cenários mais pessimistas estiverem corretos, a Amazônia sofrerá um dramático aumento de temperatura, tornando as regiões de entorno mais áridas. Como a expansão da fronteira agrícola tem se concentrado justamente nessas bordas, no chamado “arco do desmatamento”, deverá ocorrer uma reversão da ocupação dessas áreas. A queima de vegetações nativas tem sido a base para essa expansão, mas é também a principal fonte de emissões de gases de efeito estufa no Brasil. Ao tornar o clima mais árido, com a “savanização” da Amazônia, a capacidade produtiva será fortemente atingida, podendo tornar ociosa a expansão de infra-estrutura na região.

No semi-árido nordestino, o problema das secas tende a ficar ainda mais dramático, visto que a elevação da temperatura pode tornar a região ainda menos chuvosa. Sem dúvida, os mais afetados serão os agricultores familiares, em geral de subsistência, deixando as condições de vida nas áreas rurais ainda piores. Isso poderá aumentar a dependência de programas de assistência social e gerar importantes conseqüências sociais e demográficas. O clima mais quente e seco poderia ainda levar a população a migrar para as grandes cidades da região ou para outras regiões, gerando ondas de “refugiados ambientais”, aumentando assim os problemas sociais já existentes nos grandes centros urbanos do Nordeste e do Brasil (Frickmann Young e Stefen, 2007).

## 2.4 ASPECTOS AMBIENTAIS

### **2.4.1 Degradação ambiental e sustentabilidade local**

Genericamente o conceito de degradação ambiental refere-se às modificações impostas pela sociedade aos ecossistemas naturais, alterando (degradando) as suas características físicas, químicas e biológicas, comprometendo, também a qualidade de vida dos seres humanos.

No entanto, pode-se considerar área degradada como um ambiente modificado por uma obra de engenharia ou submetido a processos erosivos intensos que alteraram suas

características originais além do limite de recuperação natural dos solos, exigindo, assim, a intervenção do homem para sua recuperação.

Na bacia hidrográfica do rio Mundaú, os problemas ambientais tem-se agravado nos últimos anos e as condições ambientais passaram a ser bastante críticas, podendo levar o Complexo Lagunar em questão ao limite de sua sustentabilidade.

Mortandades de peixes voltaram a ocorrer, como na Lagoa Manguaba (novembro de 1999) e na Lagoa Mundaú (fevereiro de 2000), causando desespero e revolta entre os pescadores e familiares, em demonstração inequívoca da urgente necessidade de se equacionar os problemas ambientais locais (ANA/MMA, 2006).

Segundo o Plano de Ações e Gestão Integrada do Complexo Estuarino-Lagunar Mundaú Manguaba do Ministério do Meio Ambiente (2006), as principais questões que contribuem para o acelerado processo de degradação ambiental na bacia são: Lançamento de esgoto domésticos e despejos industriais no rio não tratado; Deficiência na coleta e disposição inadequada de resíduos sólidos; Assoreamento e ocorrência de cheias; Contaminação do solo e do lençol freático; Fragilidade institucional do setor de Recursos Hídricos, Meio Ambiente e Saneamento (como SEMARHN, IMA e CASAL) e desarticulação interinstitucional; Implementação ineficaz de projetos e desperdício dos recursos públicos; Ocupação das encostas dos tabuleiros e urbanização não consolidada; Práticas de pesca e agrícolas inadequadas; Assoreamento acelerado dos rios, lagoas, canais e barra, com deposição de sedimentos; Queima, corte e aterro de manguezais; Destruição progressiva de dunas e restingas; Degradação dos recifes; Redução dos estoques e contaminação dos pescados; Isolamento de acessos às praias por empreendimentos privados e ocupação irregular de terrenos da marinha (ANA/MMA, 2006).

No mesmo relatório, a ANA relata os principais efeitos da degradação, os quais seriam: Comprometimento da saúde pública a partir de doenças de veiculação hídrica; Comprometimento das atividades turísticas no principal atrativo da região; Comprometimento da exploração pesqueira, as quais geram conseqüências sócio-econômicas como redução da qualidade de vida no CELMM; Redução das oportunidades de trabalho no CELMM, levando ao Comprometimento do desenvolvimento sustentável do CELMM e seu entorno (ANA/MMA, 2006).

De acordo com Pedrosa (2006) o aumento populacional nos últimos 30 anos vem comprometendo os recursos naturais da bacia e em especial, o volume de água disponível. Em 1970, girava em torno de 180 mil pessoas, em 2000, o número subiu para 850 mil; “Em três décadas, 700 mil pessoas a mais surgiram para fazer uso das mesmas fontes d’água”.



Outro fator para a diminuição da água disponível na bacia hidrográfica seria a irrigação da cultura da cana-de-açúcar, a qual pode iniciar um problema econômico, pois Alagoas é um dos maiores exportadores de açúcar e álcool do país. Com o Lançamento do Proálcool em 1975, durante a crise mundial do petróleo, as usinas passaram a irrigar cada vez mais a plantação. “Enquanto a cana irrigada rende entre 100 e 105 toneladas por hectare, a produção que não recebeu água rende entre 68 e 75 toneladas”. As saídas para afastar os prejuízos têm sido, além da reutilização da água usada na lavagem da cana, economizar no consumo de energia e investir no estoque de água no inverno para irrigar os canaviais no verão (Pedrosa, 2006).

A indústria canavieira é uma atividade que envolve sérios riscos ambientais. A começar pelo plantio da cana-de-açúcar, caracterizado como uma monocultura, que ocupa vastas áreas e que provoca sérios desequilíbrios na flora e na fauna da região onde é plantada. Assim, inicia-se o processo pelo desmatamento. Nessa atividade, animais e plantas nativos são mortos e destruídos. Logo em seguida prepara-se a terra com material químico de natureza diversa procurando adequar o solo às necessidades da cana. Nesse processo, ele é poluído quimicamente. Na colheita, as queimadas poluem o ar e enfraquecem o solo ao destruir, pelo fogo, nutrientes e microrganismos. Finalmente, na fase industrial, os efluentes líquidos dessa atividade, como a vinhaça, são atirados em rios e córregos, matando peixes e deixando a água contaminada com resíduos químicos típicos do preparo do açúcar e do álcool. Muitas vezes, a própria água de chuva contribui para a disseminação, no solo e nas águas, de resíduos poluentes através do escoamento pluvial, sendo o material deixado no solo levado até os reservatórios aquíferos (Cruz *et al.*, 2005).

Outra atividade econômica local, a carcinicultura (criação de camarão em cativeiro), tem um extremo potencial poluidor do solo e da água e utiliza-se dos recursos hídricos locais. Nela, o consumo de água é elevado e produtos químicos são usados para combater a poluição da água, que depois é liberada no rio. Um dos problemas das fazendas que criam camarão é que, na maioria dos casos, elas são insustentáveis, pois uma típica fazenda de camarão dura, no máximo, cinco anos. A degradação do ambiente e o surgimento de doenças causadas pelos produtos químicos utilizados ilegalmente acabam com a produtividade das fazendas. As fazendas são fechadas deixando a população local sem empregos e sem benefícios. A expansão de fazendas de camarão implica a destruição de manguezais e, portanto a destruição de ecossistemas muito frágeis típicos de áreas costeiras. As espécies marinhas dependentes dos manguezais são postas em perigo, pois os manguezais servem também como barreiras

fluviais, e a destruição das mesmas pode gerar enchentes ameaçando as populações locais e o setor da pesca (Rede de Justiça Ambiental, 2005).

Diagnóstico realizado pelo IBAMA em 2005, a pedido do Ministério Público Federal (MPF), apontou que mais de 80% das fazendas de camarão do Estado do Ceará, por exemplo, não fazem o tratamento adequado dos seus efluentes, causando os mais diversos impactos sócio-ambientais, da extinção de manguezais e apicuns (brejo de água salgada, à borda do mar) à salinização dos lençóis freáticos (Aquino Jr., 2008).

Segundo à Associação Brasileira de Criadores de Camarão (ABCC) esses criatórios são considerados como ideais para implantação de viveiros e as legislações estaduais permitem textualmente sua utilização, mesmo sendo parte integrante do ecossistema manguezal e, portanto, Área de Preservação Permanente, de acordo com o Código Florestal (Lei 4.771/65) e a Resolução CONAMA 303/02 a qual dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente.

Não obstante os altíssimos investimentos públicos e privados, o impacto positivo na balança comercial e os discursos que acompanham e legitimam a carcinicultura no Brasil, ela tem provocado uma série de impactos sócio-ambientais, cujas conseqüências, já no presente, mas sobretudo a médio e longo prazo, vêm sendo constantemente denunciadas pelas comunidades litorâneas e ribeirinhas e pelas organizações, movimentos e pastorais populares. Abaixo, tem-se uma lista dos principais problemas que essa atividade tem provocado (Aquino Jr, 2008).

1. Com a construção dos viveiros nas margens dos rios, gamboas, lagos e dunas, imensas áreas de manguezais (berço marítimo) e de matas ciliares ao longo dos rios vêm sendo destruídas. Em algumas regiões, os viveiros são construídos dentro do leito dos rios;

2. A utilização de produtos químicos tem provocado a mortandade de peixes, caranguejos, mariscos e crustáceos (fonte de sobrevivência de muitas comunidades), doenças de pele e envenenamento de trabalhadores dos viveiros;

3. Em algumas regiões, a construção de viveiros em áreas onde estão situadas as fontes de abastecimento do município pode salinizar o lençol freático e comprometer o abastecimento de toda a região;

4. A carcinicultura é uma das atividades que mais consome água. Devido ao tamanho do espelho de água dos viveiros, o índice de evaporação é altíssimo. Como a atividade se desenvolve também à margem de rios e lagoas, utilizando água doce, em regiões onde o abastecimento de água é precário e, mesmo, no contexto mundial de escassez, disputa e

racionalização do uso da água, é bastante problemático investir em uma atividade com um consumo de água tão elevado.

5. A construção dos viveiros nas margens dos rios, gamboas, lagos e dunas tem dificultado o acesso das famílias a seus lugares de trabalho, provocando uma verdadeira privatização dos acessos ao mar, rios e lagoas.

6. Com a carcinicultura está se desenvolvendo uma nova forma de concentração da terra e da água. Grandes produtores estão investindo na compra de terras em áreas de manguezal e nas margens dos rios.

7. Com expansão da atividade, cresce o desemprego no campo e, conseqüentemente, aumenta o índice de pobreza e de miséria. Enquanto em cinco hectares de manguezais trabalham até 30 famílias, em cinco hectares de viveiros trabalham apenas duas pessoas. Além de promover a destruição dos tradicionais postos de trabalho das comunidades litorâneas e ribeirinhas, a carcinicultura absorve regularmente, um índice muito baixo de mão de obra, comprometendo, assim, a renda e a sustentabilidade das famílias, provocando, por exemplo, o aumento da miséria, o êxodo e a prostituição.

Os problemas anteriormente citados são o preço sócio-ambiental do acelerado e descontrolado crescimento do agro-negócio do camarão. Eles põem em questão a sustentabilidade sócio-ambiental dessa atividade, pelo menos na forma como vem se desenvolvendo.

Hoje, sobretudo nos países do primeiro mundo, fala-se muito da redução dos impactos ambientais da atividade. Sem dúvida nenhuma, é possível reduzir, enormemente, esses impactos (produção ecológica com a não construção de viveiros em áreas de manguezal e de matas ciliares; redução do uso de produtos químicos; construção de bacias de sedimentação; tratamento da água utilizada; limite e controle da atividade a partir das potencialidades ambientais de cada região, dentre outros).

Percebe-se que, apesar de bons frutos financeiros, a criação de camarões, se não respeitar o meio ambiente, pode se tornar uma grande fonte de degradação do meio ambiente e, portanto, de poluição. Não se pode ignorar os manguezais e sua importância para o ciclo da vida em regiões costeiras (Cruz *et al.*, 2005).

A potencialidade dos recursos ambientais da região e sua localização estratégica (junto a um ancoradouro natural de excelentes condições, sítio do porto de Maceió) propiciaram um processo de uso e apropriação, que vem determinando as características do desenvolvimento local, gerando oportunidades de negócios, emprego e renda, mas também, levando a

processos de super-exploração, exaustão, comprometimento do patrimônio natural e deterioração de características e valores culturais locais.

Como agravante desse quadro, cabe destacar também fatores que ocorrem à montante, todos em geral, com repercussões negativas para a deposição de sedimentos e poluentes:

- No rio Mundaú existem matadouros de animais nos municípios de Santana do Mundaú, União dos Palmares, Branquinha e Rio Largo; seis indústrias sucro-alcooleiras: Engenho Serra Grande S.A., Cia Açucareira Engenho Laginha, Engenho São Simão Açúcar e Álcool Ltda, Cia Açucareira Alagoana Engenho Uruba, Engenho Santa Clotilde S.A. e S.A. Irmãos León Açúcar e Álcool, além das indústrias CODEPAL (Companhia de Papel de Alagoas), PROFERTIL (Produtos Químicos e Fertilizantes de Alagoas), MAFRIAL (Matadouro e Frigorífico de Alagoas) e diversas pedreiras e cerâmicas (Marques *et al.*, 1993).

- Na margem direita da Lagoa Manguaba, no município de Pilar, se identifica principalmente a atividade canavieira; no município de Marechal Deodoro, além da atividade canavieira, criação de porcos, há a Fazenda Fonte Azul cujos afluentes são lançados no rio que chega à tal lagoa. Na margem esquerda, no município de Pilar, se observa a exploração de gás natural com inúmeras perfurações de poços (Marques *et al.*, 1993).

- Na zona dos canais do CELMM se observam a construção de pontes, abandono de instrumentos de pesca, gasoduto da Petrobrás, oleoduto Pilar-BAMAC da Petrobrás, corte e queima de vegetação, instalação de hotéis, bares e clubes, instalação do pólo-cloroquímico com as seguintes unidades de instalação: fábrica de VCM (cloreto de vinila- um gás), fábrica de PVC (poli cloreto de vinila- plástico não 100% originário do petróleo) e unidade de armazenamento de nitrogênio (Marques *et al.*, 1993).

Oliveira (1997) comenta que estudos de impactos ambientais que venham a ser realizados no CELMM não serão suficientes para prever a degradação que ocorrerá no sistema estuarino, devido a seu grande dinamismo. Portanto, faz-se necessário o monitoramento ambiental contínuo do Complexo, o que poderá recomendar, mudanças na cota do fundo do canal determinada no projeto de dragagem, nos volumes e na área a ser dragada.

Em janeiro de 1998 foi promovida a oficina de trabalho para a elaboração do "Plano de Gestão Integrada do Complexo Estuarino-Lagunar Mundaú/Manguaba", realizada pela SEPLAN/AL (Secretaria de Estado do Planejamento e Desenvolvimento), com participação de representantes dos poderes públicos, universidades e sociedade civil, quando as potencialidades e os problemas ambientais da região foram amplamente levantados e

detalhados, sendo apontadas, na ocasião, diretrizes e linhas de ação que deveriam nortear programas para a recuperação do Complexo (ANA/MMA, 2006).

De fato, não é recente a preocupação dos alagoanos com relação ao rico patrimônio natural constituído pelo CELMM. Ao longo dos últimos 25 anos, desde o pioneiro "Projeto de Levantamento Ecológico e Cultural das Lagoas Mundaú e Manguaba" realizado através de Convênio entre a SUDENE (Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste), CNRC (Centro Nacional de Referência Cultural) e da Coordenação de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CDCT)-SEPLAN/AL (77-78), diversos planos, estudos e projetos foram desenvolvidos na região, sem, no entanto, chegar a um programa estratégico e articulado de ações para sua recuperação. Com efeito, apesar da recomendação para que se implantasse um Comitê para Gerenciamento do CELMM, como prioridade indicada pelas oficinas de janeiro de 1998, este não chegou a ser formalizado, gerando lacuna institucional responsável pelas dificuldades de ações e projetos efetuados de modo descontínuo e desarticulado, sem a devida efetividade e eficácia quanto à proteção do Complexo.

Mais recentemente, durante o Seminário "Experiências de Gerenciamento de Recursos Hídricos no Semi-árido e no Complexo Estuarino-Lagunar Mundaú/Manguaba", promovido com apoio do PROÁGUA/SEMI-ÁRIDO, conjuntamente pela SERHI/AL e pela SRH/MMA, em Maceió e Viçosa em maio/2000, foi possível a retomada das discussões, particularmente em razão da celebração de um Protocolo de Intenções, firmado entre o Governo Federal e o Governo do Estado de Alagoas, destinado à criação de um Grupo de Trabalho visando à implantação de ações imediatas e um de projeto piloto para recuperação do Complexo (Ministério do Meio Ambiente, 2005).

Em setembro de 2004, o Governo Federal, através da ANA, assinou um contrato com o Consórcio Engecorps-Arcadis-Tetraplan-Walm-Booz-Allen & Hamilton, para elaboração do Plano de Ações e Gestão Integrada do Complexo Estuarino-Lagunar Mundaú/Manguaba-CELMM. O processo de degradação ambiental sofrido pelo CELMM, afeta direta e indiretamente, os cerca de 260 mil habitantes que vivem no seu entorno, dos quais 5.000 são pescadores. O crescimento desordenado da área urbana de Maceió, a presença de um pólo cloroquímico e a intensa atividade sucro-alcooleira ao longo da bacia hidrográfica são fatores que resultam numa situação crítica, quando colocados frente à vulnerabilidade ambiental e a importância sócio-econômico-cultural da região (ANA/MMA, 2006).

A degradação das lagoas e canais tem acarretado sérios impactos sociais, uma vez que a tendência dos pescadores é de abandonar a pesca e "tentar a sorte" em Maceió, aumentando o contingente de mão-de-obra desempregada na periferia da cidade (Souza *et al.*, 2004).

São fatores prejudiciais notáveis:

- Redução da produção de pescado, inclusive com o desaparecimento de certas espécies de peixes: A descaracterização dos manguezais tem trazido prejuízos para a fauna e a flora, prejudicando inclusive a produção pesqueira e a agricultura local;
- A contaminação por diversos resíduos químicos: A poluição das águas da bacia do rio Mundaú, que recebe grande quantidade de fertilizantes, pesticidas e material orgânico advindo da lavagem da cana;
- O lançamento de efluentes químicos no oceano através do emissário está gerando problemas complexos, uma vez que o local de lançamento coincide com parte da área que os pescadores chamam de "Lama Grande", principal hábitat de camarões de Maceió;
- O assoreamento da embocadura das lagoas, alterando a circulação de suas águas;
- O desencadeamento de processos de eutrofização das lagoas pelo carreamento de grandes quantidades de nutrientes para o ecossistema (Souza *et al.*, 2004).

Diante deste quadro, fato importante é que os setores responsáveis busquem alternativas para auxiliar a população em busca do desenvolvimento sustentável local e atentem para a gestão dos recursos naturais.

No entanto, de acordo com Ferreira (2004) as alternativas de desenvolvimento e sobrevivência de cada comunidade podem ser denominadas como agrícolas e extrativistas. Artesanato em forma de doces e objetos constituem renda mínima por família, além dos excedentes da agricultura e extrativismo. As alternativas de desenvolvimento devem se reportar à agricultura familiar e especificamente trabalharem com manejo sustentável e ecoturismo, neste se incluindo as questões de manutenção e difusão das questões culturais, colocadas como as mais adequadas formas de atender, com processos e produtos, à sustentabilidade local perseguida. Portanto a questão da territorialidade, aliada a uma cesta de produção sustentável, através de manejo e ecoturismo, atende não só a questões de manutenção de renda anual, respeitando a sazonalidade dos produtos, como também agrega valor à natureza pelas práticas contemplativas, esportivas e educativas trazidas pelo ecoturismo, o que permite agregar valor a residências e outros tipos de hospedagem, garantidoras de novas atividades e receitas.

## 2.4.2 Conflitos gerados pela ocupação irregular

Segundo o MMA/CPRH-PE (2008) os principais conflitos gerados pela ocupação desordenada são: A expansão urbana conflita com o uso agrícola; O conflito do uso urbano da água para consumo ocorre onde a ocupação urbana consolidada e as áreas de expansão urbana assentam-se sobre formações aquíferas; Obstrução do acesso do público a esses locais, resultado do avanço das construções na faixa de praia, impedindo a circulação das pessoas na preamar; A degradação das praias também se revela na perda de qualidade das águas litorâneas; Conflitos gerados pela expansão urbana desordenada com uso industrial.

De acordo com a atividade geradora, os conflitos de usos do solo, na área, podem ser agrupados em três conjuntos (MMA/CPRH-PE, 2008):

- a) conflitos oriundos do uso agrícola e agropecuário do solo;
- b) conflitos decorrentes dos usos urbano e industrial do solo;
- c) conflitos decorrentes do uso do solo pelo turismo/lazer e com aquicultura.

De acordo com MMA/CPRH-PE (2008) no grupo “a”, situam-se os conflitos da agricultura e da agropecuária com remanescentes da Mata Atlântica. Os conflitos da agricultura com os remanescentes da Mata Atlântica ocorrem em toda a área de predominância de cana-de-açúcar, coco, policultura e granjas e chácaras, onde a expansão desses usos se dá a custa da devastação progressiva da cobertura florestal.

Esses conflitos tornam-se, no momento, mais intensos nas áreas de policultura, constituídas por sítios e assentamentos rurais, à medida em que o reduzido tamanho dos estabelecimentos rurais e o baixo potencial agrícola dos solos, nessas unidades de produção, somam-se à falta de recursos do produtor para melhorar a produtividade agrícola das mesmas.

A devastação crescente da cobertura florestal, ao mesmo tempo em que contribui para intensificar os processos erosivos nas encostas com declividade acentuada e nos taludes provoca o assoreamento de rios e reservatórios e aumenta a evaporação da água do solo e dos corpos de água. Isso pode comprometer o abastecimento hídrico das comunidades atendidas por esses mananciais. Além dessas conseqüências, o desmatamento pode provocar alteração do equilíbrio ecológico dos ecossistemas afetados e motivar, entre outras conseqüências, a proliferação de pragas que atacam plantações e invadem áreas urbanas.

No grupo “b”, situam-se os conflitos da ocupação urbana, urbano-industrial e industrial do solo com remanescentes da Mata Atlântica, bem como uso da água para consumo e com turismo e lazer. Os conflitos da ocupação urbana com Mata Atlântica ocorrem onde os

remanescentes dessa cobertura florestal situam-se na periferia ou no interior das áreas urbanas MMA/CPRH-PE (2008).

O resultado desses conflitos tem sido a degradação contínua dessas matas que apresentam estado de conservação regular ou crítico.

Afora a perda de beleza cênica e a conseqüente desvalorização dessas áreas para o turismo, a ocupação irregular e a degradação dos recursos naturais das mesmas aumentam os riscos de inundação quando da ocorrência de chuvas fortes, enchentes fluviais e marés muito altas. A esses, acrescem-se os riscos que a degradação de manguezal e alagados podem representar para a reprodução da fauna costeira e a sobrevivência das comunidades pesqueiras litorâneas.

No grupo “c”, situam-se os conflitos do turismo/lazer com a pesca artesanal e da aqüicultura em manguezal. O mesmo tem como atores principais as lanchas que circulam, em alta velocidade, sobretudo em fins de semana e feriados, e os pescadores que transitam ou pescam nessas áreas. As lanchas, ao circularem em velocidades incompatíveis com o ambiente estuarino, não só destroem apetrechos de pesca como afugentam peixes e põem em risco a vida dos pescadores e o equilíbrio do ecossistema (MMA/CPRH-PE, 2008).

O conflito aqüicultura x manguezal ocorre tanto na aqüicultura artesanal, de pequeno porte, como nos grandes projetos de carcinicultura. Esse tem como principais componentes 1- O corte/aterro de manguezal para instalação/ampliação de viveiros ou para implantação de vias de acesso; 2- O lançamento, nos corpos de água, de resíduos susceptíveis a causarem desequilíbrio no ambiente estuarino.

A pressão por moradia gera implicações para o meio ambiente. Estas implicações agravam se consideradas as condições em que estes assentamentos se instalam, lançando esgotos e lixo doméstico sem os cuidados necessários, contaminando corpos de água que, ao final, comprometem os mananciais de abastecimento com suas cargas poluentes (Salati *et al.*, 1999).

A degradação de bacias hidrográficas através da ação do homem, segundo Montero *et al.* (2006), tem se tornado um dos mais importantes problemas de natureza ambiental, econômica e social através do mundo. Em sua pesquisa junto à bacia do rio Ayuquila, México, observaram a presença de um complexo conjunto de problemas ambientais, desde mudanças no uso do solo, queima da vegetação, erosão do solo, poluição da água, depleção nos níveis dos lençóis de água, diminuição da vazão dos rios e uso ineficiente da água para abastecimento urbano e para irrigação.



Outro exemplo de um processo de degradação semelhante foi observado na bacia hidrográfica do Alto Iguaçu a partir dos dados da SEDU - Secretaria de Estado de Desenvolvimento Urbano do Paraná. Borges e Sabbag Filho (2001) observaram que os mananciais, mesmo amparados por legislação, são alvos de ocupações irregulares e invasões destinadas predominantemente a moradias para famílias de baixa renda.

Este processo se deve a inúmeros fatores, quais sejam (Borges e Sabbag Filho, 2001):

- Crescimento demográfico natural adicionado ao aporte de pessoas que chegam aos grandes centros urbanos em busca de melhores oportunidades;
- A carência de empregos ou o baixo poder aquisitivo da população que dificultam a aquisição de uma moradia construída em local apropriado, conforme as especificações técnicas e métodos construtivos adequados e de acordo com as prescrições da legislação territorial.
- Problemas ambientais, desde mudanças no uso do solo, queima da vegetação, erosão do solo, poluição da água, depleção nos níveis dos lençóis de água, diminuição da vazão dos rios e uso ineficiente da água para abastecimento urbano e para irrigação (Montero *et al.*, 2006).
- Políticas habitacionais carentes de recursos;
- Divisão desigual de renda;
- Especulação imobiliária/fundiária nas áreas de risco.

Para compreender o fenômeno da ocupação irregular das áreas de mananciais e rios, Almeida (2000) identificou as razões desencadeadoras das ocupações. Entre estas razões destaca que as leis de proteção dos mananciais de abastecimento de água, surgidas na década de 70, acabaram por promover a desvalorização das terras abrangidas por estas leis. O autor cita como exemplo o ocorrido na região metropolitana da cidade de São Paulo, onde a aplicação da Lei Estadual de Proteção dos Mananciais, Lei nº. 898/75 promoveu a desvalorização das terras em torno das represas Billings e Guarapiranga em decorrência das severas limitações de uso e ocupação de solo.

Tais limitações, além da desvalorização, resultaram em ocupações em desacordo com a lei, loteamentos precários, favelas e invasões (Almeida, 2000).

Segundo Taschner (1997), o processo de ocupação irregular das áreas em torno da represa Guarapiranga resultou em 264 favelas até o início dos anos 90. Outros fatores desencadeadores das ocupações irregulares foram as leis de uso e ocupação do solo, através das quais se definem as condições de aprovação de loteamentos, permitindo que as piores áreas sejam destinadas ao uso público.

Áreas que apresentam declividades acentuadas, com dimensões inadequadas e faixas não-edificáveis são alvos para ocupações irregulares as quais, inclusive, estarão expostas a riscos de natureza geológica e hidráulica (Almeida, 2000).

### **2.4.3 Proposta de manejo no CELMM**

As unidades ambientais litorâneas possuem expressiva dinâmica natural, mas com o crescente processo de urbanização e o desenvolvimento desenfreado da atividade turística, podem sofrer uma artificialização progressiva da paisagem, provocando modificações na extensão e na localização dos principais ecossistemas litorâneos (Gorayeb *et al.*, 2005).

Como a avaliação de impactos ambientais constitui um instrumento da política ambiental capaz de assegurar a realização de um exame sistemático dos possíveis impactos ambientais decorrentes de uma determinada ação, bem como de suas alternativas, regiões biodiversamente importantes como o CELMM podem ser totalmente beneficiadas com tais programas e ações.

Essa avaliação tem como objetivo revelar ao público e aos responsáveis pela tomada de decisão os resultados levantados, com ênfase nas possíveis conseqüências que a referida ação degradante pode gerar, pondo-as em prática.

As propostas de manejo sustentável devem englobar o bem-estar social, o desenvolvimento econômico e a conservação da natureza. Assim, ferramentas para o planejamento ambiental são fundamentais para a realização de medidas conservacionistas, mostrando-se como uma ferramenta institucional, composta por leis e planos diretores, projetos participativos e instrumentos políticos.

Com as informações citadas a partir desse tipo de análise, pode-se conhecer a infra-estrutura e os problemas sócio-ambientais da região, obtendo-se uma visão integrada da área e possibilitando a elaboração de sugestões de ações conservacionistas.

Conforme Ribeiro (2001), o planejamento ambiental é um instrumento dirigido a planejar e programar o uso do território, das atividades produtivas do ordenamento dos assentamentos humanos e do desenvolvimento da sociedade de forma sustentada visando à proteção e à qualidade do meio ambiente. A conscientização ambiental e as análises integradas do espaço geográfico são requisitos fundamentais na elaboração de um planejamento ecologicamente coerente. Desta forma, deve-se considerar os processos dinâmicos do espaço, afim de ordená-los, garantindo a melhoria das condições ambientais e da qualidade de vida

No trabalho de Gorayeb *et al.* (2005) foram identificados impactos ambientais na região da foz do rio Pacoti, Fortaleza (CE) e propuseram práticas de manejo sustentável para a área. Para tal, realizou-se uma caracterização ambiental relacionando o uso e a ocupação do solo com os impactos ambientais decorrentes, identificando-se suas limitações naturais e as potencialidades paisagísticas para, ao fim, serem feitas propostas de manejo sustentável. Os principais impactos ambientais encontrados foram decorrentes da utilização inadequada dos recursos naturais como a poluição hídrica, provinda de estabelecimentos turísticos e de atividades de lazer, o desmatamento da vegetação nativa, em especial a vegetação de como dunas e as espécies do manguezal, o desencadeamento de processos de erosão e assoreamento e a conseqüente diminuição da biodiversidade local.

De acordo com Barroso (1987), toda a pressão antrópica exercida sobre a vegetação nativa de uma bacia hidrográfica, que implique em sua diminuição espacial é seguida por um conjunto de conseqüências sempre negativas que serão tanto maiores quanto mais numerosos forem os fatores que resultarem em tal diminuição. A desarmonia de um dos componentes do sistema água-solo-planta resulta, invariavelmente, no desequilíbrio de outros componentes, o que será notado com maior ou menor rapidez em função da forma como o homem atua nesse meio em busca de benefícios (expansão agrícola, pecuária e exploração de madeira).

Hidalgo (1989), concluiu que a elaboração de um plano de manejo ambiental não é suficiente para solucionar os problemas da natureza e do homem. O problema é muito mais complexo. É necessário ter um respaldo político e uma real participação da sociedade, sendo também fundamental dispor de uma metodologia simples de caráter multidisciplinar e interinstitucional e um respaldo financeiro, a fim de cumprir com os objetivos do plano.

#### **2.4.4 Parâmetros de qualidade de água**

A qualidade de água de mananciais que compõem uma bacia hidrográfica está relacionada com o uso do solo na bacia e com o grau de controle sobre as fontes de poluição. O controle sobre as fontes de poluição se dá basicamente através do tratamento de águas residuárias sanitárias e industriais. Entretanto, as alterações na qualidade da água estão diretamente relacionadas com as alterações que ocorrem na bacia hidrográfica, como vegetação e solo (Tucci, 2004).

Analisando-se características como clima, cobertura vegetal, geologia, topografia, drenagem, tipo de solo, pode-se chegar a um zoneamento adequado de usos do solo na bacia. Dessa maneira, seriam determinadas áreas de preservação de mananciais, reservas florestais,

áreas agrícolas, distritos industriais, áreas de expansão urbana, enfim o uso do solo obedeceria às características naturais da bacia hidrográfica.

Indicativos de degradação ambiental podem ser mostrados através de dados de qualidade de água, por exemplo. Os principais parâmetros que indicam poluição nos recursos hídricos são: Temperatura da água, Potencial hidrogeniônico, Condutividade elétrica e Oxigênio dissolvido.

De acordo com Likens *et al.* (1967) análises de parâmetros de qualidade de água também apontam as operações que envolvem o uso e o manejo do solo como as que mais exercem influência na qualidade da água de uma microbacia.

Salata *et al.* (1988) estudou a microbacia Água da Cachoeira e determinou que grande parte da área agrícola é arrendada para o cultivo de cana-de-açúcar, onde são utilizadas técnicas como o terraceamento em desnível, o represamento e o escoamento das águas excedentes, o cultivo em faixas e a rotação com leguminosas. Além das atividades relacionadas ao uso e manejo do solo, intervenções na vegetação e nas estradas e vias de acesso são também consideradas importantes modificadoras de parâmetros qualitativos, por serem fontes potenciais de turbidez da água (Varzhemin, 1972 e Douglas e Swank, 1975).

O planejamento territorial, associado a outras medidas de caráter preventivo como, por exemplo, educação e acesso a informações, o planejamento urbano organizado, construção de bacias de retenção, proteção das áreas marginais aos cursos de água, é um instrumento eficaz e de baixo custo para controle de poluição (Tucci, 2004).

#### 2.4.4.1 Temperatura da água

A temperatura pode ser considerada a característica mais importante do meio aquático. A temperatura caracteriza grande parte dos outros parâmetros físicos da água tais como a densidade, viscosidade, pressão de vapor e solubilidade dos gases dissolvidos (Tucci, 2004).

O efeito da temperatura sobre as características químicas da água decorre da influência que a mesma exerce sobre as reações químicas. A velocidade da reação química duplica para cada 10°C de aumento da temperatura, acelerando as reações que se relacionam com a atividade microbiana (reações bioquímicas). A temperatura é um dos fatores que governam a existência e interdependência dos organismos e espécies aquáticas (bactérias, peixes, algas e plantas aquáticas, entre outros).

Nos ecossistemas aquáticos continentais, a quase totalidade da propagação do calor ocorre por transporte de massa d'água, sendo a eficiência deste em função da ausência ou

presença de camadas de diferentes densidades. Em lagos que apresentam temperaturas uniformes em toda a coluna, a propagação do calor através de toda a massa líquida pode ocorrer de maneira bastante eficiente, uma vez que a densidade da água nessas condições é praticamente igual em todas as profundidades, sendo o vento o agente fornecedor da energia indispensável para a mistura das massas d'água. Por outro lado, quando as diferenças de temperatura geram camadas d'água com diferentes densidades, que em si já formam uma barreira física, impedindo que se misturem, e se a energia do vento não for suficiente para misturá-las, o calor não se distribui uniformemente, criando a condição de estabilidade térmica. Quando ocorre este fenômeno, o ecossistema aquático está estratificado termicamente. Os estratos formados freqüentemente estão diferenciados física, química e biologicamente (Tucci, 2004).

#### 2.4.4.2 pH (potencial hidrogeniônico)

O termo pH é usado universalmente para expressar o grau de acidez ou basicidade de uma solução, ou seja, é o modo de expressar a concentração de íons de hidrogênio nessa solução. A escala de pH é constituída de uma série de números variando de 0 a 14, os quais denotam vários graus de acidez ou alcalinidade. Valores abaixo de 7 e próximos de zero indicam aumento de acidez, enquanto valores de 7 a 14 indicam aumento da basicidade.

As medidas de pH são de extrema utilidade, pois fornecem inúmeras informações a respeito da qualidade da água. As águas superficiais possuem um pH entre 4 e 9. As vezes são ligeiramente alcalinas devido à presença de carbonatos e bicarbonatos. Naturalmente, nesses casos, o pH reflete o tipo de solo por onde a água percorre. Em lagoas com grande população de algas, nos dias ensolarados, o pH pode subir muito, chegando a 9 ou até mais. Isso porque as algas, ao realizarem fotossíntese, retiram muito gás carbônico, que é a principal fonte natural de acidez da água. Geralmente um pH muito ácido ou muito alcalino está associado à presença de despejos industriais.

O pH é importante para praticamente todas as áreas da engenharia sanitária, pois o nível de pH indica o tipo de água que exerce efeito corrosivo sobre tubulações e equipamentos de sistemas de água e esgoto; influi na coagulação química e sedimentação em estações de tratamento de água; os processos biológicos ou químicos de estações de tratamento de esgotos se desenvolvem de acordo com o nível desse parâmetro; pode-se identificar a toxidez de certos compostos com metais pesados, em relação à vida aquática, em particular os peixes, e

industrialmente, tem faixas apropriadas para utilização em cada tipo de indústria (Tucci, 2004).

#### 2.4.4.3 Condutividade elétrica

A condutividade elétrica é a capacidade que a água possui de conduzir corrente elétrica. Este parâmetro está relacionado com a presença de íons (partículas carregadas eletricamente) dissolvidos na água. Quanto maior for a quantidade de íons dissolvidos, maior será a condutividade elétrica da água. Em águas continentais, os íons diretamente responsáveis pelos valores da condutividade são, entre outros, o cálcio, o magnésio, o potássio, o sódio, carbonatos, carbonetos, sulfatos e cloretos. O parâmetro condutividade elétrica não determina, especificamente, quais os íons que estão presentes em determinada amostra de água, mas pode contribuir para possíveis reconhecimentos de impactos ambientais que ocorram na bacia de drenagem ocasionados por lançamentos de resíduos industriais, mineração, esgotos, etc.

A condutividade elétrica da água pode variar de acordo com a temperatura e a concentração total de substâncias ionizadas dissolvidas. Em águas cujos valores de pH se localizam nas faixas extremas ( $\text{pH} > 9$  ou  $\text{pH} < 5$ ), os valores de condutividade são devidos apenas às altas concentrações de poucos íons em solução, dentre os quais os mais frequentes são o  $\text{H}^+$  e o  $\text{OH}^-$  (Ambiente Brasil, 2008).

#### 2.4.4.4 Oxigênio dissolvido (OD)

A quantidade de oxigênio dissolvido na água é um índice expressivo de sua qualidade sanitária. Águas superficiais de boa qualidade devem estar saturadas de oxigênio. Uma água saturada pode ou não estar poluída, mas a saturação indicará que não está contaminada por matéria oxidável (Tucci, 2004).

A determinação do oxigênio dissolvido é de fundamental importância para avaliar as condições naturais da água e detectar impactos ambientais como poluição orgânica e eutrofização (fenômeno causado pelo excesso de nutrientes normalmente causado pela descarga de efluentes agrícolas, urbanos ou industriais num corpo de água mais ou menos fechado. Esse fato leva à proliferação excessiva de algas, que, ao entrarem em decomposição, levam ao aumento do número de microorganismos e à conseqüente deterioração da qualidade do corpo de água).

Do ponto de vista ecológico, o OD é uma variável extremamente importante, pois é necessário para a respiração da maioria dos organismos que habitam o meio aquático. Geralmente o OD se reduz ou desaparece, quando a água recebe grandes quantidades de substâncias orgânicas biodegradáveis encontradas, por exemplo, no esgoto doméstico, em certos resíduos industriais, no vinhoto, e outros. Os resíduos orgânicos despejados nos corpos d'água são decompostos por microorganismos que se utilizam do oxigênio na respiração. Assim, quanto maior a carga de matéria orgânica, maior o número de microorganismos decompositores e, conseqüentemente, maior o consumo de oxigênio. A morte de peixes em rios poluídos se deve, portanto, à ausência de oxigênio e não à presença de substâncias tóxicas (Ambiente Brasil, 2008).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

---

#### 3.1 ÁREA DE ESTUDO

A bacia hidrográfica do rio Mundaú tem uma área total de 4.126 Km<sup>2</sup>, está compreendida entre as latitudes de 9,4° a 8,4° S e longitudes 35,4° e 36,2° W, abrangendo os Estados de Alagoas e Pernambuco, conforme a Figura 3.1.

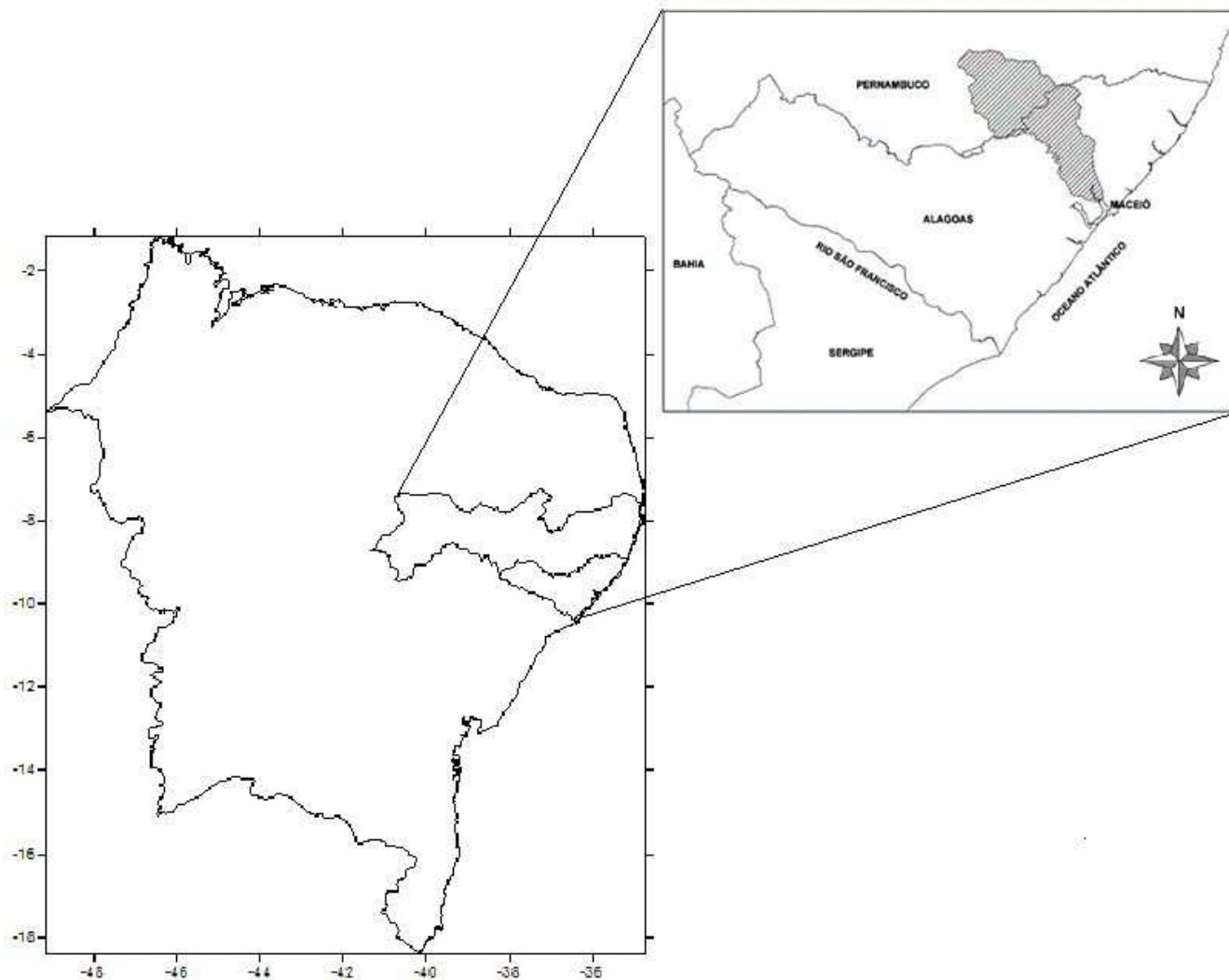


Figura 3.1: Localização da bacia hidrográfica do rio Mundaú em relação aos Estados que a compõem, Alagoas e Pernambuco, e em relação ao nordeste brasileiro.

Em Pernambuco, a sua área é de 2.155 Km<sup>2</sup> e abrange 15 municípios (Garanhuns, Brejão, Lagoa do Ouro, Correntes, Caetés, Capoeiras, Jucati, Jupi, Calçado, Lage do Jurema, Canhotinho, Angelim, São João, Palmeirina e Teresinha). Em Alagoas, uma área de 1.971 Km<sup>2</sup> pertence à bacia hidrográfica do rio Mundaú e abrange mais 15 municípios (Chã Preta,



Santana do Mundaú, São José da Lage, Ibateguara, União do Palmares, Atalaia, Branquinha, Capela, Maceió, Messias, Pilar, Rio Largo, Santa Luzia do Norte, Coqueiro Seco e Satuba). Na região apresentam-se os climas Semi-árido e Tropical, conforme descrito no Capítulo 2. Entre os 30 municípios citados da bacia hidrográfica, utilizou-se 17, mostrados na Figura 3.2.

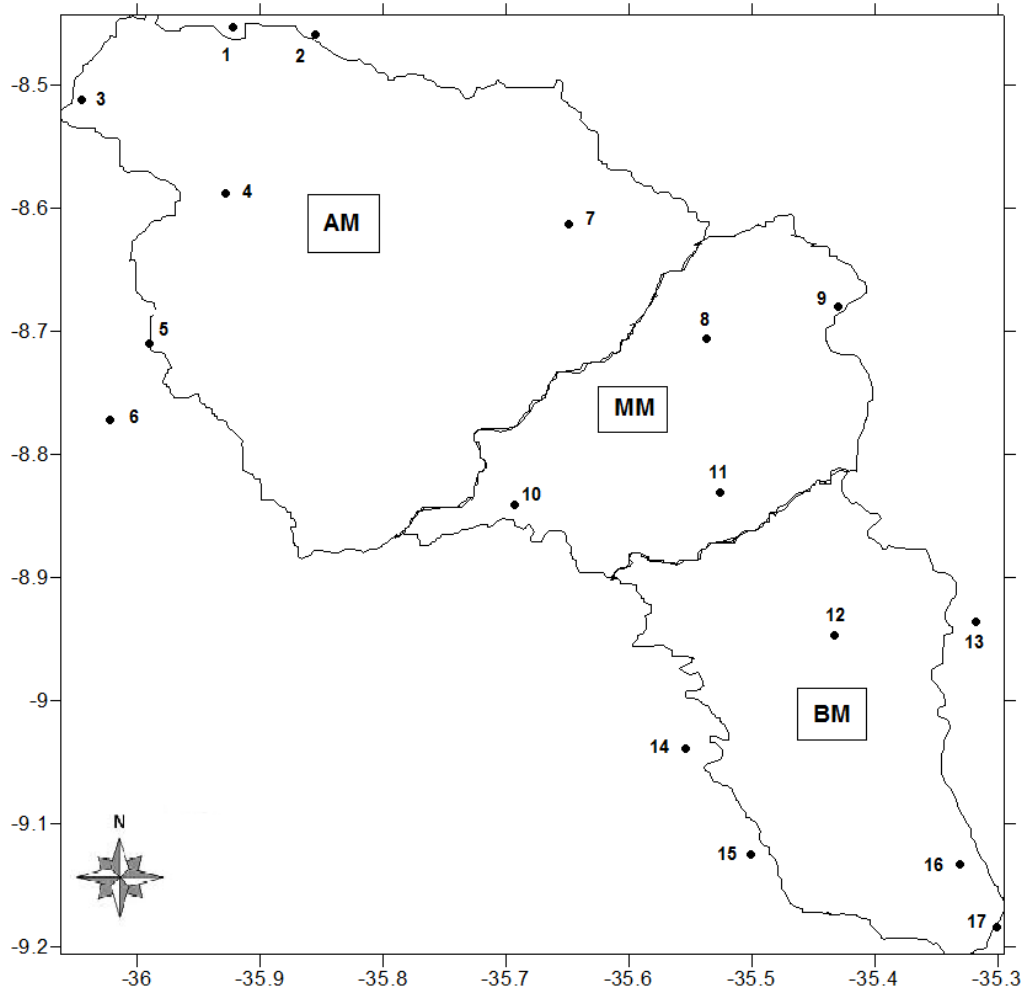


Figura 3.2: Bacia hidrográfica do rio Mundaú, suas três regiões e estações pluviométricas utilizadas neste trabalho.

### 3.1.1 Região do entorno do CELMM

O complexo estuarino-lagunar está situado entre as latitudes de  $9^{\circ}36'S$  e  $9^{\circ}45'S$ , e entre as longitudes de  $35^{\circ}41'W$  e  $35^{\circ}55'W$  e tem uma área aproximada de  $55 \text{ Km}^2$ , dentro da bacia hidrográfica do rio Mundaú. A área restante pertence às sub-bacias do rio Paraíba do Meio e Sumaúma.

Os municípios de Maceió, Rio Largo, Satuba, Santa Luzia do Norte, Coqueiro Seco, Marechal Deodoro e Pilar, constituem o CELMM. A população das cidades do entorno é de

aproximadamente 951.413 habitantes e a população contribuinte ao CELMM nas cidades do entorno é de 251.372 habitantes (Fonte: ANA, 2005).



Figura 3.3: Bacia do rio Mundaú e região do entorno do CELMM (contornado em azul). (Fonte: ANA, 2006).

### 3.1.2 Bacias e rios contribuintes ao CELMM



Figura 3.4: Bacias e rios contribuintes ao CELMM: Bacia do rio Paraíba do Meio, do rio Sumaúma, do rio Remédio e os rios Estivas e Riacho do Silva (Fonte: ANA, 2006).

Como mostrado na Figura 3.4, a área das bacias e rios contribuintes somada a do rio Mundaú chegam a 4.126 Km<sup>2</sup>. Para o rio Paraíba do Meio, a área total é de 3.718 Km<sup>2</sup>.



### 3.3 ANÁLISE CLIMATOLÓGICA

Neste trabalho foram utilizados dados de precipitação para o período de 1955-1991 para 17 localidades da bacia hidrográfica do rio Mundaú (AL e PE), obtidos através da Agência Nacional das Águas (ANA). Também foram usados os dados do número de dias com chuva na bacia citada, os quais geraram uma série temporal do número de dias com e sem chuva para cada sub-região. Esses foram confrontados com os resultados de IAC.

Com a série de precipitação foram feitos gráficos climatológicos de cada sub-região, por município, e da série temporal de precipitação. Os postos pluviométricos usados, com suas coordenadas geográficas e respectivos nomes estão incluídos nos Anexos 1.

As informações geradas por esta análise foram usadas nas análises agrícola e ambiental, haja vista que a variabilidade pluviométrica interfere no desempenho da produção agrícola, na escolha da área para plantio de determinadas culturas e na opção do uso da irrigação, e conseqüentemente no uso de energia elétrica. A variabilidade da precipitação também apresenta influência sobre a pesca, a carcinicultura e seus lucros, na qualidade de água do rio e nos ecossistemas aquáticos, tendo como exemplo os macrocrustáceos, uma das principais fonte de renda local e que dependem da precipitação e temperatura da água para se desenvolverem.

#### **3.3.1 Análise da variabilidade espaço-temporal da precipitação local**

A partir da metodologia de Rooy (1965), utilizada por Freitas (2004; 2005), foram construídas as séries de IAC de 1955 a 1991 de cada sub-região, classificando os anos como secos ou chuvosos.

Posteriormente, foram analisados os anos classificados como seco e chuvoso calculando o IAC mensal. Pretendeu-se com isso, fazer comparações entre anos diferentes verificando a contribuição da quadra chuvosa para o total anual e conhecer melhor os mecanismos meteorológicos atuantes no período.

### 3.3.1.1 Índice de Anomalia de Chuva (IAC)

Neste trabalho foi escolhido o índice IAC para acompanhar a variabilidade pluviométrica e não outro como o de Palmer (Palmer Drought Severity Index-PDSI), porque este último, por exemplo, é calculado com base em dados de evapotranspiração, infiltração, escoamento superficial eventual etc. e expressa uma medida para a diferença acumulada entre a precipitação normal e a precipitação necessária à evapotranspiração (Havens, 1969; Steila, 1971; Alley, 1984 e 1985; Guttman, 1991).

Já o IAC só necessita de dados de precipitação, é simples de ser calculado e visa tornar o desvio da precipitação em relação à condição normal de diversas regiões passíveis de comparação.

Considerado mais coerente, foi usado o Rainfall Anomaly Index (RAI) ou Índice de Anomalia de Chuva (IAC) desenvolvido e utilizado por Rooy (1965) e adaptado por Freitas (2004; 2005).

$$IAC = 3 \left[ \frac{(N - \bar{N})}{(\bar{M} - \bar{N})} \right], \text{ para anomalias positivas; } \quad (3.1)$$

$$IAC = -3 \left[ \frac{(N - \bar{N})}{(\bar{X} - \bar{N})} \right], \text{ para anomalias negativas, } \quad (3.2)$$

Sendo:  $N$  = precipitação mensal atual, ou seja, do mês que será gerado o IAC (mm);  $\bar{N}$  = precipitação média mensal da série histórica (mm);  $\bar{M}$  = média das dez maiores precipitações mensais da série histórica (mm);  $\bar{X}$  = média das dez menores precipitações mensais da série histórica (mm); e anomalias positivas são valores acima da média e negativas, abaixo da média.

### 3.3.1.2 Análise de ondeletas ou Wavelet

Os dados observados foram investigados a fim de identificar possíveis tendências, variações sazonais e interanuais, períodos cíclicos e variações aleatórias, utilizando as ondeletas.

Foram sujeitas a análise de ondeletas (AO) a série de precipitação de cada sub-região da bacia, para todo o período de dados, com a intenção de identificar tendências, ciclos ou

oscilações no âmbito da bacia, durante as diferentes configurações atmosféricas de grande escala e para poder proceder as comparações. Estas análises preliminares de ondeletas podem fornecer uma indicação mais clara de qual escala temporal domina os sistemas meteorológicos ao longo da série.

Os índices de precipitação que foram submetidos à transformada wavelet, primeiramente são tratados. Esses índices são anomalias das variáveis, calculadas a partir da climatologia mensal e normalizados pelos desvios padrão:

$$AVar_{i,j} = (Var_{i,j} - \overline{Var}_i) / \sigma_i \quad (3.3)$$

Em que:  $AVar_{i,j}$  é a anomalia da variável, no ano  $j = 1, 2, 3, \dots, N$  e mês  $i = 1, 2, 3, \dots, 12$ ;  $Var_{i,j}$  é a variável no ano  $j = 1, 2, 3, \dots, N$  e mês  $i = 1, 2, 3, \dots, 12$ , o qual foi calculado sua anomalia;  $\overline{Var}_i$  é a média climatológica do mês a ser calculado a anomalia e  $\sigma_i$  é o desvio padrão utilizado para cada mês  $i$  específico.

O uso da série de anomalias de precipitação para a bacia hidrográfica do rio Mundaú como índice de precipitação é justificado pelo fato que a variabilidade de precipitação na região nordeste do Brasil têm sinal homogêneo. Esse mesmo fundamento foi aplicado por Kousky e Chu, (1978), Aceituno (1988) e Andreoli *et al.* (2004).

Foram geradas as médias para cada sub-região devido às mesmas apresentarem características climatológicas semelhantes entre suas localidades e as mesmas não forma iguais entre cada sub-região. Deste modo, foram submetidas às AO para as três sub-regiões separadamente e não somente uma ondeleta para toda a bacia hidrográfica do rio Mundaú.

O termo ondeleta refere-se a um conjunto de funções com forma de pequenas ondas geradas por dilatações ( $a$ ) e translações ( $b$ ) de uma função simples  $\psi(t)$  de variável real  $t$ , algumas vezes chamada de *ondeleta-mãe*. As funções derivadas da *ondeleta-mãe* são denominadas *ondeletas filhas*, ou simplesmente *ondeletas* (Weng e Lau, 1994). Esta função deve ser quadraticamente integrável dentro de um intervalo real, ou espaço  $[L^2(\mathbb{R})]$ , ou seja, deve apresentar energia finita. Define-se matematicamente a função ondeleta numa escala  $a$  e posição  $b$ , onde  $a$  e  $b$  são valores reais, e  $a > 0$ , como sendo:

$$\Psi_{a,b}(t) = \frac{1}{\sqrt{a}} \psi\left(\frac{t-b}{a}\right) \quad (3.4)$$

A transformada em ondeletas contínua da função  $f(t)$  é definida pela seguinte equação:

$$(W\psi f)(a, b) = \frac{1}{\sqrt{a}} \int f(t) \psi \left( \frac{t-b}{a} \right) dt \quad (3.5)$$

onde  $f(t)$  é a função que constitui a série de dados a ser analisada. O termo  $1/\sqrt{a}$  é utilizado para normalizar a energia de cada ondeleta.

A ondeleta Morlet é complexa e possui características semelhantes às de sinais meteorológicos, tais como simetria ou assimetria, e variação temporal brusca ou suave. Segundo a literatura, este é um critério para escolha da função ondeleta (Weng e Lau, 1994; Morettin, 1999).

A função de Morlet é dada pela seguinte expressão:

$$\psi(t) = e^{i w_0 t} e^{-t^2/2} \quad (3.6)$$

que representa uma onda modulada por um envelope Gaussiano. São:  $i$  = parâmetro de dilatação e compressão da onda;  $w_0$  = parâmetro de frequência e  $t$  = tempo. Todos introduzidos no "script" de programação do Software Matlab.

Pode-se então variar a "escala" da ondeleta mudando sua largura. Esta é a vantagem real da AO. Ondas Morlet apresentam alta frequência enquanto gaussianas apresentam baixa frequência. Para a determinação de ciclos curtos ou longos modifica-se o tipo da onda para Morlet ou Gaussiana, respectivamente.

A maneira de mudar o tamanho total das ondeletas em relação ao tempo, as chamadas "as ondeletas escaladas" é representada como:

$$\varphi \left[ (n' - n) \delta t / s \right] = (\delta t / s)^{1/2} \varphi_0 \left[ (n' - n) \delta t / s \right] \quad (3.7)$$

onde  $s$  é o parâmetro de "dilatação" usado para mudar a escala, e  $n$  é o parâmetro de transformação no tempo. O fator de  $s^{-1/2}$  é uma normalização para manter a energia total da Wavelet. A transformação do conjunto da onda é dada por:

$$W_n(s) = \sum_{n'=0}^{N-1} x_{n'} \varphi^*[(n'-n)\delta t / s] \quad (3.8)$$

onde o asterisco (\*) denota o complexo conjugado de phi. A integral acima pode ser utilizada para valores de escalas (desde alta frequência até a mais baixa). Um retrato bidimensional da variabilidade pode então ser construído traçando a amplitude e a fase da Wavelet.

### 3.4 EFEITOS DA VARIABILIDADE CLIMÁTICA GLOBAL NA PLUVIOMETRIA DA BACIA DO RIO MUNDAÚ

Foram feitas correlações entre os índices climáticos (IOS, IME, ATSM e ODP) e as anomalias de chuva de todos os anos para as três sub-regiões da bacia hidrográfica através de regressão linear, múltipla ou não-linear. Essas correlações foram realizadas através do Excel ou no SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) versão 9.0, utilizando em alguns momentos o método de Stepwise do último Software.

A partir dessas correlações, escolheu-se um índice como melhor correlacionado para o ano seco e outro para o ano úmido, a partir do melhor valor do coeficiente de determinação e correlação. Posteriormente, foi aplicado o teste de t-Student, no sentido de verificar se o valor do coeficiente de determinação entre as duas variáveis é confiável ou significativo para a amostra e para a previsão.

Em seguida, se o melhor valor de correlação for significativo de acordo com o teste de t-Student, as equações previsoras podem gerar anomalias de precipitação. Para tais previsões, foi escolhido um ano seco e um ano úmido para cada sub-região, com base no IAC encontrado. Após a previsão, verificou-se o desempenho da previsão através do valor real, por isso, foi escolhido um ano o qual já se possui os dados, para realizar uma comparação. Essas previsões foram realizadas para período mensal, anual e quadras seca e chuvosa.



### 3.4.1 Índices climáticos

Foram utilizados dados da Oscilação Decadal do Pacífico (índice Mantua), obtidos no site <http://tao.atmos.washington.edu/pdo>, dados de anomalias de TSM do Oceano Atlântico, reconstruídas por Smith e Reynolds (2003), obtidos no [www.ncdc.noaa.gov/oa/climate/research/Smith-Reynolds](http://www.ncdc.noaa.gov/oa/climate/research/Smith-Reynolds). Também foram utilizados dados do Índice de Oscilação Sul e Índice Multivariado de El-Niño Oscilação Sul, ambos obtidos através da NOAA em [www.ncdc.noaa.gov/oa/climate/research](http://www.ncdc.noaa.gov/oa/climate/research). A disponibilidade do período de dados acima citados é de 1955 a 1991.

#### a) IOS

O IOS que avalia a intensidade da Oscilação Sul, é definido como a diferença entre os desvios ( $\Delta p$ ), em relação à média, das pressões registradas ao nível médio do mar (PNM) em Tahiti (17°S, 150° W) e Darwin (12°S, 130° E) e pode ser representado como  $IOS = \Delta p \text{ TAHITI} - \Delta p \text{ DARWIN}$ , fórmula a qual pode ser vista em Varejão-Silva (2001).

A fase fria da OS (La Niña), apresenta-se com o IOS positivo. A PNM em Tahiti é maior que a média climatológica e, simultaneamente, a PNMM em Darwin é inferior à média correspondente. A fase quente da OS (El Niño), apresenta-se com o IOS negativo. A PNMM atmosférica começa a diminuir em Tahiti e a aumentar em Darwin. As mesmas são exemplificadas na Figura 3.5.

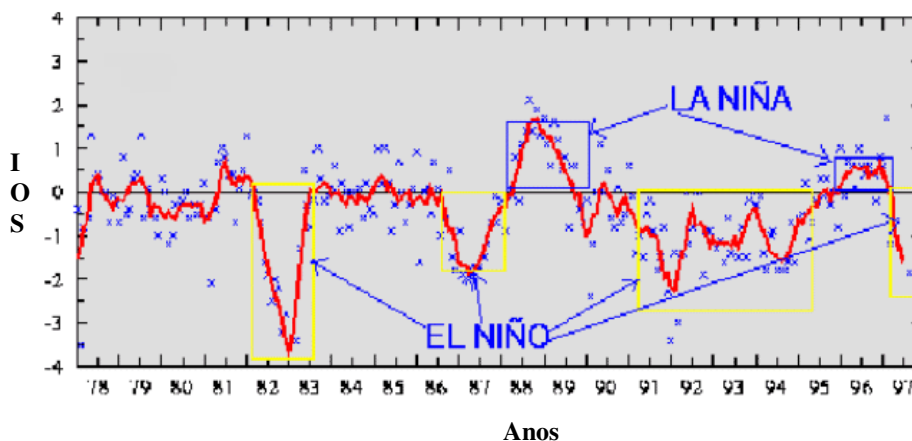


Figura 3.5: Medida do Índice de Oscilação Sul (IOS) em períodos de El Niño e La Niña. Fonte: CDC/NOAA (2002).

## b) IME

IME é o índice multivariado de ENOS e pode ser compreendido como uma média de suas características principais descritas por seis variáveis: PNM, TSM, componentes zonal (u) e meridional (v) do vento, fração de cobertura de nuvens e temperatura do ar.

Para a determinação desse índice, monitora-se o caráter do acoplamento oceano-atmosfera, conforme seu comportamento multivariável nas variáveis principais observadas sobre o Pacífico tropical. As séries temporais dessas variáveis estão disponíveis no conjunto de dados COADS (Comprehensive Oceanic and Atmospheric Data Set).

O IME é um índice bimensal calculado, por exemplo, para dez/jan, jan/fev, nov/dez. É possível estender o IME para a primeira semana do mês seguinte devido ao acesso em tempo real aos dados coletados por bóias e navios de observação. Depois de filtrar espacialmente os campos de cada variável em grupos (“clusters”), o IME é calculado tomando-se a primeira componente principal não-rotacionada de todos os seis campos de variáveis combinados. Isto é obtido a partir da normalização da variância total de cada campo e, posteriormente, extraída a primeira componente principal da matriz de covariâncias dos campos combinados (Wolter, 1987).

Maiores detalhes ver o site [www.cdc.noaa.gov/~kew/MEI/mei.html](http://www.cdc.noaa.gov/~kew/MEI/mei.html). A série temporal do IME para o período de 1950 a 2002 é mostrada na Figura 3.6, a título de visualização.

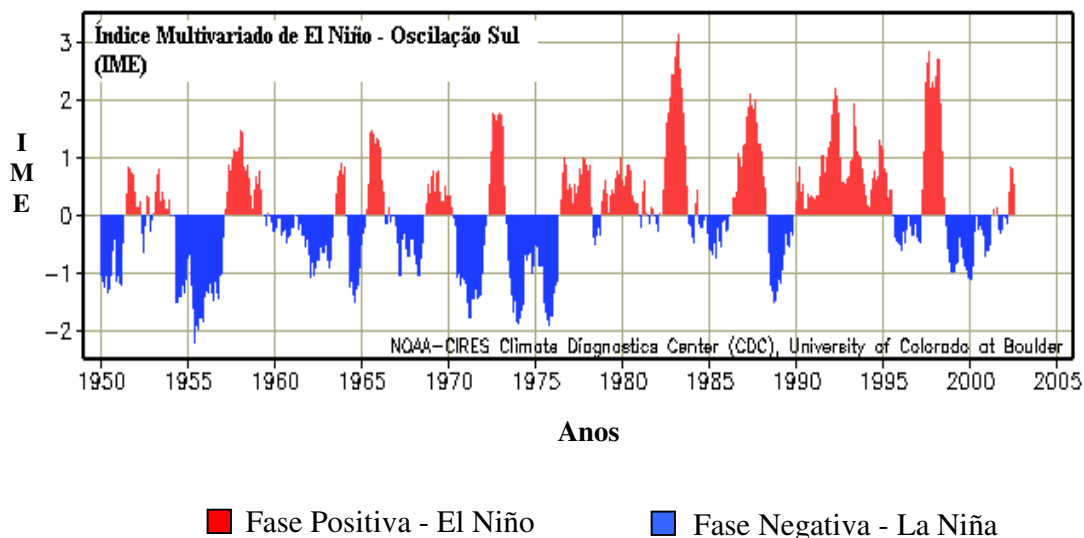


Figura 3.6: Série temporal do IME de 1950-2002. Fonte CDC/NOAA/ENSO (2002).

### c) ODP

É frequentemente considerado o índice médio da Oscilação Decadal do Pacífico (ODP) no intervalo novembro-março. Considera-se:

1º) uma fase positiva ou quente (“warm”) caracterizada por anomalias positivas ao longo da Costa Oeste da América do Norte e negativas no restante da bacia do Pacífico Norte, desde aproximadamente 20°N na direção do pólo (neste caso, a forma de cálculo do índice conduz a valores positivos);

2º) uma fase negativa ou fria (“cool”) quando o aquecimento/resfriamento nas duas áreas se inverte (neste caso o índice resultante é negativo), conforme a Figura 3.7.

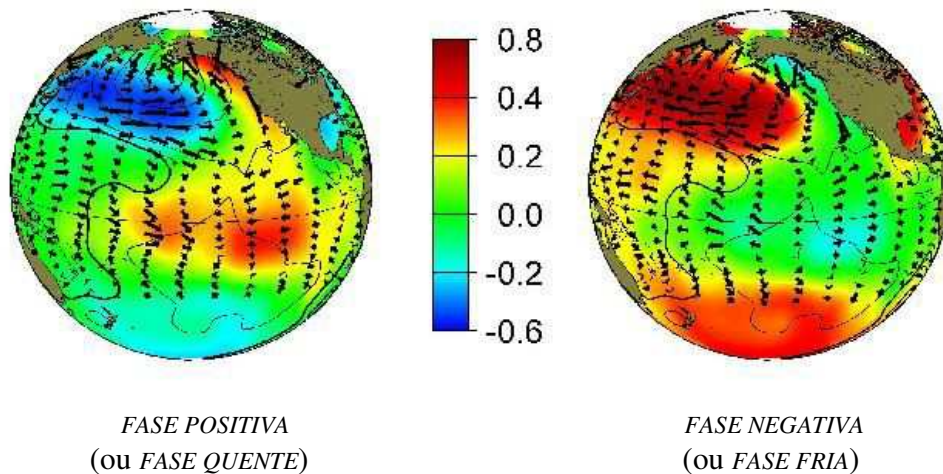


Figura 3.7: Fases da ODP (Fonte : Mantua / PDO-Internet page).

Utilizou-se nesse trabalho o índice de ODP de Mantua o qual deriva-se da primeira componente principal das ATSMs no Pacífico Norte, entre as latitudes 20° N e 90° N (pólo).

A Figura 3.8 mostra os valores da ODP de Mantua, de 1900-2003, que revela claramente a alternância dos períodos, ou mais exatamente, das fases predominantemente “quentes” (positivas) e as predominantemente “frias” (negativas), de longas durações.

Na referida figura são nítidas as seguintes fases:

1. quente (“warm”) ou positiva: 1925-46.
2. fria (“cool”) ou negativa: 1947-76.
3. quente (“warm”) ou positiva: 1977 até meados da década dos anos 90.

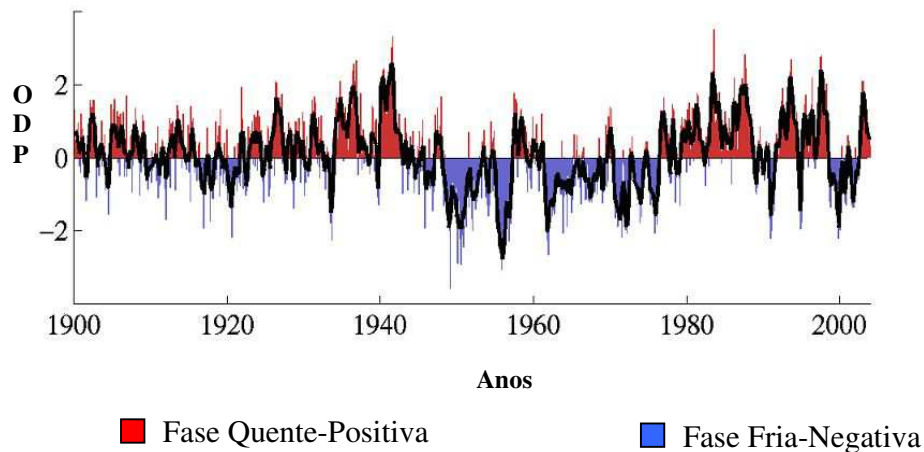


Figura 3.8: Períodos predominantemente “quentes” ou “frios” da ODP (Fonte : Mantua /PDO-Internet page).

### 3.4.2 Regressão linear simples, múltipla e não linear

O método de regressão é geralmente usado para se estudar a relação entre variáveis independentes, tentando-se obter uma relação que possa ser utilizada nas estimativas ou previsões de uma variável particular (Charba, 1975; 1979).

As correlações lineares e múltiplas entre as variáveis meteorológicas podem determinar o grau de relação entre elas. Por exemplo, correlações entre as TSM do Pacífico e as vazões do posto de Iguatu (costa do Peru), as quais são negativas, e entre as TSM do Atlântico e precipitação no NEB e a costa africana, as quais formam o dipolo, são provas de como as variáveis se interrelacionam e podem causar influência uma sobre a outra. Através das correlações serão geradas equações lineares previsoras de precipitação.

Segundo Spiegel (1972), a correlação entre duas variáveis  $X_J$  e  $X_K$  é dada pela taxa entre a covariância e o produto de seus desvio-padrão e o coeficiente de determinação ( $r^2_{J,K}$ ) é dado pelo quadrado do coeficiente de correlação e estima a proporção de variação em comum entre duas variáveis.

Se duas variáveis estiverem padronizadas  $r^2_{J,K}$  e  $r_{J,K}$  têm suas fórmulas simplificadas. Portanto,  $-1 \leq r_{J,K} \leq 1$ , ou seja, o valor do coeficiente de correlação varia de  $-1$  a  $+1$ . Se  $r_{J,K} = 0$ , não há relação de uma variável com a outra; se  $r_{J,K} = 1$ , a relação é funcional e positiva; se  $r_{J,K} = -1$ , a relação é funcional e negativa.

Deve-se acentuar que o valor de  $r$ , calculado em qualquer caso, mede o grau de relação correspondente ao tipo de equação que é realmente admitida. Portanto se o valor de  $r$  for próximo de zero, isso significa que quase não há correlação linear entre as variáveis. Entretanto, não significa que não há nenhuma correlação, porque pode realmente existir uma forte correlação não-linear entre as variáveis (Spiegel, 1977).

Uma equação de regressão múltipla é uma expressão utilizada para avaliar uma variável dependente, por exemplo  $X_1$ , em função das independentes,  $X_2, X_3, \dots$  e é determinada equação de regressão de  $X_1$  para  $X_2, X_3, \dots$ . No caso de três variáveis, a equação de regressão mais simples de  $X_1$  para  $X_2$  e  $X_3$  tem a forma  $X_1 = b_{1,23} + b_{12,3} X_2 + b_{13,2} X_3$ , em que  $b_{1,23}, b_{12,3}, b_{13,2}$  são constantes.

Em virtude do fato de  $X_1$  variar parcialmente por causa da variação de  $X_2$  e também por causa da de  $X_3$ ,  $b_{12,3}, b_{13,2}$  serão denominados, respectivamente, coeficiente de regressão parcial de  $X_1$  para  $X_2$  quando  $X_3$  se mantém constante, e de  $X_1$  para  $X_3$  quando  $X_2$  se mantém constante (Spiegel, 1977).

Neste trabalho, as regressões múltiplas foram feitas através do modelo Stepwise do Software SPSS versão 9.0. Esse método promoveu correlações entre todas as variáveis, simultaneamente.

Alguns autores, ao utilizarem equações não lineares, consideram que estimativa de modelos não lineares, é um bom exemplo de que a despeito de se obter os resultados no computador, não significa que os resultados sejam corretos ou razoáveis.

Os índices climáticos mensais foram correlacionados (linear, múltipla e não linear) com a variável meteorológica no sentido de determinar relação entre a variabilidade observada na bacia hidrográfica com a variabilidade observada nos Oceanos Pacífico e Atlântico e como os eventos de dipolo do Atlântico, ODP e ENOS interferem nas chuvas locais.

Essas regressões foram feitas para os períodos de ano, quadra (4/12 ou 1/3 de ano) e meses, simples e cruzadas, defasadas ou *lags* através do software SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) versão 9.0. Deste modo, com os coeficientes de determinação pode quantificar a contribuição da cada variabilidade específica sobre a bacia hidrográfica do rio Mundaú.

As melhores correlações produziram equações matemáticas as quais foram usadas como “modelo previsor” para estimar anomalias de precipitação (depois se serem submetidos ao teste de t-Student) nas regiões em diferentes anos, seco ou chuvoso, e as mesmas foram comparadas com valores observados para testar a eficiência das equações.

### 3.4.3 Teste de significância de t-Student

Tal teste foi usado nesse trabalho para considerar significativas ou não, as melhores correlações as quais posteriormente foram apontadas como previsoras através de suas equações. Só após essa aplicação, foram realizadas as previsões das anomalias de chuva.

Para amostras de tamanho  $N > 30$ , denominadas grandes amostras, as distribuições amostrais de várias estatísticas são aproximadamente normais e melhores como o crescimento de  $N$ . Para amostras de tamanho  $N < 30$ , denominadas pequenas amostras, essa aproximação não é boa e torna-se pior com o decréscimo de  $N$ , de modo que devem ser introduzidas as modificações convenientes.

Uma das mais utilizadas distribuições para pequenas amostras é a “t-Student”, a qual é bastante utilizado nos estudos de meteorologia (Kousky e Kayano, 1994; Kayano e Kousky, 1996; Figueroa, 1997; Castro, 2002), e pode ser calculado da seguinte forma:

$$t_c = t / \sqrt{(n-2) + t^2} \quad (3.9)$$

Sendo:  $t_c$  = valor do percentil e  $c$  é o grau de liberdade. Foi usado  $p = 0,95$  ou 95%;  $t$  = valor do percentil tabelado de acordo com  $v$  ( $n-1$ );  $n$  é o número de dados.

## 3.5 ANÁLISE AGROECONÔMICA

O primeiro passo dessa análise foi fazer um breve levantamento temporal e espacial da produção agrícola no âmbito da bacia hidrográfica do rio Mundaú com dados de área média de cana-de-açúcar plantada e colhida em mil hectares (mil ha), carvão vegetal produzido em tonelada (tn), quantidade de laranja colhida em tonelada (tn), leite produzido em Alagoas e Pernambuco em mil litros (mil l), quantidade de mel produzido em quilo (kg), produção potencial e realizada de arroz, feijão e milho para Alagoas e Pernambuco em

mil toneladas (mil tn) e perdas até a pré-colheita de arroz, feijão e milho para Alagoas e Pernambuco em porcentagem (%).

O termo produção potencial, nesse trabalho refere-se à produção que pode ser atingida, diferente da produção realizada que é a quantidade que foi atingida. A diferença entre ambas mostra o quanto a produção foi acima ou abaixo do esperado, previsto ou do potencial produtor.

Nessa etapa foi calculada a produção média de cada cultivo agrícola para cada uma das três sub-regiões da bacia hidrográfica e a correlação linear entre as produções do mesmo cultivo das diferentes regiões. Essas informações foram geradas através do Software SPSS versão 9.0. Por fim, a distribuição espacial da produção agrícola foi mostrada em um mapa para simples visualização.

Adicionalmente à essa análise pode-se associar as variações nas precipitações locais às áreas propícias ao melhor desempenho da agricultura, a influência de períodos secos e/ou chuvosos sobre a produção agrícola e a escolha do cultivo em determinada área.

Todos os dados foram obtidos através do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) no site <http://www.ibge.gov.br/> para o período de 1990 a 2005 e os nomes das localidades utilizadas para análise de cada produção formam mostrados na legenda de cada figura.

### 3.6 ANÁLISE AMBIENTAL

Diante da importância sócio-econômico e ambiental do CELMM foi analisada nesse item, a sua biodiversidade, o potencial de sustentabilidade, impactos ambientais presentes na região e o manejo local adequado.

Para a identificação de áreas ameaçadas por processo de degradação ambiental e ocupação desordenada foram utilizadas imagens de satélite do Google Earth e fotografias tiradas *in loco*.

A partir de resultados encontrados na análise climatológica, tentou-se associar as variações das chuvas locais a aspectos ambientais como qualidade de água e distribuição dos macrocrustáceos, as quais, através da literatura citada no Capítulo 2, apresentam relação direta.

### **3.6.1 Formas de uso e ocupação do solo no CELMM**

Identificou-se as paisagens ou regiões distintas, verificada a forma de uso ou ocupação do local, se há impactos ambientais ou não, e foram apontadas formas de manejo para minimização das ações dos impactos. Comprovando o uso e os impactos sobre os recursos naturais foram registradas imagens nos locais.

### **3.6.2 Verificação de ocupação desordenada e aplicação de lei florestal**

Em adição aos outros procedimentos para a análise sócio-ambiental, foram averiguadas se as áreas de ocupação antrópicas estão dentro da lei. Para tanto, as áreas de degradação ambiental foram apontadas segundo a Lei nº 4771 de 1965, Art.2º, Código Florestal Brasileiro, que define as áreas de preservação permanente (APP) (CONAMA, 2002).

De acordo com esta lei, APP é área protegida nos termos dos artigos 2º e 3º desta Lei, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem estar das populações humanas.

A lei rege que para cursos d'água, a área situada em faixa marginal (APP), medida a partir do nível mais alto alcançado pela água por ocasião da cheia sazonal do curso d'água perene ou intermitente, em projeção horizontal, deverá ter larguras mínimas de:

- 30 m, para cursos d'água com menos de dez metros de largura;
- 50 m, para cursos d'água com dez a cinquenta metros de largura;
- 100 m, para cursos d'água com cinquenta a duzentos metros de largura;
- 200 m, para cursos d'água com duzentos a seiscientos metros de largura;
- 500 m, para cursos d'água com mais de seiscientos metros de largura.

No entorno de lagos e lagoas naturais, a faixa deve ter largura mínima de:

- 30 m, para os que estejam situados em áreas urbanas consolidadas;
- 100 m para os que estejam em áreas rurais, exceto os corpos d'água até com 20 ha de superfície, cuja faixa marginal será de 50 m.



(Em 1989 foi feita um a nova redação, Redação da alínea "a" dada pela Lei nº 7.803/89).

### **3.6.3 Análise de parâmetros de qualidade da água**

Para se avaliar a qualidade ambiental como um todo, é preciso obter informações que estejam integradas entre os fatores bióticos e abióticos que regem o funcionamento do ecossistema. Na intenção de verificar a qualidade da água na bacia hidrográfica foram analisados os seguintes parâmetros: profundidade do rio, temperatura da água, pH (potencial hidrogeniônico, condutividade elétrica e oxigênio dissolvido (OD) nas três sub-regiões da bacia em dois dias distintos, um com a presença de chuva e outro, sem chuva.

Ambas as amostras foram coletadas no ano de 2007 e os dados utilizados neste trabalho foram obtidos através da Agência Nacional das Águas (ANA). Posteriormente foram gerados gráficos das variáveis de qualidade de água através do Excel.

Nas 3 sub-regiões da bacia hidrográfica, as estações de coleta foram:

- No Baixo Mundaú (BM): Atalaia e Rio Largo;
- No Médio Mundaú (MM): São José da Lage e Santana do Mundaú;
- No Alto Mundaú (AM): Garanhuns e Panelas (entorno da bacia hidrográfica).

As coordenadas geográficas desses postos são mostradas nos Anexos 2, página 2.

### **3.6.4 Distribuição espaço-temporal dos crustáceos no CELMM**

Foram utilizados dados de números de espécies de crustáceos decápodos pescados na região do CELMM na década de 90, coletados por Teixeira e Sá (1998) e disponibilizado pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES).

As seis espécies foram distribuídas espacial e temporalmente na tentativa de adquirir conhecimentos sobre a biodiversidade local e como as ações antrópicas e naturais interagem com o meio.

Primeiramente estes dados foram tratados estatisticamente para serem gerados gráficos das amostras através do Excel. Foram feitos gráficos da distribuição dos crustáceos

por região (1 a 4), espacial (no CELMM) e temporalmente (ao longo do ano). As espécies de crustáceos decápodos distribuíram-se ao longo da área mostrada na Figura 3.9.

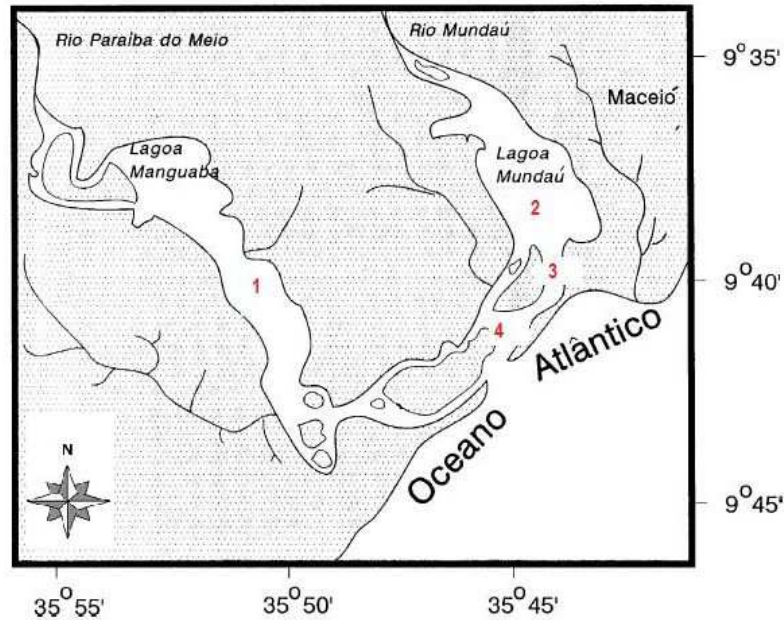


Figura 3.9: Área da distribuição espacial das espécies de crustáceos no CELMM.

Legenda: Área 1: Lagoa Manguaba; Área 2: Lagoa Mundaú; Área 3: Área de Manguezal; Área 4: Canais entre as duas lagoas.

### 3.6.5 Proposta de manejo no CELMM

De acordo com Barroso (1987), toda a pressão antrópica exercida sobre a vegetação nativa de uma bacia hidrográfica, que implique em sua diminuição espacial é seguida por um conjunto de consequências sempre negativas que serão tanto maiores quanto mais numerosos forem os fatores que resultarem em tal diminuição. A desarmonia de um dos componentes do sistema água-solo-plantas resulta, invariavelmente, no desequilíbrio de outros componentes, o que será notado com maior ou menor rapidez em função da forma como o homem atua nesse meio em busca de benefícios (expansão agrícola, pecuária e exploração de madeira).

Hidalgo (1989), concluiu que a elaboração de um plano de manejo ambiental não é suficiente para solucionar os problemas da natureza e do homem. O problema é muito mais

complexo. É necessário ter um respaldo político e uma real participação da sociedade, sendo também fundamental dispor de uma metodologia simples de caráter multidisciplinar e interinstitucional e um respaldo financeiro, a fim de cumprir com os objetivos do plano.

Após a verificação do uso e ocupação no CELMM (por imagens de satélite e *in loco*), foi elaborada uma tabela explicativa, composta por quatro colunas, as quais mostraram os locais ou paisagens encontrados no CELMM, as formas de uso e ocupação, os impactos ambientais detectados e a proposta de manejo sugerida para cada área (paisagem).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

---

### 4.1 ANÁLISE CLIMATOLÓGICA

A Figura 4.1 mostra as médias anuais da precipitação das três sub-regiões da bacia hidrográfica do rio Mundaú desde 1955 a 1991. Nela foi possível verificar que o MM e BM apresentam maiores valores de precipitação que o AM, e que no período de 1976 a 1983 houve um aumento (diminuição) nas médias do MM (BM). O fato do AM apresentar menores valores de precipitação também pode ser observado a partir da climatologia das sub-regiões (Figura 4.2), onde se pode observar também que a quadra chuvosa se estende de abril a julho no MM e BM, e no AM o período de chuva se distribui, praticamente do mesmo modo, mas se estende de março a julho. Já os meses mais secos para o BM e MM ocorrem de outubro a janeiro e no AM de setembro a dezembro. Os meses de julho, agosto e setembro podem levar o MM a apresentar médias climatológicas mensais altas ou até maiores que as do BM, devido a mecanismos meteorológicos como linhas de instabilidade e ondas de leste associadas às brisas.

Comparando as três sub-regiões, os maiores valores de precipitação ocorreram no BM até 1974 e após esse ano, no MM. De acordo com SUDENE (1999), é nesta última sub-região que ocorreu com mais frequência eventos de enchentes. Quanto à variação temporal da precipitação anual, o período de 1974 a 1983 apresentou uma diminuição da precipitação nas três sub-regiões.

Outro fator importante para diferenças das médias climatológicas das sub-regiões é o fator da altitude, maior desde o MM. A partir dessas informações, verificou-se que a sub-região do AM, a qual apresentou menor índice pluviométrico e período seco na primavera/verão, é uma área que necessita de uso de irrigação em períodos de escassez hídrica, devendo também ser observado o tipo de cultivo que foi plantado. No BM, devido aos maiores valores de precipitação, a agricultura é mais beneficiada, no sentido do uso da irrigação em menores período do ano e na maior disponibilidade hídrica. Já no MM, atentou-se para o fato da sub-região apresentar histórico de enchentes, o que pode prejudicar sócio-economicamente as plantações e os pequenos produtores.

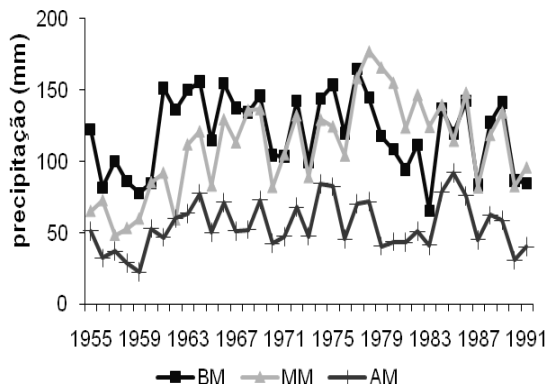


Figura 4.1: Média das precipitações anuais de 1955 a 1991 para as três sub-regiões.

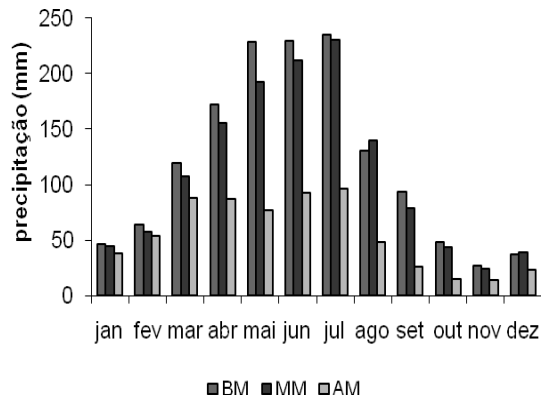


Figura 4.2: Médias climatológicas para as três sub-regiões.

A quadra chuvosa para o BM se estende de abril a julho (cor clara na Figura 4.3) e os meses mais secos ocorrem de outubro a janeiro. A Figura 4.4 mostra as médias climatológicas dos municípios do BM que foram utilizados neste estudo. Flexeiras e Rio Largo apresentaram-se climatologicamente como os mais chuvosos, enquanto que Atalaia, em boa parte do ano, permaneceu com seus valores de precipitação abaixo da média.

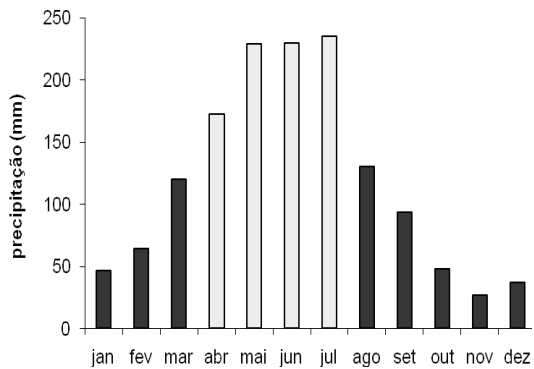


Figura 4.3: Médias climatológicas da precipitação no Baixo Mundaú.

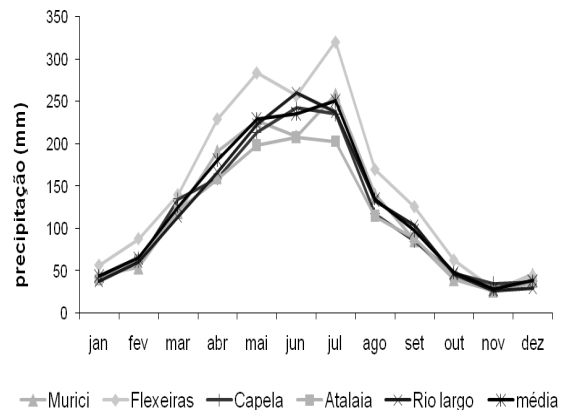


Figura 4.4: Precipitação média mensal dos municípios do Baixo Mundaú (AL) no período 1955-1991.

A quadra chuvosa para o MM é de abril a julho (cor clara na Figura 4.5) e a quadra menos chuvosa se estende de outubro a janeiro, semelhante ao BM. A Figura 4.6 mostra as médias climatológicas dos municípios do MM que foram utilizados nesse estudo.

Ibateguara apresentou, climatologicamente, os maiores valores de chuva enquanto que União dos Palmares e Santana do Mundaú foram os mais secos.

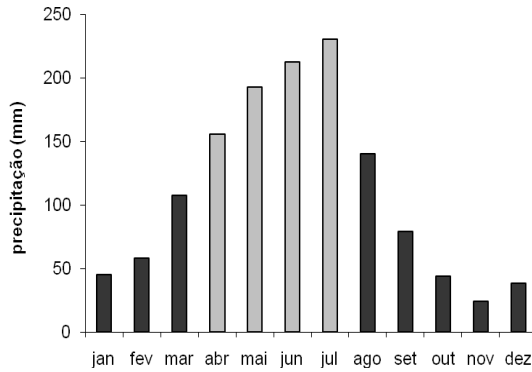


Figura 4.5: Médias climatológicas da precipitação no Médio Mundaú.

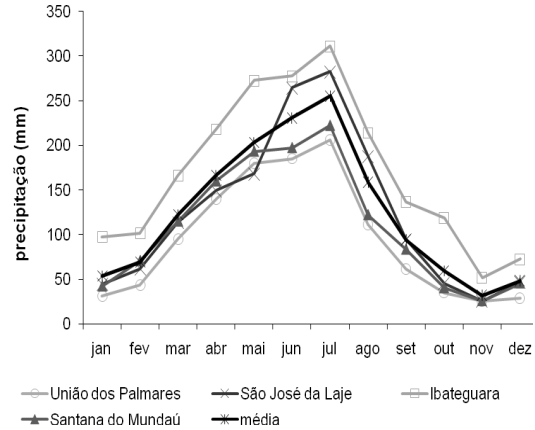


Figura 4.6: Precipitação média mensal dos municípios do Médio Mundaú (AL) no período 1955-1991.

Na Figura 4.7, pode-se visualizar a variabilidade anual da precipitação no AM, com quadra mais chuvosa entre abril a julho (cor clara na Figura 4.7), tendo o mês de março uma forte contribuição nos totais anuais. Já no quadrimestre setembro-dezembro são registrados os menores valores mensais de chuva.

A Figura 4.8 mostra as médias climatológicas dos municípios do AM que foram utilizados neste estudo. As médias climatológicas nessa sub-região apresentam maior variabilidade entre os seus municípios, coincidindo aumento de precipitação em maio, junho e julho. As localidades de Garanhuns e Caetés apresentaram valores climatológicos maiores e Bom Conselho, as menores médias climatológicas.

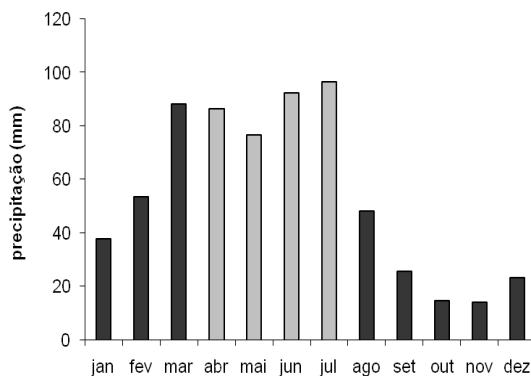


Figura 4.7: Médias climatológicas da precipitação no Alto Mundaú.

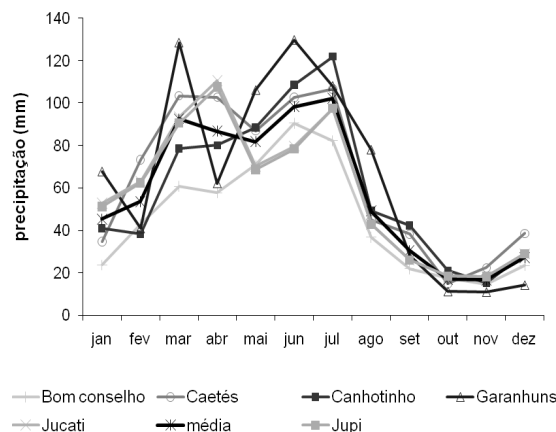


Figura 4.8: Precipitação média mensal dos municípios do Alto Mundaú (AL) no período 1955-1991.

#### 4.1.1 Análise da variabilidade espaço-temporal da precipitação local

A Figura 4.9 mostra o IAC do BM, onde os valores negativos representam anos secos e os valores positivos, os anos chuvosos ou úmidos. Antes do ano de 1974, ocorreram no BM, 10 anos chuvosos e 9 anos secos; depois desse ano, foram 8 anos úmidos e 10 anos secos, deste modo, o primeiro período é mais úmido que o posterior a 1974, tornando esse ano um “ponto de inversão” (marcado por seta) de uma possível modificação no padrão de precipitação local. Dos 37 anos da série de IAC no BM, 18 anos foram úmidos e 19 anos foram secos.

Esse “ponto de inversão” também foi observado na vazão do rio Mundaú por Da Silva *et al.* (2005), e na precipitação da bacia hidrográfica do rio Paraíba por Araújo *et al.* (2007).

Na Figura 4.10 percebeu-se também que no período de 1956 a 1960, ocorreu uma diminuição de chuva, a qual possivelmente provocou uma diminuição na distribuição e disponibilidade da água para agricultura, a qual sem a prática da gestão pode ter levado à ocorrência de perdas.

O período de 1955 a 1958 apresentou o menor número de dias com chuva (Figura 4.10), como também pode ser verificado com o IAC na Figura 4.9. Após esse período, o número de dias com chuva aumenta e oscila entre 70 e 140 dias.

Dentre os anos da série de IAC, foram escolhidos dois anos secos (1983 e 1987) e dois anos úmidos (1975 e 1977) para analisar o comportamento desses anos e as diferenças entre suas quadras chuvosas.

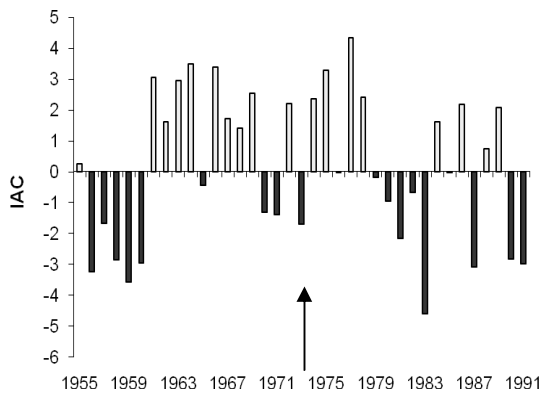


Figura 4.9: IAC anual para o Baixo Mundaú.

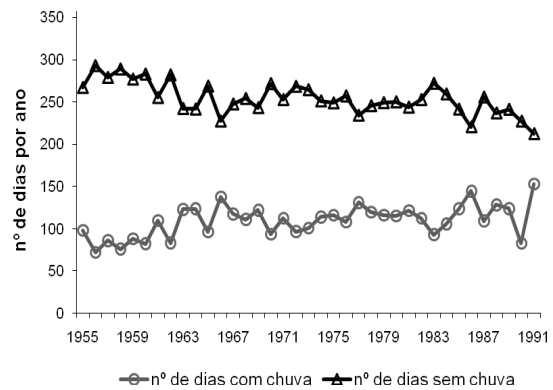


Figura 4.10: Média do número de dias com e sem chuva no Baixo Mundaú de 1955-1991.

Na Figura 4.11 tem-se o IAC mensal para os anos secos no BM (AL), 1983 e 1987. Ao longo desses anos, poucos meses apresentaram precipitações mensais acima da média, destacando-se o período de janeiro a março, onde esse acréscimo da precipitação pode ter sido ocasionado pela atuação de VCANs e pela convecção e instabilidade devido ao aquecimento da superfície no verão. O total de precipitação na quadra chuvosa desses anos foi de 370 mm em 1983 e de 578 mm em 1987. Esses valores equivaleram a 47% e 58% do total médio anual, respectivamente (Figura 4.11).

A Figura 4.12 mostra o IAC mensal para os anos de 1975 e 1977, nos quais o IAC anual apresentou-se positivo, ou seja, anos chuvosos. Percebe-se que nesses anos chuvosos a contribuição da quadra chuvosa é muito significativa, colaborando fortemente com o total anual. Neste período é comum ocorrerem precipitações mais acentuadas devido a mecanismos de circulação de brisa que advecta bandas de nebulosidade para o continente e a ação de frentes frias ou seus remanescentes, que se propagam ao longo da costa, além das Ondas de Leste, que atua no NEB durante o inverno, e das POAS, que atuam principalmente de junho a agosto. A quadra chuvosa nos anos de 1975 e 1977 contribuiu com 1387 mm e 1452 mm, respectivamente; ou seja, a quadra chuvosa de 1975 equivaleu a



75% do total médio anual e a quadra chuvosa de 1977 a 74% do total médio anual (Figura 4.12).

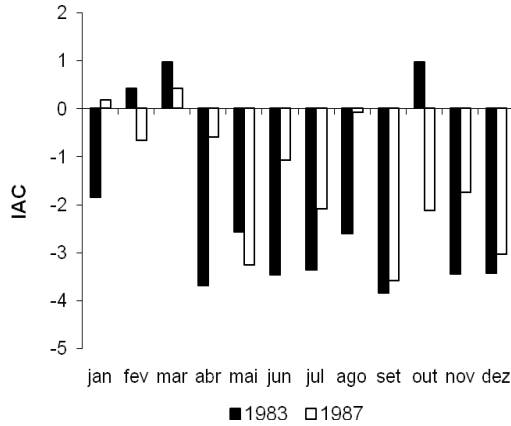


Figura 4.11: IAC mensal de anos secos (conforme IAC anual) para o Baixo Mundaú.

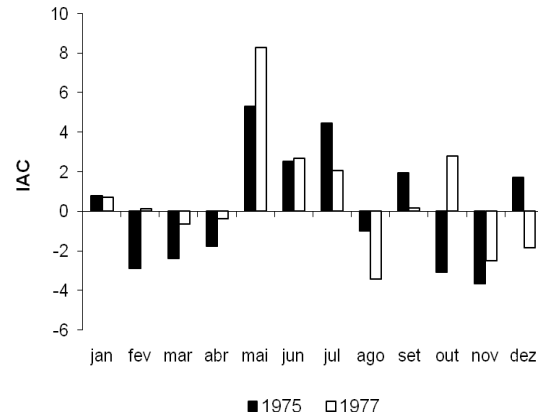


Figura 4.12: IAC mensal de anos úmidos (conforme IAC anual) para o Baixo Mundaú.

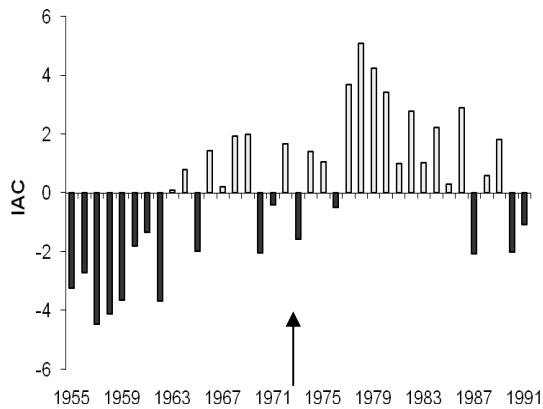


Figura 4.13: IAC anual para o Médio Mundaú.

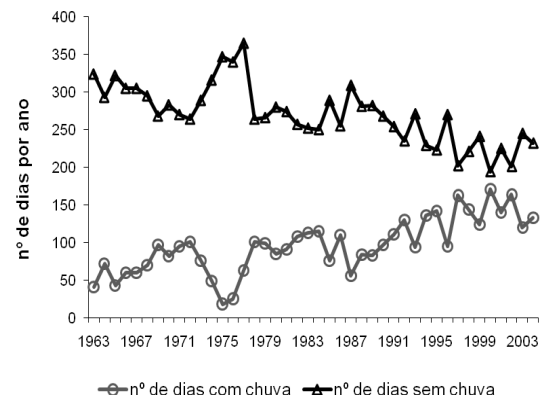


Figura 4.14: Média do número de dias com e sem chuva no Médio Mundaú de 1963-2004.

Na Figura 4.13 visualiza-se o IAC do MM, onde dos 37 anos da série, 21 anos foram úmidos e 16 anos foram secos, fato que reforça as conclusões da SUDENE (1999). Nessa sub-região é mais visível o ponto de inflexão em 1974, onde antes disso ocorreram 12 anos secos e 8 anos úmidos, e após 1974, ocorreram 4 anos secos e 13 úmidos, o contrário foi observado no BM. Essa “peculiaridade temporal” com um período de IACs positivos e outro negativos também foi encontrado em Mauget (2005) e Araújo *et al.* (2007).

O número de dias com chuva aumentou a partir de 1974, onde também é visível o ponto de inflexão nessa série (Figura 4.14). O número de dias com chuva variou entre 30 e 140 dias, limite semelhante ao da sub-região anterior.

Durante os anos secos de 1957 e 1962, mesmo durante a quadra chuvosa (abril a julho), a maioria dos IACs foram negativos, onde ocorreram chuvas abaixo da média mensal, com exceção de abril de 1957 e junho de 1962, no qual ocorreram sistemas meteorológicos causadores de chuva (Figura 4.15).

Os IACs mensais de 1978 e 1986, anos úmidos, foram positivos ao longo de todo período exceto em janeiro de 1986 (Figura 4.16). As maiores chuvas ocorreram fora da quadra chuvosa, entre setembro e fevereiro, ao contrário do BM. Possivelmente, esses maiores valores foram ocasionados pela atuação de VCANs (dezembro), linhas de instabilidade (setembro/outubro), sistemas de convecção local e atividades de brisa. Em 1978 e 1986 (anos úmidos), o total anual foi de 2123 mm para o primeiro ano e 1777 mm para o segundo, quando a quadra chuvosa contribuiu com 51% e 49% dos totais médios anuais, respectivamente. O total anual para os anos de 1957 e 1962 (anos secos) foram 576 mm e 706 mm, respectivamente.

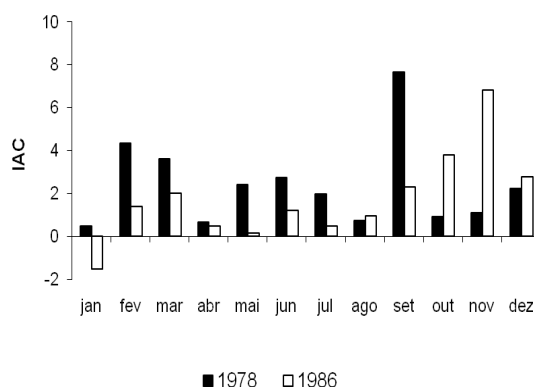
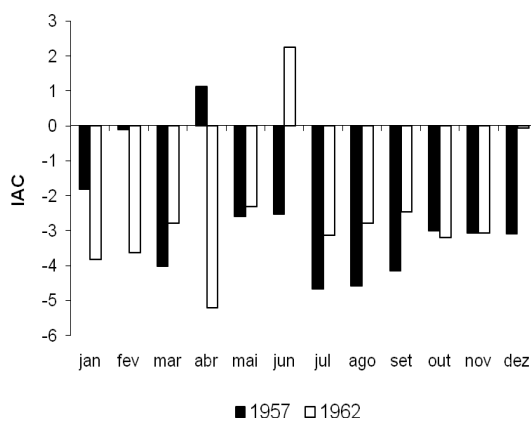


Figura 4.15: IAC mensal de anos secos (conforme IAC anual) para o Médio Mundaú.

Figura 4.16: IAC mensal de anos úmidos (conforme IAC anual) para o Médio Mundaú.

A Figura 4.17 mostra o IAC do AM de 1955 a 1991. O aumento de ocorrência de anos úmidos depois de 1974 como ocorrido no MM, também foi observado no AM, onde antes de 1974, ocorreram 13 anos secos e 6 anos úmidos, e após 1974, houveram 9 anos secos e 9 anos úmidos; ou seja, diminuíram o número de anos secos. A média do número

de dias com chuvas no AM variou entre 50 e 130 dias, inferior ao das sub-regiões anteriores. Até 1962 foram registrados os maiores valores de número de dias sem chuva (Figura 4.18).

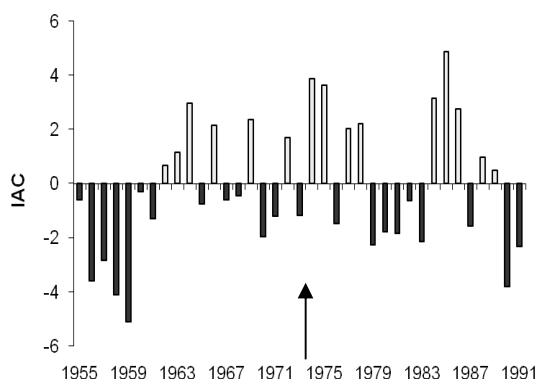


Figura 4.17: IAC anual para o Alto Mundaú.

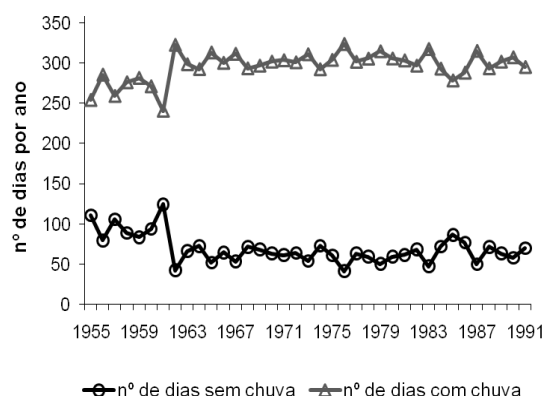


Figura 4.18: Média do número de dias com e sem chuva no Alto Mundaú de 1955-1991.

Durante os anos secos de 1979 e 1990 (Figura 4.19), somente os meses de janeiro, abril e maio de 1979 apresentaram IAC positivo. Esse resultado reforça o argumento de Aragão (1975), no qual é afirmado que, durante os períodos de seca no NEB há suficiente umidade nos baixos níveis da atmosfera, mas inexistente um mecanismo dinâmico capaz de provocar movimentos ascendentes que tenham como resultado formação de nuvens suficientemente desenvolvidas para produzir precipitação. Deste modo, o IAC, em anos secos, tende a ser negativo, até mesmo na quadra chuvosa, não sendo, necessariamente, em anos úmidos. Em ambos anos secos, o total anual atinge a metade do valor dos anos úmidos (1975 e 1985), com 334 mm em 1979 e 252 mm em 1990. A quadra chuvosa contribui com aproximadamente 68% do valor anual em ambos os casos.

Os IACs mensais de 1975 e 1985 (Figura 4.20), anos úmidos, apresentaram-se negativos na quadra mais seca, em ambos os anos. Já na quadra chuvosa (abril a julho), foram atingidos os máximos valores, com exceção de maio de 1985, que foi negativo e em junho e julho de 1985, quando o IAC apresentou uma queda nos valores se comparado a 1975.

A quadra chuvosa de 1975 contribuiu para o total anual com 739 mm de chuva, o que corresponde a 75% do valor médio anual. Já 1985, quando se verificou uma notável

diminuição desses valores, foi registrado 562 mm de chuva, o que totaliza 51% do total médio anual.

Os principais mecanismos que propiciam a ocorrência de chuvas são as brisas que levam bandas de nebulosidade até a parte alta da bacia, a ação de frentes frias ou seus remanescentes, Ondas de Leste, que atuam durante o inverno, e das POAS, que atuam principalmente de junho a agosto.

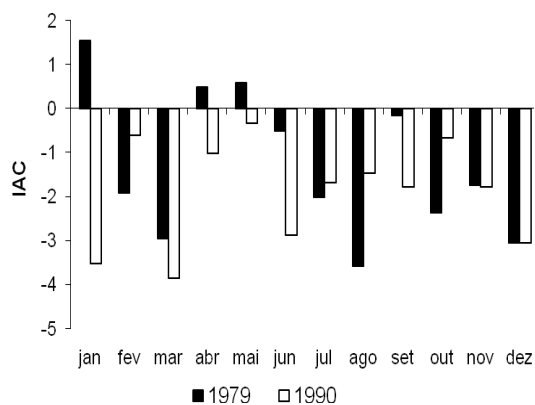


Figura 4.19: IAC mensal de anos secos (conforme IAC anual) para o Alto Mundaú.

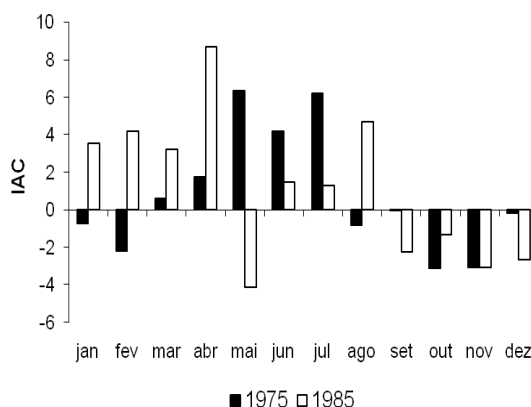


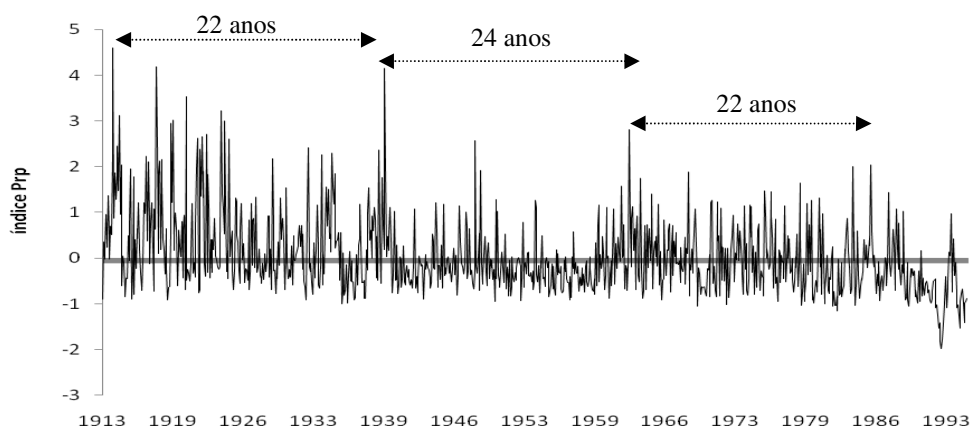
Figura 4.20: IAC mensal de anos úmidos (conforme IAC anual) para o Alto Mundaú.

#### 4.1.2 Análise wavelet

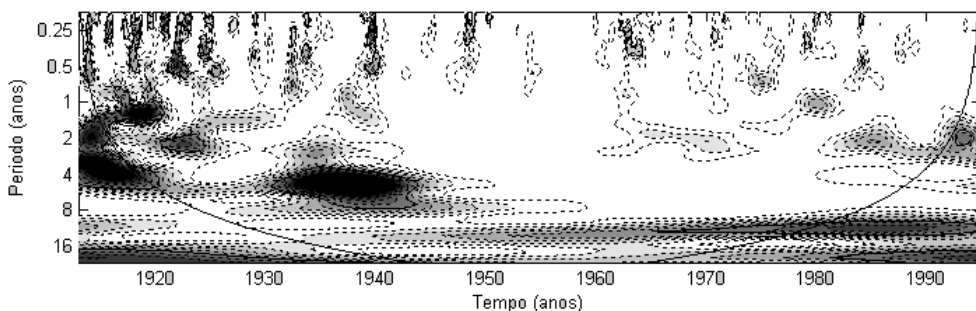
O pico dominante para o BM é da escala de 20,2 - 22 anos (Figura 4.21c). O EPG mostra outro pico dominante na escala de 4,6 - 5 anos. Picos não significativos ocorrem em escala mais curta de aproximadamente 2 anos. Essas informações são mais visíveis se acompanhadas do relatório gerado pelo Software Matlab ao realizar-se as análises de ondeletas e através do espectro global de wavelet.

Os picos significativos são resultantes de altos valores do EPW (Figura 4.21b) em 1935-1990 para o pico de aproximadamente 22 anos e em 1913-1918 e 1933-1940 para o pico de 5 anos. Nesses últimos períodos ocorreram os máximos valores do índice Prp no BM.

a) Índice de Prp do BM



b) Espectro de energia (EPW)



c) Espectro global de wavelet (EPG)

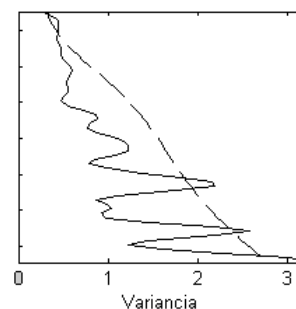


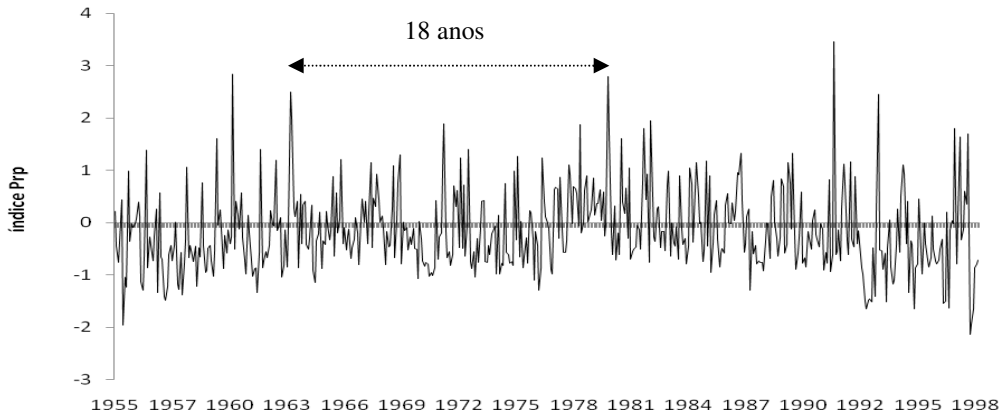
Figura 4.21: a) Índice de precipitação para BM (Prp) normalizado pelo desvio padrão; b) Espectro de energia local para Prp. Contornos sombreados correspondem a valores de variância normalizados. Contornos tracejados correspondem a variâncias significativas ao nível de 95%. A curva em forma de U, representado o cone de influência, sob o qual o efeito de borda é importante; c) Espectro global de wavelet, o contorno tracejado indica que o espectro de wavelet global é significativo ao nível de confiança de 95%.

No período antes de 1977, a atmosfera apresentava-se influenciada pela fase fria da ODP, a qual propiciou maior número de La Niñas. Após 1977, aumentou o número de ocorrência de El Niño, que provocou diminuição de chuvas para o NEB. A influência dessa oscilação é claramente verificada no gráfico de Prp (Figura 4.21a), onde antes de 1977 os valores foram maiores que os do período posterior.

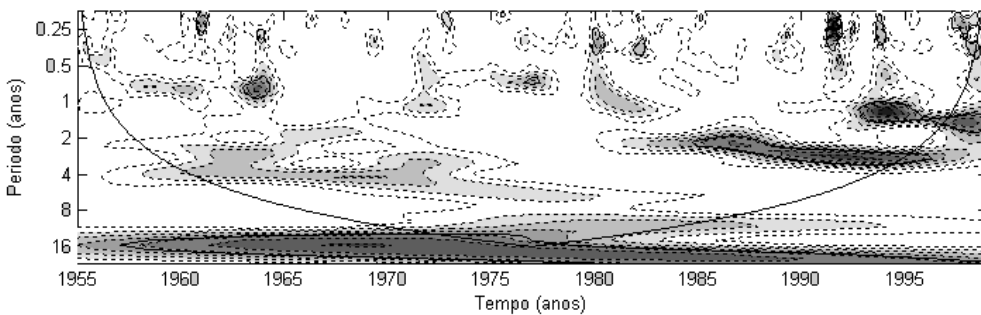
Para o MM, o pico dominante ocorre na escala de 18,5 anos que é devido a altos valores de EPW (Figura 4.22b) em quase todo o período de análise. Um pico secundário (não significativo) ocorreu na escala aproximada de 5 anos, que é devido a altos valores de EPW no período de 1960-1980 e de 1985-1995. Novamente enfatiza-se o fato de que essas

informações são mais visíveis se acompanhadas do relatório gerado pelo Software Matlab ao gerar as análises de ondeletas e através do espectro global de wavelet.

a) Índice de Prp do MM



b) Espectro de energia (EPW)



c) Espectro global de wavelet (EPG)

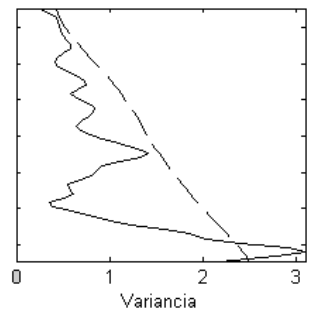


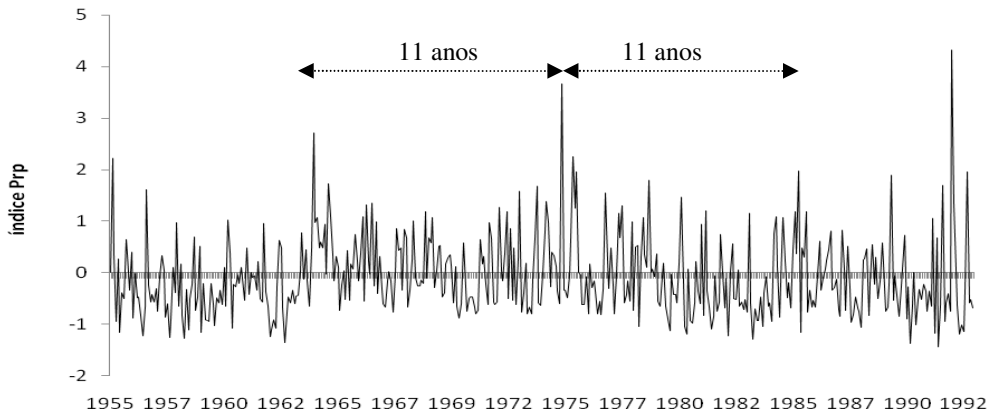
Figura 4.22: a) Índice de precipitação para MM (Prp) normalizado pelo desvio padrão; b) Espectro de energia local para Prp. Contornos sombreados correspondem a valores de variância normalizados. Contornos tracejados correspondem a variâncias significativas ao nível de 95%. A curva em forma de U, representado o cone de influência, sob o qual o efeito de borda é importante; c) Espectro global de wavelet, o contorno tracejado indica que o espectro de wavelet global é significativo ao nível de confiança de 95%.

As escalas interanual e interanual curta apresentaram variâncias não significativas estatisticamente no EPG (Figura 4.22c), resultantes dos eventos de 1963 e 1992, por exemplo. Esses anos apresentaram altos valores no índice Prp. O período 1985-98 apresentou altos valores de Prp apesar da fase de ODP quente.

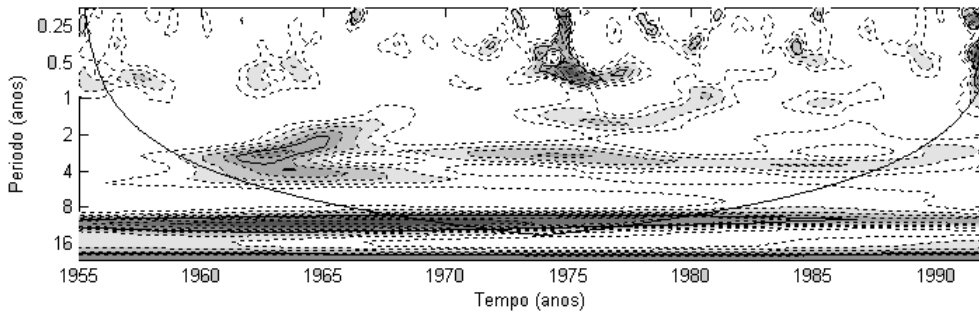
O pico dominante na EPG para o AM ocorreu na escala de 11 anos. O EPG (Figura 4.23c) mostrou também um pico dominante na escala de 22 anos. De acordo com a

literatura, citados em Da Silva (2003), períodos de aproximadamente 21 anos, podem estar relacionados com ciclos de atividade solar, variações de atração gravitacional entre Terra-Lua-Sol ou variações internas do sistema Terra-oceano-atmosfera. Já os de 11 anos são associados ao ciclo de manchas solares (Kerr, 1996 e Molion, 2005).

a) Índice de Prp do AM



b) Espectro de energia (EPW)



c) Espectro global de wavelet (EPG)

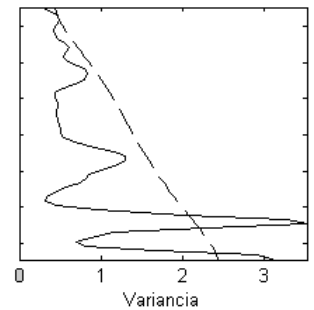


Figura 4.23: a) Índice de precipitação para AM (Prp) normalizado pelo desvio padrão; b) Espectro de energia local para Prp. Contornos sombreados correspondem a valores de variância normalizados. Contornos tracejados correspondem a variâncias significativas ao nível de 95%. A curva em forma de U, representado o cone de influência, sob o qual o efeito de borda é importante; c) Espectro global de wavelet, o contorno tracejado indica que o espectro de wavelet global é significativo ao nível de confiança de 95%.

Os picos estatisticamente não significativos ocorrem principalmente para as escalas de tempo de 5 anos e de aproximadamente 2 anos. Os picos de 11 e 22 anos são resultantes de altos valores de EPW (Figura 4.23b) na maior parte do período de estudo. Já os eventos de escala de tempo interanual decorreram de altos valores de EPW em 1960-1965, 1973-

1990 para a escala de 5 anos e em 1955-1958, 1962-1965, 1972-1975, 1990-1992 para as escalas mais curtas. É importante notar que as variações de escalas mais curtas podem ser importantes na pluviometria, contribuindo para os altos valores de Prp (Figura 4.23a). Esses resultados são semelhantes aos encontrados por Andreoli *et al.* (2004) para Fortaleza.

Para as três sub-regiões da bacia hidrográfica as variações em escalas média e interanual contribuem positivamente para as precipitações locais. Esses resultados indicam que a variabilidade de precipitação na bacia é definida por multi-escalas temporais localizadas em certos intervalos de tempo; no entanto, a variância significativa dominante ocorre na escalas decadal para as três sub-regiões da bacia.

Verificou-se que principalmente a variabilidade interanual ligada ao ciclo de ENOS e a variabilidade decadal influenciam na variabilidade pluviométrica local. Esses resultados encontram-se de acordo com os observados por Andreoli *et al.* (2004), Markham (1974), Chu (1984) e Hastenrath e Kaczmarczyk (1981), todos realizados para Fortaleza, também no NEB.

Diante do fato de que eventos de escala temporal de 5 e 20 anos, no BM, de 18,5, no MM e de 11 e 22 anos no AM, pode-se planejar o armazenamento e aproveitamento das águas de chuva, além de prevenir a população ribeirinha e agricultores para eventos extremos e enchentes no AM. Essas escalas temporais que dominam sobre escalas de eventos meteorológicos atuantes são contribuintes para aumento do total pluviométrico e, através do acompanhamento pluviométrico, pode-se máximar o aproveitamento de água de chuva na gestão agrícola, pesqueira, social e energética, dentre outras.



## 4.2 EFEITOS DA VARIABILIDADE CLIMÁTICA GLOBAL NA PLUVIOMETRIA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MUNDAÚ

Neste sub-item associaram-se as precipitações locais à variabilidade climática através de correlação linear, não-linear e múltipla entre anomalias de precipitação na bacia hidrográfica e 4 índices climáticos. Deste modo, quantificou-se tal relação, e como a mesma pode influir sobre vários fatores nos setores agrícola, social e econômico da bacia hidrográfica.

### 4.2.1 Regressão linear para previsão anual da anomalia de precipitação

De acordo com o IAC, os anos escolhidos para gerar previsões foram: Para o BM: ano seco, 1983 e o ano úmido, 1977; Para o MM: ano seco, 1957 e o ano úmido, 1978; Para o AM: ano seco, 1990 e o ano úmido, 1985.

#### 4.2.1.1 Baixo Mundaú

Foram feitas regressões lineares entre os valores reais de anomalias de precipitação no BM e índices climáticos, no entanto, foram melhores as correlações entre anomalias de precipitação no BM e índices climáticos durante ano seco, ou seja, tais índices podem gerar equações previsoras de anomalias de precipitação. Como resultado foram encontrados os valores da Tabela 4.1:

Tabela 4.1: Valor do coeficiente de determinação, correlação e percentual de determinação ( $r^2$ ) entre anomalias de precipitação no BM e quatro índices climáticos.

Índices	Ano	Coefficiente de correlação	Coefficiente de determinação	$r^2$ (%)
<i>IME</i>	seco	0,469	0,21996	21,996
	<i>úmido</i>	<b>-0,656</b>	<b>0,4303</b>	<b>43,03</b>
IOS	seco	0,786	0,61779	61,779
	úmido	-0,22	0,0484	4,84
<i>ODP</i>	<i>seco</i>	<b>0,85*</b>	<b>0,7225</b>	<b>72,25</b>
	úmido	-0,25	0,0625	6,25
TSM	seco	-0,322	0,103684	10,36
	úmido	-0,11	0,0121	1,21

\* Melhor valor significativo de acordo com o teste de t-Student.

Os melhores valores de coeficiente de determinação ( $r^2$ ), os quais podem gerar as melhores previsões, estão marcados em negrito. No ano seco, há 85% de correlação ( $r$ ) ao utilizar o índice de ODP, e para o úmido, as correlações foram negativas em todos os casos, porém o IME apresentou-se correlacionado inversamente as chuvas do ano úmido em 65%. Posterior ao teste de t-Student, ao nível de confiança de 95%, são válidas e confiáveis as correlações que forem iguais ou maiores que 0,41 em ano seco. Contudo, as correlações com anomalias de TSM para ano úmido não foram significativas.

O índice ODP pode explicar ( $r^2$ ) 72,25% das anomalias de precipitação em anos secos no BM. Abaixo (Tabela 4.2) têm-se valores do teste do modelo predictor utilizando o índice ODP como predictor.

Tabela 4.2: Previsão da anomalia de precipitação no BM utilizando o índice da ODP para ano seco (1983)-conforme IAC.

ODP usado	Mês previsto	Diferença entre anomalia prevista e real (mm)	Sinal da anomalia*
ago	jan	18,78767	E
out	jan	7,39178	E
nov	jan	<b>3,69368</b>	E
dez	jan	-6,21176	A
fev	mar	-6,93352	E
jun	mar	23,69094	A
mai	abr	62,1753	E
mai	jun	76,7858	E
jul	jun	25,91416	E
jun	ago	<b>5,2831</b>	E
mai	set	48,28933	E
jun	set	39,81257	E
jul	set	<b>0,81138</b>	E
ago	set	38,91178	E
out	set	61,29055	E
nov	set	58,35297	E
dez	set	48,86522	E

\*E = erro e A = acerto

Com o modelo linear de previsão usando o índice ODP, foi possível prever anomalias de precipitação de janeiro em outubro do ano anterior, de agosto em junho e de setembro em julho, por exemplo. A diferença entre valor previsto e real foi pequena em algumas situações, (linhas 3, 10 e 13), por exemplo; no entanto, é importante o acerto do sinal da anomalia o que não ocorreu com boa frequência (Tabela 4.2).

#### 4.2.1.2 Médio Mundaú

Foram feitas regressões lineares entre os valores reais de anomalias de precipitação no MM e os índices climáticos. As correlações para ano seco e ano úmido apresentaram bons resultados. Os melhores valores de coeficiente de determinação podem gerar previsões. Os valores encontrados foram (Tabela 4.3):

Tabela 4.3: Valor do coeficiente de determinação, correlação e percentual de determinação ( $r^2$ ) entre anomalias de precipitação no MM e quatro índices climáticos.

Índices	Ano	Coefficiente de correlação	Coefficiente de determinação	$r^2$ (%)
IME	seco	0,944	0,891	89,1
	úmido	0,858	0,736	73,6
IOS	<i>seco</i>	<b>0,972*</b>	0,944	<b>94,4</b>
	úmido	0,893	0,797	79,7
ODP	seco	0,552	0,304	30,4
	úmido	0,873	0,762	76,2
TSM	seco	0,955	0,912	91,2
	<i>úmido</i>	<b>0,909*</b>	0,826	<b>82,6</b>

\* Melhor valor significativo de acordo com o teste de t-Student.

Para o MM, o melhor predictor foi o IOS para ano seco com 94,4% dos valores explicados pelo índice e correlação de 0,97, apesar de o IME e as anomalias de TSM também apresentarem bons valores de correlação. Para o ano úmido, a melhor correlação foi entre valor de anomalia de precipitação no MM e anomalias de TSM do Atlântico com 0,909. Os valores de correlação dos outros três índices também apresentaram boas correlações.

Aplicando a esses valores de correlação o teste de significância t-Student, ao nível de confiança de 95%, foram encontrados os valores de 0,54 e 0,57 para os eventos de ano seco e ano úmido, respectivamente, inferindo que ambos índices podem servir como predictores, pois as correlações mostraram-se significativas.

O IOS explicou aproximadamente 94,5% dos valores das anomalias de precipitação em ano seco e as anomalias de TSM do Atlântico em ano úmido com 82,6%, ou seja, em

ano seco a ocorrência de chuva foi influenciada pelo sinal do IOS, fases do ENOS influencia evidentemente o MM. Na Tabela 4.4 são mostrados os valores do teste do modelo predictor utilizando o IOS como predictor em ano seco e úmido.

Tabela 4.4: Previsão da anomalia de precipitação no MM utilizando o índice IOS para ano seco (1957) e ATSM para ano úmido (1978)-conforme IAC.

IOS usado	Mês previsto	Diferença entre anomalia		ATSM usado	Mês previsto	Diferença entre anomalia	
		prevista e real (mm)	Sinal de Anomalia*			prevista e real (mm)	Sinal de Anomalia*
nov	fev	<b>16,9242</b>	A				
jan	abr	-19,8206	E	jan	abr	-27,0698	E
jun	abr	-26,3476	E	jul	abr	-20,2154	E
ago	abr	-9,248	E	ago	abr	-27,1112	E
nov	abr	-7,3892	E	ago	jun	<b>-95,9462</b>	A
dez	abr	-22,436	E	jan	jul	<b>-116,028</b>	A
nov	mai	56,6985	E	fev	jul	<b>-122,442</b>	A
dez	ago	<b>134,9627</b>	A	jun	jul	<b>-132,627</b>	A
jan	nov	<b>28,6289</b>	A	ago	jul	<b>-117,304</b>	A
jan	dez	<b>44,74977</b>	A	out	dez	<b>-55,2074</b>	A

\*E = erro e A = acerto

Com o IOS em ano seco, ainda no mês de novembro, pode-se prever as anomalias de precipitação de abril (linha5) do ano seguinte com uma diferença subestimada de aproximadamente 7 mm de chuva no MM, por exemplo. As equações que utilizaram o IOS como predictor apresentaram maiores diferenças que na sub-região anterior.

Na Tabela 4.4, também visualizaram-se os valores do teste do modelo predictor utilizando o índice TSM como predictor em ano úmido. Já os valores previstos com TSM apresentaram maiores diferenças entre valor real e previsto, no entanto, o acerto do sinal da anomalia foi melhor.

#### 4.2.1.3 Alto Mundaú

Foram feitas regressões lineares entre os valores reais de anomalias de precipitação no AM e índices climáticos. Para o índice IME e TSM, durante o ano úmido, as correlações foram melhores que em ano seco, porém, ainda baixas. Dos 37 anos da série, 22 anos foram secos e 15 úmidos.

Tanto para o ano seco, quanto para o ano úmido, os valores dos coeficientes de correlação e determinação foram os melhores utilizando o índice de ODP, o qual pode explicar entre 85% e 89% das chuvas no Alto Mundaú.

Aplicando o teste de significância t-Student, o mínimo considerável de coeficiente de correlação para a amostra seria 0,612, quando foi apresentado 0,79 e 0,73, respectivamente, tornando a correlação significativa estatisticamente. Na Tabela 4.5, são mostrados valores de coeficiente de determinação e correlação entre anomalia de precipitação do AM e índices climáticos. Em negrito, têm-se os melhores valores os quais podem resultar em previsões.

Tabela 4.5: Valor do coeficiente de determinação, correlação e percentual de determinação ( $r^2$ ) entre anomalias de precipitação no AM e quatro índices climáticos.

Índices	Ano	Coefficiente de correlação	Coefficiente de determinação	$r^2$ (%)
IME	seco	-0,26	0,509	50,9
	úmido	-0,5	0,7	70
IOS	seco	0,692	0,831	83,1
	úmido	0,29	0,538	53,8
<b>ODP</b>	<b>seco</b>	<b>0,791*</b>	0,889	<b>88,9</b>
	<b>úmido</b>	<b>0,732*</b>	0,855	<b>85,5</b>
TSM	seco	0,166	0,407	40,7
	úmido	0,486	0,697	69,7

\* Melhor valor significativo de acordo com o teste de t-Student.

Na Tabela 4.6, visualizaram-se os valores do teste de previsão utilizando o índice ODP em ano seco e úmido, mostrando o índice de ODP usado, o mês previsto, a diferença entre anomalia prevista e real e o acerto ou erro do sinal da anomalia. Pode-se observar que os valores previstos para o AM não são próximos dos reais, tanto em ano seco quanto em ano úmido. Contudo, para ano úmido, o acerto do sinal foi o dobro do observado para ano seco.

Tabela 4.6: Previsão da anomalia de precipitação no AM utilizando o índice ODP para ano seco (1990) e ano úmido (1985)-conforme IAC.

ODP usado	mês previsto	Diferença entre anomalia		ODP usado	mês previsto	Diferença entre anomalia	
		prevista e real (mm)	Sinal de anomalia*			prevista e real (mm)	Sinal de anomalia*
fev	mar	80,542	E	fev	mar	-70,1508	E
nov	mar	67,6297	E	<b>nov</b>	<b>mar</b>	<b>-95,2704</b>	<b>A</b>
dez	mar	54,33786	E	dez	mar	-76,2106	E
jan	abr	19,7061	E	jan	abr	-195,11	E
<b>dez</b>	<b>mai</b>	<b>25,88327</b>	<b>A</b>	dez	mai	58,55754	E
mai	ago	9,667612	E	<b>mai</b>	<b>ago</b>	<b>-57,4364</b>	<b>A</b>
jun	ago	8,79828	E	<b>jun</b>	<b>ago</b>	<b>-60,2633</b>	<b>A</b>
<b>out</b>	<b>ago</b>	<b>18,61378</b>	<b>A</b>	<b>out</b>	<b>ago</b>	<b>-60,8671</b>	<b>A</b>

\*E = erro e A = acerto

Para cada sub-região foi escolhido um índice climático como predictor de anomalias de chuva. Além de explicar aproximadamente o quanto a variabilidade climática global interfere na local, tais resultados podem auxiliar no gerenciamento de vários setores econômicos e sociais.

#### 4.2.2 Regressão linear múltipla para previsão mensal de anomalia de precipitação

##### 4.2.2.1 Baixo Mundaú

Todos os meses foram submetidos a regressões lineares múltiplas pelo método Stepwise do software SPSS com os quatro índices precursores e somente os meses de abril, junho, julho, agosto e setembro apresentaram correlações múltiplas (Tabela 4.7). Os meses de abril e julho apresentaram equações com mais de uma variável independente e os maiores valores de correlação entre os cinco meses. A junção dos índices ODP, anomalia de TSM e IOS explicou aproximadamente 40% das chuvas de abril.

Tabela 4.7: Valor do coeficiente de correlação e percentual de determinação ( $r^2$ ) entre anomalias de precipitação (mm) no BM e quatro índices climáticos.

Mês previsto	Índice usado	Equação Previsora	r	$r^2$ (%)
abril	ODP mai , ano.TSM jan , IOS ago	1) $y = -3,703 - 37,498 X$ (ODP Mai) $+109,005 X$ (Anomal.TSM Jan) - $29,611 * (IOS Ago)$	<b>0,628</b>	<b>39,5</b>
junho	ODP jul	2) $y = -0,411 - 31,664 X$ (ODP jul)	0,337	11,4
julho	IME jul/ago	3) $y = 0,320 - 45,091 X$ (IME jul/ago) $+ 120,913 * (Anomal.TSM fev)$	<b>0,54</b>	<b>29,2</b>
agosto	ODP mai, ano.TSM fev	4) $y = -0,161 - 9,915 X$ (ODP mai)	0,383	14,7
setembro	IME ago/set	5) $y = -0,0823 - 7,929 X$ (IME ago/set)	0,342	11,7

Os valores de coeficientes de correlação acima de 0,49 são significativos pelo teste de t-Student, dessa maneira, as duas melhores correlações mostradas na Tabela 4.2.7 foram significativamente válidas. Suas previsões foram mostradas na Tabela 4.8. Os menores erros foram apresentados em agosto e setembro e os acertos do sinal de anomalia foram de 100% para ambas situações.

Tabela 4.8: Teste da previsão de anomalias de precipitação através de equações lineares múltiplas para o BM durante ano seco (1983) e ano úmido (1977)-conforme IAC.

Equação usada (ver Tabela 4.2.7)	Mês previsto	Diferença entre anomalia prevista e valor real (mm)	Sinal da anomalia*	Mês revisto	Diferença entre anomalia prevista e valor real (mm)	Sinal da anomalia*
1	abril	50,86	A	abril	243,35	A
2	junho	140,47	A	junho	118,69	A
3	julho	76,45	A	julho	172,63	A
4	agosto	25,4	A	agosto	1,182	A
5	setembro	4,26	A	setembro	21,43	A

\*E = erro e A = acerto

#### 4.2.2.2 Médio Mundaú

Todos os meses foram submetidos a regressões lineares múltiplas pelo método Stepwise do Software SPSS 9.0 com os quatro índices previsores. Somente os meses janeiro, maio, setembro e dezembro não geraram equações de regressões múltiplas. Os meses de fevereiro, junho e novembro (Tabela 4.9) apresentaram equações com mais de uma variável independente e os maiores valores de  $r^2$  (coeficiente de determinação).

Tabela 4.9: Valor do coeficiente de correlação e percentual de determinação ( $r^2$ ) entre anomalias de precipitação (mm) no MM e quatro índices climáticos.

Mês previsto	Equação Previsora	Índice usado	r	$r^2$ (%)
fevereiro	1) $y = 58,326 + 19,423 X$ (ODP Fevereiro) - $59,397 X$ (Anomalia TSM Março) + $37,375 X$ (ODP Outubro) - $22,683 X$ (ODP Novembro)	ODP fev / TSM mar / ODP out / ODP nov	<b>0,679</b>	<b>46,2</b>
março	2) $y = 108,221 + 25,476 X$ (ODP Abril)	ODP abril	0,391	15,3
abril	3) $y = 157,155 + 24,732 X$ (ODP Setembro)	ODP set	0,374	14,0
junho	4) $y = 0,326 + 83,705 X$ (Anomalia TSM Agosto) - $24,560 * (IOS julho)$	TSM ago / IOS jul	<b>0,461</b>	<b>21,3</b>
julho	5) $y = 0,957 + 110,684 X$ (Anomalia TSM Agosto)	TSM ago	0,346	12,0
agosto	6) $y = -3,666 - 24,220 X$ (IOS Dezembro)	IOS dez	0,389	15,2
outubro	7) $y = 2,379 + 15,949 X$ (ODP Outubro)	ODP out	0,352	12,4
novembro	8) $y = 2,383 + 10,042 X$ (ODP nov) - $22,412 X$ (IME mar/abr) + $14,600 X$ (ODP abr)	ODP nov / IME mar/abr / ODP abr	0,36	13,0

Como no caso da previsão para o BM, as regressões múltiplas também explicaram menos de 50% das chuvas mensais. As previsões de anomalias de precipitação para o MM



não apresentaram bons resultados, mas a quantidade de acerto do sinal nos dois casos mostrados foi satisfatório (Tabela 4.10).

Tabela 4.10: Teste da previsão de anomalias de precipitação através de equações lineares múltiplas para o MM durante ano seco (1957) e ano úmido (1978)-conforme IAC.

Equação usada (ver Tabela 4.9)	Mês previsto	Diferença entre anomalia prevista e real (mm)	Sinal da anomalia*	Mês previsto	Diferença entre anomalia prevista e real (mm)	Sinal da anomalia*
1	fevereiro	44,83	A	fevereiro	54,45	A
2	março	12,57	A	março	106,94	A
3	abril	44,91	A	abril	28,65	A
4	junho	32,01	A	junho	44,05	A
5	julho	161,9	A	julho	117,29	A
6	agosto	98,62	A	<b>agosto</b>	<b>8,44</b>	<b>A</b>
7	outubro	67,7	A	outubro	20,04	A
<b>8</b>	<b>novembro</b>	<b>6,01</b>	<b>A</b>	<b>novembro</b>	<b>4,56</b>	<b>A</b>

\*E = erro e A = acerto

#### 4.2.2.3 Alto Mundaú

Para o AM, as regressões múltiplas apresentaram  $r^2$  superiores. Em abril, quatro variáveis (TSM fev, IOS fev, TSM jul e ODP fev) explicaram 61,5% das chuvas desse mês, sendo modelo mais confiável. Dentre os doze meses do ano, somente os cinco mostrados na Tabela 4.11 apresentaram regressão múltipla entre anomalia de precipitação e índices. Correlações significativas devem ser maiores ou iguais a 0,49.

Tabela 4.11: Valor do coeficiente de correlação e percentual de determinação ( $r^2$ ) entre anomalias de precipitação no AM (mm) e quatro índices climáticos.

Mês previsto	Equação Previsora	Índice usado	r	$r^2$ (%)
Março	1) $y = 6,834 + 62,726 X$ (Anomal.TSM jul) + 17,205 * (ODP dez)	TSM jul, ODP dez	0,479	23,0
Abril	2) $y = 8,404 + 79,202 X$ (Anomal.TSM fev) + 22,406 X (IOS fev) + 52,792 X (Anomal.TSM jul) + 15,223 X (ODP fev)	TSM fev, IOS fev, TSM jul, ODP fev	<b>0,784</b>	<b>61,5</b>
Junho	3) $y = -1,029 - 21,743 X$ (ODP set) + 45,313 X (Anomal.TSM jun)	ODP set, TSM jun	<b>0,498</b>	<b>24,9</b>
Agosto	4) $y = -0,161 - 9,915 X$ (ODP mai)	ODP mai	0,383	14,7
Setembro	5) $y = -0,0823 - 7,929 X$ (IME mai/jun)	IME mai/jun	0,342	11,7

Para essa sub-região, quanto mais variáveis independentes foram aplicadas maior foi o coeficiente de determinação, tendo como exemplo os meses de abril, março e junho. As previsões para o ano úmido no AM apresentaram melhores resultados do que os obtidos para o ano seco. Os meses de abril e março mostraram as melhores correlações, porém não apresentaram os melhores valores previstos na Tabela 4.12.

Tabela 4.12: Previsão de anomalias de precipitação (mm) através de equações lineares múltiplas para o AM durante ano seco (1990) e ano úmido (1985)-conforme IAC.

Equação usada (ver Tabela 4.11)	Mês previsto	Diferença entre anomalia prevista e real (mm)	Sinal da anomalia*	Mês previsto	Diferença entre anomalia prevista e real (mm)	Sinal da anomalia*
1	março	131,74	A	março	176,13	A
2	abril	115,85	A	abril	71,47	A
3	junho	43,00	A	junho	48,52	A
4	agosto	57,431	A	agosto	18,71	A
5	setembro	16,239	A	setembro	15,51	A

\*E = erro e A = acerto

### 4.2.3 Regressão linear para previsão da anomalia de precipitação durante a quadra chuvosa

#### 4.2.3.1 Baixo Mundaú

Para a quadra chuvosa do BM, o melhor previsor foi o índice da anomalia de TSM, para os dois tipos de anos. Aplicando o teste de significância t-Student, o mínimo valor de correlação significativa seria de 0,49. Em ambos os casos a correlação foi significativa (0,65 e 0,656, respectivamente) (Tabela 4.13).

Tabela 4.13: Valor do coeficiente de determinação, correlação e percentual de determinação ( $r^2$ ) entre anomalias de precipitação (mm) da quadra chuvosa no BM e quatro índices climáticos.

Índices	Ano	Coeficiente de correlação	Coeficiente de determinação	$r^2$ (%)
IME	seco	0,1	0,0102	1,02
	úmido	0,03	0,0009	0,09
IOS	seco	0,215	0,0465	4,65
	úmido	0,473	0,2244	22,44
ODP	seco	0,414	0,172	17,2
	úmido	0,047	0,0023	0,23
<b>TSM</b>	<b>seco</b>	<b>0,650*</b>	<b>0,4233</b>	<b>42,23</b>
	<b>úmido</b>	<b>0,656*</b>	<b>0,4311</b>	<b>43,11</b>

\* Melhor valor significativo de acordo com o teste de t-Student

As anomalias de TSM podem explicar 42,23% (ano seco) e 43,11% (ano úmido) das chuvas da quadra chuvosa do BM (Tabela 4.13). Na previsão para a quadra chuvosa do BM (Tabela 4.14), os erros foram menores ao utilizar as anomalias de TSM do Atlântico como previsor para o ano úmido, havendo quase totalidade do acerto do sinal da anomalia ocorrida, sendo esse um resultado muito importante. Já a previsão para o ano seco apresentou maiores diferenças entre valor previsto e real, superestimando-o na maioria dos casos.

Tabela 4.14: Previsão da anomalia de precipitação (mm) da quadra chuvosa no BM utilizando o índice de anomalia de TSM para ano seco (1983) e úmido (1977)-conforme IAC.

Mês previsto	ATSM usado	Diferença entre anomalia prevista e real		Mês previsto	ATSM usado	Diferença entre anomalia prevista e real (mm)	
		(mm)	Sinal da anomalia*			(mm)	Sinal da anomalia*
<i>Abr</i>	<i>mai</i>	<b>-0,170</b>	A	<i>abr</i>	<i>mai</i>	<b>-1,195</b>	A
<i>Abr</i>	<i>jun</i>	<b>-0,145</b>	A	<i>abr</i>	<i>jun</i>	<b>-1,182</b>	A
<i>Abr</i>	<i>jul</i>	<b>-0,100</b>	A	<i>abr</i>	<i>jul</i>	<b>-1,228</b>	A
Mai	abr	3,152	E	<i>mai</i>	<i>abr</i>	<b>-0,949</b>	A
Mai	jun	3,158	E	<i>mai</i>	<i>jun</i>	<b>-0,916</b>	A
<i>mai</i>	<i>jul</i>	<b>3,148</b>	A	mai	jul	-0,961	E
jun	abr	1,149	E	<i>jun</i>	<i>abr</i>	<b>-1,131</b>	A
jun	mai	1,169	E	<i>jun</i>	<i>mai</i>	<b>-0,978</b>	A
jun	jul	1,197	E	<i>jun</i>	<i>jul</i>	<b>-1,162</b>	A
jul	abr	0,833	E	<i>jul</i>	<i>abr</i>	<b>-0,899</b>	A
jul	mai	0,847	E	<i>jul</i>	<i>mai</i>	<b>-0,803</b>	A
jul	jun	0,874	E	<i>jul</i>	<i>jun</i>	<b>-0,816</b>	A

\*E = erro e A = acerto

#### 4.2.3.2 Médio Mundaú

Tabela 4.15: Valor do coeficiente de determinação, correlação e percentual de determinação ( $r^2$ ) entre anomalias de precipitação (mm) da quadra chuvosa no MM e quatro índices climáticos.

Índices	Ano	Coeficiente de correlação	Coeficiente de determinação	$r^2$ (%)
IME	<i>seco</i>	<b>0,652*</b>	<b>0,4263</b>	<b>42,63</b>
	<i>úmido</i>	<b>0,387</b>	<b>0,1504</b>	<b>15,04</b>
IOS	seco	0,307	0,0944	9,44
	úmido	0,309	0,0957	9,57
ODP	seco	0,223	0,050	5,0
	úmido	0,296	0,0878	8,78
TSM	seco	0,435	0,19	19,0
	úmido	0,18	0,0324	3,24

\* Melhor valor significativo de acordo com o teste de t-Student.

A partir do teste de significância t-Student para a amostra acima (Tabela 4.15), as correlações consideradas significativas devem apresentar coeficiente de correlação maior ou igual a 0,49. Desse modo, só pode considerada significativa a correlação do IME para o ano seco ( $r = 0,652$ ), apesar de que a previsão para o ano úmido apresentou bons resultados ( $r = 0,387$ ). Conclui-se que o IME pode explicar 42,63% das chuvas da quadra chuvosa do MM em ano seco.

A previsão de anomalia de precipitação com IME foi melhor para o ano seco, pois as diferenças foram menores. Para o ano úmido, as previsões também foram muito boas, mas de acordo com o teste de significância não é confiável. Em ambos os casos, o modelo teve 75% de acerto para todos os meses testados o sinal da anomalia, podendo ser gerada previsão (Tabela 4.16).

Durante o ano seco, por exemplo, pode-se prever a anomalia de precipitação da quadra chuvosa com antecedência e superestimada em 0,106 mm acima do real. Essa informação é importante para os setores de gestão dos recursos hídricos, principalmente por se tratar de um ano seco.

Tabela 4.16: Previsão da anomalia de precipitação (mm) da quadra chuvosa no MM utilizando o índice de IME para ano seco (1957) e úmido (1978)-conforme IAC.

Mês previsto	IME usado	Diferença entre anomalia prevista e real (mm)	Sinal da anomalia*	Mês previsto	IME usado	Diferença entre anomalia prevista e real (mm)	Sinal da anomalia*
<i>Abr</i>	<i>mai</i>	<i>0,292</i>	<i>A</i>	<i>abr</i>	<i>mai</i>	<i>-0,552</i>	<i>A</i>
<i>Abr</i>	<i>jun</i>	<i>0,1999</i>	<i>A</i>	<i>abr</i>	<i>jun</i>	<i>-0,463</i>	<i>A</i>
<i>Abr</i>	<i>jul</i>	<i>0,106</i>	<i>A</i>	<i>abr</i>	<i>jul</i>	<i>-0,484</i>	<i>A</i>
<i>Mai</i>	<i>abr</i>	<i>-0,871</i>	<i>A</i>	<i>mai</i>	<i>abr</i>	<i>-0,41</i>	<i>A</i>
<i>Mai</i>	<i>jun</i>	<i>-0,876</i>	<i>A</i>	<i>mai</i>	<i>jun</i>	<i>-0,502</i>	<i>E</i>
<i>Mai</i>	<i>jul</i>	<i>-0,931</i>	<i>A</i>	<i>mai</i>	<i>jul</i>	<i>-0,4579</i>	<i>E</i>
<i>Jun</i>	<i>abr</i>	<i>-1,09</i>	<i>E</i>	<i>jun</i>	<i>abr</i>	<i>-1,172</i>	<i>E</i>
<i>Jun</i>	<i>mai</i>	<i>-1,138</i>	<i>E</i>	<i>jun</i>	<i>mai</i>	<i>-1,095</i>	<i>A</i>
<i>Jun</i>	<i>jul</i>	<i>-1,218</i>	<i>E</i>	<i>jun</i>	<i>jul</i>	<i>-1,064</i>	<i>A</i>
<i>Jul</i>	<i>abr</i>	<i>-1,6647</i>	<i>A</i>	<i>jul</i>	<i>abr</i>	<i>0,2478</i>	<i>E</i>
<i>Jul</i>	<i>mai</i>	<i>-1,599</i>	<i>A</i>	<i>jul</i>	<i>mai</i>	<i>0,221</i>	<i>A</i>
<i>Jul</i>	<i>jun</i>	<i>-1,605</i>	<i>A</i>	<i>jul</i>	<i>jun</i>	<i>0,1995</i>	<i>A</i>

\*E = erro e A = acerto

#### 4.2.3.3 Alto Mundaú

Tabela 4.17: Valor do coeficiente de determinação, correlação e percentual de determinação ( $r^2$ ) entre anomalias de precipitação (mm) da quadra chuvosa no AM e quatro índices climáticos.

Índices	Ano	Coeficiente de correlação	Coeficiente de determinação	$r^2$ (%)
IME	seco	- 0,577	0,334	33,4
	úmido	0,498	0,2486	24,86
IOS	seco	- 0,203	0,0416	4,16
	úmido	0,052	0,0028	0,28
ODP	seco	- 0,467	0,2183	21,83
	úmido	0,596	0,3561	35,61
TSM	seco	- 0,111	0,0125	1,25
	úmido	0,724*	0,5251	52,51

\* Melhor valor significativo de acordo com o teste de t-Student.

As correlações com valores maiores que 0,37 são significativas, segundo o teste t-Student aplicado à amostra. Em ano seco, verifica-se que o IME não pode ser usado como previsor e os outros índices apresentaram correlações negativas entre o valor real e o valor previsto, ou seja, há relação inversa entre eles. Enfim, a quadra chuvosa do ano seco no AM não possui um modelo previsor adequado (Tabela 4.17).

No AM, em ano úmido, as anomalias de TSM, explicam 52,51% ( $r = 0,724$ ) das chuvas da quadra chuvosa, mostrando a maior influência do Atlântico nessa época. As previsões usando TSM são mostradas na Tabela 4.18:

Tabela 4.18: Previsão da anomalia de precipitação (mm) da quadra chuvosa no AM utilizando o índice de TSM para ano úmido (1985)-conforme IAC.

Mês previsto	TSM Usado	Diferença entre anomalia prevista e real (mm)	Sinal da anomalia*
<i>mar</i>	<i>Abr</i>	<i>1,44542</i>	A
<i>mar</i>	<i>mai</i>	<i>1,455</i>	A
<i>mar</i>	<i>jun</i>	<i>1,532</i>	A
<i>mar</i>	<i>jul</i>	<i>1,4544</i>	A
<i>abr</i>	<i>mar</i>	<i>3,614</i>	A
<i>abr</i>	<i>mai</i>	<i>3,655</i>	A
<i>abr</i>	<i>jun</i>	<i>3,4783</i>	A
<i>abr</i>	<i>jul</i>	<i>3,596</i>	A
<i>mai</i>	<i>mar</i>	<i>-1,401</i>	A
<i>mai</i>	<i>abr</i>	<i>-1,47</i>	A
<i>mai</i>	<i>jun</i>	<i>-1,47</i>	E
<i>mai</i>	<i>jul</i>	<i>-1,46</i>	A
<i>jun</i>	<i>mar</i>	<i>0,613</i>	A
<i>jun</i>	<i>abr</i>	<i>0,638</i>	A
<i>jun</i>	<i>mai</i>	<i>0,683</i>	A
<i>jun</i>	<i>jul</i>	<i>0,59009</i>	A
<i>jul</i>	<i>mar</i>	<i>0,5863</i>	A
<i>jul</i>	<i>abr</i>	<i>0,5756</i>	A
<i>jul</i>	<i>mai</i>	<i>0,5888</i>	A
<i>jul</i>	<i>jun</i>	<i>0,609</i>	A

\*E = erro e A = acerto

As melhores previsões foram feitas para os meses de junho e julho com as menores diferenças entre previsto e real, ou seja, 40% da previsão testada apresentou diferença em relação ao real, menor que uma unidade (Tabela 4.2.18). As maiores diferenças ocorreram para abril e os únicos valores subestimados foram os previstos para maio. Quase que na totalidade de 100% das previsões as equações predictoras acertaram o sinal (+) ou (-) da anomalia gerando resultados muito bons.

#### 4.2.4 Regressão linear para previsão da anomalia de precipitação durante a quadra seca

##### 4.2.4.1 Baixo Mundaú

Aplicando o teste de significância t-Student para a amostra, foram considerados significativos os valores de coeficiente de correlação maiores que 0,49. Isso tornou todos os

índices inadequados para a previsão de anomalias de precipitação no BM em ano seco sendo IME o mais próximo desse valor ( $r = 0,443$ ). Para o ano úmido o melhor índice predictor foi o de ODP, onde  $r = 0,631$ . Para a quadra seca, em ano úmido, o índice de ODP, ou seja, a variabilidade do Oceano Pacífico no sentido Norte-Sul explicou até 39,9% das anomalias de precipitação locais (Tabela 4.19).

Tabela 4.19: Valor do coeficiente de determinação, correlação e percentual de determinação ( $r^2$ ) entre anomalias de precipitação (mm) da quadra seca no BM e quatro índices climáticos.

Índices	Ano	Coeficiente de correlação	Coeficiente de determinação	$r^2(\%)$
IME	<i>seco</i>	<b>0,443</b>	<b>0,197</b>	<b>19,7</b>
	úmido	0,427	0,183	18,3
IOS	seco	0,403	0,1626	16,26
	úmido	0,423	0,1791	17,91
ODP	seco	0,13	0,017	1,7
	<i>úmido</i>	<b>0,631*</b>	<b>0,399</b>	<b>39,9</b>
TSM	seco	0,334	0,112	11,2
	úmido	0,571	0,327	32,7

\* Melhor valor significativo de acordo com o teste de t-Student.

Na Tabela 4.20, foi mostrada a previsão das anomalias de precipitação para o ano úmido de 1977 no BM utilizando o índice de ODP. Para essa amostra, 75% dos valores previstos apresentaram bons resultados, de novembro a janeiro, com acertos do sinal das anomalias em 25% dos casos se considerado todos os meses do ano.

Merecem atenção as precipitações de dezembro e janeiro. As diferenças entre valores previstos e reais foram mínimas, tendo o modelo acertado também o sinal da anomalia (Tabela 4.20). Como tais meses, estão dentro da quadra seca, o fato ganha mais méritos, pois tanto a população como órgãos gestores podem planejar suas atividades com antecedência justamente no período crítico na ímpar área do CELMM (Baixo Mundaú).



Tabela 4.20: Previsão da anomalia de precipitação (mm) da quadra seca no BM utilizando o índice ODP para ano úmido (1977)-conforme IAC.

Mês previsto	ODP usado	Diferença entre anomalia prevista e real (mm)	Sinal da anomalia*
Out	nov	<i>1,316931</i>	A
Out	dez	<i>1,325905</i>	A
Out	jan	1,376135	E
Nov	out	<i>-0,64539</i>	A
Nov	dez	<i>-0,65445</i>	A
Nov	jan	<i>-0,53222</i>	A
Dez	out	<i>0,004846</i>	A
Dez	nov	<i>0,00648</i>	A
Dez	dez	<i>0,00372</i>	A
Jan	out	<i>0,063152</i>	A
Jan	nov	<i>0,0937</i>	A
Jan	dez	<i>0,097978</i>	A

\*E = erro e A = acerto

#### 4.2.4.2 Médio Mundaú

Os valores de coeficiente de correlação confiáveis para tornarem-se modelos de previsão devem ser maiores que 0,49 (teste de t-Student); no entanto, tanto em ano seco quanto úmido, os índices não resultaram em bons modelos de previsão. As melhores previsões para o MM foram através do índice da ODP (Tabela 4.21).

Tabela 4.21: Valor do coeficiente de determinação, correlação e percentual de determinação ( $r^2$ ) entre anomalias de precipitação (mm) da quadra seca no MM e quatro índices climáticos.

Índices	Ano	Coeficiente de correlação	Coeficiente de determinação	$r^2$ (%)
IME	seco	-0,644	-0,416	41,6
	úmido	-0,137	0,019	1,9
IOS	seco	-0,443	-0,197	19,7
	úmido	-0,135	0,0184	1,84
<b>ODP</b>	<i>seco</i>	<i>0,238</i>	<i>0,057</i>	<i>5,7</i>
	<i>úmido</i>	<i>0,11</i>	<i>0,0123</i>	<i>1,23</i>
TSM	seco	-0,151	0,023	2,3
	úmido	-0,443	0,197	19,7

\* Melhor valor significativo de acordo com o teste de t-Student.

Primeiramente, de acordo com o teste de t-Student, as correlações que tornaram o índice de ODP como previsor, não foram significativas. O modelo de previsão para o MM utilizando ODP não apresentou boas correlações, ficando isso explícito na coluna da diferença entre anomalias previstas e reais (Tabela 4.22). Entretanto, as diferenças entre anomalia prevista e real não ultrapassaram uma unidade, em ambos anos. Já a previsão do sinal de anomalia foi de aproximadamente 50% para os dois casos, valor não razoável.

Tabela 4.22: Previsão da anomalia de precipitação da quadra seca no MM utilizando o índice da ODP para ano seco (1957) e ano úmido (1978)-conforme IAC.

Mês previsto	ODP usado	Diferença entre anomalia prevista e real (mm)	Sinal da anomalia*	Mês previsto	ODP usado	Diferença entre anomalia prevista e real (mm)	Sinal da anomalia*
Out	nov	-0,87432	E	<i>out</i>	<i>nov</i>	<b>0,333</b>	<i>A</i>
<b>Out</b>	<b>dez</b>	<b>-0,8207</b>	<i>A</i>	out	dez	0,433	E
<b>Out</b>	<b>jan</b>	<b>-0,75566</b>	<i>A</i>	out	jan	0,4432	E
Nov	out	-1,38865	E	<i>nov</i>	<i>out</i>	<b>0,38</b>	<i>A</i>
<b>Nov</b>	<b>dez</b>	<b>-0,83804</b>	<i>A</i>	nov	dez	0,48	E
Nov	jan	-0,91531	E	<i>nov</i>	<b>jan</b>	<b>0,45203</b>	<i>A</i>
Dez	out	-0,9972	E	<b>dez</b>	<i>out</i>	<b>0,9376</b>	<i>A</i>
Dez	nov	-0,86327	E	<b>dez</b>	<i>nov</i>	<b>0,9424</b>	<i>A</i>
<b>Dez</b>	<b>dez</b>	<b>-0,73462</b>	<i>A</i>	<b>dez</b>	<b>dez</b>	<b>0,9124</b>	<i>A</i>
<b>Jan</b>	<i>out</i>	<b>-0,4107</b>	<i>A</i>	jan	out	0,244	E
<b>Jan</b>	<i>nov</i>	<b>-0,56664</b>	<i>A</i>	jan	nov	0,261	E
Jan	dez	-0,61154	E	<b>jan</b>	<b>dez</b>	<b>0,2014</b>	<i>A</i>

\*E = erro e A = acerto

#### 4.2.4.3 Alto Mundaú

Na quadra seca do AM somente no ano úmido as correlações entre anomalia de precipitação e índices climáticos foram significativas e maiores que 0,49 (teste de t-Student). O melhor modelo de previsão utiliza o IME o qual explica somente 40,5% das chuvas. No ano seco não há correlações entre esses valores ou são insignificantes (Tabela 4.23).

Tabela 4.23: Valor do coeficiente de determinação, correlação e percentual de determinação ( $r^2$ ) entre anomalias de precipitação (mm) da quadra seca no AM e quatro índices climáticos.

Índices	Ano	Coeficiente de correlação	Coeficiente de determinação	$r^2$ (%)
<i>IME</i>	seco	0	0	0
	<i>úmido</i>	<b>0,636*</b>	<b>0,405</b>	<b>40,5</b>
IOS	seco	0,187	0,035	3,5
	úmido	0,365	0,1335	13,35
ODP	seco	0,104	0,011	1,1
	úmido	0,578	0,335	33,5
TSM	seco	0,3	0,09	9,0
	úmido	0,341	0,1166	11,66

\* Melhor valor significativo de acordo com o teste de t-Student.

Tabela 4.24: Previsão da anomalia de precipitação (mm) da quadra seca no AM utilizando o índice IME para ano úmido (1985)-conforme IAC.

Mês previsto	IME usado	Diferença entre valor previsto e real (mm)	Sinal de anomalia*
Set	<i>Jul/ago</i>	<b>-0,70843</b>	A
Set	<i>Set/out</i>	<b>-0,70126</b>	A
Set	<i>Out/nov</i>	<b>-0,72809</b>	A
Out	<i>Jul/ago</i>	<b>-0,27579</b>	A
Out	Ago/set	-0,30022	E
Out	Out/nov	-0,307	E
Nov	<i>Jul/ago</i>	<b>-0,56663</b>	A
Nov	Ago/set	-0,57436	E
Nov	Set/out	-0,59088	E
Dez	<i>Jul/ago</i>	<b>-0,61997</b>	A
Dez	<i>Ago/set</i>	<b>-0,65613</b>	A
Dez	<i>Set/out</i>	<b>-0,65979</b>	A

\*E = erro e A = acerto

O IME foi satisfatório como previsor para anomalia de precipitação no AM conforme mostrado na Tabela 4.24. Além de seus valores previstos não ultrapassarem uma unidade para anomalias, as equações preveram com 75% de acerto para o sinal da anomalia de chuva.

## 4.2.5 Regressão não-linear para previsão da anomalia de precipitação durante a quadra chuvosa

### 4.2.5.1 Baixo Mundaú

Para o BM, também foram geradas funções não lineares (inversa, quadrática e cúbica) entre os índices previsores (IME, IOS, anomalia de TSM do Atlântico Sul e ODP) e as anomalias de precipitação durante a quadra chuvosa do BM. Os valores encontrados estão na Tabela 4.25:

Tabela 4.25: Valores de percentagem do coeficiente de determinação ( $r^2$ ) e do coeficiente de correlação (R) entre anomalia de precipitação (mm) no BM durante a quadra chuvosa em 1977 (ano úmido) e 1983 (ano seco)-conforme IAC, respectivamente.

Função	R	$r^2$	Função	R	$r^2$ (%)
Inversa	0,063	0,004	Inversa	0,306	9,4
<b>Quadrática</b>	<b>0,58*</b>	<b>0,337</b>	Quadrática	0,008	0,007
Cúbica	0,104	0,011	Cúbica	0,223	5,0

\* Melhor valor significativo de acordo com o teste de t-Student.

Para essa amostra, as correlações (R) significativas e confiáveis devem ter valores iguais ou maiores que 0,49, levando a indicar como melhor predictor a função quadrática da quadra chuvosa do ano úmido de 1977 (R = 0,58). Através da função quadrática, pode-se explicar 33,7% das anomalias de chuva da quadra chuvosa do BM, em 1977. Analisando os resultados (Tabela 4.26) e apesar dos 66,7% de acerto no sinal da anomalia, sugere-se nesse caso, que o modelo de previsão não seja usado, devido à grande diferença entre anomalia prevista e real.

R- o coeficiente de correlação, antes denominado por (r) nas regressões lineares; no entanto nas funções inversas, quadrática e cúbica é denominado por R.

Tabela 4.26: Previsão de anomalia de precipitação do BM feita através de equações não-linear (quadrática) para a quadra chuvosa do BM em 1977 (ano úmido)-conforme IAC.

Mês previsto	Índice usado	Diferença entre anomalia prevista e real (mm)	Sinal da anomalia*
<i>abr</i>	<i>ODP mai</i>	<i>11,25381</i>	A
abr	ODP jun	11,33729	E
<i>abr</i>	<i>TSM jul</i>	<i>11,20198</i>	A
<i>mai</i>	<i>ODP abr</i>	<i>-372,752</i>	A
<i>mai</i>	<i>TSM abr</i>	<i>-372,573</i>	A
<i>Mai</i>	<i>TSM jun</i>	<i>-372,737</i>	A
<i>Jun</i>	<i>TSM abr</i>	<i>-120,511</i>	A
<i>Jun</i>	<i>TSM mai</i>	<i>-120,632</i>	A
<i>Jun</i>	<i>ODP jul</i>	<i>-120,736</i>	A
Jul	TSM abr	-102,917	E
Jul	TSM mai	-102,879	E
Jul	TSM jun	-102,977	E

\*E = erro e A = acerto

#### 4.2.5.2 Médio Mundaú

Na Tabela 4.27 estão os valores dos coeficientes de determinação ( $r^2$ ) em percentagem que o mesmo explica a anomalia de chuva ao qual se correlaciona, e o coeficiente de correlação entre anomalia de chuva no MM e os índices climáticos (IME, IOS, anomalia de TSM do Atlântico Sul e ODP).

Como o teste t-Student considera para a amostra como significativas as correlações com coeficientes ( $r$ ) acima ou iguais a 0,49, para o MM, não houve um modelo satisfatório para previsões de anomalias de precipitação para sua quadra chuvosa a partir de equações não-lineares. Sugere-se utilizar o modelo de equações lineares.

Tabela 4.27: Valores de percentagem do coeficiente de determinação ( $r^2$ ) e coeficiente de correlação (R) entre anomalia de precipitação (mm) no MM durante a quadra chuvosa em 1957 (ano seco) e 1978 (ano chuvoso)-conforme IAC, respectivamente.

Função	R	$r^2$ (%)	Função	R	$r^2$ (%)
Inversa	0,20	4,4	Inversa	0	0
Quadrática	0,06	0,004	Quadrática	0,246	6,1
Cúbica	0,03	0,1	Cúbica	0,258	6,7

#### 4.2.5.3 Alto Mundaú

Foram geradas funções não lineares (inversa, quadrática e cúbica) entre os índices previsores (IME, IOS, anomalia de TSM do Atlântico Sul e ODP) e as anomalias de precipitação durante a quadra chuvosa do AM. Os valores encontrados estão na Tabela 4.28:

Tabela 4.28: Valores de percentagem do coeficiente de determinação ( $r^2$ ) e coeficiente de correlação (R) entre anomalia de precipitação (mm) no AM durante a quadra chuvosa em 1975 (ano úmido) e 1979 (ano seco), respectivamente.

Função	R	$r^2$ (%)	Função	R	$r^2$ (%)
<i>Inversa</i>	<i>0,88*</i>	<i>79,1</i>	Inversa	0,23	5,3
Quadrática	0,32	10,8	Quadrática	0,003	0,001
Cúbica	0,33	11,5	Cúbica	0,003	0,001

\* Melhor valor significativo de acordo com o teste de t-Student.

Após a aplicação do teste de significância somente a função inversa durante a quadra chuvosa do ano úmido (1975) pode ser considerada como um possível modelo predictor de anomalia de precipitação. O teste considerou significativo somente os coeficientes de correlação (R) acima ou iguais a 0,3757, resultando na exclusão das outras funções como predictoras. Através das funções inversas, explica-se 79% das chuvas da quadra chuvosa do AM em ano úmido.

Mesmo usando uma função tida como confiável pelo teste t-Student, os valores previstos foram muito diferentes dos reais (Tabela 4.29). Sugere-se nesse caso que a mesma não seja usada.

Tabela 4.29: Previsão feita através de equações não-linear (inversa) para a quadra chuvosa do AM em ano úmido (1957)-conforme IAC.

<b>Mês previsto</b>	<b>Índice usado</b>	<b>Diferença entre anomalia prevista e real (mm)</b>	<b>Sinal da anomalia*</b>
mar	ODP abr	-16,3695	E
mar	ATSM mai	-16,3478	E
mar	ATSM jun	-16,3499	E
mar	IME jun/jul	-16,3536	E
abr	ODP mai	-16,3540	E
<b>abr</b>	<b>ATSM jun</b>	<b>-43,4669</b>	<b>A</b>
<b>abr</b>	<b>ATSM jun</b>	<b>-43,4645</b>	<b>A</b>
<b>abr</b>	<b>IME jun/jul</b>	<b>-43,4543</b>	<b>A</b>
mai	ODP jun	-114,002	E
<b>mai</b>	<b>ATSM mai</b>	<b>-113,476</b>	<b>A</b>
mai	ATSM jun	-114	E
mai	IME jun/jul	-114	E
jun	ODP jul	-83,98	E
jun	ATSM mai	-83,9975	E
<b>jun</b>	<b>ATSM mar</b>	<b>-83,9795</b>	<b>A</b>
<b>jun</b>	<b>IME jul/ago</b>	<b>-83,9815</b>	<b>A</b>
jul	ODP mar	-144,68	E
jul	ATSM mai	-144,693	E
<b>jul</b>	<b>ATSM abr</b>	<b>-144,678</b>	<b>A</b>
<b>jul</b>	<b>IME jun/jul</b>	<b>-144,679</b>	<b>A</b>

\*E = erro e A = acerto

#### 4.2.6 Regressão não-linear para previsão da anomalia de precipitação durante a quadra seca

##### 4.2.6.1 Baixo Mundaú

Para a quadra seca do ano úmido no BM, todas as funções não-lineares apresentaram bons resultados do coeficiente de correlação acima do mínimo exigido pelo teste de significância ( $r = 0,49$ ).

Tabela 4.30: Valores de percentual do coeficiente de determinação ( $r^2$ ) e coeficiente de correlação (R) entre anomalia de precipitação (mm) no BM durante a quadra seca em 1977 (ano úmido) e 1983 (ano seco)-conforme IAC, respectivamente.

<b>Função</b>	<b>R</b>	<b><math>r^2</math> (%)</b>	<b>Função</b>	<b>R</b>	<b><math>r^2</math> (%)</b>
<i>Inversa</i>	<b>0,628</b>	<b>39,5</b>	Inversa	0,39	15,6
<b>Quadrática</b>	<b>0,599</b>	35,9	Quadrática	0,238	5,7
<b>Cúbica</b>	<b>0,592</b>	35,1	Cúbica	0,19	3,8

\* Melhor valor significativo de acordo com o teste de t-Student (nível de 95%).

Os valores de  $r^2$  para o ano de 1977 (coluna 3) apresentaram maiores que os de 1983 (coluna 6). A previsão das anomalias de precipitação para a quadra seca do ano úmido no BM na função inversa está na Tabela 4.31. As funções quadrática e cúbica na Tabela 4.32.

Tabela 4.31: Previsão de anomalia de precipitação do BM feita através de funções inversas para a quadra seca do BM em 1977 (ano úmido)-conforme IAC.

<b>Mês previsto</b>	<b>Índice usado</b>	<b>Diferença entre anomalia prevista e real (mm)</b>	<b>Sinal da anomalia*</b>
<i>out</i>	<i>TSM nov</i>	<b>-1,33242</b>	A
<i>out</i>	<i>ODP dez</i>	<b>-1,31847</b>	A
<i>out</i>	<i>TSM jan</i>	<b>-1,335</b>	A
nov	TSM out	0,818567	E
nov	ODP dez	0,772083	E
<i>nov</i>	<i>IOS jan</i>	<b>-0,10591</b>	A
<i>dez</i>	<i>IME set/out</i>	<b>-0,00584</b>	A
<i>dez</i>	<i>IME outnov</i>	<b>-0,00591</b>	A
<i>dez</i>	<i>ODP jan</i>	<b>-0,00579</b>	A
<i>jan</i>	<i>IME setout</i>	<b>-0,22139</b>	A
<i>jan</i>	<i>ODP nov</i>	<b>-0,20079</b>	A
<i>jan</i>	<i>ODP dez</i>	<b>-0,24563</b>	A

\*E = erro e A = acerto



Tabela 4.32: Previsão de anomalia de precipitação (mm) feita através de equações quadrática e cúbica para a quadra seca do BM em 1977-conforme IAC (ano úmido).

Mês previsto	Índice usado	Diferença entre anomalia		Mês previsto	Índice usado	Diferença entre anomalia	
		prevista e real (mm)	Sinal da anomalia*			prevista e real (mm)	Sinal da anomalia*
Out	tsm nov	-1,38375	A	out	tsm nov	-1,39669	E
Out	odp dez	-1,48975	E	out	odp dez	-1,55594	E
Out	tsm jan	-1,36252	E	out	tsm jan	-1,24205	A
Nov	tsm out	0,946139	E	nov	tsm out	0,92516	E
Nov	odp dez	0,564377	A	nov	odp dez	0,602737	A
Nov	ios jan	-0,10225	A	nov	ios jan	-0,10219	A
dez	ime setout	-0,00243	A	dez	imesetout	-0,00213	A
dez	imeoutnov	-0,00263	A	dez	imeoutnov	-0,00204	A
dez	odp jan	-0,00298	A	dez	odp jan	-0,00041	A
jan	ime setout	-0,33574	E	jan	ime setout	-0,14788	A
jan	odp nov	-0,30509	E	jan	odp nov	-0,36608	E
jan	odp dez	-0,31604	E	jan	odp dez	-0,46285	E

\*E = erro e A = acerto

Os resultados de previsões de anomalias de precipitação para quadra seca no BM (Tabela 4.32) foram excelentes, pois as diferenças aproximaram-se de uma unidade e os acertos do sinal da anomalia aproximaram-se de 84%. As funções quadrática e cúbica, também obtiveram bons resultados para o ano úmido, no entanto, ocorreram erros de sinal da anomalia. A percentagem de acertos desse modelo foi de 83%, considerado bom.

#### 4.2.6.2 Médio Mundaú

Como ocorrido também para a quadra chuvosa no MM, não obteve-se um modelo confiável para previsões de anomalias de precipitação a partir de funções não-lineares. O coeficiente de correlação da função cúbica para o ano seco de 1957,  $R = 0,478$ , apresentou valor próximo ao ideal sugerido pelo teste t-Student (0,49). A função cúbica do ano seco (Tabela 4.33) explicou 22,9% das chuvas da quadra seca (valor baixo).

Tabela 4.33: Valores de percentagem do coeficiente de determinação ( $r^2$ ) e do coeficiente de correlação (R) entre anomalia de precipitação (mm) no MM durante a quadra seca em 1957 (ano seco) e 1978 (ano úmido)-conforme IAC, respectivamente.

<b>Função</b>	<b>R</b>	<b><math>r^2</math> (%)</b>	<b>Função</b>	<b>R</b>	<b><math>r^2</math> (%)</b>
Inversa	0,189	3,6	Inversa	0,34	11,6
Quadrática	0,192	3,7	Quadrática	0,161	2,6
<b>Cúbica</b>	<b>0,478</b>	<b>22,9</b>	Cúbica	0,173	3,0

\* Melhor valor significativo de acordo com o teste de t-Student.

Na previsão apresentada na Tabela 4.34, o modelo não gerou bons resultados, distantes dos valores reais, explicado até mesmo pelo fato da correlação não ser a mínima significativa; contudo, obteve 66,67% de acerto do sinal da anomalia de chuva para quadra seca do ano seco.

Tabela 4.34: Previsão de anomalia de precipitação do MM feita através de equações não-linear (cúbica) para a quadra seca em 1957 (ano seco)-conforme IAC.

<b>Mês previsto</b>	<b>Índice usado</b>	<b>Diferença entre anomalia prevista e real (mm)</b>	<b>Sinal da anomalia*</b>
<i>out</i>	<i>ODP nov</i>	<i>41,30123</i>	A
<i>out</i>	<i>ODP dez</i>	<i>41,3816</i>	A
Out	ODP jan	41,54301	E
nov	ODP out	24,14527	E
<i>nov</i>	<i>ODP dez</i>	<i>23,90741</i>	A
nov	IOS jan	24,11373	E
<i>dez</i>	<i>TSM out</i>	<i>37,87732</i>	A
<i>dez</i>	<i>TSM nov</i>	<i>38,40657</i>	A
<i>dez</i>	<i>ODP jan</i>	<i>38,01616</i>	A
Jan	TSM out	-23,6812	E
<i>jan</i>	<i>ODP nov</i>	<i>-23,3116</i>	A
<i>jan</i>	<i>ODP dez</i>	<i>-22,6451</i>	A

\*E = erro e A = acerto

#### 4.2.6.3 Alto Mundaú

Para o AM, na quadra seca, não foi observada nenhuma função não-linear que pudesse servir seguramente como modelo predictor de anomalia de precipitação, pois o teste t-Student sugere o valor mínimo de  $r = 0,49$  (Tabela 4.35).

Tabela 4.35: Valores de percentagem do coeficiente de determinação ( $r^2$ ) e do coeficiente de correlação (R) entre anomalia de precipitação (mm) no AM durante a quadra seca em 1985 (ano úmido) e 1990 (ano seco)-conforme IAC, respectivamente.

<b>Função</b>	<b>R</b>	<b><math>r^2</math> (%)</b>	<b>Função</b>	<b>R</b>	<b><math>r^2</math> (%)</b>
Inversa	0,03	0,1	Inversa	0,206	20,6
Quadrática	0,23	5,3	Quadrática	0,286	8,2
Cúbica	0,158	2,5	Cúbica	0,173	3,0

### 4.3 ANÁLISE AGROECONÔMICA DE DADOS DA PRODUÇÃO AGRÍCOLA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MUNDAÚ

Os maiores valores de área média plantada de cana-de-açúcar em hectares (Figura 4.24) estão presentes no Baixo Mundaú, principalmente nos municípios de Rio Largo, Atalaia, Capela e região metropolitana de Maceió. Já em Santa Luzia do Norte, Satuba e Coqueiro Seco, a área média plantada foi inferior a 25 mil hectares (lê-se daqui para frente mil ha). O valor máximo para essa sub-região foi cerca de 23 mil ha em Rio Largo.

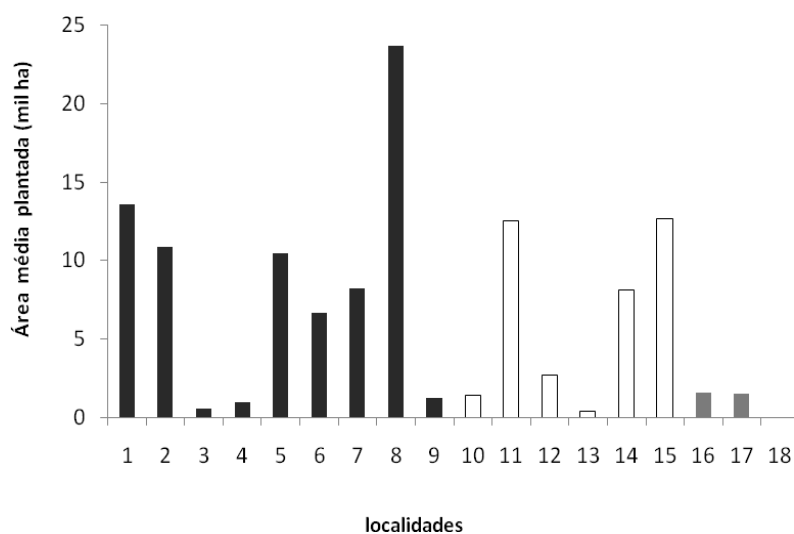


Figura 4.24: Área média plantada de cana-de-açúcar (mil ha) por municípios da bacia hidrográfica do rio Mundaú no período de 1990-2005 (Fonte de dados: site do IBGE).

Legenda:

Localidades do BM ■: 1-Atalaia; 2- Capela; 3- Coqueiro Seco; 4- Satuba ; 5- Maceió; 6- Messias; 7- Pilar; 8- Rio Largo. Localidades do MM □ : 9- Santa Luzia do Norte; 10- Santana do Mundaú; 11- São José da Laje; 12- Ibateguara; 13- Chã Preta; 14- Branquinha; 15- União dos Palmares. Localidades do AM ■: 16- Garanhuns; 17- Canhotinho; 18- Palmeirina.

Os máximos valores de área média plantada de cana-de-açúcar para o Médio Mundaú, atingiram a quantidade próxima de 13 mil ha, e a área de cana-de-açúcar colhida no AM foi a menor observada em toda a bacia, com média menor que 3 mil ha de área plantada.

Esse fato se explica por Alagoas ser umas das regiões de maior produção de cana-de-açúcar do país, onde tal atividade é mais intensa na mata alagoana, abrangendo a parte baixa da bacia, e se estende até a parte média da bacia, onde a produção diminuiu.

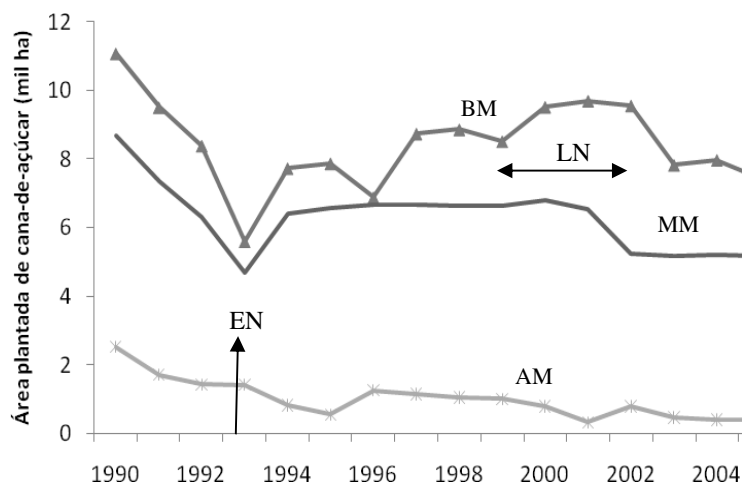


Figura 4.25: Área média plantada de cana-de-açúcar (mil ha) na bacia hidrográfica do rio Mundaú no período de 1990-2005 (Fonte de dados: site do IBGE).

As áreas médias plantadas de cana-de-açúcar para cada sub-região da bacia hidrográfica do rio Mundaú são mostradas na Figura 4.25. O BM apresentou os maiores valores de área média plantada de cana-de-açúcar seguido pelo MM. Já no AM, a cultura não é a principal da sub-região, apresentando portanto, menores valores.

Os valores para o BM oscilaram entre o mínimo de 5 mil e máximo de 11 mil ha de área plantada. No MM, entre 4700 e 8800 ha, e no AM entre 800 e 2500 ha. Observou-se, nas duas primeiras sub-regiões, que houve uma queda na área média plantada de cana-de-açúcar entre 1992/93, sendo um dos possíveis fatores, um evento de EN, o qual tornou-se forte neste período. Outros picos de mínimos valores ocorreram no BM em 1996 e 2003 (anos normais), e no MM em 2002 (EN).

Os máximos valores observados no BM, entre 1999 e 2002, se explica pela atuação de um evento de La Niña/ano normal somado a um melhor desempenho do setor no período. Já no AM, os valores permaneceram praticamente os mesmos ao longo da série, exceto em 1995, que foi um ano de transição de El Niño para La Niña, e 2001, ano normal antecedido por LN e seguido por EN. Nestes anos, houve um pequeno incremento nos

valores de área média plantada de cana-de-açúcar devido à variabilidade climática, interferindo na produção agrícola.

Tabela 4.36: Valor médio, desvio-padrão e correlação da área média plantada de cana-de-açúcar em cada sub-região da bacia hidrográfica do rio Mundaú. (Fonte de dados: site do IBGE).

Sub-região	Média (ha)	Desvio-padrão	Correlação entre sub-regiões			
			BM	MM	AM	
<b>BM</b>	<b>8453,28</b>	1296,131	<b>BM</b>	1	0,688	0,309
<b>MM</b>	6298,96	1004,677	<b>MM</b>	<b>0,688</b>	1	0,645
<b>AM</b>	1017,04	579,6529	<b>AM</b>	0,309	0,645	1

A área média plantada de cana-de-açúcar foi maior na sub-região do Baixo Mundaú, pelo fato da Zona da Mata alagoana ser uma das principais áreas produtoras dessa cultura no país. O valor médio da variável em análise foi de aproximadamente 8453 hectares no BM, seguido pelo MM com 6298 hectares e por fim, o AM apresentou o valor médio de 1017 hectares de área média de cana-de-açúcar plantada. Os valores das sub-regiões do BM e MM correlacionaram-se em 68,8% (Tabela 4.36), mostrando configurações semelhantes no comportamento temporal dos dados.

Os valores de área média colhida de cana-de-açúcar (Figura 4.26) são coerentes com a configuração observada no comportamento de área média plantada (Figura 4.24). No entanto, as perdas de produção existiram, ainda que mínimas, tendo como exemplo o município de Rio Largo, onde a área média plantada foi de aproximadamente 24 mil ha e a área média colhida de 23 mil ha.

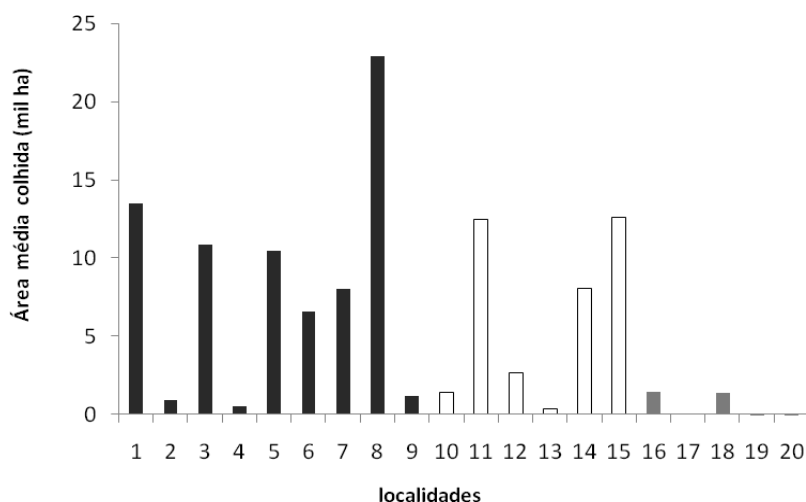


Figura 4.26: Área média colhida de cana-de-açúcar (mil ha) na bacia hidrográfica do rio Mundaú no período de 1990-2005. (Fonte de dados: site do IBGE).

Legenda:

Localidades do BM ■: 1- Atalaia; 2- Satuba; 3- Capela; 4- Coqueiro Seco; 5- Maceió; 6- Messias; 7- Pilar; 8- Rio Largo; 9- Santa Luzia do Norte. Localidades do MM □ : 10- Santana do Mundaú; 11- São José da Laje; 12- Iateguara; 13- Chã Preta; 14- Branquinha; 15- União dos Palmares. Localidades do AM ■: 16- Garanhuns; 17- Correntes; 18- Canhotinho; 19- São João; 20- Palmerina.

A área média colhida de cana-de-açúcar em cada sub-região é mostrada na Figura 4.27 Os valores para o BM foram próximos do observado para a área plantada (Figura 4.25) considerando assim, que as perdas na sub-região foram pequenas.

Já as perdas para as outras sub-regiões foram maiores, chegando ao máximo de 1800 ha no AM e de 2700 ha no MM, no início do período observado. O AM perdeu em média 557 mil ha de cana-de-açúcar e 409 mil ha para o MM, enquanto o BM perdeu em média 109 mil hectares.

Ao longo da série (1990-2005) houve a predominância de eventos de EN. De 1990 a 1995, observou-se que os efeitos desse fenômeno dominou o clima, mesmo variando de intensidade. O evento reapareceu em 1997 e foi substituído por um LN que propicia aumento nos valores de área média de cana-de-açúcar colhida.

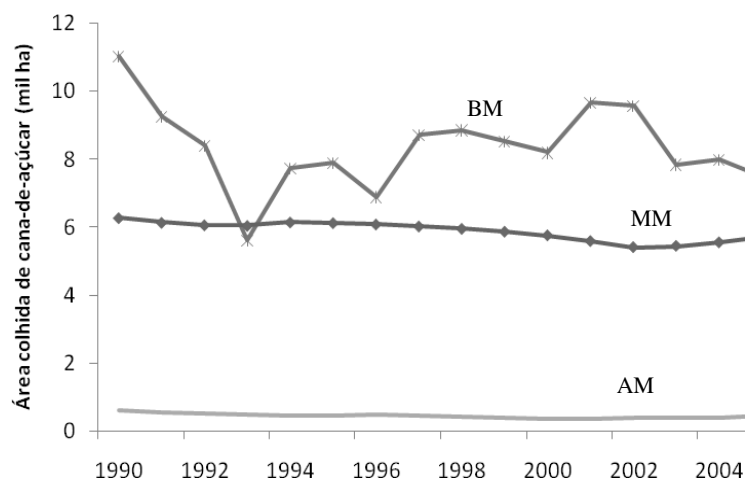


Figura 4.27: Área média colhida de cana-de-açúcar (mil ha) na bacia hidrográfica do rio Mundaú no período de 1990-2005. (Fonte de dados: site do IBGE).

Tabela 4.37: Valor médio, desvio-padrão e correlação da área média colhida de cana-de-açúcar em cada sub-região da bacia hidrográfica do rio Mundaú (Fonte de dados: site do IBGE).

Sub-região	Média (ha)	Desvio-padrão	Correlação entre sub-regiões			
			BM	MM	AM	
<b>BM</b>	<b>8344,68</b>	1238,988	<b>BM</b>	1	-0,019	0,187
<b>MM</b>	<b>5889,50</b>	274,3298	<b>MM</b>	-0,019	1	0,78
<b>AM</b>	<b>460,00</b>	66,1481	<b>AM</b>	0,187	<b>0,78</b>	1

Novamente, houve o predomínio do BM em relação ao cultivo da cana-de-açúcar. A sub-região colheu em média, para o período de 1990-2005, 8344 hectares de cana-de-açúcar. Pouco abaixo disso, o MM apresentou o valor médio de 5889 hectares. No entanto, os valores de área média colhida de cana-de-açúcar entre essas duas sub-regiões não se correlacionaram, devido às perdas ao longo do período. O comportamento do MM foi coerente com o do AM, resultando em correlação de 78% entre ambas (Tabela 4.37).

A Figura 4.28 mostra a média da produção de carvão vegetal em toneladas (tn) na bacia hidrográfica do rio Mundaú. A produção de carvão vegetal no BM não atingiu o valor de 50 toneladas em nenhum município. Este valor aumentou em algumas localidades do MM e atingiu o valor máximo de 340 tn no AM, no município de Garanhuns, nas cabeceiras do rio Mundaú.



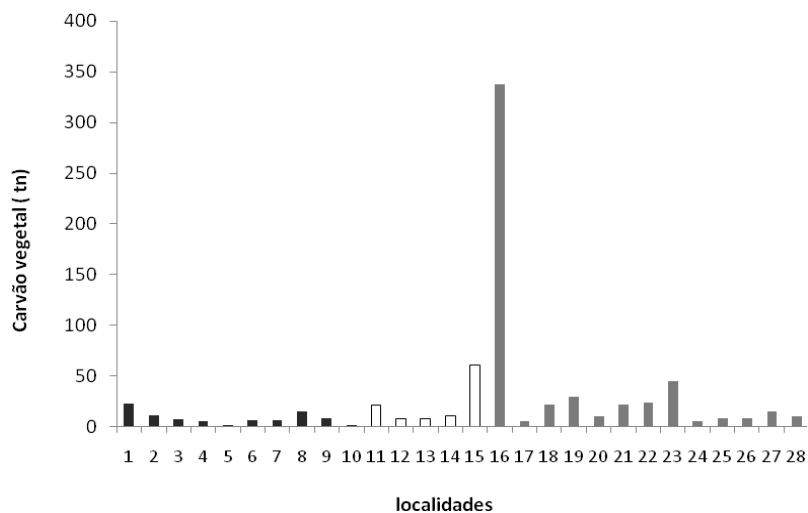


Figura 4.28: Quantidade média de carvão vegetal (tn) produzido na bacia hidrográfica do rio Mundaú por localidade no período de 1990-2002 (Fonte de dados: site do IBGE).

Legenda:

Localidades do BM ■: 1- Atalaia; 2- Capela; 3- Chã Preta; 4- Coqueiro Seco; 5- Satuba; 6- Maceió; 7- Messias; 8- Pilar; 9- Rio Largo; 10- Santa Luzia do Norte. Localidades do MM □: 11- Santana do Mundaú; 12- São José da Laje; 13- Iateguara; 14- Branquinha; 15- União dos Palmares. Localidades do AM ■: 16- Garanhuns; 17- Angelim; 18- Brejão; 19- Caetés; 20- Calçado; 21- Canhotinho; 22- Capoeiras; 23- Correntes; 24- Jucati; 25- Jupi; 26- Lagoa do Ouro; 27- Palmeirina; 28- São João.

Os resultados mostrados na Figura 4.28 foram ressaltados na Figura 4.29, onde ainda observou-se que a produção de carvão diminuiu ao longo da série. Entre 1990-1993 ocorreram valores, de aproximadamente 45 a 90 tn de carvão no AM (período de EN). A diminuição também ocorreu nas outras duas sub-regiões, e após 1993, continuou a reduzir a quantidade do derivado.

Como o fato foi observado em toda a bacia, acredita-se não haver a influência direta do clima, e sim, uma opção dos agricultores devido a fatores como mudança das práticas agroeconômicas, encarecimento dos procedimentos, diminuição dos rendimentos etc.

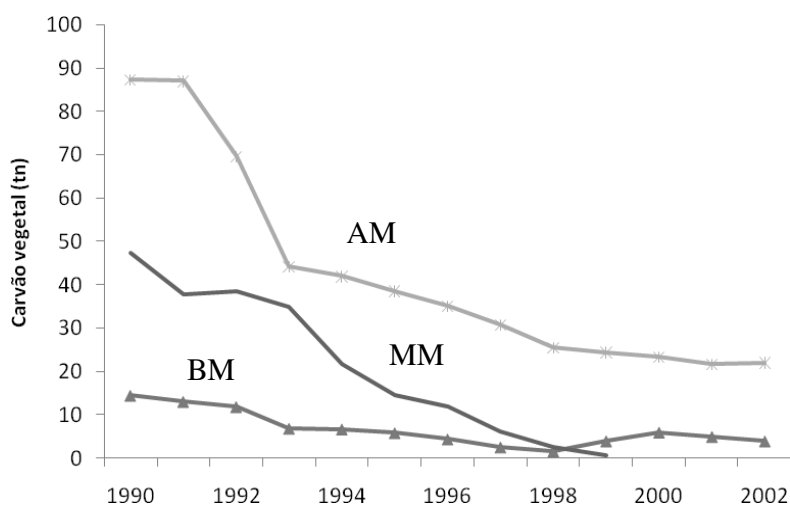


Figura 4.29: Quantidade média de carvão vegetal (tn) produzido na bacia hidrográfica do rio Mundaú no período de 1990-2002 (Fonte de dados: site do IBGE).

De acordo com a Tabela 4.38, o AM produziu em média, 48,47 toneladas de carvão vegetal, o MM, 21,58 toneladas e o BM pouco mais de 7 toneladas.

Tabela 4.38: Valor médio, desvio-padrão e correlação da quantidade de carvão vegetal produzido em cada sub-região da bacia hidrográfica do rio Mundaú (Fonte de dados: site do IBGE).

Sub-região	Média (tn)	Desvio-padrão	Correlação entre sub-regiões		
			BM	MM	AM
BM	7,1692	4,4993	1	0,934	<b>0,977</b>
MM	21,58	16,8943	0,934	1	0,914
AM	<b>48,47</b>	24,0136	0,977	0,914	1

A produção de laranja na bacia do rio Mundaú se concentrou praticamente no MM (Figuras 4.30 e 4.31). Nas outras sub-regiões os valores de produção de laranja são muito pequenos, não ultrapassando 1 mil tn no BM e 3 mil tn no AM. Já no MM, por exemplo, variou de 2 mil tn em Ibateguara e São José da Laje a 33 mil tn em Santana do Mundaú (Figura 4.30).

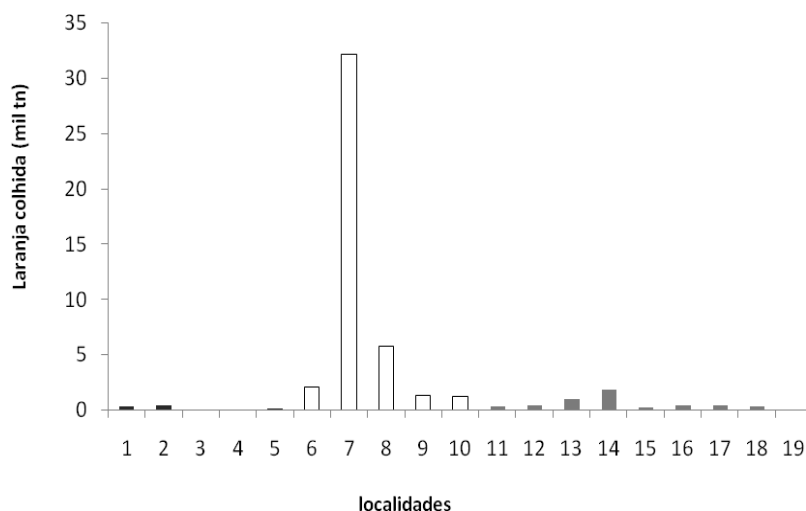


Figura 4.30: Produção média de laranja colhida (mil tn) na bacia hidrográfica do rio Mundaú por localidade no período de 1990-2005 (Fonte de dados: site do IBGE).

Legenda:

Localidades do BM ■: 1- Atalaia; 2- Capela; 3- Maceió; 4- Pilar; 5- Rio Largo. Localidades do MM □: 6- Chã Preta; 7- Santana do Mundaú; 8- União dos Palmares; 9- Ibateguara; 10- São José da Laje. Localidades do AM ■: 11- Brejão; 12- Calçado; 13- Garanhuns; 14- Correntes; 15- Jupi; 16- Lagoa do Ouro; 17- Palmeirina; 18- São João; 19- Terezinha.

Analisando a variabilidade temporal da produção de laranja (Figura 4.31), notou-se que, no AM, de 1997 a 2001 os valores apresentaram um incremento significativo, sendo o mesmo período o fim de um evento de EN, ocorrência de LN e posteriormente, um ano normal, o que pode influenciar a produção agrícola positivamente.

Como afirmado anteriormente, a produção de laranja na bacia hidrográfica em estudo se concentrou praticamente no MM, dados que atestaram a tradição local. Os menores valores foram encontrados no BM, seguido pelo AM, onde a produção média não ultrapassou três mil toneladas. Essas outras sub-regiões têm tradição no cultivo de cana-de-açúcar e carvão vegetal, respectivamente.

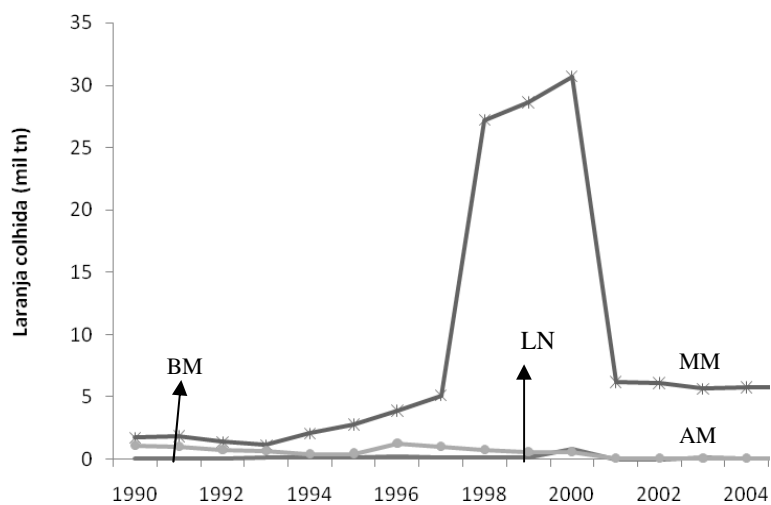


Figura 4.31: Quantidade média de laranja colhida (mil tn) na bacia do rio Mundaú no período de 1990-2005 (Fonte de dados: site do IBGE).

De acordo com a Tabela 4.39, a quantidade média de laranja colhida na sub-região do MM (8534,66 tn) foi maior que nas outras regiões, chegando a ser 14 vezes maior que do AM e 45 vezes maior que a produção de laranja do BM. Tal produção do MM não apresentou correlação significativa com as outras sub-regiões, pois como observou-se os comportamentos nas sub-regiões são diferentes.

Tabela 4.39: Valor médio, desvio-padrão e correlação da quantidade de laranja colhida em cada sub-região da bacia hidrográfica do rio Mundaú (Fonte de dados: site do IBGE).

Sub-região	Média (tn)	Desvio-Padrão	Correlação entre sub-regiões			
			BM	MM	AM	
<b>BM</b>	190,11	178,8084	<b>BM</b>	1	0,55	0,223
<b>MM</b>	<b>8534,66</b>	10256,09	<b>MM</b>	0,55	1	-0,037
<b>AM</b>	584,89	410,7124	<b>AM</b>	0,223	-0,037	1

Os litros de leite produzidos em Alagoas e Pernambuco apresentaram semelhanças na maior parte da série (Figura 4.32). Observou-se uma tendência de aumento nessa produção, em ambos os Estados. Em algumas ocasiões, como de 1998 a 2000 (final de EN com predominância de LN), e de 2003 a 2004, a produção de leite

em Alagoas foi um pouco maior que no outro Estado. Já entre 2002/2003 e em meados de 2005 a produção de leite foi maior em Pernambuco.

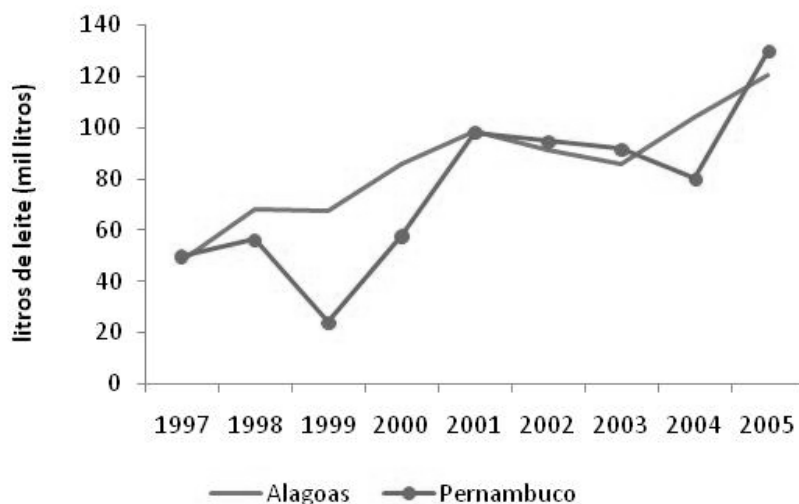


Figura 4.32: Litros de leite (mil litros) produzidos em Alagoas e Pernambuco no período de 1997-2006 (Fonte de dados: site do IBGE).

A quantidade média de leite produzido em Alagoas foi maior que a de Pernambuco, tendo uma diferença no valor médio de 9906 mil litros de leite. A correlação entre a produção dos dois Estados foi de 82,9% (Tabela 4.40).

Tabela 4.40: Valor médio, desvio-padrão e correlação da quantidade de litros de leite produzidos nos Estados que compõem a bacia hidrográfica do rio Mundaú (Fonte de dados: site do IBGE).

Estados	Média (litros)	Desvio-padrão	Correlação entre estados	AL	PE
				AL	85581
PE	75675	2582,589	PE	0,829	1

As Figuras 4.33 e 4.34 mostram as médias da quantidade de mel produzido na bacia hidrográfica do rio Mundaú. No BM, a maior produção foi observada em Maceió, com aproximadamente 7 mil kg de mel. Nos outros municípios, a produção apresentou-se menor. No MM, a produção variou entre 1 mil e 3 mil kg de mel, um pouco mais que no AM, onde o município de Palmeirina atingiu o máximo de aproximadamente 3 mil tn, valor também observado no MM (Figura 4.33).

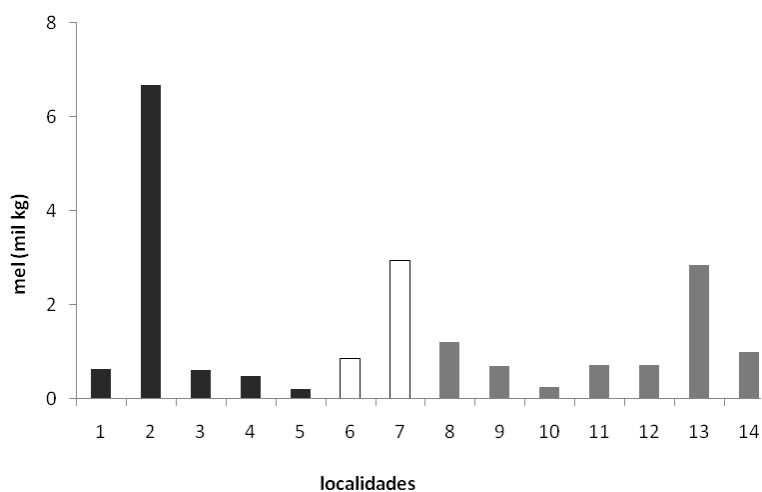


Figura 4.33: Quantidade de mel (mil kg) produzida na bacia hidrográfica do rio Mundaú por localidade no período de 1990 a 2004 (Fonte de dados: site do IBGE).

Legenda:

Localidades do BM ■ 1- Coqueiro Seco; 2- Maceió; 3- Pilar; 4- Branquinha; 5- Satuba;  
 Localidades do MM □ 6- Chã Preta; 7- União dos Palmares; Localidades do AM ■ :  
 8- Garanhuns; 9- Angelim; 10- Canhotinho; 11- Capoeiras; 12-Garanhuns; 13-  
 Palmeirina; 14- São João.

Quanto à produção de mel em cada sub-região (Figuras 4.34), foi evidente que a sub-região do BM apresentou maior produção de mel de abelha, com uma média de 2 mil Kg para o período de 1990 a 2004. O MM e AM mostraram valores próximos, com uma pequena diferença de 300 Kg a mais para a primeira sub-região supracitada, podendo verificar isto também na Tabela 4.41.

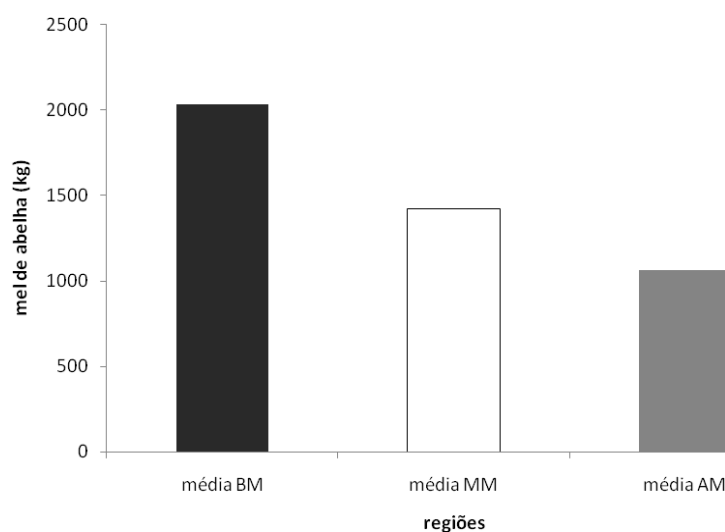


Figura 4.34: Média da quantidade de mel (Kg) produzida na bacia hidrográfica do rio Mundaú no período de 1990 a 2004 (Fonte de dados: site do IBGE).

Tabela 4.41: Valor médio, desvio-padrão e correlação da média da quantidade de mel (kg) produzidos em cada sub-região da bacia hidrográfica do rio Mundaú (Fonte de dados: site do IBGE).

Sub-região	Média (kg)	Desvio-padrão	Correlação entre sub-regiões			
			BM	MM	AM	
<b>BM</b>	<b>2287,333</b>	74,4819	<b>BM</b>	1	1	-1
<b>MM</b>	<b>1811,667</b>	202,2325	<b>MM</b>	1	1	-1
<b>AM</b>	<b>394</b>	5,6569	<b>AM</b>	-1	-1	1

A Figura 4.35 expõe a produção potencial e realizada de arroz nos Estados de Alagoas e Pernambuco de 1996 a 2002. Para Alagoas, a produção potencial e realizada de arroz foram maiores que as observadas no Estado de Pernambuco. A produção poderia ser máxima (potencial) de 55 mil toneladas no ano de 2000, e entre 1999 e 2001, ter um aumento muito significativo; no entanto; esse fato não ocorreu de tal maneira. A produção nesses três anos citados variou de 33 mil a 41 mil toneladas de arroz, apresentando uma perda potencial de até 14000 toneladas, apesar do aumento. Esse incremento na produção pode ser explicado pelo fato de o período foi submetido a um LN, o qual produziu chuvas nesta parte da bacia hidrográfica.

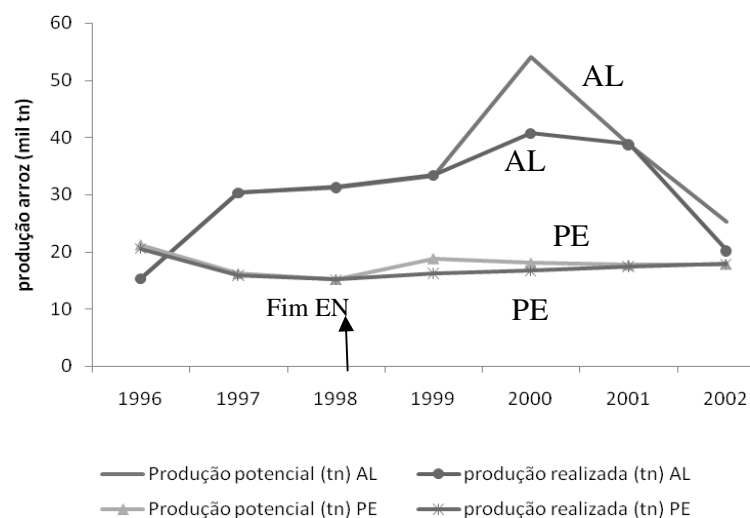


Figura 4.35: Produção potencial e realizada de arroz (mil tn) em Alagoas e Pernambuco no período de 1996 a 2002. (Fonte de dados: site do IBGE).

Em Pernambuco, observou-se maiores valores de produção realizada em 1996 (transição de La Niña para ano normal), e produção potencial máxima em 1999, ainda assim, a produção realizada para esse ano não apresentou-se como esperada, tendo somente um leve aumento nos seus valores. A produção realizada em Alagoas oscilou entre 15 mil e 35 mil toneladas de arroz e em Pernambuco entre 17 mil e 21 mil toneladas (Figura 4.35).

As Tabelas 4.42 e 4.43 mostram valor médio, desvio e correlação da produção potencial e realizada de arroz (tn) nos estados de Alagoas e Pernambuco, para o período de 1996 a 2002. Tanto na produção potencial quanto na produção realizada, os valores para Alagoas foram os maiores. Para o período, 2648 tn, em média, deixaram de ser produzidas. Ambas variáveis foram inversamente correlacionadas.

Tabela 4.42: Valor médio, desvio-padrão e correlação da média da produção potencial de arroz produzidos nos Estados que compõem a bacia hidrográfica do rio Mundaú (Fonte de dados: site do IBGE).

Estados	Média (tn)	Desvio-padrão	Correlação entre estados		
			AL	PE	
AL	32639,14	11982,89	AL	1	-0,339
PE	17900,43	1917,619	PE	-0,339	1



Tabela 4.43: Valor médio, desvio-padrão e correlação da produção realizada de arroz produzidos nos Estados que compõem a bacia hidrográfica do rio Mundaú (Fonte de dados: site do IBGE).

Estados	Média (tn)	Desvio-padrão	Correlação entre estados		
			AL	PE	
AL	29990,43	9262,5941	AL	1,000	-0,667
PE	17120,85	1750,2146	PE	-0,667	1,000

As perdas indicadas na Figura 4.36 são em relação à produção potencial, ou seja, existia a possibilidade de atingir tal nível de produção e o mesmo não o foi feito gerando uma “perda” até a pré-colheita.

Como induzido na Figura 4.35, as perdas de Alagoas deram-se entre os anos de 1999 e 2001 e no ano de 2002, chegando a ter 25% a menos de sua produção, e em Pernambuco, nos anos de 1996 e 1999, com 4% e 14% a menos do esperado, respectivamente (Figura 4.36).

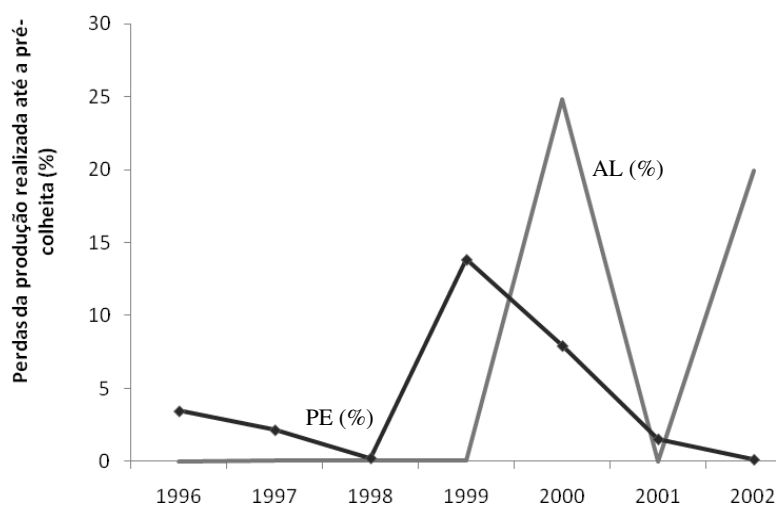


Figura 4.36: Perdas da produção até a pré-colheita de arroz (%) em Alagoas e Pernambuco no período de 1996 a 2002 (Fonte de dados: site do IBGE).

O valor médio das perdas da produção do arroz em Alagoas foi de 2648 toneladas em Alagoas e bem menor em Pernambuco, 779,57 toneladas. Isso foi resultado da maior produção no primeiro Estado (Tabela 4.44), não havendo correlação linear entre ambas.

Tabela 4.44: Valor médio, desvio-padrão e correlação das perdas da produção de arroz até a pré-colheita nos Estados que compõem a bacia hidrográfica do rio Mundaú no período de 1996 a 2002 (Fonte de dados: site do IBGE).

Estados	Média (tn)	Desvio-padrão	Correlação entre estados		
			AL	PE	
AL	2648,71	5119,2307	AL	1,000	0,172
PE	779,57	944,6816	PE	0,172	1,000

Em relação à produção da cultura de feijão (Figura 4.37), no estado de Pernambuco apresentou-se maior que em Alagoas. Em Pernambuco, o potencial de produção de feijão teve mínimo valor de 63 mil toneladas em 1998 (fim de EN para LN) e máximo de aproximadamente 18 mil toneladas em 1996 (fim de LN para ano normal). O aumento expressivo no ano de 2000 (ano de La Niña) fez o Estado voltar a gerar rendimentos no setor.

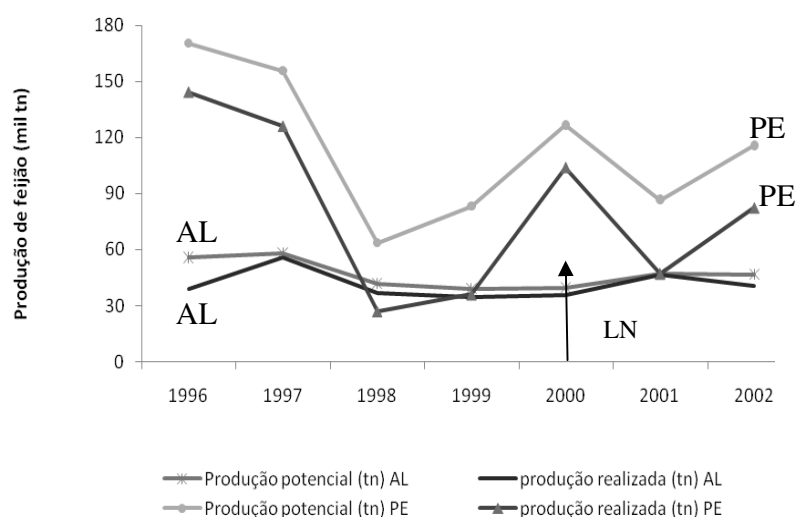


Figura 4.37: Produção potencial e realizada de feijão (mil tn) em Alagoas e Pernambuco no período de 1996 a 2002. (Fonte de dados: site do IBGE).

A produção média de feijão (predominante em Pernambuco) foi muito maior que a de arroz (predominante em Alagoas). Em Pernambuco, no período, poderia ser colhido, em média 114535 tn de feijão, ao passo que em Alagoas a média foi de 46893 tn. No entanto, foi produzido em Alagoas, em média, 5627 tn a menos do possível, em Pernambuco, 33688 tn (Tabelas 4.45 e 4.46).

Tabela 4.45: Valor médio, desvio-padrão e correlação da produção potencial de feijão nos Estados que compõem a bacia hidrográfica do rio Mundaú no período de 1996 a 2002 (Fonte de dados: site do IBGE).

Estados	Média (tn)	Desvio-padrão	Correlação entre estados	AL	PE
				AL	46893,57
PE	<b>114535,00</b>	39384,49	PE	0,765	1

Tabela 4.46: Valor médio, desvio-padrão e correlação da produção realizada de feijão nos Estados que compõem a bacia hidrográfica do rio Mundaú no período de 1996 a 2002 (Fonte de dados: site do IBGE).

Estados	Média (tn)	Desvio-padrão	Correlação entre estados	AL	PE
				AL	41266,28
PE	<b>80846,57</b>	45867,3001	PE	0,360	1,000

Em Alagoas, a produção potencial e realizada de feijão foram muito próximas, com exceção no ano de 1996, quando as perdas potenciais chegaram a 30% até a pré-colheita (Figura 4.38). No período de 1998 a 2000 (período com ocorrência de La Niña), Pernambuco poderia ter produzido 60% a mais, e em 2001, 50%.

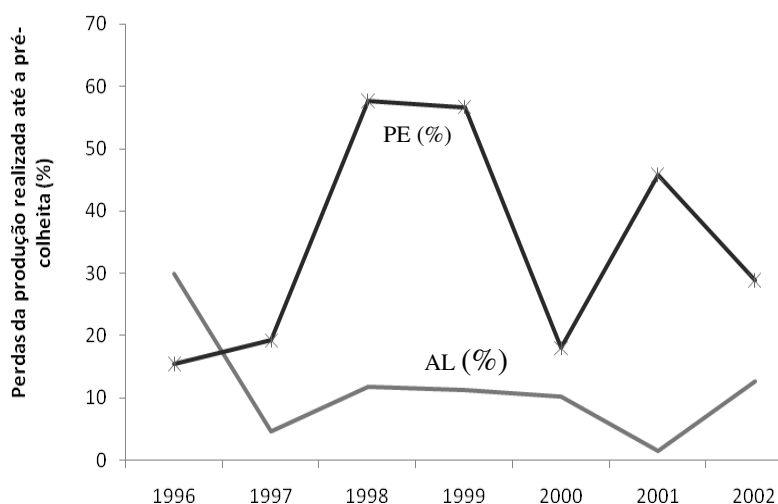


Figura 4.38: Perdas da produção até a pré-colheita de feijão (%) em Alagoas e Pernambuco no período de 1996 a 2002 (Fonte de dados: site do IBGE).

Percebeu-se que as perdas na produção de feijão foram maiores para Pernambuco; seis vezes maior que em Alagoas. Os valores de perdas da produção não se correlacionaram linearmente (Tabela 4.47).

Tabela 4.47: Valor médio, desvio-padrão e correlação das perdas da produção de feijão até a pré-colheita nos Estados que compõem a bacia hidrográfica do rio Mundaú no período de 1996 a 2002 (Fonte de dados: site do IBGE).

Estados	Média (tn)	Desvio-padrão	Correlação entre estados	AL	PE
AL	5627,28	5156,1324	AL	1,000	-0,396
PE	<b>33688,42</b>	8324,1988	PE	-0,396	1,000

O comportamento da produção de milho foi próximo ao observado na produção de feijão, com pequenas alterações. O potencial em Pernambuco prevaleceu maior durante o período, totalizando uma média de 50 mil tn, em média, de perdas de milho (Figura 4.39). A produção potencial variou de 70 mil a 260 mil toneladas, a maior entre as culturas de arroz, feijão e milho. Os máximos ocorreram em 1996 e 2000, ao passo que acontecia um evento de LN, seguido de normalidade. Os mínimos ocorreram em 1998, 1999 e 2001.

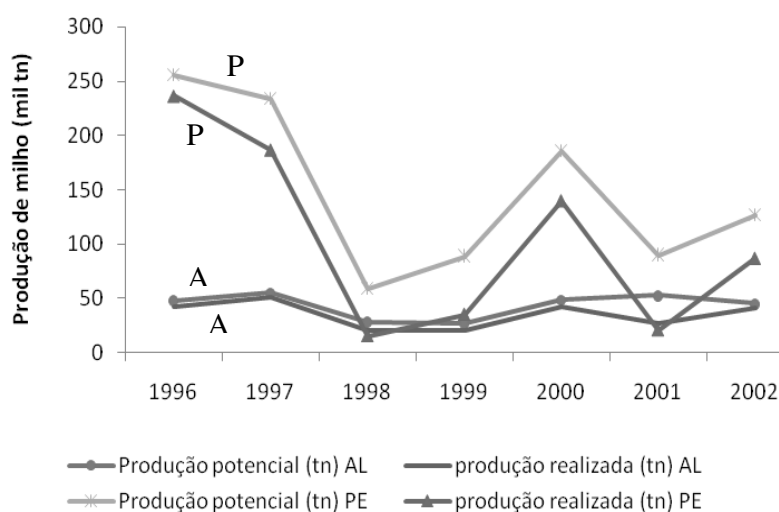


Figura 4.39: Produção potencial e realizada de milho (mil tn) em Alagoas e Pernambuco no período de 1996 a 2002. (Fonte de dados: site do IBGE).

Como ocorrido com o cultivo do feijão, a produção potencial e realizada do milho apresentou maiores valores em Pernambuco. A média do valor potencial de sua produção

atingiu 148339 toneladas, a qual se correlacionou em 65,9% com a mesma produção de Alagoas (Tabela 4.48).

Tabela 4.48: Valor médio, desvio-padrão e correlação da produção potencial de milho nos Estados que compõem a bacia hidrográfica do rio Mundaú no período de 1996 a 2002 (Fonte de dados: site do IBGE).

Estados	Média (tn)	Desvio-padrão	Correlação entre estados	AL	PE
AL	43163,57	11349,3	AL	1	0,659
PE	<b>148339,30</b>	76917,31	PE	0,659	1

Já a produção realizada de ambos Estados foi menor que os totais que cada um poderia produzir. Para Pernambuco estava “previsto” o dobro do total colhido, em valores médios, enquanto Alagoas apresentou somente 4,39% a menos que a produção potencial de milho (Tabela 4.49).

Tabela 4.49: Valor médio, desvio-padrão e correlação da produção realizada de milho nos Estados que compõem a bacia hidrográfica do rio Mundaú no período de 1996 a 2002. (Fonte de dados: site do IBGE).

Estados	Média (tn)	Desvio-padrão	Correlação entre estados	AL	PE
AL	41266,28	7442,3796	AL	1,000	0,360
PE	<b>80846,57</b>	45867,3001	PE	0,360	1,000

As perdas para a cultura do milho foram maiores em Pernambuco, chegando a quase 80% do valor potencial em 1998 (final de El Niño) e 2001 (ano normal). Em Alagoas, esses anos também foram marcantes para os rendimentos da cultura, mas em menor proporção (Figura 4.40).

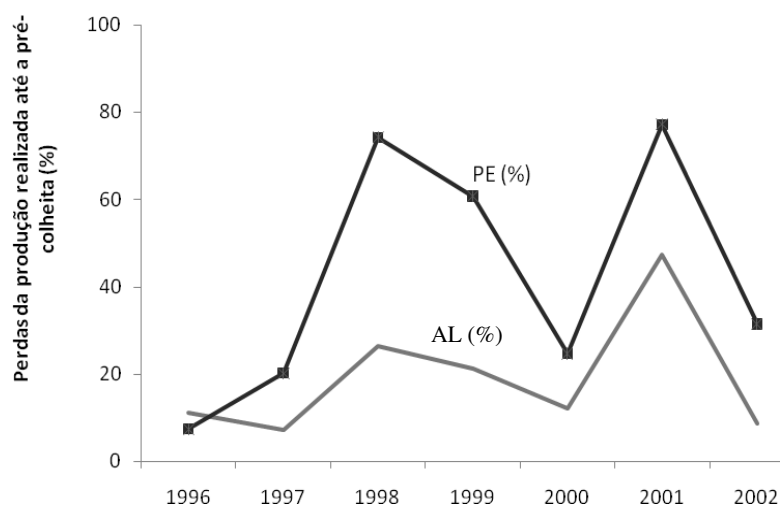


Figura 4.40: Perdas da produção até a pré-colheita de milho (%) em Alagoas e Pernambuco no período de 1996 a 2002 (Fonte de dados: site do IBGE).

Diante da diferença entre os valores de produção potencial e realizada de milho em Pernambuco, as perdas para este Estado foram maiores. Em média, perdeu-se 45479 toneladas no período de 1996 a 2002 (Tabela 4.50).

Tabela 4.50: Valor médio, desvio-padrão e correlação das perdas da produção de milho até a pré-colheita nos Estados que compõem a bacia hidrográfica do rio Mundaú no período de 1996 a 2002 (Fonte de dados: site do IBGE).

Estados	Média (tn)	Desvio-padrão	Correlação entre estados		
			AL	PE	
AL	8083,8571	7405,3105	AL	1,000	0,689
PE	<b>45479,7143</b>	15202,9438	PE	0,689	1,000

Sintetizando as análises anteriores, foi criado um mapa para visualização espacial das diversas produções que ocorreram na bacia hidrográfica (Figura 4.41).

Na parte alta da bacia hidrográfica (AM) houve notável produção de carvão vegetal, feijão e milho. Essas culturas necessitam de boa quantidade e distribuição de chuva, sendo então de extrema importância a previsão e monitoramento pluviométrico, até mesmo através de resultados sugeridos nos itens anteriores. Conhecendo-se a climatologia local, quadras chuvosas e secas, planeja-se o plantio e a colheita de formas mais adequada.

Contudo, principalmente as carvoarias agridem ecologicamente a sub-região, o que também precisa ser monitorado e gerido.

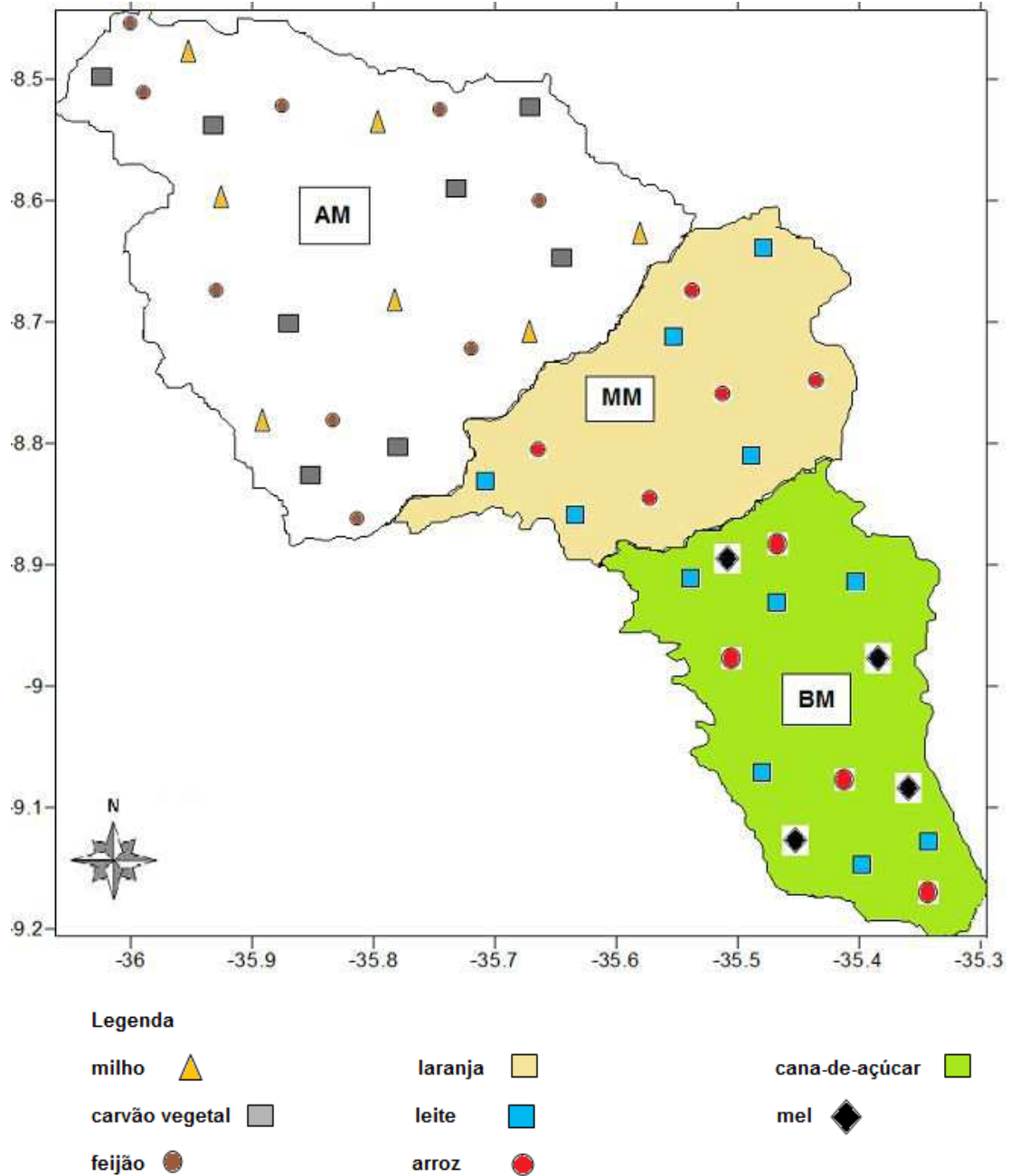


Figura 4.41: Distribuição dos cultivos analisados no âmbito da bacia hidrográfica do rio Mundaú. Lê-se AM para Alto Mundaú, MM para Médio Mundaú e BM para Baixo Mundaú (Fonte de dados: site do IBGE).

Na área central da bacia hidrográfica, destacou-se o cultivo da laranja, leite e arroz, os quais precisam constantemente de água e no Baixo Mundaú, a cana-de-açúcar, mel, leite e arroz, sugerindo que em tal sub-região sejam plantados cultivos que necessitam de maiores volumes de água, principalmente na quadra chuvosa. Nesta, além de ser necessário conhecer a climatologia local para auxílio nos períodos de plantio e colheita, essas informações são também necessárias para irrigação e economia de água (Figura 4.41).

Neste sentido, as informações meteorológicas e climatológicas apresentadas no item 4.1 mostram-se muito importantes para os setores agrícola, econômico e de irrigação.



#### 4.4 ANÁLISE AMBIENTAL

Foram mostradas imagens de satélite extraídas do modelo MDE Google Earth, no sentido de exemplificar as formas de uso e ocupação nas cinco paisagens do CELMM.

##### a) Lagoa Mundaú



Figura 4.42: Vista maior da Lagoa Mundaú. Uso e ocupação presentes na Lagoa. (Fonte: Google Earth).



Figura 4.43: Vista aproximada da Figura 4.42 com uso e ocupação presentes na Lagoa Mundaú (Fonte: Google Earth).

Nas imagens 4.42 e 4.43 pode ser visto forte poluição hídrica na Lagoa Mundaú produzida pelo município de Maceió. Ao lado de uma área de vegetação nativa, há zona residencial do município. Notou-se ainda a formação de assoreamento.

De outro ponto de vista, na saída da cidade de Maceió, podem ser vistas construções inadequadas, como o DETRAN, e nas margens da lagoa a antropização da paisagem, com suas áreas verdes reduzidas e a deposição de sedimentos (Figura 4.44). De acordo com a Lei 4.771 de 1965, a faixa marginal da Lagoa Mundaú deveria ter 30 m, fato não observado.



Figura 4.44: Uso e ocupação do solo próximo à Lagoa Mundaú/canais entre as lagoas. (Fonte: Google Earth).

#### b) Lagoa Manguaba



Figura 4.45: Uso e ocupação do solo próximo à Lagoa Manguaba (Fonte: Google Earth).

Próximo à Lagoa Manguaba avistou-se área desmatada e erodida devido ações antrópicas. O plantio e as ocupações irregulares se manifestaram em áreas de vegetação nativa (Figura 4.45).

c) Regiões de canais entre as lagoas



Figura 4.46: Uso e ocupação do solo na região dos canais que ligam as duas lagoas (Fonte: Google Earth).



Figura 4.47: Uso e ocupação do solo na região dos canais que ligam as duas lagoas (Fonte: Google Earth).

Na região dos canais que ligam as duas Lagoas (Figura 4.46), próximo a áreas de vegetação nativa foram encontrados bares, restaurantes e pontos de lazer, prejudicando o local. A área também sofreu com o avanço de empreendimentos imobiliários (contra a Lei Lei 4.771 de 1965), crescimento da população às margens do rio e assoreamento do rio no local. Todas essas ações interferem no desenvolvimento sustentável.

Ainda na região dos canais (Figura 4.47), foi verificado plantio de forma incorreta que afeta o solo. As presenças de uma indústria e de tubulação de gás natural contribuem para a poluição hídrica.



d) Região de Manguezal



Figura 4.48: Uso e ocupação do solo na região de manguezal (Fonte: Google Earth).

Na região de manguezal, na margem esquerda do rio, verificou-se forte poluição hídrica, sendo alguns dos motivos a presença da indústria química e de um emissário submarino (Figura 4.48).

e) Praia e pós-praia

Na região de praia e pós-praia, as zonas residenciais e ocupações irregulares do solo se destacaram (Figura 4.49 e 4.50), inferindo as leis de proteção às APPs.



Figura 4.49: Uso e ocupação do solo na região de praia e pós-praia. (Fonte: Google Earth).



Figura 4.50: Uso e ocupação do solo na região de praia e pós-praia (Fonte: Google Earth).

Diante do quadro mostrado, com crescimento de zona residencial e de lazer às margens das lagoas, as informações geradas nos itens anteriores e monitoramento pluviométrico e da vazão são imprescindíveis para evitar desastres e até perdas de vidas humanas.

No entanto, tal situação leva, entre outros impactos sobre o ambiente, à poluição dos recursos hídricos e diminuição da biodiversidade. Serão mostradas posteriormente as formas de uso e ocupação local e uma simples análise de parâmetros de qualidade de água, a qual indicará o resultado das ações antrópicas no local.

#### **4.4.1 Formas de uso e ocupação no CELMM**

A seguir, para fortalecer a idéia que a região necessita de uma proposta de manejo adequado, fotografaram-se cenas que comprovam várias formas de degradação ambiental no CELMM.

De acordo com a Lei nº 4771 de 1965, Art.2º do Código Florestal Brasileiro deveriam ser protegidos 30 m nas margens das lagoas. Baseado nesse argumento pode ser visto através das fotos (Figuras 4.51 a 4.57), áreas irregulares de ocupação nas quais a lei não foi cumprida.

Um dos principais conflitos gerados pela ocupação urbana das margens da Lagoa Manguaba foi a perda de beleza cênica e a conseqüente desvalorização dessas áreas para o

turismo. A ocupação irregular e a degradação dos recursos naturais das mesmas aumentaram os riscos de inundação quando da ocorrência de chuvas fortes, enchentes fluviais e marés muito altas. A esses, foram acrescidos os riscos que a degradação de mangue pode representar para a reprodução da fauna costeira e a sobrevivência das comunidades pesqueiras litorâneas.



Figuras 4.51: (a) e (b) Ocupação irregular na lagoa Manguaba no CELMM.



Figuras 4.52: (a) e (b) Ocupação irregular na lagoa Manguaba e às margens de rodovia.



Figuras 4.53: (a) e (b) Ocupação irregular na Lagoa Manguaba no CELMM.





Figuras 4.54: (a) e (b) Ocupação irregular e formação de lixão próximo à Lagoa Manguaba no CELMM.



Figuras 4.55: (a) e (b) Ocupação irregular e especulação imobiliária, próximo à Lagoa Manguaba.



Figuras 4.56: (a) e (b) Ocupação irregular e especulação imobiliária próximo à Lagoa Manguaba.



Figuras 4.57: (a) e (b) Lançamento de esgoto residencial na Lagoa Mundaú.

A ocupação irregular vem ocorrendo através da proliferação de loteamentos residenciais irregulares. A inexistência, nessas áreas, de infra-estrutura compatível com ocupação urbana, tende a transformar a urbanização das mesmas em fator de degradação do solo e dos demais recursos naturais. A degradação das praias também se revelou na perda de qualidade das águas litorâneas através das ações antrópicas e atividade de cunicultura, por exemplo.

Completando os conflitos relacionados com o uso do solo cabe mencionar o da expansão urbana desordenada com uso industrial e o de uso urbano com via expressa, de trânsito rápido com grande risco de acidentes para os que transitam nessas áreas.

#### **4.4.2 Análise de parâmetros de qualidade da água na bacia hidrográfica do rio Mundaú**

Ante as ações poluidoras locais, foram analisados aspectos de qualidade de água, os quais mostrarão os resultados do uso e manejo solo vistos anteriormente.

##### **a) Profundidade média do rio**

Na Figura 4.58, é mostrada a variação da profundidade do rio Mundaú ao longo da bacia, na média da observação de dois dias, um com chuva e o outro sem chuva. Em ambos os casos, a região do AM foi a menos profunda de toda bacia, ao contrário do BM, onde se encontram as lagoas Mundaú e Manguaba. Esse fato pode ser explicado porque no BM



ocorre a entrada e saída de água com fluxo na superfície e refluxo nas profundidades, onde esse procedimento pode aprofundar o leito do rio apesar de ações de assoreamento. Na situação de dia com chuva, observou-se que ao longo da bacia, a profundidade aumentou, no entanto a visibilidade tende à diminuir e os sedimentos do fundo do rio à misturar.

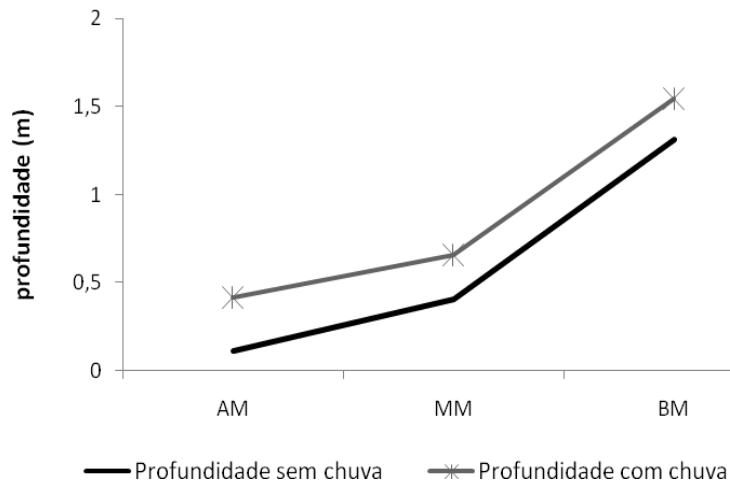


Figura 4.58: Profundidade média do rio nas três sub-regiões da bacia hidrográfica do rio Mundaú em situações com e sem chuva.

#### b) Temperatura da água

A menor temperatura da amostra no AM (Figura 4.59) pode indicar que estavam presentes no local, poluentes os quais não possibilitaram uma mistura das águas com densidades diferentes, tornando a amostra mais “fria” nessa sub-região. Já no MM, o valor diminuiu em dia sem chuva e tornou a aumentar no BM, sugerindo que as sub-regiões do AM e MM sejam as que mais se encontram poluídas. As diferenças entre as temperaturas em dia com e sem chuva foram mínimas na sub-região do MM e maiores no AM. Ao longo da bacia, a amostra aumentou seus valores à medida que se aproximou de sua foz.

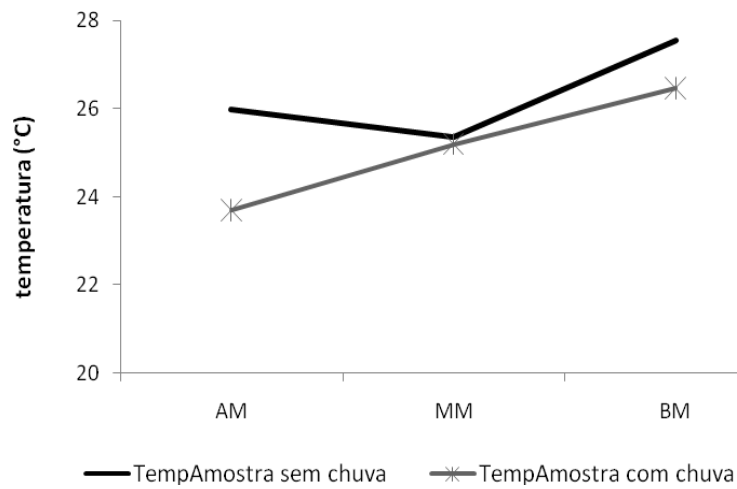


Figura 4.59: Temperatura da amostra da água do rio nas três sub-regiões da bacia hidrográfica do rio Mundaú em situações com e sem chuva.

c) pH (potencial hidrogeniônico)

A Figura 4.60 mostrou a variação do pH da água do rio Mundaú ao longo da bacia hidrográfica. Notou-se que as três sub-regiões apresentaram pH ácido em dias sem chuva, sendo o maior pH no AM. O pH muito alto pode estar associado à poluição ocasionada pela produção de carvão vegetal, mostrada no item 4.3.

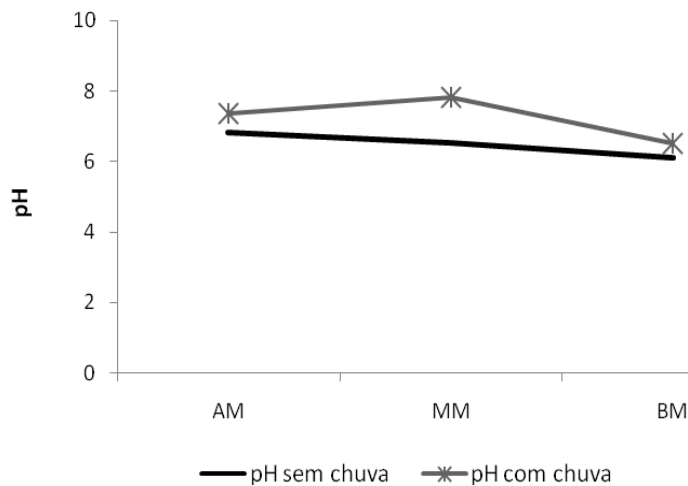


Figura 4.60 pH da água do rio nas três sub-regiões da bacia hidrográfica do rio Mundaú em situações com e sem chuva.

Já em dias com chuva, o pH aumentou em direção ao MM. Esse fato reforça a idéia de que no AM os solos são muito ácidos, possivelmente devido à poluição hídrica e atividades antrópicas (intervenção na vegetação e solo e atividades agrícolas-produção de carvão vegetal), pois depois de percorrer essa região o pH no MM teve acréscimo e posteriormente diminuiu em direção ao BM. A importância das chuvas foi visível no que se refere ao transporte de sedimentos e poluentes ao longo do rio.

#### d) Condutividade elétrica

A condutividade elétrica na região do AM (Figura 4.61) apresentou os maiores valores para a bacia. Devido seu pH alto, ocorreu também alta concentração de íons dissolvidos, possivelmente devido a lançamentos de resíduos em suas águas.

A condutividade elétrica diminuiu em direção ao MM e depois torna a aumentar na região baixa da bacia (em dias sem chuva), pois além da presença de atividades poluidoras, há no local, uma região de manguezal, rica em nutrientes e íons. Já em dias com chuva, os valores do MM e BM foram similares e um pouco menores e ainda assim, os máximos valores estiveram presentes no AM.

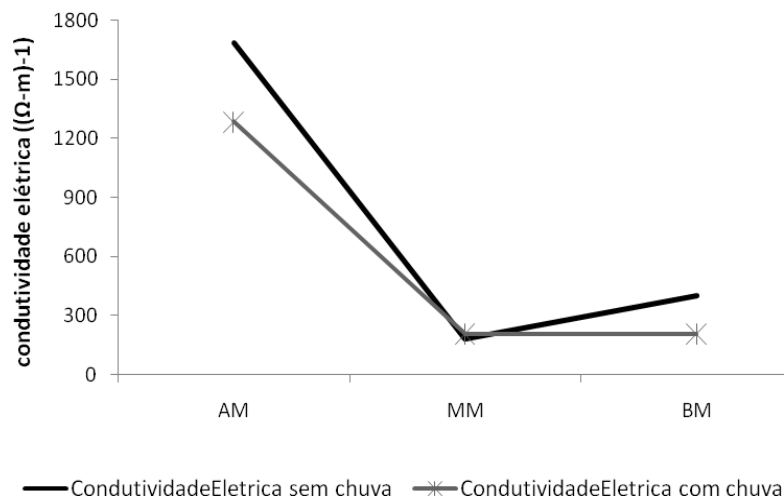


Figura 4.61: Condutividade elétrica nas três sub-regiões da bacia hidrográfica do rio Mundaú em situações com e sem chuva.

#### e) Oxigênio dissolvido (OD)

A partir da Figura 4.62, notou-se que a quantidade de OD na água aumentou à medida que se aproximou da foz do rio Mundaú, em dias sem chuva.

No AM, observou-se que a quantidade de OD na água foi menor que nas outras regiões devido ao lançamento de esgotos domésticos ou industriais locais e atividade agrícola (carvão vegetal). O OD apresentou-se maior no BM devido à maior biodiversidade, presença das lagoas Mundaú e Manguaba e fluxo de refluxo entre o mar e as lagoas.

De acordo com a legislação brasileira do CONAMA de 1986, citado em Tucci (2004), em caso de rios (água doce) onde a água é utilizada para abastecimento público, após tratamento convencional da água, recreação e irrigação de hortaliças, esse manancial deve apresentar concentração de OD > 5,0 mg/L. No entanto, em dias sem chuva, no AM, a concentração de OD foi pouco abaixo do ideal, indicando poluição hídrica.

Os valores de OD no AM podem apresentar relação com as carvoarias e com a distribuição de chuvas (menor índice pluviométrico da bacia hidrográfica). Deste modo, os impactos ambientais locais refletiram as ações naturais e antrópicas.

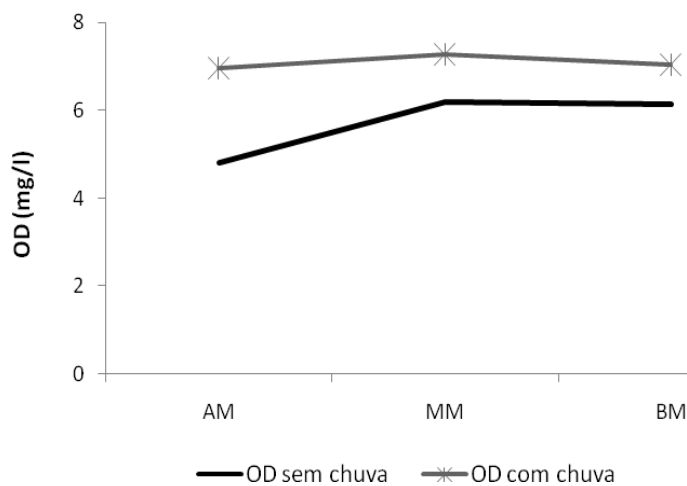


Figura 4.62: OD nas três sub-regiões da bacia hidrográfica do rio Mundaú em situações com e sem chuva.

Ao analisar todos os parâmetros da qualidade de água, considerou-se a região do AM (onde situam-se as cabeceiras do rio) como poluída, afetando diretamente o MM. O AM precisa de ações reparadoras e preventivas, pois a falta de água em períodos secos reflete na produção agrícola de culturas como milho e feijão, que por sua vez, afetam ambientalmente os solos e os recursos hídricos.

Já o BM, que é uma área ecologicamente vulnerável e que também está sofrendo com o processo de poluição hídrica, tem seus impactos amenizados pela biodiversidade local, a exemplo dos manguezais que filtram parte dos compostos presentes no rio, e pela localização estratégica próximo ao mar, onde o rio deságua e promove trocas com o CELMM. Ainda assim, ações preventivas e reparadoras também devem ser aplicadas na região, pois o cultivo da cana-de-açúcar afeta os solos e rios, e conseqüentemente, o meio aquático e a renda da população ribeirinha.

#### 4.4.3 Distribuição espaço-temporal dos Macro-crustáceos no CELMM

Como os macro-crustáceos são uma das principais fontes de renda para a população do CELMM, devido ao processo de degradação ambiental encontrado e à variabilidade do clima local, decidiu-se analisar como esses fatores podem influenciar na distribuição da espécie na região.

Na Figura 4.63 foi mostrada as espécies que dominam a região da Lagoa Manguaba no CELMM. A espécie *Palaemon Pandaliformis* (camarão de rio) abrange mais da metade dos macrocrustáceos da região (58%), seguido por outras espécies (16%), por *Macrobrachium Olfersii* (camarão branco) com 14% do total e *Callinectes Bocourti* (siri fedido) com os 12% restantes.

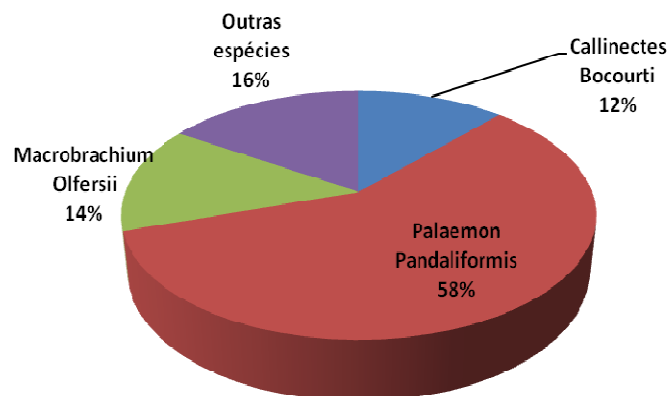


Figura 4.63: Distribuição das espécies dominantes da região da Lagoa Manguaba no CELMM na década de 90.

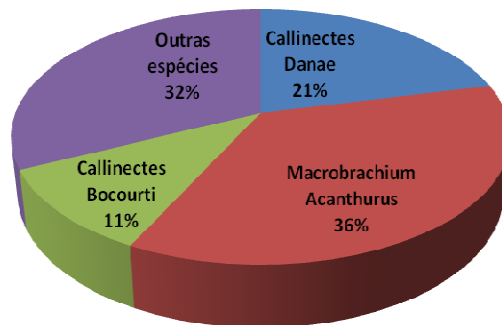


Figura 4.64: Distribuição das espécies dominantes da região da Lagoa Mundaú no CELMM na década de 90.

Na região da Lagoa Mundaú, as espécies *Macrobrachium Acanthurus* (camarão canela) e outras espécies de macrocrustáceos dominaram a região com 36% e 32%, respectivamente (Figura 4.64). As espécies *Callinectes Danae* (siri azul) e *Callinectes Bocourti* (siri fedido) também estiveram presentes na Lagoa em menor número de exemplares.

Já na região de manguezal (Figura 4.65), entre as duas lagoas e mais próximo da Lagoa Mundaú, houve o predomínio de quase 100% do total da espécie *Palaemon Pandaliformis* (camarão de rio), como ocorrido na Lagoa Manguaba. O restante (2%) das espécies foram *Callinectes Danae* (siri azul) e outras espécies que juntas formaram 5% do total.

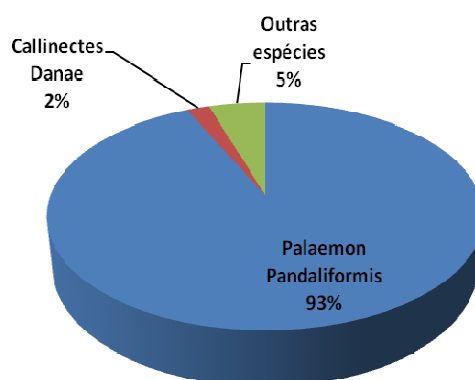


Figura 4.65: Distribuição das espécies dominantes na região de manguezal no CELMM na década de 90.

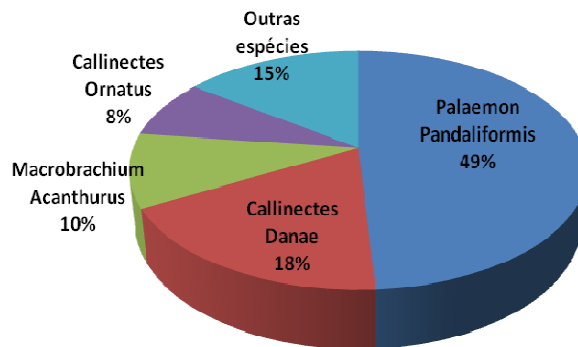


Figura 4.66: Distribuição das espécies dominantes na região dos Canais entre as Lagoas no CELMM na década de 90.

Nos canais que interligam as lagoas do CELMM, como ocorrido na região de manguezal e na Lagoa Manguaba, o maior número de macrocrustáceos pertencem à espécie *Palaemon Pandaliformis* (camarão de rio), seguida pela *Callinectes Danae* (siri azul). Nessa área (Figura 4.66) observou-se maior variabilidade de espécies. Também há a presença da espécie de siri *Callinectes Ornatus* e do camarão canela *Macrobrachium Acanthurus*.

*Macrobrachium Acanthurus* e *Palaemon Pandaliformis* são “os pescados” que mais se desenvolvem no local que também é conhecido como “Lama Grande” devido a grande quantidade de camarão.

Na Figura 4.67 foi montado um mapa de distribuição espacial das espécies dominantes no CELMM, de acordo com os resultados acima citados.

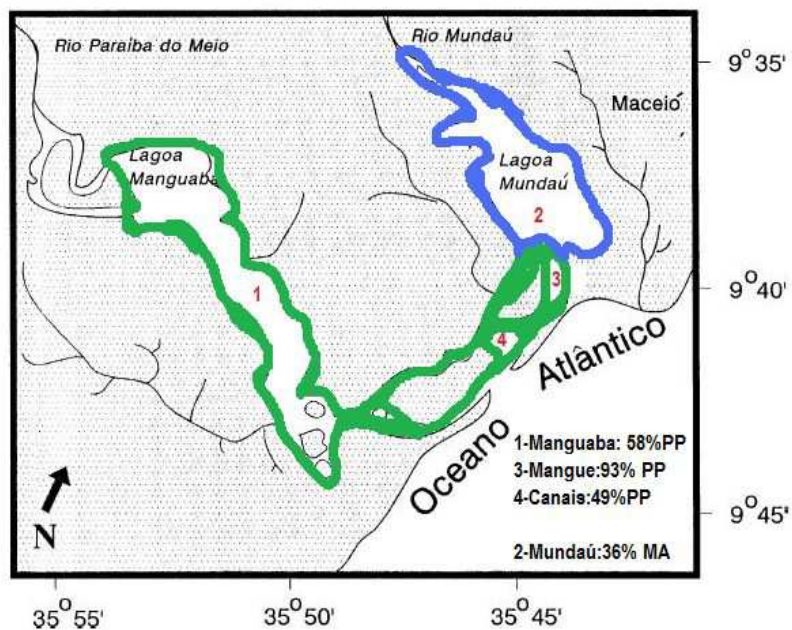


Figura 4.67: Distribuição espacial das espécies dominantes no CELMM.

Na área contornada de verde, equivalente a Lagoa Manguaba, Canais e Manguezal (regiões 1, 4 e 3, respectivamente), houve a preeminência da espécie de camarão *Palaemon Pandaliformis* (camarão de rio), e na área contornada em azul, Lagoa Mundaú (região 2), a espécie *Macrobrachium Acanthurus* (camarão canela).

Contudo, segundo Granja (1969) a espécie que predomina na área 2 é o molusco *M. falcata* (sururu), pois na região do CELMM, somente as águas da Lagoa Mundaú oferecem as condições de salinidade necessárias para o seu desenvolvimento.

Já de acordo com Teixeira e Sá (1998), esse fato se explica porque as espécies que ocupam a Lagoa Mundaú estão mais sujeitas a trocas bruscas dos fatores abióticos, especialmente no que se refere à salinidade, enquanto as espécies que ocupam a Lagoa Manguaba encontram um ambiente mais estável. Devido ao sistema de canais, a água do oceano não consegue atingir a Lagoa Manguaba em uma maior proporção, sendo a mesma menos turbulenta.

Desse modo, a Lagoa Mundaú torna-se um “microecossistema aquático” mais adequado ao *Macrobrachium Acanthurus*, enquanto as outras regiões são refúgio principalmente de *Palaemon Pandaliformis*.



A distribuição média-temporal das duas espécies que mais se destacaram em quantidade no CELMM (Figura 4.68), mostra a superioridade do número de *Palaemon Pandaliformis* (camarão de rio) na região, pois ela está presente em uma extensão maior (1, 4 e 3) que a *Macrobrachium Acanthurus* (camarão canela), como mostrado na Figura 4.67.

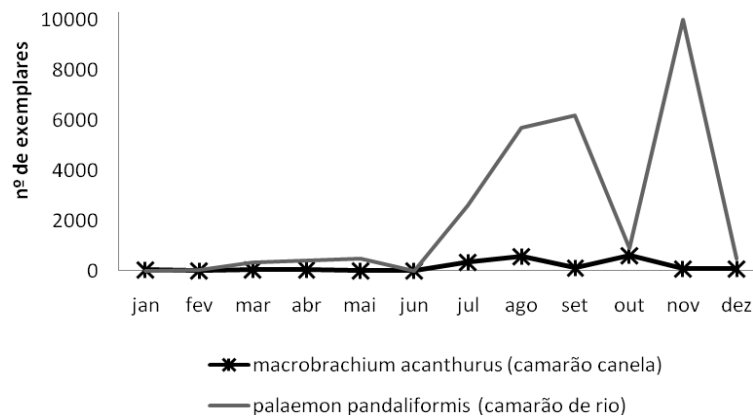


Figura 4.68: Distribuição média-temporal das espécies dominantes no CELMM.

O aumento do número dos exemplares de camarão *Palaemon Pandaliformis* ocorreu em menor proporção entre o trimestre março-maio (outono) e em maior proporção em julho, agosto, setembro e novembro (parte do inverno e primavera). Possivelmente as altas temperaturas das águas no verão afetam a sobrevivência da espécie (Figura 4.68). A disponibilidade ou escassez de água em períodos extremos coloca em risco o desenvolvimento das espécies aquáticas e lacustres, por isso é de extrema importância o monitoramento climatológico e pluviométrico local. Em tais situações, os aspectos ambientais, sociais e econômicos encontram-se interligados em um problema delicado, o qual pode gerar até migração da população ribeirinha para outras cidades.

#### 4.4.4 Proposta de manejo no CELMM

Diante dos resultados encontrados uma das principais propostas de manejo no CELMM foi a implantação de ações de educação ambiental nas escolas, nas associações de moradores e nas áreas frequentadas por turistas. Através de um programa interdisciplinar e de campanhas informativas, pode-se chegar à conscientização da população em relação à

preservação do meio ambiente, apontando os problemas existentes e discutindo soluções praticáveis.

Os projetos de educação ambiental devem atingir vários públicos, possuindo objetivos diferentes para cada um deles. Assim, através de ações conjuntas da sociedade, podem-se mobilizar os visitantes e os residentes sobre limpeza urbana, propondo-se uma coleta seletiva dos resíduos sólidos. Com a participação da comunidade podem-se construir hortas comunitárias, realizar arborização urbana, fazer um resgate da cultura local, promover cursos e oficinas ressaltando a importância da preservação e da conservação dos recursos naturais e dos ecossistemas locais.

Visando o incremento na renda da população devem ser estimuladas as pescas comercial e esportiva, de modo a não perder a sustentabilidade e que sejam ambientalmente corretas. Nestas podem utilizar-se de instrutores locais para indicar aos visitantes os melhores pontos de pesca.

A realização de oficinas com os catadores de caranguejo complementaria essas ações, ressaltando a importância de evitar a captura durante o período reprodutivo das espécies e de não capturar fêmeas.

A atividade turística planejada de forma sustentável constitui outra alternativa de renda para a população local, pois pode conciliar educação ambiental com lazer através de passeios de barco nos manguezais e caminhadas em trilhas ecológicas na praia.

Várias ações amenizadoras dos impactos ambientais foram mostradas na Tabela 4.51.

Tabela 4.51: Local, forma de uso e ocupação do solo, impactos ambientais e propostas de manejo sugeridas para o CELMM.

<b>Local ou paisagem</b>	<b>Formas de uso e ocupação do solo</b>	<b>Impactos ambientais</b>	<b>Proposta de manejo</b>
A) Lagoa Mundaú	A) Zona residencial, ocupação irregular, vegetação nativa, lazer, rodovia, grandes construções, agricultura de subsistência no entorno e pesca de subsistência.	A) Deposição de sedimentos e assoreamento, antropização da paisagem, alteração do microclima, impermeabilização do solo e poluição hídrica.	A) Macrodrenagem, monitoramento da qualidade hídrica, plantio de espécies arbóreas nativas, reintrodução de espécies nativas, planejamento urbano e turístico, controle de especulação imobiliária e projetos de educação ambiental.

---

Continuação.

B) Lagoa Manguaba	B) Ocupação irregular, zona residencial, vegetação nativa, plantio, carçinicultura, agricultura de subsistência no entorno, lazer e pesca de subsistência.	B) Poluição hídrica, desmatamento, alteração do microclima, impermeabilização do solo, erosão, assoreamento e antropização da paisagem.	B) Monitoramento da qualidade hídrica, macrodrenagem, plantio de espécies arbóreas nativas, reintrodução de espécies nativas, planejamento urbano e turístico, controle de especulação imobiliária e projetos de educação ambiental.
C) Canais entre as lagoas	C) APA, especulação imobiliária, zona residencial, ocupação irregular, vegetação nativa, lazer, rodovia, extrativismo vegetal e plantio e pesca de subsistência.	C) Poluição hídrica, formas de uso e ocupação impedem a dinâmica natural, erosão, antropização da paisagem, desmatamento, assoreamento, diminuição da biodiversidade.	C) Monitoramento da qualidade hídrica, deslocamento de indústrias, plantios e construções, plantio de espécies arbóreas nativas, reintrodução de espécies nativas, planejamento urbano e turístico, macrodrenagem, controle de especulação imobiliária e projetos de educação ambiental.
D) Manguezal	D) Indústria química, rodovia, zona residencial no entorno, vegetação nativa e plantio.	D) Poluição hídrica, assoreamento ou deposição de sedimentos, antropização da paisagem e perda da biodiversidade.	D) Deslocamento de indústrias, plantios e construções, monitoramento da qualidade hídrica, plantio de espécies arbóreas nativas, reintrodução de espécies nativas, planejamento urbano e turístico.
E) Praia / Pós-praia	E) Vegetação nativa, ocupação irregular, lazer, zona residencial.	E) Antropização da paisagem e formas de uso e ocupação impedem a dinâmica natural.	E) Deslocamento de ocupações impróprias, monitoramento da qualidade hídrica, planejamento urbano e turístico, controle de especulação imobiliária e projetos de educação ambiental.

---

Fonte: Elaboração própria

Entre outras ações propõem-se: criar praças públicas e áreas de lazer, com parques infantis e quadras poliesportivas para o uso comunitário; construir mirantes em pontos estratégicos que possibilitem apreciações paisagísticas; realizar estudos dos ecossistemas e monitorar a qualidade hídrica do estuário. É necessário instituir um projeto de reflorestamento da vegetação de mangue, buscando a recuperação do ambiente.

É imprescindível a presença da administração pública para o gerenciamento dessas questões, efetuando ações como implantação de sistemas de esgotamentos sanitários e de coleta de lixo sistemática, obras de calçamento e drenagem das ruas e execução de projeto de arborização e implantação de vegetação nas encostas do rio e lagoas.

O poder público tem um papel fundamental na ordenação da zona costeira, através do cumprimento da Legislação Ambiental vigente. É função da administração política fiscalizar as fontes poluidoras, regulamentar as extrações de argilas e areias, proibir efetivamente o desmatamento. Deve-se ainda, proclamar o princípio da acessibilidade pública ao litoral, intervindo na privatização das áreas de praia e proibindo o constante tráfego de automóveis na faixa praial e nos campos de dunas. Ressaltando se as questões fundiárias, faz-se necessário inibir a especulação imobiliária em áreas ecologicamente instáveis e reexaminar a dotação das propriedades fundiárias, intimidando a prática dos grileiros, com o intuito de promover a sua regularização.

As propostas de manejo sustentável só poderão ser efetivamente executadas a partir do envolvimento das várias instâncias sociais: das instituições acadêmicas, do poder público, das comunidades e de outras possíveis organizações civis.

## 5. CONCLUSÕES

---

Foi detectado, através do IAC anual, um “ponto de inversão” na série de precipitação. No Baixo Mundaú, o período antes de 1974 é mais úmido que o posterior a 1974. Já para o Médio e Alto Mundaú, o período depois de 1974 foi mais úmido que o anterior a esse ano, o contrário da região litorânea. Esse fato explica-se, possivelmente, pela junção de ações antrópicas e naturais. Na região litorânea do BM, o crescimento das cidades e a redução da cobertura vegetal geraram um elevação nas temperaturas locais, propiciando, ao longo do tempo, uma diminuição de chuvas. Nas demais regiões, mais distantes do litoral, o fato dos anos se tornarem mais úmidos, pode ser explicado pelo crescimento de projetos de irrigação, construção de açudes e aumento da vegetação, tornando a região mais úmida. Não pode-se esquecer do fator altitude. Em adição, a Oscilação Decadal do Pacífico, antes de 1974, apresentou-se na sua fase fria, quando ocorreram mais eventos de La Niña, o que pode ter influenciado na distribuição positivamente anômala do BM. Após 1974, o período mostrou-se influenciado pela fase quente da ODP, na qual ocorreu mais eventos de El Niño.

Analisando o IAC mensal determinou-se que a quadra chuvosa de anos secos contribuíram com 50% do total anual precipitado, em média. Nos anos úmidos a quadra chuvosa contribuiu com 75% do total anual precipitado. O IAC mensal, em anos secos, tende a ser negativo, até mesmo durante sua quadra chuvosa.

Verificou-se para a bacia hidrográfica do rio Mundaú, através da análise de ondeletas, que principalmente a variabilidade interanual ligada ao ciclo de ENOS e a variabilidade decadal influenciaram na variabilidade pluviométrica local. Esses resultados estavam de acordo com os observados por Andreoli *et al.* (2004), Markham (1974), Chu (1984) e Hastenrath e Kaczmarczyk (1981), todos para Fortaleza, também no NEB. Verificou-se também que a ODP influenciou temporalmente na distribuição de chuvas na região. No BM, através das análises de ondeletas, encontrou-se a escala temporal dominante de aproximadamente 22 anos. No MM, a escala dominante foi de 18 anos e no AM, houve o intervalo médio de 11 anos, entre cada evento de chuva extrema. Essas escalas temporais dominam sobre os mecanismos meteorológicos de escalas temporais menores.

A partir dessas informações, conhecendo-se a climatologia local, as regiões mais úmidas e as mais secas no âmbito da bacia hidrográfica, os períodos de ocorrências de quadras seca e chuvosa, os principais mecanismos meteorológicos associados às chuvas e dispondo-se de um monitoramento pluviométrico, pode-se otimizar o uso múltiplo dos recursos hídricos, seja no setor agrícola, pesqueiro, social e energético.

Bons resultados foram obtidos através de correlação com anomalias de precipitação anual, mas as previsões foram melhores através de regressão linear para previsões das anomalias de precipitação durante as quadras seca e chuvosa. Verificou-se a influência dos Oceanos Atlântico e Pacífico Sul sobre as chuvas da bacia hidrográfica. Para o Baixo Mundaú as anomalias da temperatura de superfície do mar se correlacionaram muito bem com as anomalias de precipitação da quadra chuvosa. Em anos secos, o coeficiente de correlação foi 0,65 e de 0,66 para os anos úmidos. Ressalta-se que o acerto do sinal de anomalias foi quase de 100%, um resultado extremamente essencial para modelos de previsão. Para o Médio Mundaú, o índice IME apresentou boa correlação para os anos secos e úmidos. Em ambos os casos, o modelo de previsão de anomalia obteve 75% de acerto do sinal de anomalia para todos os meses testados. No Alto Mundaú, as melhores correlações foram entre as anomalias de temperatura da superfície do mar do Atlântico e anomalias de precipitação do AM durante o ano úmido. Para o ano seco, as anomalias de precipitação se correlacionaram melhor com o índice IME, as quais geraram boas previsões. Cerca de 40% delas apresentou diferença menor que uma unidade em relação ao valor real.

Deste modo, futuras previsões de anomalias de precipitação podem utilizar equações lineares, criadas aqui, com os índices de ATSM do Atlântico para a quadra chuvosa do BM, com o IME para o MM, com ATSM do Atlântico para anos úmidos do AM e com o IME para anos secos do AM. Tais resultados podem ser usados no controle de enchentes, perdas agrícolas, pesca e turismo.

A partir da análise agroeconômica, o AM destacou-se como produtor de carvão vegetal, feijão e milho. No MM, salientou-se o cultivo da laranja, leite e arroz, e no BM, a cana-de-açúcar, mel, leite e arroz.

Enfatizou-se que é de extrema importância a previsão, monitoramento pluviométrico e estudo da climatologia local, quadras chuvosas e secas, para auxiliar o planejamento do

plântio, estocagem de chuva e a colheita de formas mais adequada. Contudo, principalmente as carvoarias no AM e o cultivo da cana-de-açúcar no BM agridem ecologicamente a região, o que também precisa ser monitorado e gerido.

Ao analisar todos os parâmetros de qualidade de água, considerou-se a região do Alto Mundaú como poluída devido ações antrópicas e produção de carvão vegetal, podendo afetar diretamente o Médio Mundaú. Já o Baixo Mundaú tem seus impactos amenizados pela presença dos mangues e pela localização estratégica próximo ao mar, onde o rio deságua e promove trocas com o CELMM.

Verificou-se que a poluição hídrica, a distribuição pluviométrica, o uso e manejo do solo, principalmente no que se refere à agricultura, interferem na distribuição dos macrocrustáceos decápodos do CELMM. Na Lagoa Manguaba, região de canais entre as lagoas e maguezais observou-se a predominância da espécie *Palaemon Pandaliformis* e na Lagoa Mundaú da *Macrobrachium Acanthurus*, distribuição esta em decorrência da Lagoa Mundaú está mais sujeitas nessa área a trocas bruscas dos fatores abióticos, especialmente no que se refere à salinidade. Além dos aspectos de qualidade da água afetarem a distribuição dessas espécies, os aspectos climatológicos como temperatura e precipitação também o fazem. Contudo, o próprio cultivo de camarões também afeta ambientalmente a região através de produtos químicos e perda da biodiversidade marinha.

No CELMM, foram identificados os impactos ambientais e para tais problemas, foram sugeridas algumas ações como macrodrenagem, monitoramento da qualidade hídrica, plantio de espécies arbóreas nativas, reintrodução de espécies nativas, planejamento urbano e turístico, controle de especulação imobiliária, deslocamento de indústrias, plantios e construções e projetos de educação ambiental.

Este trabalho mostrou que as informações climatológicas e meteorológicas geradas para a bacia hidrográfica do rio Mundaú são úteis em vários aspectos do setor agrícola, ambiental e sócio-econômico. Ao mesmo tempo, verificou-se que a variabilidade pluviométrica interfere na produção de vários cultivos e na biodiversidade local. Os aspectos ambientais também se mostraram dependentes das ações humanas como uso, ocupação do solo e agricultura, as quais comprovadamente poluem os recursos hídricos locais. Deste modo, a pesquisa julgou-se como interdisciplinar, com grande aplicabilidade e inédita para a região.

A Lei nº 9.433/97 (lei das águas) estabelece que a gestão de recursos hídricos deve associar-se a aspectos de quantidade e qualidade, ao mesmo tempo que deve integrar-se com a gestão ambiental, o que foi almejado neste trabalho; deste modo, o presente estudo trouxe informações imprescindíveis para o gerenciamento da bacia hidrográfica do rio Mundaú, de um modo geral.



## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

ABREU SÁ, L.D.; SAMBATTI, S.B.M.; GALVÃO, G.P. **Ondeleta de Morlet aplicada ao estudo da variabilidade do Nível do rio Paraguai em Ladário, MS**; Número Especial, p.1775-1785, Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, vol.33, out. 1998.

ACEITUNO, P. On the functioning of the Southern Oscillation in the South American Sector. Part 1: surface climate, **Mon. Wea. Rev.**, v.116, p.505-524, 1988.

Agência Nacional das Águas – ANA/MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Plano de Ações e Gestão Integrada do Complexo Estuarino-Lagunar Mundaú/Manguaba (CELMM)**, 2006. Disponível em: [www.ana.gov.br](http://www.ana.gov.br). Acesso em: 20 de junho de 2006.

ALLEN, M.R.; SMITH, L.A. Investigating the origins and significance of low frequency modes of climate variability. **Geophysical Research Letters**, Washington, v.21, n.10, p.883-886, 1994.

ALLEY, W.M. The Palmer Drought Severity Index: Limitations and Assumptions, **Journal of Climate and Applied Meteorology**, v. 23, 1100-1109, 1984.

ALLEY, W.M. The Palmer Drought Severity Index as a Measure of Hydrologic Drought, **Water Resources Bulletin**, 21 (1), 105-114, 1985.

ALVES, J. M. B.; SOUZA, B. E. A. **A relação entre os fenômenos El Niño e La Niña e a distribuição interanual da precipitação no Estado do Ceará**. Notas técnicas, Monitor Climático, vol.11, nº127, 1997.

ALMEIDA, M. A. P. **Indicadores de Salubridade Ambiental em Favelas Urbanizadas: O caso de favelas em áreas de proteção ambiental**. São Paulo. (CD-Rom) Tese (Doutorado em Engenharia) - Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2000.

Ambiente Brasil, 2008. Disponível em:

<http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=/agua/doce/index.html&conteudo=/agua/doce/artigos/qualidade.html> **Avaliação da qualidade da água**, Acesso em 26 de janeiro de 2008.

AMBRIZZI, T.; SOUZA, E.B.; PULWARTY, R.S. The Hadley and walker regional circulations and associated ENSO impacts on South American seasonal rainfall. In: **THEHADLEYCIRCULATION: PRESENT, PASTANDFUTURE**, Diaz H.F. and Bradley R.S. (Eds.). **Kluwer Publishers**, Chapter 7, p. 203-235, 2004.

ANDREOLI, R.V.; KAYANO, M.T. Evolution of the equatorial and dipole modes of the sea-surface temperature in the Tropical Atlantic at decadal scale. **Meteorol Atmos Phys**, 83, 277-285, 2003.

ANDREOLI, R.V., KAYANO, M.T., GUEDES, R.L., OYAMA, M.D., ALVES, M.A.S. A influência da temperatura da superfície do mar dos Oceanos Pacífico e Atlântico na variabilidade de precipitação em Fortaleza, **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.19, n.3, 337-344, 2004.

ANDREOLI, R.V.; KAYANO, M.T. Multi-scale variability of the sea surface temperature in the Tropical Atlantic, **Journal of Geophysical Research**, 109, C05009, 2004.

ANDREOLI, R.V.; KAYANO, M.T. Enso-Related Rainfall Anomalies in South America and Associated Circulation Features During Warm and Cold Pacific Decadal Oscillation Regimes, *International Journal of Climatology*. **Internacional Journal Climatology**, 25: 2017–2030, 2005.

ANDREOLI, R.V.; KAYANO, M.T. Tropical Pacific and South Atlantic effects on rainfall variability over northeast Brazil, **International Journal of Climatology**, 26: 1895-1912, 2006.

ANDREOLI, R.V.; KAYANO, M.T. A importância relativa do Atlântico Tropical sul e Pacífico leste na variabilidade de precipitação do nordeste do Brasil, **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.22, n.1, 63-74, 2007.

AQUINO JR., F. **Carcinicultura**, 2008. Disponível em: <http://www.adital.com.br/site/noticia.asp?lang=PT&cod=14086>  
Acesso em 04/03/2008.

ARAGÃO, J.O.R. **Um estudo da estrutura das perturbações sinóticas do Nordeste do Brasil**. Dissertação de Mestrado em Meteorologia - São José dos Campos - SP, INPE, 47 p., 1975.

ARAGÃO, J.O.R. **A general circulation model investigation of the atmospheric response to El Niño**, NCAR/CT-100, 144 pp., 1986.

ARAGÃO, J. A. R. **Fatos sobre o fenômeno de El Niño e sua relação com as secas no NEB**. Boletim da Sociedade Brasileira de Meteorologia – SBMET. Vol.14, nº1, p.2-8, 1990.

ARAGÃO, J. O. R. ROUCOU, P.; HARZALLAH, A.; FONTAINE, B.; JANICOT, S. Variabilité atmosphérique sur le Nordeste Brésilien dans le modèle de circulation générale de LMD (1970-1988), **Publications de l'Association Internationale de Climatologie**, vol. 7, p.432-438, Toulouse-França, 1994.

ARAÚJO, L. E. **Análise estatística de chuvas intensas na bacia hidrográfica do rio Paraíba**. Dissertação de Mestrado em Meteorologia. UFCG-PB. 2006.

ARAÚJO, L. E.; DA SILVA, D. F.; MORAES NETO, J. M.; SOUSA, F. A. S. de. Análise da Variabilidade Espaço-Temporal da precipitação na Bacia do rio Paraíba usando IAC. **Revista de Geografia**, UFPE, Recife-PE, vol.1, 2007.

ASBURY, C. E. Salinity of Mundaú lagoon, Brazil, in relation to disappearance of sururu, (*Mytella falcata*). **B. Núcl. Ests. Cis Mar**, 1: 17-26, 1979.

ATLAS GEOGRÁFICO MELHORAMENTOS, São Paulo, **Editora Melhoramentos**, 2002.

BAKUN, A. **Patterns in the Ocean: Ocean Processes and Marine Population Dynamics**. San Diego, University of California Sea Grant Program, 1996.

BARBOSA, E.B.M.; ROSA, M.M.; VIJAYKUMAR, N.L.; BOLZAN, M.J.A.; TOMASELLA, J. **Caracterização por Ondeletas de Processos Físicos Não-Lineares na Micro-bacia Amazônica**, INPE, São José dos Campos, 2004.

BARROSO, L.V. Diagnóstico ambiental da Lagoa de Araruana, RJ. **Boletim da Fundação Brasileira para a conservação da Natureza – FBCN**, 1987.

BERLATO, M. A. As condições de precipitação pluvial no Estado do Rio Grande do Sul e os impactos das estiagens na produção agrícola. In: Bergamaschi, H (coord.) **Agrometeorologia Aplicada à irrigação**. Porto Alegre: **Editora da universidade/UFRGS**, p.11-23, 1992.

BERLATO, M. A. The climate forecasting applications in the decision-making process for the southern region of Brazil. In: **Workshop report ENSO and seasonal to interannual climate variability, socio-economic impacts, forecasting and applications to the decision making process**. 14-16 de Setembro. Florianópolis, Brasil, 1992.

BJERKNES, J. Atmospheric Teleconnections from the Equatorial Pacific. **Monthly Weather Review**, v. 97, p. 163-172, 1969.

BIONDI, F.; GERSHUNOY, A.; CAYAN, D. R. North Pacific Decadal Climate Variability Since AD 1661, **Journal of Climate**, Vol. 14, N. 1, pp. 5-1, 2001.

BORGES, L. Z.; SABBAG FILHO, O. **Reassentamentos Humanos em Programas de Recuperação de Mananciais sob a ótica do Desenvolvimento Sustentável**. Curitiba, 22 f. Monografia (I Concurso de Monografias – Desenvolvimento Sustentável no Paraná: Uma realidade Possível) – Núcleo Interdisciplinar de Meio Ambiente e Desenvolvimento – NIMAD, Universidade Federal do Paraná–UFPR, 2001.

BUCHMANN, J. **Aspectos Humanos, Geográficos e Meteorológicos do Nordeste Brasileiro**. Anuário do Instituto de Geociências, v. 21, 1998.

CALBETE, N.O.; LEMOS, C.F. **Sistemas Frontais que aturam no litoral de 1987 a 1995**, Climanálise edição comemorativa de 10 anos, 1996.

CANE, M. A. Tropical Pacific ENSO models: ENSO as a model of the coupled system. In: **Climate System Modeling** (Ed. Trenberth, K.E.), Cambridge, 1992.

CASARIN, D. P. & V. E. KOUSKY Anomalias de precipitação no sul do Brasil e variações na circulação atmosférica. **Rev. Bras. Met.**, 1, 83-90, 1986.

CASTRO, C.A.C. **Interações Trópicos-Extratrópicos na escala de tempo intra-sazonal durante o verão austral e seus efeitos na América do Sul**. Dissertação de Mestrado. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São Paulo, 2002.

CETESB – 2005. **Relatório de qualidade de água de São Paulo**, 2005. Acesso em 14 de abril de 2008. Disponível em <http://www.cetesb.org.br>.

CHAGNON, S.A. Removing the confusion over droughts and floods: the interface between scientists and policy makers, **Water Internacional**, 10-18 p, 1980.

CÓDIGO FLORESTAL BRASILEIRO, **LEI Nº 4.771, DE 15 DE SETEMBRO DE 1965**, Disponível em: [http://www.enge.com.br/lei4771\\_65.pdf](http://www.enge.com.br/lei4771_65.pdf). Acesso em: 14 de abril de 2008.

CONFALONIERI, U. E. C. **Clima e Saúde Pública**, in: II Curso de Ecologia e Ciclo do Carbono. Brasília, 2002.

COSTA, M C.; OLIVEIRA, M. C. F.; MORAES, J. C.; BARRETO, P. N.; DANTAS, V. A.; CARVALHO, S. P. Comportamento e relação entre PRP e vazão na bacia do rio Mundaú, Alagoas e Pernambuco. XIV Congresso de Brasileiro de Agrometeorologia, **Anais...**, Campinas-SP, julho 2005.

CPTEC/INPE. **El Niño**. Boletim Informativo do Instituto Nacional de Pesquisas Especiais, 2000. Disponível em: [http://www.cptec.inpe.br/enos/globo\\_elnino.shtml](http://www.cptec.inpe.br/enos/globo_elnino.shtml). Acesso em: 12 de Setembro, 2000.

CPTEC/INPE. **La Niña**. Boletim Informativo do Instituto Nacional de Pesquisas Especiais, 2002. Disponível em: <http://www.cptec.inpe.br/products/laninha/laninha3p.html>. Acesso em: 12 de Setembro, 2002.

CRUZ, F. N.; BORBA, G. L.; ABREU, L. R. D. Poluição, Ciências da natureza e realidade: interdisciplinar, **EDUFRN**, Editora da UFRN, v.2, 2005.

CHARBA, J.P.: Operational scheme for short range forecasts of severe local weather. Preprint Ninth Conference on Severe Local Storms Norman – Oklahoma. **Americ.Meteo.Soc.**, 51-57, 1975.

CHARBA, J.P.: Two to six hour severe local storm probabilities an operational forecasting system. **Mon.Wea.Rev.**, 107, 268-282, 1979.

CHU, P. S. Time and space variability of rainfall and surface circulation in the northeast Brazil – Tropical Atlantic sector, **J. Meteor. Soc. Japan**, v.26, n.2, p.363-369, 1984.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 303**, Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente, de 20 de março de 2002.

CUNHA, G. R. El Niño Oscilação Sul e perspectivas climáticas aplicadas no manejo de culturas no sul do Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.7, n°2, p.277-284, 1999.

DARIO, G. J. **Instruções sumárias para a cultura do trigo no Estado de São Paulo**. Piracicaba: ESALQ, p. 9-14, 1998.

DA SILVA, D.F. **Influência da Variabilidade Climática Interanual na Hidrologia da Bacia do rio São Francisco**, Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Meteorologia), Universidade Federal de Alagoas – UFAL, 2003.

DA SILVA, D.F.; BORBA, J.C.C.; ALMEIDA, H.R.R.C.; LOPES, Z.F. **Influência do Clima na Variabilidade Espaço-Temporal da bacia do rio Mundaú (localidades de Pernambuco)**. I Simpósio Internacional de Climatologia, Fortaleza-Brasil, Outubro de 2005.

DA SILVA, D. F.; SANTOS, M. J.; ARAÚJO, L. E.; SANTOS, R. B.; SOUSA, F. de A. S. de. A Influência da variabilidade climática na bacia do rio Mundaú (AL e PE), VIII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, **Anais do VIII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste**, Gravatá-PE, 2006.

DIEGUES, A. C. **Costa do Brasil-Áreas úmidas costeiras e litorâneas**. São Paulo, NUPAUB-SP, 1987.

DOUGLAS, J.E.; SWANK, W.T. Effects of management practices on water quality and quantity: Coweeta Hydrologic Laboratory, North Caroline. **In: MUNICIPAL WATERSHED MANAGEMENT SYMPOSIUM**, 13, Carolina da Norte. Anais... Carolina do Norte: USDA Forest Service, p.1-13, 1975.

ENFIELD, D.B.; MAYER D.A. Tropical Atlantic SST variability and its relation to El Niño-Southern Oscillation. **J. Geophys. Res.**, v.102, n.C1, p.929-945, 1997.

ENFIELD, D.B.; MESTAS-NUÑEZ, A.M.; MAYER, D.A.; CID-SERRANO, L. How ubiquitous is the dipole relationship in tropical Atlantic sea surface temperature?. **J. Geophys. Res.**, v.104, n.C4, p.7841-7848, 1999.

ESPINOZA, E. S. **Distúrbios nos ventos de leste no Atlântico tropical**. Dissertação de Mestrado. São José dos Campos, INPE, 1996.

FARGE, M.: Wavelet transforms and their applications to turbulence. **Ann.Rev.Fluid Mech.**, 24, 395-457, 1992.

FERREIRA, M. L. **Teoria do Meio ambiente**, 2004. Disponível em: [www.anppas.org.br/gt/teoria\\_meio\\_ambiente/Marcia%20Lucia%20Guilherme.pdf](http://www.anppas.org.br/gt/teoria_meio_ambiente/Marcia%20Lucia%20Guilherme.pdf). Acesso em: 15 de abril de 2008.

FIGUEROA, S.N. **Estudo dos sistemas de circulação de verão sobre a América do Sul e suas simulações com modelos numéricos**. Tese de Doutorado do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE-7121-TDI/672). São José dos Campos, 1997.

FONTANA, D. C.; BERLATO, M. A. **Influência do ENOS sobre a precipitação e rendimento de milho no Estado do Rio Grande do Sul**. Pesquisa Agropecuária Gaúcha, v.2, nº1, p.39-46, 1996.

FREITAS, M. A. S. **A Previsão de Secas e a Gestão Hidroenergética: O Caso da Bacia do Rio Parnaíba no Nordeste do Brasil**. In: Seminário Internacional sobre Represas y Operación de Embalses, 2004, Puerto Iguazú. Anais do Seminário Internacional sobre Represas y Operación de Embalses. Puerto Iguazú : CACIER, v. 1, p. 1-1, 2004.

FREITAS, M. A. S. Um Sistema de Suporte à Decisão para o Monitoramento de Secas Meteorológicas em Regiões Semi-Áridas. **Revista Tecnologia**, Fortaleza, v. Suplem, p. 84-95, 2005.

FRICKMANN YOUNG, C. E.; STEFFEN, P. G. **Consequências econômicas das mudanças climáticas**. Com Ciência, Revista Eletrônica de Jornalismo Científico (SBPC), 2007. Disponível em: <http://www.comciencia.br/comciencia/> . Acesso em: agosto de 2007.

GALVÍNCIO, J.D. **Impactos dos eventos El Niño na precipitação da Bacia do rio São Francisco**. Dissertação de Mestrado em Meteorologia, Campina Grande. Universidade Federal da Paraíba (PB), 117p, 2000.

GERSHUNOV A, BARNETT, T.P. Interdecadal modulation of ENSO teleconnections. **Bulletin of the American Meteorological Society**, 79: 2715–2725, 1998.

GHOSE, S.K. **Hyrometeorological Studies in Northeastern Brazil**, Report n. 2, SUDENE/DEMETS/WMO, 1971.

GOMES FILHO, M. F. **Inter-relações entre TSMs Globais, Sistemas Atmosféricos de Meso e Grande escalas e Anomalias de Volume dos Principais Reservatórios de Água da Paraíba**. Campina Grande, PB, 117 p. Tese (Doutorado). Departamento de Meteorologia, Universidade Federal da Paraíba, 2000.

GOMES, H.B., GOMES H.B., AMORIM, R C. F, Di PACE, F. T., AMORIM, R. F. C., OLIVEIRA, C. P. Estudo dos dados hidrometeorológicos da Bacia do rio Mundaú utilizando métodos estatísticos. **Anais do XIII Congresso Brasileiro de Meteorologia**, Fortaleza-CE, 2004.

GONÇALVES, W.A.; CORREIA, M.F.; ARAÚJO, L.E.; DA SILVA, D.F.; ARAÚJO, H.A. Vulnerabilidade Climática do Nordeste Brasileiro: Uma análise de eventos extremos na Zona Semi-árida da bacia hidrográfica do São Francisco, XIV Congresso Brasileiro de Meteorologia, **Anais....**, Florianópolis, 2006.

GORAYEB, A., SILVA, E. V. da, MEIRELES, A. J. de A. Impactos Ambientais e propostas de manejo sustentável para a planície flúvio-marinha do rio Pacoti, FORTALEZA/CEARÁ. **Revista Sociedade & Natureza**, Uberlândia-MG, 17 (33): 143-152, dez. 2005.

GORAYEB, A., SILVA, E. V. da, MEIRELES, A. J. de A. Manejo de uso do solo no Ceará, **Sociedade & Natureza**, 17 (33): 143-152, dez 2005.

GRANJA, T. **A pesca de sururu é feita com muito primitivismo**. O Jornal. Rio de Janeiro, maio de 1969. Ano VI, Edição 74, Disponível em: <http://www.jangadabrasil.com.br/revista/janeiro74/of74001b.asp>, Acesso em 03/08/2008.

GU, D.; PHILANDER, G.H. Secular changes of annual and interannual variability in the Tropics during the past century. **Journal of Climate**, 8, 864-876, 1995.

GUTTMAN, N.B. A Sensitivity Analysis of the Palmer Hydrologic Drought Index, **Water Resources Bulletin**, 27(5), 797-807, 1991.

GUTZLER D.S.; KANN, D.M.; THORNBRUGH, C. Modulation of ENSO-based long-lead outlooks of southwestern U.S. winter precipitation by the Pacific decadal oscillation. **Weather and Forecasting**, 17: 1163-1172, 2002.

HARE, S.R.; FRANCIS, R.C. Climate Change and Salmon Production in the Northeast Pacific Ocean, In R.J. Beamish [ed.], Climate Change and Northern Fish Populations, **Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.**, 121, 1995.

HARVELL, C. D. *et al.* Climate Warming and Disease Risks for Terrestrial and Marine Biota. **Science's Compass Review**. Vol. 296, Junho de 2002.

HAVENS, A.V. Economic Impact of Drought on Water Systems in Passaic River Basin, **J. New Brunswick**, New Jersey Agricultural Experiment Station, 1969.

HASTENRATH, S. Prediction of Northeast Brazil rainfall anomalies. **J. Climate**, v.3, n.8, p.893-904, 1990.

HASTENRATH, S.; HELLER, L. Dynamics of Climatic hazards in Northeast Brazil. Quarterly, **Journal of the Royal Meteorological Society**, n° 103, v. 435, p.77-92, Jan. 1977.

HASTENRATH, S.; GREISCHAR, L. Further work on the prediction of Northeast Brazil rainfall anomalies. **J. Climate**, v.6, n.4, p.743-758, 1993.

HASTENRATH, S., KACZMARCZYK, E. B. On spectra and coherence of tropical climate anomalies, **Tellus**, v.33, n.5, p.453-462, 1981.

HIDALGO, R.R. Manejo y disposición de residuos sólidos: Primeras experiências mexicanas, **Movimento Ecologista**; 7: 36-37, 1989.

HOUGHTON, R.W.; TOURRE Y.M. Characteristics of low-frequency sea surface temperature fluctuations in the tropical Atlantic. **J. Climate.**, v.5, n.7, p.765-771, 1992.

IPCC. **Intergovernmental Panel on Climate Change**. 2001. Working Group I. Third Assessment Report. Summary for Policymakers. WMO. 17 pp. [http://www.meto.gov.uk/sec5/CR\\_div/ipcc/wg1/WG1-SPM.pdf](http://www.meto.gov.uk/sec5/CR_div/ipcc/wg1/WG1-SPM.pdf)

KANE, R. P.; TRIVEDI, N. B. Spectral characteristics of the annual rainfall series for northeast Brazil, **Clim. Change**, v.13, p.317-336, 1988.

KANE, R. P. El Niño and La Niña events and rainfall in NE and South Brazil, **Rev. Bras. Geofís.**, v.10, n.2, p.49-59, 1992.

KANE, R. P. Prediction of droughts in North-east Brazil: Role of ENSO and use of periodicities, **Inter. J. Climatol.**, v.17, p.655-665, 1997.

KASHIWABARA, T. On the recent winter cooling in the North Pacific. **Tenki**, 34, 777-781 (in Japanese), 1987.

KAYANO, M. T. & V. E. KOUSKY Sobre o monitoramento das oscilações intrasazonais. **Rev. Bras. Met.**, 7. 593-602, 1992.

KAYANO, M.T. Oscilações de Madden & Julian-Oscilações Intrasazonais ou oscilações de 30-60 dias, **Edição comemorativa de 10 anos-Climanálise**, 1996.

KAYANO, M. T.; KOUSKY, V. E. Tropical circulation variability with emphasis on interannual and intraseasonal time scales. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 11, n. 1 e 2, p. 06 -17, Jun. 1996.

KAYANO, M.T; ANDREOLI, R.V. Interannual variability of the upper tropospheric circulation. **Meteorology and Atmospheric Physics** 68:143–150, 1998.

KAYANO, M.T. Low-level high-frequency modes in the Tropical Atlantic and their relation to precipitation in the equatorial South America, **Meteorol Atmod Phys**, 83, 263-276, 2003.

KAYANO, M.T; RAO, V.B.; ANDREOLI, RV. A review of short-term climate variability mechanisms. **Science direct**, v.35, p.843-851, 2005.

KERR, R.A. A now dawn for sun-climate links? **Science**, Washington, DC, v.271, n°5254, p.1360-1361, 1996.



KIYUNA, I.; ASSUMPÇÃO, R. Os Efeitos do ENSO sobre a produção, produtividade e mercado brasileiro de feijão. **Informações Econômicas**, São Paulo, v.31, n.6, p.25-44, jun.2001.

KIYUNA, I; ASSUMPÇÃO, R. El Niño-Oscilação Sul e a produção de feijão no Brasil. **Informações Econômicas**, São Paulo, v.32, n.2, p. 21-42, fev. 2002.

KRISHNAN, R.; SUGI, M. Pacific decadal oscillation and variability of the Indian summer monsoon rainfall. **Climate Dynamics** 21: 233-242, 2003.

KOUSKY, V.E.; CHU, P.S. Fluctuations in annual rainfall for northeast Brazil, **J. Meteor. Soc. Japan**, v.56, p.457-466, 1978.

KOUSKY, V. E.; Frontal influences on northeast Brazil, **Monthly Weather Review**, v.107, n° 9, p. 1140-1153, 1979.

KOUSKY, V.E.; GAN, M.A. Upper tropospheric cyclonic vortices in the tropical South Atlantic. **Tellus**, 36(6): p.538-551, Dec 1981.

KOUSKY, V.; KAYANO, M.; CAVALCANTI, I. F. A. **A review of the Southern Oscillation: oceanic-atmospheric circulation changes and related rainfall anomalies**, *Tellus*, 36A, p. 490-504, 1984.

KOUSKY, V. E.; KAYANO, M.T. Real-time monitoring of intraseasonal oscillations. **Proc. Eighteenth Annual Climate Diagnostics Workshop**, p.1-5, Boulder-CO, November, 1993.

KOUSKY, V. E.; KAYANO, M.T. Principal modes of outgoing longwave radiation and 250-mb circulation for the South American sector. **J. Climate**, 7, p.1131-1143, 1994.

LABAT, D; RONCHAIL, J.; GUYOT, J.L. Recent advances in Wavelet analyses, part 2-Amazon, Parana, Orinoco and Congo discharges time scale variability. **Journal of Hydrology**, p.1-23, 2005.

LACAVA, C. I. V. **Influências de zonas de convergência na organização da convecção tropical sobre o NEB**. Dissertação de Mestrado em Meteorologia, (Publicação DCA/CMM – TD), Campina Grande-PB, 117 p., Março de 1995.

LIKENS, G.E; BORMANN, F.H.; JOHNSON, N.M.; PIERCE, R.S. The calcium, magnesium, potassium and sodium budgets for a small-forested ecosystem. **Ecology**, Durham, n.48, v.5, p.722-785, 1967.

LIMA, M. C. De; **Variabilidade da precipitação no litoral leste da região Nordeste do Brasil**. (Dissertação de Mestrado em Meteorologia), INPE, São José dos Campos – SP, junho de 1991.

LINHARES, A. G.; NEDEL, J. L. **Clima e Germinação do grão de trigo na espiga**. In: Mota, F.S.; Agrometeorologia do trigo no Brasil. Campinas, SP.SBAGRO, p.95-101, 1989.

LOMAS, J. **Meteorological requirements of the wheat crop.** WMO Symposium on Agrometeorology of the wheat crop. Braunschweig, Federal Republic of Germany, (WMO nº396), 1976.

MADDEN, R.A. & JULIAN, P. R. Detection of a 40-50 day oscillation in the zonal wind in the tropical Pacific. **J. Atmos. Sci**, 28, p.702-708, 1971.

MANN, M.E.; LALL, U.; SALTZMANN, B. Decadal-to-centennial-scale climate variability: insights into the rise and fall of the great salt lake. **Geophysical Research Letters**, Washington, DC, v.22, n.8, p.937-940, apr.1995.

MANTUA, N.J.; HARE, S.R.; ZHANG, Y.; WALLACE, J.M.; FRANCIS, R.C. A Pacific Interdecadal Climate Oscillation with Impacts on Salmon Production, **Bulletin of the American Meteorological Society**, Vol. 78, pp. 1069-1079, 1997.

MARIN, F. R.; SENTELHAS, P. C. Análise da Influência dos fenômenos El Niño e La Niña no clima de Piracicaba. In: X CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, **Anais Sociedade Brasileira de Agrometeorologia**, Piracicaba, 1997.

MARQUES, R. C.; SILVA, J. R. da F. e; VIEGAS, O.; NORMANDE, E. B. **Manejo y aprovechamiento Acuicola de lagunas costeiras in America Latina y El Caribe.** Trabajos presentados por Brasil, Colombia, Cuba, México y Venezuela em II Taller Regional sobre Lagunas Costeiras, México, D.F., 9-12 de febrero de 1993.

MARTINS, A.C.S. **Relação das anomalias de TSM do Pacífico e Atlântico Tropicais com anomalias de temperatura, umidade e vento para a América do Sul**, Dissertação de Mestrado em Meteorologia, UFCG, setembro de 2008.

MARKHAM, C. G. Apparent periodicities in rainfall at Fortaleza, Ceará, Brazil, **J. App. Meteor.**, v.13, p.176-179, 1974.

MAUGET, S.U.M. Índice Padronizado de Precipitação (SPI); C. **Springer Science**, V.1, p.90, 2005.

McCABE, G.B.; DETTINGER, M.D. **Decadal variations in the strength of ENSO teleconnections with precipitation in the western.** United States. International Journal of Climatology 19:1399-1410, 1999.

MEDEIROS, F. C.; MOLION, L. C. B. Influências do clima global nas descargas de bacias hidrográficas do Estado de Alagoas. In: XII CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, **Anais Sociedade Brasileira de Meteorologia**, Foz do Iguacu, PR, 2002. 1 CD-ROM.

MEHTA, V.; DELWORTH, T. Decadal variability of the Tropical Atlantic ocean surface temperature in shipboard measurements and in a global ocean-atmosphere model, **J. Clim.**, v.8, n.3, p.172-190, 1995.

MELO, S. C.; TEIXEIRA, R. L., Distribuição, reprodução e alimentação de *Cathorops spixii* e *Arius rugispinis* (Pisces, Ariidae) do complexo Mundaú/Manguaba, Maceió, AL. **Revista Brasileira de Biologia**, 52(1): 169-180, 1992.

MILLER A. J; CHAI, F.; CHIBA, S; MOISAN, J. R.; NEILSON, D. J. Decadal-scale climate and ecosystem interactions in the North Pacific Ocean. **J. Oceanogr.**, 60, 163-188, 2004.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Publicações MMA / CPRH-PE - PNMA1**, Diagnóstico Sócio-ambiental Litoral Norte, Qualidade ambiental do Litoral Norte. Conflitos de usos, riscos e perdas ambientais, 23p., 2008.

MINOBE, S.; SCHNEIDER, N.; DESER, C.; LIU, Z.; MANTUA, N.; NAKAMURA, H.; NONAKA, M. Pacific Decadal Variability: A Review. **Journal of Climate**, sep. 2004.

MO, K.C.; HÄKKINEN, S. Interannual variability in the tropical Atlantic and linkages to the Pacific. **J. Climate**, v.14, n.12, p.2740-2762, 2001.

MOLION, L. C.; MORAES, J. C. Oscilação Sul e descargas de rios na América do Sul Tropical. **Revista brasileira de Engenharia, Caderno de Recursos Hídricos**, v. 5, p. 53-63, 1987.

MOLION, L. C. B.; BERNARDO, S.O. Dinâmica das chuvas sobre o Nordeste brasileiro, In: XI CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA. **Anais Sociedade Brasileira de Meteorologia – SBMET CL00132**, Rio de Janeiro, RJ, 1 CD-ROM, 2000.

MOLION, L. C. B.; BERNARDO, S.O. Uma Revisão das chuvas no Nordeste brasileiro, **Revista Brasileira de Meteorologia- SBMET**, v.17, nº01, p. 1-10, 2002.

MOLION, L.C.B. Aquecimento Global, El Niños, Manchas Solares, Vulcões e Oscilação Decadal do Pacífico, **Revista Climanálise**, 2005.

MONTERO, S. G.; CASTELLON E. S.; RIVERA L. M. M.; RUVALCABA, S. G.; LLAMAS J. J. Collaborative governance for sustainable water resources management: the experience of the Intermunicipal Initiative for the Integrated Management of the Ayuquila River Basin, Mexico. **Environment & Urbanization**. v. 18, n. 2, p. 297–313, 2006.

MORETTIN, P.A. **Ondas e Ondeletas: Da Análise de Fourier à Análise de Ondeletas**, edusp, 193 p., 1999.

MOURA, A .D.; SHUKLA, D. On the dynamics of droughts in Northeast Brazil: observations, theory and numerical experiments with a General Circulation Model. **Journal of the Atmospheric Sciences**, v. 38, 2653-2675, 1981.

NEWMAN, M.; COMPO, G.P. ALEXANDER, M.A. Enso-forced variability of the Pacific Decadal Oscillation, **Journal of Climate**, v.16, n.23, 3853-3857, 2005.

NITTA, T.; YAMADA, S. Recent warming of tropical sea surface temperature and its relationship to the Northern Hemisphere circulation. **J. Meteor. Soc. Japan**, **67**, 375-383, 1989.

NIEBAUER, H. J. Variability in Bering Sea ice cover as affected by a regime shift in the North Pacific in the period 1947-96. **J. Geophys. Res.**, 103 (C12), 27,717-27,737, 1998.

NOBRE, C. A.; MOLION, L. C. B. **The Climatology of Droughts and Droughts Prediction, In: Impacts of Climatic Variation on Agriculture**, v. 2: Assesments in semi-arid regions, M. P. PARRY, T.R. CARTER, N.T. KONIJIN (eds.), D. Reidel Pub. Co., p. 764, 1987.

NOBRE, P.; SHUKLAJ. Variations of sea surface temperature, wind stress, and rainfall over the tropical Atlantic and South America. **J. Climate**, v.9, n.19, p.2464-2479, 1996.

NOVACEK, M. J., CLELAND, E. E. The current biodiversity extinction event: scenarios for mitigation and recovery, in: National Academy of Sciences Colloquium **The Future of Evolution**. Irvine, Califórnia, 2002. Disponível em [www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.091093698](http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.091093698). Acesso em 29 de abril de 2008.

OLIVEIRA, A M. **Hidrodinâmica do Complexo. In: Apoio à proteção ambiental em Alagoas: uma experiência de cooperação técnica**. Maceió: SEPLAN/IMA/GTZ, 66-77, 1997.

PEDROSA, V, 2006. **Canaviais deixam rios "estressados"** Gazeta de Alagoas de 19/03/2006.

PEREIRA-BARROS, J. B., **Sobre a ocorrência de siris do gênero Callinectes em Alagoas**. Bol. Estud. Ciên, 1981.

PEZZA, A. B.; AMBRIZZI, T. Cold waves in South America and freezing temperatures in São Paulo: Historical background (1888-2003) and case studies of cyclones and anticyclones tracks, **Revista Brasileira de Meteorologia**: 20(1), 141-158, SBMET, Rio de Janeiro, 2005.

PEZZI, L.P.; CAVALCANTI, I.F.A. The relative importance of and tropical Atlantic sea surface temperature anomalies for seasonal precipitation over South America: a numerical study. **Clim Dyn.**, v.17, p.205-212, 2001.

PLATONOV, A. K., OLIVEIRA, A. M de. **Harmonic Analysis of the currents and water level modification in shallow coastal waters: example of Mundau-Manguaba loagoon complex, Brazil**. In: Turbulent diffusion in the Environment. Barcelona, p. 133-140, 2000.

PHILANDER, S. G. **El Niño, La Niña and the Southern Oscillation**. Academic San Diego, 1990.  
PRELA, A. **Influência dos fenômenos El Niño/La Niña na produtividade de trigo no Estado do Paraná**. Tese de doutorado em Agronomia, Piracicaba, São Paulo, dezembro de 2004.

Rede de Justiça Ambiental. **Relatório nacional para o direito humano ao meio ambiente**. Disponível em : [http://www.justicaambiental.org.br/conteúdo.asp?conteudo\\_id=1944sec=destaques](http://www.justicaambiental.org.br/conteúdo.asp?conteudo_id=1944sec=destaques). Acesso em: 20 de junho de 2005.

REPELLI, C. A.; FERREIRA, N. S.; ALVES, J. M. B.; NOBRE, Carlos Afonso. Índice de anomalia de precipitação para o Estado do Ceará. In: X CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA E VIII CONGRESSO DA FLISMET, 1998, Brasília DF. **Anais do X Congresso Brasileiro de Meteorologia e VIII Congresso da FLISMET**, 1998.

RIBEIRO, A. C. A. **Análise e Planejamento Ambiental do Sistema Hidrográfico Papicu/Maceió, Fortaleza-CE**. Dissertação de Mestrado-Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA), Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2001.

ROPELEWSKI, C. F.; JONES, P.D. An extension of the Tahiti-Darwin Southern Oscillation Index. **Monthly Weather Review**, Washington, v. 115, p. 2161-2165, 1987.

ROPELEWSKI, C. F; HALPERT, M. S. Global and regional scale precipitation patterns associated with the El Niño-Southern Oscillation, **Journal Climate**, vol.2, p.268-283, 1987.

ROBOCK, A.; MAO, J. The volcanic signal in surface temperature observations. **Journal of Climate**, Boston, v.8, n.5, p.1086-1103, 1995.

ROBOCK, A.; FREE, M.P. Ice cores as an index of global volcanism from 1850 to the present. **Journal of Geophysical Research**: series D, Washington, DC, v.100, n.6, p.11549-11568, june 1995.

ROOY, M.P. VAN. **A Rainfall Anomaly Index Independent of Time and Space**, Notes, 14, 43, 1965.

SALATA, J.C. *et al.* **Controle de erosões e conservação de solos na açucareira Quatá (SP)**. STAB, p.33-89, 1988.

SALATI, E.; LEMOS, H.; SALATI JUNIOR, E. Água e o desenvolvimento sustentável. In: REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. São Paulo: **Ed. Escrituras**, p. 237-293, 1999.

SCHNEIDER M., VITORINO, I., SILVA DIAS, P.L. Monitoramento da Intrasazonalidade por meio da Transformada em Ondeletras, Simpósio Internacional de Climatologia, **Anais...**, Fortaleza-2005.

SEAGER, R.; KUSHNIR, Y.; NAIK, N. H.; CANE, M. A.; MILLER, J. Wind-Driven shifts in the latitude of the Kuroshio-Oyashio extension and generation of SST anomalies on decadal timescales. **J. Climate**, 14, 4249-4265, 2001.

SERVAIN, J. Simple climatic indices for the tropical Atlantic Ocean and some applications. **J. Res.**, v.96, n.C8, p.15,137-15,146, 1991.

SILVA, C. S., **Distribuição e abundância da fauna macrobentônica do complexo estuarino Mundaú/ Manguaba (Alagoas, Brasil)**. Bol. Estud. Ciênc. Mar, 6: 45-64, 1992.

SILVA, J. de F. da **El Niño, o fenômeno Climático do Século**, Brasília, Editora Thesaurus, 2000, 139 p.

SILVA, A. B. P.; SILVEIRA, V. P.; MOLION, L. C. B. Efeitos de vórtices ciclônicos sobre a precipitação no Nordeste do Brasil. In: XII CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA e III REUNIÃO LATINO-AMERICANA DE AGROMETEROLOGIA. **Anais Sociedade Brasileira de Agrometeorologia**, Fortaleza, CE, 2001.

SILVA, L. F.; KAYANO, M.T.; FERREIRA, N. J. Evolução das Anomalias de Temperatura da Superfície do Mar durante anos de El Niño nas duas fases da Oscilação Multi-decadal do Pacífico, Simpósio Internacional de Climatologia, **Anais...**, Fortaleza-CE, out.2005.

SILVA DIAS, P.L. **De olho no Tempo**, Estado de São Paulo, 20 de março de 2005.

SIMPSON, R. H. Evolution of the Kona Storm, a subtropical cyclone. **Journal of the Meteorology**, v. 9, p.24-35, 1952.

SMITH, T. M.; REYNOLDS, R. W. Extended reconstruction of global sea surface temperatures based on COADS data (1854-1997). **J. Climate**, v.16, p. 1495-1510, 2003.

SOUZA, C. A.; DAMIÃO, M. C.; ALVES; L. M. Atuação de vórtices ciclônicos em altos níveis nos meses de verão de 2000/2001 (parte a). In: XII CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEROLOGIA e III REUNIÃO LATINO-AMERICANA DE AGROMETEROLOGIA. **Anais Sociedade Brasileira de Agrometeorologia**, Fortaleza, CE, 2001.

SOUZA FILHO, F. A.; COSTA, A. A.; ALVES, J. M. B. Sobre o impacto do fenômeno El Niño-Oscilação Sul na afluência de reservatório do sistema hidroelétrico brasileiro, In: XII CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, **Anais Sociedade Brasileira de Meteorologia**, Foz do Iguaçu, PR, 2002. 1 CD-ROM.

SOUZA, R.C.; REIS, R.S.; FRAGOSO JR., C.R.; SOUZA, C.F. Uma análise na Dragagem do Complexo Estuarino-Lagunar Mundaú/Manguaba em Alagoas através de um Modelo Numérico Hidrodinâmico Bidimensional-Resultados Preliminares, **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.9, n.4, Out.2004.

SOUZA, E.B.; AMBRIZZI, T.; COELHO, C.A.S. Two episodes with reversed impacts on the regional precipitation of the northeastern South America. **Meteorologica**, v.29, n. 1-2, p. 5-16, 2004.

SPIEGEL, M.R **Estatística**. McGraw-Hill, São Paulo, SP, 580p. 1972.

SPIEGEL, M.R. **Estatística**. Tradução de Pedro Cosentino, São Paulo-SP, McGraw-Hill do Brasil, 580 p, 1977.

SPERBER, K. R.; HAMEED, S. Phase Locking of Nordeste precipitation with sea surface temperatures, **Geophys. Res. Lett.**, v.20, n.2, p.113-116, 1993.

STEILA, D. **Drought Analysis in Four Southern States by a New Index**, PhD Diss., Athens, Ga., The University of Georgia, 1971.

STENSETH, N. Ecological Effects of Climate Fluctuations. **Science's Compass Review**. Vol. 297, Agosto de 2002. Disponível em [www.sciencemag.org](http://www.sciencemag.org). Acesso em 29 de abril de 2008.

SUDENE. **Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Mundaú**. Recife-PE, 1999.

TASCHNER, S. P. Favelas e Cortiços no Brasil: 20 Anos de Pesquisas e Políticas. **Cadernos de Pesquisa do LAP**, 18. São Paulo: Ed. USP, 1997.

TENÓRIO, R. S. **Estudo Hidrometeorológico da Bacia do Rio Mundaú**. Universidade Federal de Alagoas. MET. Maceió - Alagoas, Trabalho de conclusão de curso, Fevereiro, 1985.

TEIXEIRA, R. L. & FALCÃO, G. A. F. **Nota sobre os peixes e macrocrustáceos que ocorrem próximo à desembocadura do complexo lagunar Mundaú/Manguaba (Alagoas, Brasil)**. 5-12, 1992.

TEIXEIRA, R. L., Abundance, reproductive period, and feeding habits of eleotridid fishes in estuarine habitats of north-east Brazil. **Jour. Fish Biol.**, 45: 749-761, 1994.

TEIXEIRA, R. L. & HELMER, J. L., Ecology of young mojarra (Pisces, Gerreidae) occupying the shallow waters of a tropical estuary. **Revista Brasileira de Biologia.**, 57(4): 637-646, 1997.

TEIXEIRA, R. L., **Distribution and feeding habits of the young common snook, *Centropomus undecimalis* (Pisces, Centropomidae), in the shallow waters of a tropical Brazilian estuary**. Bol. Mus. Biol. Mello Leitão (N. Sér.) 6: 35-46, 1997.

TEIXEIRA, R. L.; SÁ, H.S. Abundância de Macrocrustáceos Decápodos nas áreas rasas do Complexo Lagunar Mundaú/Manguaba, AL, **Revista Brasileira de Biologia**, v.3, n.58, 393-404, 1998.

TORRENCE, C.; COMPO, G.P.: A practical guide to wavelet analysis. **Bull.Amer.Meteor.Soc.**, 79, 61-78, 1998.

TORRENCE, C.; WEBSTER, P.J. : Interdecadal changes in the ENSO-monsoon system. **J.Climate**, 12, 2679-2690, 1999.

TRIGO, R. M. ; GALVÃO, C. O. ; TRIGO, I. F. . **Aplicação de Wavelets ao estudo da variabilidade de caudais diários: uma comparação entre algumas bacias portuguesas e brasileiras**. In: IV Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Oficial Portuguesa, 1999, Coimbra. APRH, 1999. p. 1-15.

TUCCI, C. E. M. **Impactos da variabilidade climática e o Uso do solo sobre os recursos hídricos**. In: Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas – Câmara Temática de Recursos Hídricos, Brasília, maio 2002.

TUCCI, C.E.M; BRAGA, B. **Clima e Recursos Hídricos no Brasil**, Coleção ABRH, p. 348, 2003.

TUCCI, C.E.M. (Organizador). **Hidrologia: Ciência e Aplicação**, 3ª edição, Porto Alegre, **Editora da UFRGS/ABRH**, 2004.

UVO, C. R. B. **A zona de convergência intertropical (ZCIT) e sua relação com a precipitação na região norte e nordeste brasileiro**. Dissertação de Mestrado. INPE. São José dos Campos, 1989.

UVO, C.B.; REPELLI, A.; ZEBIAK, S.E.; KUSHNIR, Y. The relationships between Tropical Pacific and Atlantic SST and Northeast Brazil monthly precipitation. **J. Climate**, v.11, p.551-562, 1998.

UVO, C. TR. B.; REPELLI, C. A; ZEBIAK, S. E.; KUSHIR, Y. The influence of tropical Pacific and Atlantic SST on Northeast Brazil monthly precipitation (submetido ao) **Journal of Climate**, 1994. Disponível em: <http://www.cptec.inpe.br/products/climanalise>. Acesso em: 25 de Agosto de 2002.

VAREJÃO SILVA, M. A. **Meteorologia e Climatologia**, 2ª edição, Pax gráfica e editora, 532 p., Brasília – DF, julho de 2001.

VARZHEMIN, I.G. **Chemical composition of natural waters in the VYG River Basin in relation to the soil of Central Karelia**. Soviet Soil Science, v.4, n.1, p.90-101, 1972.

VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R. **Meteorologia Básica e Aplicações**, Editora UFV, Universidade Federal de Viçosa, 449 p., 2000.

VITORINO, M.I. **Análise das Oscilações Intrasazonais sobre a América do Sul e Oceanos Adjacentes Utilizando a Análise de Ondeletas**, Tese de Doutorado em Meteorologia, INPE, São José dos Campos, 2003.



WALKER, G.T. Ceará (Brazil) famines and the general air movement. **Beitrag zur Physik der freien Atmosphäre**, v.14, p.88-93, 1928.

WEICKMANN, K. M.; LUSSKY, G. R.; KUTZBACH, J. E. Intraseasonal (30-60 day) fluctuations of outgoing longwave radiation and 250 mb streamfunction during northern winter. *Mon. Wea. Rev.*, **113**, 941-961, 1985.

WENG, H. LAU, K-M. Wavelets, period doubling, and time-frequency localization with application to organization of convection over the Tropical Western Pacific. **Journal of the Atmospheric Sciences**, v.51, n.17, p.2523-2541, 1994.

WILKINSON, 1998. **Status of Coral reefs of the World** Townsville, Australia, Australian Institute of Marine Science and the Global Coral Reef Monitoring Network: 184 pp, 1998.

WILKINSON, C. 2000. **Status of Coral reefs of the World**. Townsville, Australia, Australian Institute of Marine Science and the Global Coral Reef Monitoring Network: 363 pp, 2000.

WOLTER, K. The Southern Oscillation in surface circulation and climate over the tropical Atlantic, Eastern Pacific, and Indian Oceans as captured by cluster analysis. **J. Climate Appl. Meteor.**, 26, 540-558. Available from the AMS, 1987.

XAVIER, T.M.B.; XAVIER, A.F.S A ODP- “Oscilação Decadal do Pacífico” (PDO – “Pacific Decadal Oscillation”) e eventos no Atlântico intertropical e no Nordeste Setentrional do Brasil, **Anais do XIII Congresso Brasileiro de Meteorologia**, Fortaleza-CE, 2004.

ZHANG, Y.; WALLACE, J.M.; BATTISTI, D. ENSO-like interdecadal variability: 1900-93, **J. Clim.**, v.10, p.1004-1020, 1997.

# **ANEXOS**

### Anexo 1 – Lista dos postos pluviométricos usados

<b>Localidade</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>	<b>Região</b>
Garanhuns	-8,883°	-36,483°	AM
Caetés	-8,783°	-36,633°	AM
Jucati	-8,70°	-36,45°	AM
Jupi	-8,70°	-36,416°	AM
Canhotinho	-8,866°	-36,20°	AM
Bom Conselho	-9,20°	-36,616°	AM
Brejão	-9,50°	-36,50°	AM
Santana do Mundaú	-9,166°	-36,216°	MM
São José da Lage	-9,004°	-36,05°	MM
Ibateguara	-8,983°	-35,933°	MM
União dos Palmares	-9,15°	-36,033°	MM
Atalaia	-9,50°	-36,0166°	BM
Capela	-9,30°	-36,133°	BM
Maceió	-9,666°	-35,70°	BM
Rio Largo	-9,466°	-35,85°	BM
Murici	-9,30°	-35,933°	BM
Flexeiras	-9,283°	-35,716°	BM

### Anexo 2 – Lista dos postos de qualidade de água usados

<b>Localidade</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>	<b>Região</b>
Atalaia	-9,50°	-36,0166°	BM
Rio Largo	-9,466°	-35,85°	BM
São José da Lage	-9,004°	-36,05°	MM
Santana do Mundaú	-9,166°	-36,216°	MM
Garanhuns	-8,883°	-36,483°	AM
Panelas	-8,666°	-36,333°	AM

### Anexo 3 – Valores de correlações lineares entre índices climáticos e anomalias de precipitação nas três regiões da bacia hidrográfica do rio Mundaú

#### Correlações entre IME, IOS, ODP e anomalias de TSM do Oceano Atlântico e anomalias de precipitação no BM

anomalias X ime	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
DECJAN	<b>-0,133</b>	0,068	-0,124	-0,197	-0,128	-0,259	0,023	-0,074	0,087	-0,012	-0,293	-0,238
JANFEB	-0,12	<b>0,066</b>	-0,131	-0,253	-0,175	<i>-0,284</i>	-0,046	-0,084	0,002	-0,027	-0,251	-0,266
FEBMAR	-0,145	-0,013	<b>-0,044</b>	<i>-0,303</i>	-0,214	<i>-0,296</i>	-0,139	-0,078	-0,165	-0,026	-0,174	-0,17
MARAPR	-0,1	0,005	-0,004	<b>-0,293</b>	-0,217	<i>-0,282</i>	-0,137	-0,086	<i>-0,316</i>	0,029	-0,145	-0,177
APRMAY	-0,161	-0,054	-0,031	-0,247	<b>-0,19</b>	-0,235	-0,196	-0,043	<i>-0,413</i>	0,092	-0,016	-0,177
MAYJUN	-0,206	-0,024	-0,001	-0,122	-0,119	<b>-0,132</b>	-0,27	0,034	<i>-0,442</i>	0,118	0,079	-0,142
JUNJUL	-0,123	0,027	-0,027	-0,072	-0,029	-0,071	<b>-0,378</b>	0,093	<i>-0,399</i>	0,139	0,143	-0,104
JULAG	-0,132	0,003	-0,018	-0,025	0,003	-0,013	<i>-0,398</i>	<b>0,097</b>	<i>-0,377</i>	0,081	0,233	-0,057
AUGSEP	-0,06	-0,006	0,055	0,027	0,056	0,038	<i>-0,38</i>	0,091	<b>-0,357</b>	0,065	<i>0,335</i>	0,002
SEPOCT	-0,1	0,026	0,056	0,07	0,094	0,015	<i>-0,328</i>	0,126	<i>-0,308</i>	<b>0,023</b>	<i>0,292</i>	0,02
OCTNOV	-0,101	0,018	-0,018	0,101	0,136	0,001	<i>-0,308</i>	0,132	-0,253	-0,001	<b>0,219</b>	0,034
NOCDEC	-0,16	-0,016	-0,025	0,108	0,145	0,011	<i>-0,319</i>	0,125	-0,201	-0,01	<i>0,282</i>	<b>0,027</b>

\* Valores em itálico são as melhores correlações e marcadas são correlações que não serão consideradas. Segundo o teste de Student t correlações maiores que 0,13 são significativas.

anomalias x ios	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
IOS JAN	<b>-0,098</b>	-0,128	0,136	<i>0,369</i>	0,083	<i>0,296</i>	-0,123	0,126	-0,010	0,065	0,320	<i>0,317</i>
IOS FEV	<i>0,283</i>	<b>0,112</b>	-0,019	<i>0,279</i>	<i>0,289</i>	0,182	0,137	0,112	0,043	0,135	0,075	0,024
IOS MAR	-0,201	-0,092	<b>-0,072</b>	<i>0,301</i>	-0,019	0,128	0,142	0,099	0,186	-0,014	0,102	0,132
IOS ABR	-0,029	-0,216	0,007	<b>0,283</b>	0,077	0,169	0,231	-0,017	0,157	-0,001	-0,040	<i>0,282</i>
IOSMAI	0,051	0,029	0,144	-0,132	<b>-0,167</b>	-0,027	0,173	<i>-0,280</i>	0,132	-0,126	-0,003	0,260
IOS JUN	0,142	-0,062	0,134	-0,103	-0,044	<b>-0,108</b>	0,167	-0,149	<i>0,314</i>	-0,102	0,132	0,102
IOS JUL	0,118	-0,051	0,058	-0,127	0,022	-0,119	<b>0,306</b>	-0,160	0,271	-0,254	0,007	0,195
IOS AGO	0,031	0,008	-0,008	-0,142	-0,101	-0,028	0,290	<b>-0,019</b>	<i>0,391</i>	-0,114	-0,246	0,043
IOS SET	0,068	-0,085	0,055	-0,055	-0,054	0,002	0,308	-0,194	<b>0,273</b>	-0,088	-0,227	0,093
IOS OUT	0,005	-0,080	-0,039	-0,082	-0,208	-0,047	0,156	-0,133	0,173	<b>0,013</b>	-0,040	-0,110
IOS NOV	0,035	-0,084	-0,010	-0,143	-0,279	-0,062	0,229	-0,071	0,030	0,115	<b>-0,203</b>	-0,057
IOS DEZ	<i>0,288</i>	-0,026	0,026	-0,243	-0,247	-0,016	0,265	-0,225	-0,063	0,027	-0,247	<b>-0,046</b>

\* Valores em itálico são as melhores correlações e marcadas são correlações que não serão consideradas. Segundo o teste de Student t correlações maiores que 0,13 são significativas.

**anomalias**

x odp	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
odp jan	<b>0,058</b>	0,159	0,171	-0,015	-0,043	-0,117	0,114	-0,116	-0,045	-0,025	-0,137	0,058
odp fev	-0,101	<b>0,130</b>	<i>0,296</i>	-0,144	-0,059	-0,127	0,071	-0,161	-0,010	-0,056	-0,089	0,196
odp mar	-0,049	0,111	<b>0,334</b>	-0,253	-0,151	-0,178	0,053	-0,163	-0,163	-0,058	0,077	0,050
odp abr	-0,109	0,110	0,247	<b>-0,289</b>	-0,236	-0,148	-0,024	-0,176	-0,155	-0,034	0,165	0,083
odp mai	-0,141	0,030	0,214	<i>-0,378</i>	<b>-0,258</b>	<i>-0,336</i>	0,014	-0,276	<i>-0,319</i>	-0,052	0,144	0,125
odp jun	-0,169	-0,061	<i>0,321</i>	-0,229	-0,215	<b>-0,283</b>	0,088	<i>-0,349</i>	<i>-0,304</i>	-0,127	0,085	0,106
odp jul	-0,215	0,075	0,188	-0,036	-0,254	<i>-0,337</i>	<b>-0,051</b>	-0,096	<i>-0,443</i>	-0,113	0,119	-0,063
odp ago	<i>-0,304</i>	0,023	0,033	-0,153	-0,199	-0,162	-0,204	<b>-0,040</b>	<i>-0,365</i>	0,064	0,175	-0,167
odp set	-0,215	-0,019	0,066	-0,001	-0,280	-0,249	-0,284	0,144	<b>-0,295</b>	-0,066	0,191	-0,033
odp out	<i>-0,419</i>	0,018	0,217	-0,082	-0,215	-0,163	-0,150	-0,076	<i>-0,301</i>	<b>0,095</b>	0,263	-0,032
odp nov	<i>-0,453</i>	-0,070	0,209	-0,049	-0,180	-0,043	-0,174	0,005	<i>-0,304</i>	0,076	<b>0,452</b>	-0,108
odp dez	<i>-0,467</i>	0,051	0,171	-0,081	-0,265	-0,215	-0,043	0,027	<i>-0,299</i>	-0,029	0,333	<b>-0,019</b>

\* Valores em *itálico* são as melhores correlações e **marcadas** são correlações que não serão consideradas. Segundo o teste de t-Student correlações maiores que 0,13 são significativas.

**anomalia x**

anom.tsm atl	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
tsm jan	<b>-0,200</b>	-0,232	0,008	<i>0,360</i>	-0,011	0,126	<i>0,329</i>	0,230	0,118	-0,004	-0,059	-0,063
tsm fev	-0,271	<b>-0,309</b>	-0,069	0,261	-0,071	0,111	<i>0,376</i>	0,267	0,028	0,065	0,014	-0,075
tsm mar	-0,114	<i>-0,395</i>	<b>-0,078</b>	0,255	-0,047	0,208	<i>0,314</i>	0,276	-0,095	0,044	0,024	0,039
tsm abr	-0,054	<i>-0,330</i>	-0,158	<b>0,212</b>	0,028	0,263	0,281	0,262	-0,038	0,012	0,138	-0,022
tsm mai	0,043	-0,198	-0,070	0,161	<b>0,008</b>	0,294	0,229	0,192	-0,084	0,007	0,149	0,103
tsm jun	0,029	-0,191	-0,034	0,183	0,063	<b>0,292</b>	0,227	0,216	-0,018	-0,089	0,241	0,139
tsm jul	-0,026	-0,086	0,071	0,250	-0,007	0,163	<b>0,195</b>	<i>0,285</i>	-0,035	-0,245	0,180	0,136
tsm ago	-0,008	-0,193	0,199	0,202	-0,028	0,222	0,197	<b>0,183</b>	-0,152	-0,090	0,241	0,233
tsm set	0,058	-0,146	0,082	0,110	-0,102	0,112	0,067	0,155	<b>-0,224</b>	0,104	0,253	0,174
tsm out	0,067	-0,118	0,061	0,114	-0,090	0,079	0,107	0,163	-0,240	<b>-0,082</b>	0,213	0,244
tsm nov	0,100	-0,092	0,125	0,160	-0,032	0,097	0,032	0,194	-0,254	-0,244	<b>0,099</b>	0,235
tsm dez	-0,128	-0,137	0,014	0,237	-0,012	0,028	-0,034	<i>0,342</i>	-0,185	-0,174	0,175	<b>0,214</b>

\* Valores em *itálico* são as melhores correlações e **marcadas** são correlações que não serão consideradas. Segundo o teste de t-Student correlações maiores que 0,13 são significativas.

## Correlações entre IME, IOS, ODP e anomalias de TSM do Oceano Atlântico e anomalias de precipitação no MM

anomalias x ios	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
IOS JAN	<b>0,003</b>	-0,16	-0,02	<i>0,294</i>	0,069	-0,088	-0,077	0,035	-0,133	-0,032	<i>0,348</i>	<i>0,287</i>
IOS FEV	0,077	<b>-0,229</b>	-0,189	0,214	0,239	-0,106	0,103	0,084	-0,082	-0,014	0,191	-0,002
IOS MAR	-0,207	-0,243	<b>-0,223</b>	0,073	0,054	-0,144	0,042	-0,179	0,001	-0,031	0,142	0,037
IOS ABR	0,013	-0,258	-0,205	<b>0,124</b>	0,088	-0,161	0,114	-0,158	-0,097	-0,119	0,021	0,074
IOSMAI	0,066	-0,07	0,148	-0,112	<b>0,043</b>	-0,103	0,116	-0,275	0,059	-0,093	0,178	0,194
IOS JUN	0,185	-0,157	0,057	<i>-0,285</i>	-0,007	<b>-0,222</b>	0,064	-0,148	0,081	-0,042	0,182	0,086
IOS JUL	0,116	-0,157	0,061	-0,142	0,122	-0,275	<b>0,156</b>	-0,098	0,087	-0,262	0,154	0,107
IOS AGO	-0,02	-0,159	-0,023	<i>-0,326</i>	-0,135	-0,24	0,052	<b>-0,064</b>	0,117	-0,118	-0,127	-0,024
IOS SET	0,035	-0,223	-0,004	-0,212	0,033	-0,181	0,192	-0,174	<b>0,12</b>	-0,088	-0,009	0,018
IOS OUT	-0,173	-0,245	-0,147	-0,27	-0,212	-0,309	-0,01	-0,261	-0,097	<b>0,016</b>	-0,027	-0,141
IOS NOV	-0,019	<i>-0,285</i>	-0,044	<i>-0,344</i>	<i>-0,306</i>	-0,185	0,001	-0,235	-0,12	-0,054	<b>-0,245</b>	-0,126
IOS DEZ	0,038	-0,253	-0,038	<i>-0,347</i>	-0,26	-0,151	0,016	<i>-0,39</i>	-0,203	-0,186	-0,26	<b>-0,222</b>

\* Valores em *itálico* são as melhores correlações e **marcadas** são correlações que não serão consideradas. Segundo o teste de Student t correlações maiores que 0,13 são significativas.

anomalia x ime	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
DECJAN	<b>0,166</b>	<i>0,293</i>	0,145	-0,178	-0,143	0,186	0,073	0,151	0,242	0,081	<i>-0,276</i>	-0,122
JANFEB	0,101	<b>0,298</b>	0,128	-0,198	-0,179	0,146	0,003	0,075	0,159	0,066	<i>-0,284</i>	-0,165
FEBMAR	0,039	<i>0,299</i>	<b>0,207</b>	-0,118	-0,158	0,12	-0,053	0,096	0,072	0,083	-0,209	-0,087
MARAPR	0,047	<i>0,304</i>	0,232	<b>-0,057</b>	-0,151	0,146	-0,006	0,145	-0,003	0,119	-0,171	-0,099
APRMAY	-0,106	0,254	0,18	0,006	<b>-0,087</b>	0,107	-0,059	0,13	-0,095	0,195	-0,059	-0,077
MAYJUN	-0,094	<i>0,287</i>	0,182	0,117	-0,038	<b>0,177</b>	-0,066	0,181	-0,15	0,215	0,021	-0,042
JUNJUL	-0,081	0,276	0,135	0,184	0,031	0,19	<b>-0,149</b>	0,199	-0,118	0,25	0,048	0
JULAUG	-0,105	0,223	0,108	0,221	0,041	0,209	-0,157	<b>0,17</b>	-0,123	0,191	0,082	0,031
AUGSEP	-0,036	0,209	0,114	0,276	0,072	0,252	-0,128	0,133	<b>-0,113</b>	0,17	0,177	0,104
SEPOCT	-0,021	0,244	0,111	<i>0,307</i>	0,107	<i>0,291</i>	-0,093	0,197	-0,042	<b>0,132</b>	0,131	0,122
OCTNOV	0,02	0,243	0,07	<i>0,307</i>	0,152	<i>0,278</i>	-0,094	0,233	-0,011	0,091	<b>0,066</b>	0,109
NOCDEC	-0,019	0,227	0,051	<i>0,302</i>	0,169	0,25	-0,09	0,244	0,029	0,117	0,127	<b>0,119</b>

\* Valores em *itálico* são as melhores correlações e **marcadas** são correlações que não serão consideradas. Segundo o teste de Student t correlações maiores que 0,13 são significativas.

**anomalias**

<b>x odp</b>	<b>jan</b>	<b>fev</b>	<b>mar</b>	<b>abr</b>	<b>mai</b>	<b>jun</b>	<b>jul</b>	<b>ago</b>	<b>set</b>	<b>out</b>	<b>nov</b>	<b>dez</b>
odp jan	<b>0,095</b>	0,217	0,184	0,12	-0,056	0,122	0,147	-0,036	0,254	-0,062	0,002	0,091
odp fev	0,069	<b>0,424</b>	<i>0,372</i>	0,094	-0,051	0,215	0,14	0,078	0,282	0,04	0,049	0,232
odp mar	0,073	<i>0,371</i>	<b>0,389</b>	0,118	0,034	0,154	0,161	0,08	0,232	0,13	0,217	0,13
odp abr	0,043	<i>0,39</i>	<i>0,391</i>	<b>0,079</b>	-0,093	0,172	0,141	0,042	0,176	0,155	0,234	0,176
odp mai	-0,057	<i>0,302</i>	<i>0,386</i>	0,045	<b>-0,041</b>	0,044	0,117	-0,003	0,071	0,067	0,218	0,15
odp jun	-0,044	<i>0,297</i>	0,279	0,01	-0,16	<b>0,151</b>	0,176	-0,153	-0,005	-0,04	0,107	0,09
odp jul	-0,003	<i>0,361</i>	0,288	0,235	-0,074	0,125	<b>0,186</b>	0,107	-0,156	0,07	0,187	0,055
odp ago	-0,172	0,262	0,146	0,182	-0,066	0,13	0,034	<b>0,16</b>	-0,089	0,219	0,16	-0,049
odp set	-0,05	0,207	0,112	<i>0,374</i>	-0,032	-0,05	-0,059	0,214	<b>-0,036</b>	0,178	0,253	0,091
odp out	-0,102	<i>0,407</i>	<i>0,336</i>	0,261	0,001	0,228	0,072	0,165	0,034	<b>0,353</b>	<i>0,313</i>	0,087
odp nov	-0,174	0,23	<i>0,323</i>	0,166	-0,042	0,247	0,106	0,222	-0,012	<i>0,331</i>	<b>0,412</b>	0,065
odp dez	-0,215	<i>0,333</i>	<i>0,324</i>	0,145	-0,11	0,134	0,128	0,131	-0,01	0,245	<i>0,321</i>	<b>0,104</b>

\* Valores em *itálico* são as melhores correlações e **marcadas** são correlações que não serão consideradas. Segundo o teste de t-Student correlações maiores que 0,13 são significativas.

**anomalia x**

<b>anom. tsm atl</b>	<b>jan</b>	<b>fev</b>	<b>mar</b>	<b>abr</b>	<b>mai</b>	<b>jun</b>	<b>jul</b>	<b>ago</b>	<b>set</b>	<b>out</b>	<b>nov</b>	<b>dez</b>
tsm jan	<b>0,284</b>	-0,008	0,065	<i>0,284</i>	0,046	0,208	<i>0,323</i>	0,259	0,119	0,057	0,108	0,029
tsm fev	0,041	<b>-0,058</b>	-0,060	0,174	-0,037	0,216	<i>0,310</i>	0,194	0,110	0,085	0,040	-0,005
tsm mar	0,030	-0,234	<b>-0,118</b>	0,173	-0,029	0,199	0,200	0,069	-0,074	-0,071	-0,031	0,005
tsm abr	0,103	-0,241	-0,168	<b>0,141</b>	0,057	0,269	0,264	0,145	-0,099	-0,060	0,041	-0,025
tsm mai	0,132	-0,253	-0,042	0,117	<b>0,081</b>	0,217	0,224	0,148	-0,130	-0,078	0,086	0,061
tsm jun	0,122	-0,180	-0,022	0,206	0,097	<b>0,265</b>	<i>0,304</i>	0,187	-0,096	-0,076	0,134	0,151
tsm jul	0,164	-0,097	0,147	<i>0,311</i>	0,112	0,214	<b>0,311</b>	0,225	-0,044	-0,183	0,129	0,120
tsm ago	0,197	-0,101	0,252	<i>0,287</i>	0,081	<i>0,325</i>	<i>0,347</i>	<b>0,201</b>	-0,032	-0,010	0,217	0,256
tsm set	0,225	-0,100	0,219	0,260	0,080	0,254	0,217	0,204	<b>-0,032</b>	0,156	0,233	0,217
tsm out	0,190	-0,089	0,162	0,278	0,067	0,251	0,188	0,111	-0,122	<b>-0,052</b>	0,150	<i>0,281</i>
tsm nov	0,132	-0,131	0,169	0,212	0,010	0,211	0,129	0,052	-0,210	-0,261	<b>0,011</b>	0,230
tsm dez	-0,022	-0,059	0,114	0,247	0,016	0,204	0,097	0,195	-0,120	-0,138	0,006	<b>0,252</b>

\* Valores em *itálico* são as melhores correlações e **marcadas** são correlações que não serão consideradas. Segundo o teste de t-Student correlações maiores que 0,13 são significativas.

## Correlações entre IME, IOS, ODP e anomalias de TSM do Atlântico e anomalias de precipitação no AM

anomalias x ime	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
DECJAN	0,147	0,265	-0,083	-0,153	-0,266	-0,14	-0,041	-0,262	0,111	-0,047	-0,258	-0,128
JANFEB	0,094	0,297	-0,089	-0,23	-0,297	-0,162	-0,092	-0,286	0,04	-0,03	-0,244	-0,19
FEBMAR	0,007	0,224	-0,004	-0,229	-0,302	-0,193	-0,154	-0,292	-0,086	-0,089	-0,188	-0,2
MARAPR	0,077	0,189	0,078	-0,151	-0,327	-0,225	-0,156	-0,309	-0,208	-0,083	-0,171	-0,189
APRMAY	-0,111	0,149	0,047	-0,189	-0,267	-0,213	-0,206	-0,366	-0,299	-0,031	-0,139	-0,106
MAYJUN	-0,111	0,168	0,035	-0,133	-0,201	-0,137	-0,229	-0,269	-0,343	0,025	-0,066	-0,038
JUNJUL	-0,13	0,169	-0,016	-0,152	-0,116	-0,093	-0,264	-0,211	-0,305	0,083	-0,069	0,023
JULAUG	-0,181	0,08	-0,045	-0,142	-0,081	-0,053	-0,237	-0,198	-0,266	0,044	-0,044	0,043
AUGSEP	-0,15	0,027	-0,051	-0,108	0,006	-0,04	-0,228	-0,208	-0,24	0,049	0,007	0,101
SEPOCT	-0,094	0,031	-0,017	-0,058	0,027	-0,031	-0,183	-0,158	-0,203	0,032	-0,046	0,145
OCTNOV	-0,065	-0,001	-0,081	-0,093	0,079	-0,032	-0,179	-0,113	-0,203	-0,004	-0,1	0,167
NOCDEC	-0,16	0,003	-0,105	-0,116	0,123	-0,008	-0,186	-0,107	-0,14	-0,025	-0,075	0,173

\* Valores em *itálico* são as melhores correlações e *marcadas* são correlações que não serão consideradas. Segundo o teste de Student t correlações maiores que 0,13 são significativas.

anomalias x ios	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
IOS JAN	-0,194	-0,32	0,042	0,153	0,225	0,165	-0,014	0,279	0,01	0,044	0,268	0,209
IOS FEV	0,16	-0,148	0,054	0,29	0,256	-0,01	0,056	0,18	-0,081	0,073	0,145	0,174
IOS MAR	-0,196	-0,162	-0,044	0,217	0,135	0,175	0,085	0,203	0,261	0,192	0,159	0,217
IOS ABR	0,002	-0,18	-0,058	0,328	0,304	0,148	0,133	0,299	0,162	-0,035	0,091	0,147
IOSMAI	-0,078	-0,091	-0,168	-0,015	0,099	0,042	0,019	0,027	0,096	-0,027	0,284	-0,086
IOS JUN	0,166	-0,117	-0,073	-0,181	0,134	-0,11	0,022	0,018	0,24	0,025	0,147	-0,117
IOS JUL	0,114	-0,103	0,088	0,047	0,157	-0,095	0,075	0,039	0,175	-0,29	0,198	-0,065
IOS AGO	0,151	0,065	0,142	0,134	-0,113	0,087	0,166	0,223	0,271	-0,098	0,045	-0,096
IOS SET	0,087	0,008	0,065	0,147	0,045	0,096	0,216	0,016	0,212	-0,117	0,127	-0,066
IOS OUT	-0,205	0	-0,113	-0,034	-0,007	0,023	0,069	0,04	0,207	0,035	0,017	-0,199
IOS NOV	0,076	-0,054	0,09	-0,011	-0,257	-0,038	0,057	-0,099	0,074	0,263	-0,086	-0,229
IOS DEZ	0,217	-0,131	0,092	-0,025	-0,261	-0,007	0,116	-0,097	-0,058	0,123	-0,027	-0,295

\* Valores em *itálico* são as melhores correlações e *marcadas* são correlações que não serão consideradas. Segundo o teste de Student t correlações maiores que 0,13 são significativas.



**anomalias**

x odp	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
odp jan	<b>0,161</b>	0,097	0,231	<i>0,261</i>	-0,181	-0,044	0,142	-0,086	0,094	-0,223	-0,136	0
odp fev	0,172	<b>0,116</b>	<i>0,322</i>	0,181	-0,199	0,005	0,139	-0,117	0,139	-0,278	-0,091	0,043
odp mar	0,108	0,088	<b>0,342</b>	0,17	-0,204	-0,1	0,069	-0,209	0,071	-0,161	-0,007	-0,07
odp abr	0,031	0,076	0,221	<b>0,086</b>	-0,325	-0,087	-0,023	-0,27	0,047	-0,183	0,057	-0,129
odp mai	0	0,031	0,263	0,008	<b>-0,275</b>	-0,256	-0,142	<i>-0,383</i>	-0,123	-0,245	0,082	-0,147
odp jun	0,111	0,077	0,143	0,03	-0,231	<b>-0,233</b>	-0,06	<i>-0,368</i>	-0,105	-0,216	0,145	-0,017
odp jul	0,045	0,26	0,078	0,158	-0,15	-0,271	<b>-0,127</b>	-0,271	-0,254	-0,091	0,134	-0,084
odp ago	-0,195	0,17	0,046	0,118	-0,15	-0,078	-0,186	<b>-0,307</b>	-0,249	0,06	0,101	-0,176
odp set	-0,154	0,031	0,074	0,22	-0,14	-0,237	<i>-0,35</i>	-0,194	<b>-0,104</b>	0,068	0,177	-0,031
odp out	-0,084	0,113	0,254	0,12	-0,196	-0,084	-0,232	<i>-0,315</i>	-0,046	<b>0,105</b>	0,094	-0,012
odp nov	-0,213	0,095	<i>0,281</i>	0,029	-0,243	-0,034	-0,136	-0,172	-0,037	0,022	<b>0,201</b>	-0,118
odp dez	-0,074	0,181	<i>0,329</i>	0,143	<i>-0,28</i>	-0,125	-0,058	-0,056	-0,032	0,063	0,159	<b>-0,034</b>

\* Valores em *itálico* são as melhores correlações e **marcadas** são correlações que não serão consideradas. Segundo o teste de t-Student correlações maiores que 0,13 são significativas.

**anomalia x ano.tsm atl**

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
tsm jan	<b>0,183</b>	0,120	0,269	<i>0,513</i>	0,030	0,050	0,155	0,196	0,216	0,034	0,147	0,155
tsm fev	0,063	<b>0,099</b>	0,243	<i>0,534</i>	-0,054	0,039	0,218	0,122	0,186	0,090	0,029	0,187
tsm mar	0,003	-0,127	<b>0,257</b>	<i>0,466</i>	-0,009	0,075	0,203	0,128	0,120	0,028	-0,002	0,224
tsm abr	0,155	-0,094	0,161	<b>0,476</b>	0,008	0,124	0,217	-0,009	0,047	0,020	0,117	0,128
tsm mai	0,227	-0,142	0,261	<i>0,463</i>	<b>0,002</b>	0,214	0,256	0,032	0,000	0,024	0,145	0,103
tsm jun	0,150	-0,082	0,220	<i>0,490</i>	0,078	<b>0,198</b>	<i>0,297</i>	-0,028	0,099	-0,050	0,191	0,104
tsm jul	0,225	0,032	<i>0,361</i>	<i>0,533</i>	-0,007	0,185	<b>0,238</b>	0,064	0,066	-0,135	<i>0,286</i>	0,096
tsm ago	0,199	-0,058	<i>0,335</i>	<i>0,501</i>	-0,003	0,167	0,184	<b>-0,031</b>	0,001	-0,039	<i>0,296</i>	0,208
tsm set	0,213	-0,112	0,192	<i>0,415</i>	-0,103	0,003	0,031	-0,104	<b>-0,056</b>	0,102	0,192	0,071
tsm out	0,225	-0,038	0,167	<i>0,423</i>	-0,035	0,057	0,054	-0,124	-0,184	<b>0,029</b>	0,203	0,094
tsm nov	0,239	0,023	0,164	<i>0,339</i>	-0,056	0,100	0,084	-0,103	<i>-0,286</i>	-0,094	<b>0,254</b>	0,152
tsm dez	0,040	0,176	0,069	0,274	-0,088	-0,007	0,024	-0,008	-0,131	-0,034	0,208	<b>0,211</b>

\* Valores em *itálico* são as melhores correlações e **marcadas** são correlações que não serão consideradas. Segundo o teste de t-Student correlações maiores que 0,13 são significativas.

