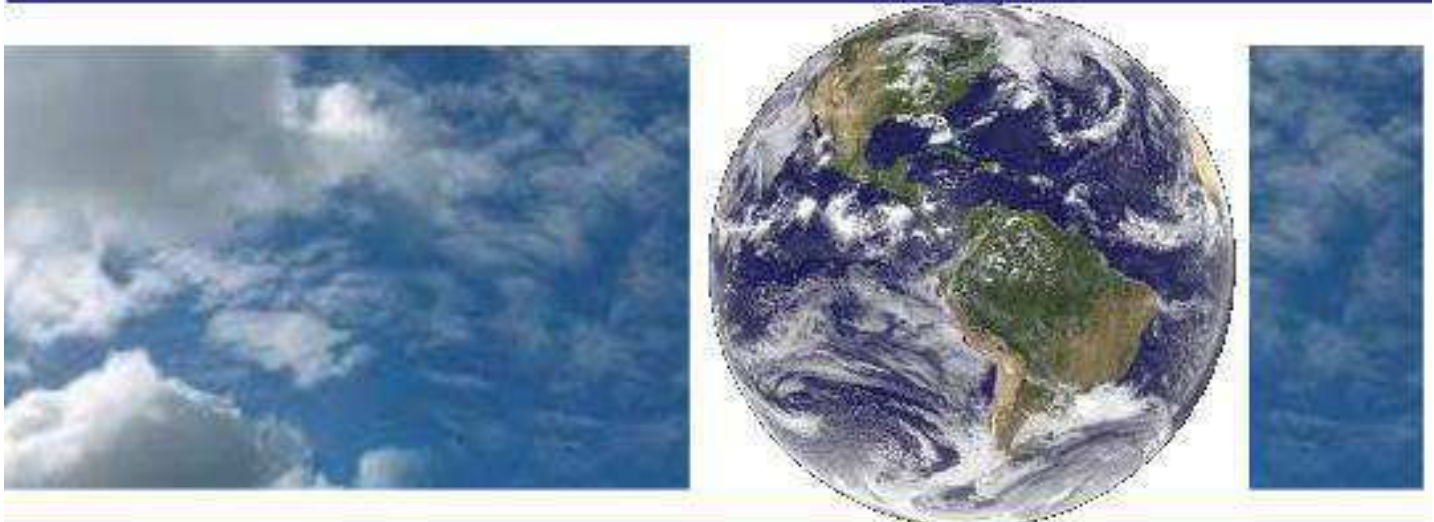


**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS**

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM

METEOROLOGIA



Tese de Doutorado

JANNE LÚCIA DA NÓBREGA FIRMINO

**ANÁLISE GEOAMBIENTAL DA BACIA DO BAIXO PARAÍBA, ATRAVÉS
DO SIG E DO MODELO DE HETEROGENEIDADE DE HABITAT**

Campina Grande, Outubro de 2010



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM METEOROLOGIA**



**ANÁLISE GEOAMBIENTAL DA BACIA DO BAIXO PARAÍBA,
ATRAVÉS DO SIG E DO MODELO DE HETEROGENEIDADE DE
HABITAT**

JANNE LÚCIA DA NÓBREGA FIRMINO

Dezembro de 2010
Campina Grande – PB



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM METEOROLOGIA**



**ANÁLISE GEOAMBIENTAL DA BACIA DO BAIXO PARAÍBA,
ATRAVÉS DO SIG E DO MODELO DE HETEROGENEIDADE DE
HABITAT**

JANNE LÚCIA DA NÓBREGA FIRMINO

Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Meteorologia da Universidade Federal de Campina Grande, como parte das exigências para obtenção do grau de Doutor em Meteorologia.

Aluna: Janne Lúcia da Nóbrega Firmino
Orientador: Dr. Manoel F. Gomes Filho

Dezembro de 2010
Campina Grande – PB

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA
CENTRAL DA UFCG**

F524a Firmino, Janne Lúcia da Nóbrega.
Análise geoambiental da bacia do baixo Paraíba, através do SIG e do modelo de heterogeneidade de habitat / Janne Lúcia da Nóbrega Firmino. - Campina Grande, 2010.
154 f.

Tese (Doutorado em Meteorologia) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2010.
"Orientação : Prof. Dr. Manoel Francisco Gomes Filho".
Referências.

1. Precipitação. 2. Meio Ambiente. 3. Modelo MHH. 4. Satélites. 5. NDVI. 6. Tese - Meteorologia. I. Gomes Filho, Manoel Francisco. II. Universidade Federal de Campina Grande - Campina Grande (PB). III. Título


CDU 551.577(043)


JANNE LÚCIA DA NÓBREGA FIRMINO


ANÁLISE GEOAMBIENTAL DA BACIA DO BAIXO PARAÍBA, ATRAVÉS DO USO DO
SIG E DO MODELO DE HETEROGENEIDADE DE HABITAT

TESE APROVADA EM 27/08/2010

BANCA EXAMINADORA


Prof. Dr. MANOEL FRANCISCO GOMES FILHO
Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas
Universidade Federal de Campina Grande


Prof. Dr. CARLOS ANTONIO COSTA DOS SANTOS
Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas
Universidade Federal de Campina Grande


Prof. Dr. ENILSON PALMEIRA CAVALCANTI
Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas
Universidade Federal de Campina Grande


Profa. Dra. JOSICLÊDA DOMICIANO GALVÊNCIO
Departamento de Ciências Geográficas
Universidade Federal de Pernambuco


Profa. Dra. MARIA LUCIENE DIAS DE MELO
Instituto de Ciências Atmosféricas
Universidade Federal de Alagoas

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, **Jonas Firmino da Silva e Fátima Lúcia da Nóbrega Firmino**, pelo companheirismo, dedicação, alegrias, educação, pois são valores que me passaram e que foram fundamentais durante minha grande jornada, nesta etapa cumprida em minha vida.

Ao meu amor **Antônio**, que com seu amor e sua atenção, com atitudes através de palavras tornou mais fácil esta caminhada, não me deixando esmorecer diante das dificuldades.

Dedico com todo o meu coração.

“Às pessoas, simples cidadãos, e estudiosos, que por prazer e respeito à natureza, trabalham por um mundo melhor.”

“A minha tia **Safira Laurindo da Silva**, que não pode infelizmente compartilhar em vida a realização da conclusão deste trabalho, porém o tempo que esteve presente me enriqueceu de alegrias e perseverança.”

(In memoriam)

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar a **DEUS** por ter me dado forças por todas as dificuldades que passei para chegar ao final deste Doutorado

Aos meus pais **JONAS FIRMINO DA SILVA** e **FÁTIMA LÚCIA DA NÓBREGA FIRMINO** por toda dedicação, carinho, amizade, educação e principalmente AMOR, muito obrigada.

Aos meus irmãos **JUDENILDO DA NÓBREGA FIRMINO**, **JOSINALDO DA NÓBREGA FIRMINO**, **JUCELINO DA NÓBREGA FIRMINO**, **JAILTON DA NÓBREGA FIRMINO**, **MARIA DE FÁTIMA DA NÓBREGA FIRMINO**, **JONATAS DA NÓBREGA FIRMINO** pela a atenção, carinho e respeito que sempre tiveram comigo.

A minha tia **MARIA DE LOURDES FIRMINO DA SILVA SOUSA** que me deu todo o apoio e ajuda para que pudesse seguir com meus estudos.

A minha madrinha **MARIA DA PAZ NÓBREGA** pelo seu incentivo e por toda a sua confiança e admiração.

Ao meu tio **Sebastião Feliz Berto**, pelo apoio, brincadeiras, descontrações nesta jornada da minha vida.

Aos meus amigos(as) Alcides, Patrícia, Ewerton, Mary, em especial a uma amiga que não posso me esquecer nem hoje e nem nunca por todas as nossas batalhas e imprevistos que surgiram no decorrer desta pesquisa meu muito obrigada a **EDIVÂNIA!!!** Em fim todos que direto ou indiretamente estiveram comigo nessa trajetória.

Ao professor Dr. **MANOEL F. GOMES FILHO** por toda sua ajuda, paciência, dedicação e valiosa orientação para a conclusão de mais um trabalho da minha vida acadêmica.

A **Divanete**, que secretária você é.....você é mais do que é isso, não tenho como agradecer a pessoa dedicada, amiga, sempre presente, vou sentir falta....o que posso dizer, **OBRIGADA!!!**

A Universidade Federal de Campina Grande – **UFCG**, principalmente a Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas, pela oportunidade que me foi dada para realizar este curso de doutorado.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – **CNPq-CTHIDRO** pela concessão da bolsa de estudos.

Enfim, agradeço a todos aqueles que, de maneira direta ou indireta contribuíram para a minha experiência de vida e realização deste trabalho.

OBRIGADA ...

"Se as coisas são inatingíveis... ora Não é motivo para não querê-las. Que tristes os caminhos e não fora A presença distante das estrelas".

(Mário Quintana)

OFERECIMENTO

Ao meu primeiro sobrinho, hoje com seis aninhos, **Pedro Henrique Silva da Nóbrega**, pelas alegrias e descontrações, e do amor e carinho que ele tem demonstrado em um sorriso e no brilho dos seus olhinhos, TIA TE AMA!!!

Ofereço...

O segredo é não correr atrás das borboletas... É cuidar do jardim para que elas venham até você. No final das contas, você vai achar não quem você estava procurando, mas quem estava procurando por você!

(Mário Quintana)

RESUMO

Analisaram-se as mudanças significativas no uso e ocupação do solo da Bacia do Baixo Paraíba - BBP ilustrando as diferenças entre os anos de 1975 à 2007, como também a variação da precipitação pluviométrica e temperatura média do ar naquela bacia. Para a análise dessa região utilizou-se de ferramentas integradas baseadas no Sistema de Informações Geográficas (SIG), com técnicas de multi-critérios e Modelagem da Heterogeneidade de Habitat (MHH). Neste contexto, o estudo desenvolveu-se através da utilização de uma imagem de satélite do LANDSAT 7 ETM+ com cena obtida em 28 de setembro de 2007 (analisada mediante o emprego do software *Erdas 8.7*), cartas da SUDENE como base cartográfica na extração das informações de topografia, hidrografia e uso e ocupação do solo na BBP para o ano de 1975. O MHH possibilitou explorar vários cenários da bacia, tais como as características dos fatores ambientais, o uso do solo e cobertura vegetal, e permitiu, detectar as áreas com degradação. A integração de produtos multitemporais (mapas digitais e imagens de sensores remotos) serviu como base no estudo multitemporal da bacia, logo mostrou-se eficiente na análise das modificações ocorridas entre o ano de 1975 e 2007. Através das imagens verificaram-se as profundas modificações na bacia estudada no decorrer do período, conseqüência de uma forte influência de agentes sócio-econômicos, principalmente os relacionados com construção civil. Os impactos ocorridos na BBP foi ocasionado principalmente pelo crescimento desordenado da população, principalmente na costa leste da região. Assim como o grande desmatamento resultou na redução da mata típica da região. Fato este ocasionado pelo aumento da produção do viveiro de camarão e o plantio da cana-de-açúcar. Em períodos de El Niño, como era esperado percebeu-se a presença das anomalias negativas da precipitação na BBP, associado à elevação da temperatura da região analisada, o que nos levou a concluir que estes elementos meteorológicos associados, ao uso inadequado das áreas da bacia e das proximidades resultaram na degradação da mesma. Logo enquanto não forem criadas políticas públicas para o desenvolvimento sustentável da região, que permitam a construção de uma infra-estrutura sócio-econômica sólida, garantindo assim a continuidade dos recursos alimentícios e biológicos que hoje são fornecidos à população, a bacia permanecerá em constante processo de degradação.

Palavras - chaves: Meio Ambiente, Modelo MHH, Satélites, NDVI, Precipitação, Temperatura

ABSTRACT

The significant changes in land occupation and use in the Baixo Paraíba Basin – BPB were analyzed presenting the differences at the year range from 1975 to 2007, as well as the variation in pluviometric precipitation and average air temperature in that basin. For the analysis of this region, integrated tools based on Geographic Information System (GIS) were used, applying multicriteria techniques and Modeling of Habitat Heterogeneity (MHH). In this context, the study was developed through the use of a satellite image from Landsat 7 ETM + with scene obtained on September 28, 2007 (analyzed by the use of *Erdas 8.7* software), SUDENE letters as a cartographic base for the extraction of information about topography, hydrography and land use and occupation in the BPB in 1975. MHH made it possible to explore several scenarios for the basin, such as characteristics of environmental factors, land use and vegetation cover, and to detect the areas of degradation. The multidisciplinary integration of products (digital maps and remote sensing images) served as the basis of a multitemporal study of the basin, which immediately proved to be efficient in the analysis of changes occurring between 1975 and 2007. Images showed deep changes in the basin studied throughout time, due to a strong influence of socio-economic agents, especially those related to the civil construction field. The impacts that occurred in the BPB were mainly caused by the uncontrolled growth of population, especially on the east coast region, just like the great deforestation resulted in reduced forest typical of the region, a fact caused by increased production of farmed shrimp and planting of cane sugar. During El Niño periods, as it had been expected, the presence of negative anomalies of precipitation at BPB was observed, associated to the raising of the temperature in the region analyzed, which led to the conclusion that these meteorological elements combined with the inadequate use of basin areas and their proximities resulted in the degradation of the basin itself. Therefore, as long as public policies are not developed to establish the sustainable development of the region, allowing the construction of a strong socio-economic infrastructure to guarantee the continuity in the supplying of food and biological resources to the population just like nowadays, the basin will remain in constant process of degradation.

Key-words: Environment, MHH Model , Satellites, NDVI, Precipitation, Temperature.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

| | |
|-----------------------------|----|
| 1.1 INTRODUÇÃO | 25 |
| 1.2 Objetivos | 28 |
| 1.2.1 Objetivo Geral | 28 |
| 1.2.2 Objetivos Específicos | 28 |

CAPÍTULO 2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

| | |
|--|----|
| 2.1 Identificações dos impactos ambientais através do Sensoriamento Remoto | 29 |
| 2.2 Sistemas de Informações Geográficas (SIG) | 31 |
| 2.3 Índice de Vegetação por diferença Normalizada – IVDN | 34 |
| 2.4 O sistema LANDSAT (Land Remote Sensing Satellite) | 37 |
| 2.5 O Modelo de Heterogeneidade de Habitat (MHH) | 40 |
| 2.6 Caracterização da Bacia do Baixo Paraíba | 40 |
| 2.6.1 Clima | 40 |
| 2.6.2 Aspectos do Relevo | 41 |
| 2.6.3 Solos | 43 |
| 2.6.4 Precipitação | 44 |
| 2.6.5 Sistemas atuantes na BBP | 45 |
| 2.6.6 Dipolo do Oceano Atlântico | 54 |

CAPÍTULO 3 – DADOS E METODOLOGIA

3. DADOS E METODOLOGIA

| | |
|--------------------|----|
| 3.1 Área de Estudo | 58 |
|--------------------|----|

| | | |
|-------|---|----|
| 3.2 | Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba (BHRP) | 59 |
| 3.3 | Geoprocessamento dos dados cartográficos | 65 |
| 3.4. | Processamento Digital das Imagens de Satélite | 67 |
| 3.4.1 | Composição Coloridas em RGB | 68 |
| 3.4.2 | Composição Coloridas em IHS | 68 |
| 3.4.3 | Razão de Bandas | 68 |
| 3.4.4 | Fusão por RGBI | 69 |
| 3.4.5 | Filtragens | 70 |
| 3.4.6 | Pseudo – Color | 71 |
| 3.4.7 | Geração do Modelo Digital do Terreno | 71 |
| 3.4.8 | Etapas de levantamento de campo | 73 |

CAPÍTULO 4 - RESULTADOS E DISCUSSÕES

| | | |
|--------|--|----|
| 4. | RESULTADOS E DISCUSSÕES | 75 |
| 4.1 | Área cultivada | 79 |
| 4.1.2 | Vegetação natural | 80 |
| 4.1.3 | Viveiro de Camarão | 82 |
| 4.2 | Avaliação do uso e ocupação do solo através dos mapas e atividades de campo | 87 |
| 4.2 | Análise Climática | 91 |
| 4.3.1 | Temperatura | 91 |
| 4.3.2 | Precipitação | 92 |
| 4.2.3. | Análise da anomalia de precipitação para as cidades: João Pessoa, Cabedelo, Bayeux, Santa Rita, para o período estudado (1975 – 2007). Referente aos anos em que o fenômeno El Niño atuou. | 94 |

CAPÍTULO 5 – CONCLUSÕES

| | | |
|----|---|-----|
| 5. | CONCLUSÕES | 133 |
| | SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS | 134 |
| | REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS | 135 |

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

| | |
|----------------|--|
| AESA | Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba |
| APCs | Análise por Componentes Principais |
| AVHRR | Advanced Very High Resolution Radiometer |
| BBP | Bacia do Baixo Paraíba |
| BHRP | Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba |
| BHRT | Bacia Hidrográfica do Rio Taquari |
| BRP | Bacia do Rio Paraíba |
| BRPN | Bacia do Rio Paraíba do Norte |
| CPTEC | Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos |
| ERDAS | Earth Resources Data Analysis System |
| ERTS | Earth Resources Technology Satelites |
| ETM + | Enhanced Thematic Mapper Plus |
| FF | Frentes Frias |
| FUNCEME | Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos |
| GOES | Sistemas Orbitais de Monitoramento e Gestão Territorial |
| GPS | Global Positioning System |
| IBGE | Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística |
| IHS | Intensity Hue Saturation |
| INPE | Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais |
| IPA | Instituto de Permacultura do Amazonas |
| IOS | Índice de Oscilação Sul |

| | |
|-----------------|--|
| LANDSAT | Land Remote Sensing Satellite |
| LI | Linhas de Instabilidade |
| MDT | Modelo de Digital de Terreno |
| METEOSAT | Meteorological Satellite |
| MHH | Modelo de Heterogeneidade de Habitat |
| MCGA | Modelos de Circulação Geral da Atmosfera |
| MS | Mapas de Sustentabilidade |
| NASA | National Aeronautics and Space Administration |
| NEPREMAR | Núcleo de Estudos e Pesquisas de Recursos do Mar |
| IVDN | Índice de Vegetação por Diferença Normalizada |
| NE | Nordeste |
| NEB | Nordeste Brasileiro |
| NDWI | Normalized Difference Water Index |
| NOAA | National Oceanic and Atmospheric Administration |
| NW | Noroeste |
| PDI | Processamento Digital de Imagens |
| PE | Pernambuco |
| RGB | Red Gren Blue |
| RGBI | Red Gren Blue Intensity |
| SIG | Sistema de Informação Geográfica |
| SGBD | Sistema Gerenciador de Banco de Dados |
| SUDENE | Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste |
| TSM | Temperatura da Superfície do Mar |
| UTM | Universal Transversal de Mercator |

| | |
|-------------|------------------------------------|
| VCAS | Vórtice Ciclônico de Ar Superior |
| ZCIT | Zona de Convergência Intertropical |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1: Vórtice Ciclônico de Ar Superior (VCAS) atuando no litoral Paraíbano - Imagem do Satélite METEOSAT - Canal Infravermelho. (Fonte: FUNCEME, 2003). | 46 |
| Figura 2: Centro do Vórtice Ciclônico de Ar Superior sobre a região Nordeste do Brasil - Imagem do Satélite METEOSAT-7 (Fonte: FUNCEME, 2002). | 47 |
| Figura 3: Nuvens associadas ao Vórtice Ciclônico de Ar Superior sobre o Nordeste do Brasil - Imagem do Satélite METEOSAT-7. (Fonte: FUNCEME, 2002). | 47 |
| Figura 4: Foto de satélite com a determinação da área mais ativa (de mais chuva) da Zona de Convergência Intertropical (linhas verdes) no oceano Atlântico. (Fonte: FUNCEME, 2002). | 48 |
| Figura 5: Nebulosidade deslocando-se desde a costa da África até o litoral leste do Brasil sobre a região Nordeste do Brasil - Imagem do Satélite METEOSAT-7. (Fonte: FUNCEME, 2002). | 49 |
| Figura 6: “Ondas de Leste” - Imagem do Satélite METEOSAT - Canal Infravermelho. (Fonte: FUNCEME, 2003). | 50 |
| Figura 7: Frente Fria sobre a região Nordeste do Brasil - Imagem do Satélite METEOSAT-7. (Fonte: FUNCEME, 2002). | 51 |
| Figura 8: Representação esquemática da circulação na fase do Índice de Oscilação Sul (IOS) positiva. (Fonte: Secretária de Recursos Hídricos da Bahia). | 54 |
| Figura 9: Representação esquemática da circulação na fase do Índice de Oscilação Sul (IOS) negativa. (Fonte: Secretária de Recursos Hídricos da Bahia). | 54 |
| Figura 10: Dipolo Positivo: águas mais quentes no Atlântico sul e águas mais frias no Atlântico norte. (Fonte: IPA, 2004). | 55 |
| Figura 11: Dipolo Negativo: águas mais frias no Atlântico sul e águas mais quentes no Atlântico norte. (Fonte: IPA, 2004). | 56 |
| Figura 12: Localização da Área de estudo | 58 |

| | |
|---|----|
| Figura 13: Fluxograma dos três principais passos da pesquisa. Arquivos SIG, análises dos multi-critérios e da cobertura e o mapa final de recomendações. Fonte: (SVORAY <i>et al.</i> (2005)). | 61 |
| Figura 14: Modelo de Heterogeneidade do Habitat (MHH). (Modificado de SVORAY <i>et al.</i> (2005)). | 62 |
| Figura 15: Modelo esquemático da seqüência metodológica da etapa de geoprocessamento dos dados cartográficos. | 66 |
| Figura 16: Esquema simplificado das funções de PDI utilizadas. | 67 |
| Figura 17: Seqüência da Elaboração do MDT. | 72 |
| Figura 18: Distribuição espacial dos postos pluviométricos | 74 |
| Figura 19: Imagem da composição colorida das bandas 5-4-3 do Landsat 7 ETM+ combinadas em RGB destacando as áreas cobertas por vegetação, 2007 | 76 |
| Figura 20: Imagem da composição colorida das bandas 5-3-1 do Landsat 7 ETM+ combinadas em RGB destacando as áreas geoambientais, 2007. | 78 |
| Figura 21: Imagem da composição colorida das bandas 5-2-NDWI do LANDSAT 7 ETM+ combinadas em RGB. Foto A – vegetação de cana-de-açúcar; Foto B – cana-de-açúcar em estágios diferentes de crescimento, 2007.. | 79 |
| Figura 22: Imagem da composição colorida das razões das bandas 7/4-5/3-4/2 do LANDSAT 7 ETM+ combinadas em RGB. Figura A – porção da IR onde é possível observar o mangue (primeiro plano), e a vegetação de mata ou floresta (segundo plano). Figura B – vegetação exuberante de mangue margeando a BBP, 2007. | 81 |
| Figura 23: Viveiro de camarão em construção, evidenciando o crescimento da atividade de carcinicultura na região de estudo. | 82 |

| | |
|--|----|
| Figura 24: Imagem da composição colorida das bandas 5-3-1 do LANDSAT 7 ETM+ combinadas em RGB. Figura A – lagoas que se formaram em áreas isoladas correspondentes às reentrâncias existentes entre os cordões litorâneos. Figura B – atividade de carcinicultura, 2007. | 83 |
| Figura 25: Mapa do uso e ocupação do solo da Bacia do Baixo Paraíba, 1975. | 85 |
| Figura 26: Mapa do uso e ocupação do solo da Bacia do Baixo Paraíba, 2007. | 86 |
| Figura 27: Variação média anual da temperatura para a Bacia do Baixo Paraíba, 1975-2007. | 92 |
| Figura 28: Variação anual da pluviometria para Bacia do Baixo Paraíba, 1975-2007. | 93 |
| Figura 29: Desvios da precipitação referente ao ano de 1976, com relação à média climatológica (período de setenta e nove anos) representada pela linha azul, para cidade de João Pessoa, localizada na Bacia do Baixo Paraíba. | 95 |
| Figura 30: Desvios da precipitação referente ao ano de 1977, com relação à média climatológica (período de setenta e nove anos) representada pela linha azul, para cidade de João Pessoa, localizada na Bacia do Baixo Paraíba. | 95 |
| Figura 31: Desvios da precipitação referente ao ano de 1978, com relação à média climatológica (período de setenta e nove anos) representada pela linha azul, para cidade de João Pessoa, localizada na Bacia do Baixo Paraíba. | 96 |
| Figura 32: Desvios da precipitação referente ao ano de 1983, com relação à média climatológica (período de setenta e nove anos) representada pela linha azul, para cidade de João Pessoa, localizada na Bacia do Baixo Paraíba. | 97 |
| Figura 33: Desvios da precipitação referente ao ano de 1994, com relação à média climatológica (período de setenta e nove anos) | 98 |

representada pela linha azul, para cidade de João Pessoa, localizada na Bacia do Baixo Paraíba.

- Figura 34: Desvios da precipitação referente ao ano de 1995, com relação à média climatológica (período de setenta e nove anos) representada pela linha azul, para cidade de João Pessoa, localizada na Bacia do Baixo Paraíba. 99
- Figura 35: Desvios da precipitação referente ao ano de 1997, com relação à média climatológica (período de setenta e nove anos) representada pela linha azul, para cidade de João Pessoa, localizada na Bacia do Baixo Paraíba. 100
- Figura 36: Desvios da precipitação referente ao ano de 1998, com relação à média climatológica (período de setenta e nove anos) representada pela linha azul, para cidade de João Pessoa, localizada na Bacia do Baixo Paraíba. 101
- Figura 37: Desvios da precipitação referente ao ano de 2002, com relação à média climatológica (período de setenta e nove anos) representada pela linha azul, para cidade de João Pessoa, localizada na Bacia do Baixo Paraíba. 102
- Figura 38: Desvios da precipitação referente ao ano de 2003, com relação à média climatológica (período de setenta e nove anos) representada pela linha azul, para cidade de João Pessoa, localizada na Bacia do Baixo Paraíba. 102
- Figura 39: Desvios da precipitação referente ao ano de 2004, com relação à média climatológica (período de setenta e nove anos) representada pela linha azul, para cidade de João Pessoa, localizada na Bacia do Baixo Paraíba. 103
- Figura 40: Desvios da precipitação referente ao ano de 2005, com relação à média climatológica (período de setenta e nove anos) representada pela linha azul, para cidade de João Pessoa, localizada na Bacia do Baixo Paraíba. 104
- Figura 41: Desvios da precipitação referente ao ano de 2006, com relação à 105

média climatológica (período de setenta e nove anos) representada pela linha azul, para cidade de João Pessoa, localizada na Bacia do Baixo Paraíba.

Figura 42: Desvios da precipitação referente ao ano de 2007, com relação à 105
média climatológica (período de setenta e nove anos) representada pela linha azul, para cidade de João Pessoa, localizada na Bacia do Baixo Paraíba.

Figura 43: Desvios da precipitação referente ao ano de 1998, com relação à 106
média climatológica (período de setenta e nove anos) representada pela linha azul, para cidade de Cabedelo, localizada na Bacia do Baixo Paraíba.

Figura 44: Desvios da precipitação referente ao ano de 2002, com relação à 107
média climatológica (período de setenta e nove anos) representada pela linha azul, para cidade de Cabedelo, localizada na Bacia do Baixo Paraíba.

Figura 45: Desvios da precipitação referente ao ano de 2003, com relação à 108
média climatológica (período de setenta e nove anos) representada pela linha azul, para cidade de Cabedelo, localizada na Bacia do Baixo Paraíba.

Figura 46: Desvios da precipitação referente ao ano de 2004, com relação à 109
média climatológica (período de setenta e nove anos) representada pela linha azul, para cidade de Cabedelo, localizada na Bacia do Baixo Paraíba.

Figura 47: Desvios da precipitação referente ao ano de 2005, com relação à 109
média climatológica (período de setenta e nove anos) representada pela linha azul, para cidade de Cabedelo, localizada na Bacia do Baixo Paraíba.

Figura 48: Desvios da precipitação referente ao ano de 2006, com relação à 110
média climatológica (período de setenta e nove anos) representada pela linha azul, para cidade de Cabedelo, localizada na Bacia do Baixo Paraíba.

- Figura 49: Desvios da precipitação referente ao ano de 2007, com relação à 111
média climatológica (período de setenta e nove anos)
representada pela linha azul, para cidade de Cabedelo, localizada
na Bacia do Baixo Paraíba.
- Figura 50: Desvios da precipitação referente ao ano de 1976, com relação à 112
média climatológica (período de setenta e nove anos)
representada pela linha azul, para cidade de Santa Rita, localizada
na Bacia do Baixo Paraíba.
- Figura 51: Desvios da precipitação referente ao ano de 1977, com relação à 113
média climatológica (período de setenta e nove anos)
representada pela linha azul, para cidade de Santa Rita, localizada
na Bacia do Baixo Paraíba.
- Figura 52: Desvios da precipitação referente ao ano de 1979, com relação à 114
média climatológica (período de setenta e nove anos)
representada pela linha azul, para cidade de Santa Rita, localizada
na Bacia do Baixo Paraíba.
- Figura 53: Desvios da precipitação referente ao ano de 1980, com relação à 115
média climatológica (período de setenta e nove anos)
representada pela linha azul, para cidade de Santa Rita, localizada
na Bacia do Baixo Paraíba.
- Figura 54: Desvios da precipitação referente ao ano de 1982, com relação à 116
média climatológica (período de setenta e nove anos)
representada pela linha azul, para cidade de Santa Rita, localizada
na Bacia do Baixo Paraíba.
- Figura 55: Desvios da precipitação referente ao ano de 1983, com relação à 116
média climatológica (período de setenta e nove anos)
representada pela linha azul, para cidade de Santa Rita, localizada
na Bacia do Baixo Paraíba.
- Figura 56: Desvios da precipitação referente ao ano de 1986, com relação à 117
média climatológica (período de setenta e nove anos)
representada pela linha azul, para cidade de Santa Rita, localizada

na Bacia do Baixo Paraíba.

- Figura 57: Desvios da precipitação referente ao ano de 1988, com relação à média climatológica (período de setenta e nove anos) representada pela linha azul, para cidade de Santa Rita, localizada na Bacia do Baixo Paraíba. 118
- Figura 58: Desvios da precipitação referente ao ano de 1998, com relação à média climatológica (período de setenta e nove anos) representada pela linha azul, para cidade de Santa Rita, localizada na Bacia do Baixo Paraíba. 119
- Figura 59: Desvios da precipitação referente ao ano de 2002, com relação à média climatológica (período de setenta e nove anos) representada pela linha azul, para cidade de Santa Rita, localizada na Bacia do Baixo Paraíba. 120
- Figura 60: Desvios da precipitação referente ao ano de 2003, com relação à média climatológica (período de setenta e nove anos) representada pela linha azul, para cidade de Santa Rita, localizada na Bacia do Baixo Paraíba. 120
- Figura 61: Desvios da precipitação referente ao ano de 2004, com relação à média climatológica (período de setenta e nove anos) representada pela linha azul, para cidade de Santa Rita, localizada na Bacia do Baixo Paraíba. 121
- Figura 62: Desvios da precipitação referente ao ano de 2005, com relação à média climatológica (período de setenta e nove anos) representada pela linha azul, para cidade de Santa Rita, localizada na Bacia do Baixo Paraíba. 122
- Figura 63: Desvios da precipitação referente ao ano de 2006, com relação à média climatológica (período de setenta e nove anos) representada pela linha azul, para cidade de Santa Rita, localizada na Bacia do Baixo Paraíba. 123
- Figura 64: Desvios da precipitação referente ao ano de 2007, com relação à média climatológica (período de setenta e nove anos) representada pela linha azul, para cidade de Santa Rita, 123

localizada na Bacia do Baixo Paraíba.

- Figura 65: Desvios da precipitação referente ao ano de 1997, com relação à média climatológica (período de setenta e nove anos) representada pela linha azul, para cidade de Bayeux, localizada na Bacia do Baixo Paraíba. 125
- Figura 66: Desvios da precipitação referente ao ano de 1998, com relação à média climatológica (período de setenta e nove anos) representada pela linha azul, para cidade de Bayeux, localizada na Bacia do Baixo Paraíba. 125
- Figura 67: Desvios da precipitação referente ao ano de 2003, com relação à média climatológica (período de setenta e nove anos) representada pela linha azul, para cidade de Bayeux, localizada na Bacia do Baixo Paraíba. 126
- Figura 68: Desvios da precipitação referente ao ano de 2004, com relação à média climatológica (período de setenta e nove anos) representada pela linha azul, para cidade de Bayeux, localizada na Bacia do Baixo Paraíba. 127
- Figura 69: Desvios da precipitação referente ao ano de 2005, com relação à média climatológica (período de setenta e nove anos) representada pela linha azul, para cidade de Bayeux, localizada na Bacia do Baixo Paraíba. 128
- Figura 70: Desvios da precipitação referente ao ano de 2006, com relação à média climatológica (período de setenta e nove anos) representada pela linha azul, para cidade de Bayeux, localizada na Bacia do Baixo Paraíba. 129
- Figura 71: Desvios da precipitação referente ao ano de 2006, com relação à média climatológica (período de setenta e nove anos) representada pela linha azul, para cidade de Bayeux, localizada na Bacia do Baixo Paraíba. 129
- Figura 72: Evolução dos valores de IOS calculados para eventos do tipo El Niño desde 1970. (Fonte: NOAA, 2009). 132

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|-----|
| Tabela 1: Resumo das principais aplicações dos 8 canais do satélite LANDSAT 7 ETM+. (Fonte: LILLESAND, (2002)). | 39 |
| Tabela 2: Classes do mapa de uso e ocupação do solo da Bacia do Baixo, 1975 | 89 |
| Tabela 3: Classes do mapa de uso e ocupação do solo da Bacia do Baixo Paraíba, 2007 | 90 |
| Tabela 4: Registro de El Niño anteriores, desde o início da medição de temperatura do Oceano Pacífico Equatorial. Fonte: Centro de Previsão e Estudos Climáticos – CPTEC, 2010. | 131 |

CAPÍTULO 1

1. INTRODUÇÃO

O homem é o responsável direto pela preservação, uso e manejo sustentável do meio ambiente. A utilização dos recursos naturais, sem um planejamento prévio, leva de forma mais rápida a uma degradação ambiental. Mesmo que esta não seja perceptível em um curto espaço de tempo, as gerações futuras poderão não usufruir dos recursos ainda hoje existentes.

As condições adversas do meio ambiente, aliadas ao desenvolvimento de atividades econômicas ainda bastante rudimentares, concomitante com a falta de planejamento compatível com os recursos disponíveis e a extrema vulnerabilidade do sistema produtivo, se constituem em aspectos desfavoráveis à produção agrícola e ao manejo dos recursos naturais nessas regiões, fato este peculiar também no Estado da Paraíba. Ademais, a ação antrópica vem provocando continuamente a degradação dos recursos naturais ocasionando danos até irreversíveis ao meio ambiente.

Segundo SANO *et al.*,(2001) o estudo do ambiente restringe-se a dois tipos de áreas: áreas urbanas e áreas rurais. O homem tem por tradição deteriorar o ambiente, indiscriminadamente, polui o ar, destrói as florestas, a fauna, as águas e os solos pelo mau uso de técnicas agrícolas e pecuária (fogo, agrotóxicos), entre centenas de ações inadequadas ao ambiente. A deterioração física, sócio-econômica e ambiental é hoje uma realidade constante nas bacias hidrográficas do país. Como consequência a esta deterioração desvairada a natureza responde com erosões, secas, enchentes, doenças e a miséria generalizada. Para corrigir o ambiente deteriorado faz se necessário planejar a tradicional unidade ambiental de planejamento: a Bacia Hidrográfica.

Segundo PRINCE (2000) para gerenciamento dos processos naturais, que são de caráter dinâmico, é necessário dispor de uma fonte de dados com agilidade temporal que satisfaça ao lapso de tempo de mudanças impostas pela ocupação antrópica. Desta forma, o atendimento a esses objetivos pode ser até certo nível, satisfeito através de dados obtidos a

partir de técnicas de sensoriamento remoto, especialmente àquelas coletadas mediante sistema a bordo de satélites.

O conhecimento sobre o uso da terra ganha força pela necessidade de garantir a sua sustentabilidade diante das questões ambientais, sociais e econômicas a ele relacionadas e presente em debates sobre o desenvolvimento sustentável. Apesar da questão da abordagem, nos estudos ambientais, ainda no início da adoção de sensores remotos e recursos computacionais para classificação digital dos padrões de uso da terra, não destacaram as questões teóricas e conceituais dirigidas à preocupação e motivação desse levantamento, a identificação da cobertura da terra ainda são realizados sem referência as questões sócio-econômicas e ambientais (IBGE, 2006).

Segundo SVORAY *et al.*,(2005) para a identificação da cobertura vegetal fez-se uso da aplicação do IVDN (índice de vegetação por diferença normalizada) mostrada em imagens de satélites, ele verificou baixos índices dessa cobertura em regiões semi-áridas para diferentes biomas.

A avaliação ambiental bem desenvolvida, conforme (FRIES e TOWNSHEND, 1994), precisa estabelecer uma medida de comparação entre situações alternativas. Avaliar pressupõe mensurar e comparar, por conseguinte, um dos principais produtos de uma avaliação ambiental é o cenário ambiental futuro da região sob estudo, ou seja, o seu cenário-alvo. Esse cenário é o fundamento para o desenvolvimento de um plano ambiental integrado para a região, que buscará garantir níveis compatíveis de qualidade ambiental e de funcionalidade dos fatores ambientais nela ocorrentes.

A qualidade da água de uma microbacia pode ser influenciada por diversos fatores e, dentre eles, estão o clima, a cobertura vegetal, a topografia, a geologia, bem como o tipo, o uso e o manejo do solo da bacia hidrográfica (TUCCI, 2003). Segundo ARCOVA *et al.* (2003), os vários processos que controlam a qualidade da água de determinado manancial fazem parte de um frágil equilíbrio, motivo pelo qual alterações de ordem física, química ou climática, na bacia hidrográfica, podem modificar a sua qualidade.

Nas bacias com cobertura de floresta natural, a vegetação promove a proteção contra a erosão do solo, a sedimentação e a lixiviação excessiva de nutrientes (CRUCIANI, 2002), sendo essas áreas muito importantes para manter o abastecimento de água de boa

qualidade. Por outro lado, as práticas que se seguem após a retirada das árvores tendem a produzir intensa e prolongada degradação (SCHUMACHER, 1998).

O Estado da Paraíba encontra-se completamente inserido na grande bacia hidrográfica denominada Bacia do Atlântico Norte/Nordeste. Apesar de ser um dos menores Estados do Brasil em área, possui uma notável heterogeneidade de paisagens naturais. Rios perenes e intermitentes, variada vegetação desde formações florestais com mata atlântica, até a caatinga herbácea, relevo marcado por planícies, planaltos, serras e vales, estas diversidades naturais, propícias às diferentes formas de uso, levam a uma convivência nem sempre pacífica entre práticas convencionais e modernas do uso dos recursos naturais. No quadro sócio-econômico destaca-se a pobreza em grande parte da população paraibana (AESAs, 2006a).

A exploração racional e sustentável dos recursos alimentares e biológicos se torna cada vez mais necessária, tendo em vista o aumento da população mundial, principalmente em regiões em que o balanço entre oferta e demanda apresenta-se desequilibrado, como é o caso de muitas bacias hidrográficas localizadas no Nordeste Brasileiro (LEWIS, 2004). Nesse quadro se destaca a Bacia do Baixo Paraíba por sua exploração nos recursos naturais, visto que possui uma grande diversidade natural e sócio-econômica, estando assim muito vulnerável à ação antrópica.

Neste sentido, tem sido cada vez abrangente o uso do sensoriamento remoto em análise geoambiental nos estudos sobre as bacias, pois é uma das tecnologias que permite estender medições da vegetação em diferentes escalas temporais e espaciais. Dados provenientes de diferentes sensores orbitais e aerotransportados encontram-se disponíveis para pesquisas, onde se incluem a obtenção e análise de imagens multitemporais. A natureza contínua dos dados espectrais no tempo permite desenvolver estudos envolvendo o comportamento sazonal da composição biofísica e bioquímica da região (SADER *et al.*, 1990).

Esta pesquisa visa avaliar as alterações ocorridas na Bacia do Baixo Paraíba, através do uso de ferramentas integradas baseadas no sistema de informações geográficas (SIG), com técnicas de multi-critérios e Modelagem da Heterogeneidade de Habitat (MHH) proposta por SVORAY *et al.* (2005).

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

O estudo a ser desenvolvido, tem como principal objetivo a análise do uso e da cobertura da terra através de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento, para dar suporte e servir como instrumento efetivo para estimular programas e ações de políticas através de gestores ambientais locais, que possam responder aos problemas identificados nos recursos naturais da Bacia do Baixo Paraíba.

1.2.3 Objetivos específicos

- a) Análise da cobertura vegetal e geoambiental, utilizando a composição de bandas para o IVDN;
- b) Identificar as mudanças ocorridas no uso e ocupação do solo da Bacia do Baixo Paraíba;
- c) Análise da variação temporal da precipitação e temperatura da região em estudo;
- d) Identificar se as mudanças no uso do solo se estão alterando o microclima da BBP;
- e) Utilizar fotografias *in situ* das áreas relacionadas à região de estudo.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O estudo de bacias hidrográficas torna-se cada vez mais importante para a exploração racional dos recursos naturais e para um adequado controle ambiental. A Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba constitui uma região de alta produtividade biológica e grande concentração de recursos alimentares. Por outro lado é uma região afetada por variações naturais e ações realizadas pelo homem, como grandes concentrações populacionais que aceleram a exploração de recursos e contribuem para descarga de poluentes diversos na água, podendo causar sérios problemas ao ambiente (JARLAN *et al.*, 2008).

Na busca de um melhor planejamento, diversos autores usam ferramentas, tais como imagens de satélites, Sistemas de Informações Geográficas e Modelos, para estudar os impactos ambientais.

2.1 Identificações dos impactos ambientais através do Sensoriamento Remoto

Os primeiros trabalhos com sensoriamento remoto direcionados para o mapeamento do uso da terra remontam ao início da década de 70, quando a NASA (National Aeronautics and space administration), no ano de 1973, realizou a partir de imagens do LANDSAT o levantamento dos recursos naturais para o planejamento do uso da terra nos Estados Unidos, Canadá e África. Posteriormente, ALLAN (1977), também utilizou imagens de LANDSAT em mapeamento do uso da terra no continente africano.

São diversas as áreas das ciências naturais em que o sensoriamento remoto tem sido empregado com sucesso, principalmente no que se refere ao meio ambiente, tais como os estudos de monitoramento ambiental, PONTES (1993) meteorologia e climatologia

(ROSA *et al.*,1993; ABDON, 1982), avaliação da aptidão agrícola (Fernandes *et al.*,1999), etc.

Portanto em se tratando de áreas de extensões relativamente grandes, a aplicação da técnica do sensoriamento remoto, através da interpretação de imagens de satélite, torna-se imprescindível, posto que possibilita, entre outros, a análise útil da vegetação (FERREIRA *et al.*,2001).

Uma entre as muitas aplicabilidades das imagens de sensoriamento remoto, devido principalmente à visão sinóptica dos dados da superfície terrestre que estas proporcionam, é o trabalho de monitoramento geoambiental de áreas costeiras por meio de estudo multitemporal das transformações ocorridas nesses ambientes, resultantes de processos naturais e/ou antrópicos. O resultado dessas transformações pode ser apresentado em forma de cartas temáticas, representativas de informações qualitativas e/ou quantitativas (LIMA, 2001).

Segundo ROSA (2003), é necessário que o acompanhamento e distribuição espacial do uso e ocupação do solo sejam analisados constantemente para auxiliá-lo nos estudos de desenvolvimento de determinada região. Neste contexto, as imagens de satélite constituem-se em importante ferramenta, bem consolidadas, como fonte de dados espaçotemporais permitindo análises das mudanças ocorridas no uso do solo, ou seja, na forma como o espaço está sendo utilizado pelo homem.

Logo, as imagens de satélite possibilitam uma visão clara, abrangente e atual do uso da terra. A alta resolução espacial, espectral e temporal dos atuais sistemas de sensores permite que com o uso de aplicativos de computador, para o tratamento e processamento das imagens, obtenha-se análises precisas de qualquer fenômeno que esteja ocorrendo na superfície da terra e dos mares, em um espaço de tempo curto e com a possibilidade de acompanhamento da evolução destes fenômenos (WILSON, 2003) .

Todavia, a importância da conservação e do uso sustentável das áreas úmidas vem sendo pauta de pesquisas e tratados intergovernamentais. O estabelecimento de diretrizes para avaliação ambiental em regiões que contemplem ou interferem na qualidade e na dinâmica de áreas úmidas tem sido prioridade em estudos desenvolvidos por organizações nacionais e internacionais voltadas ao meio ambiente (ABDON *et al.*,2005).

Com a finalidade de reduzir custos operacionais e tornar o monitoramento e o estudo dos recursos hídricos mais eficazes, pesquisadores buscam soluções baseadas em equipamentos e técnicas de Sensoriamento Remoto em apoio ao trabalho de investigação dos corpos d'água. Técnicas e metodologias são criadas para mensurar, classificar e relacionar eventos. É comum o uso de imagens da superfície da terra, adquiridas em várias bandas do espectro eletromagnético, para mapear e delinear feições, mas é necessário também, extrair medidas qualitativas dessas feições (POLIDORIO *et al.*,2006).

Segundo FEOLI *et al.*,(2002) SÁ *et al.*,(2006) e BARBOSA *et al.*,(2007), a aplicação do geoprocessamento, especialmente imagens de satélites, em estudos da degradação ambiental, é um instrumento bastante eficiente, por permitir uma maior dinâmica no processo da geração de informações, produtividade e versatilidade no manuseio dos dados.

Diversos trabalhos já foram publicados enfatizando técnicas de processamento digital de imagem de sensoriamento remoto aplicáveis em estudos geoambientais com objetivo de identificar as diferentes unidades (vegetação, solo, geologia, etc) presentes nas imagens. RIGOL e CHICA-OLMO (1998) e SPATZ (2003) sugerem a fusão de multisensores (LANDSAT TM e SPOT), razão de bandas e Análise por Componentes Principais (APCs) para se obter um melhor resultado na classificação das tipologias vegetais.

2.2 Sistemas de Informações Geográficas (SIG)

Os SIG são fontes confiáveis e ágeis para se estruturar uma análise da dinâmica de uma dada região (GOODCHILD *et al.*,1993). Este compartilhamento de capacidade operativa na aquisição de dados via sensoriamento remoto, com o tratamento, análise e modelagem com uso de SIG têm demonstrado potencial para a cartografia temática de maneira agilizada e com significativa precisão (BARROS JÚNIOR, 2000).

Portanto o SIG captura, armazena, verifica, integra, manipula, analisa e visualiza dados georeferenciados. Isto normalmente envolve uma base de dados espacialmente referenciada e software apropriado. Um sistema SIG contém subsistemas para: entrada de

dados, representação, armazenamento e pesquisa de dados, gestão, transformação e análise de dados, geração de relatórios, gráficos e estatísticas e saída de dados (HANNA, 1998).

De acordo com STAR e ESTES (1990), estes sistemas são destinados ao tratamento de dados referenciados espacialmente e, para tal, manipulam dados de diversas fontes, como mapas, imagens de satélites, cadastros e outras, permitindo recuperar e combinar informações e efetuar os mais diversos tipos de análise sobre os dados.

Segundo Santos (2000) o SIG é um instrumento capaz de resolver os problemas encontrados no gerenciamento de um sistema de informações, advindos principalmente do crescimento econômico, da dinâmica social e do desenvolvimento de novas formas de manejo ambiental. Toda esta capacidade gerencial faz do SIG uma ferramenta cada vez mais utilizada nas mais variadas áreas.

Em ambiente SIG distinguem-se três tipos principais de modelos: modelos cartográficos, modelos baseados em regras e modelos estatísticos (JOHNSTON, 2001). Os modelos cartográficos resultam da simples combinação de várias camadas de informação, recorrendo às capacidades operativas dos SIG (BERRY, 1997; JOHNSTON, 2001), com o objetivo de localizar as áreas com as propriedades ecológicas desejadas. A modelação baseada em regras recorre a sistemas periciais para o estabelecimento de regras de decisão (WALKER, 1994; PEREIRA e DUCKSTEIN, 1995).

As técnicas de Sensoriamento Remoto aliado ao uso do SIG é de grande importância no estudo e na preservação dos recursos naturais da terra, uma vez que nos permite mapear lugares de difícil acesso bem como facilita no acompanhamento dos processos dinâmicos da natureza (BARROS JÚNIOR, 2000).

De acordo com TSOU e WHITTEMORE (2001), a integração de modelos aos SIGS é classificada em dois tipos: integração por meio de uma interface de transferência de dados entre o modelo e o SIG ou a integração das equações do modelo ao SIG. Na primeira forma de integração, cria-se uma interface para conversão e transferência dos dados armazenados em camadas do SIG para os arquivos de entradas dos modelos. Executa-se o modelo e utiliza-se novamente a interface para transferência dos arquivos de saída do modelo para camadas do SIG, onde os resultados da simulação são apresentados. Nessa forma de integração, o SIG assume papel de pré e pós-processador.

NUNES *et al.*,(2002) reportam que os recursos na área de sensoriamento remoto oferecem a possibilidade de monitoramento contínuo de fenômenos espaciais. Como exemplo, a estruturação de base digital georreferenciada, contendo levantamentos básicos e temáticos, foi de grande contribuição para a elaboração dos Planos de Manejo das Unidades de Conservação.

OLIVEIRA *et al.*,(2004) verificou a evolução do uso da terra em Botucatu – SP, através do SIG, que se mostraram eficientes na identificação e mapeamento das áreas como uso da terra, facilitando o processamento dos dados.

Os SIG, utilizados para armazenamento e tratamento de informações especializadas, possibilitam maior flexibilidade e rapidez na análise de cenários alternativos, através da superposição e integração dos fatores ambientais. A análise da superposição apenas visual é realizada entre as informações primárias de geologia, geomorfologia, solos e vegetação, sempre aos pares. Superposições oriundas da álgebra booleana são utilizadas na geração de informações secundárias, como o mapa de aptidão agrícola (solo x relevo) (SANTOS *et al.*,1997) e o mapa de transgressão do uso da terra (uso x aptidão) (SILVA e ABDON, 2004).

As ferramentas geotecnológicas podem ser estruturadas em um SIG para caracterizar, avaliar e propor ações de controle de uso dos recursos naturais que visem à conservação da biodiversidade (SAUSEN, 2005).

Num país de dimensão continental como o Brasil, onde existe uma grande carência de informações adequadas para a tomada de decisões sobre problemas urbanos e ambientais, tais sistemas representam um enorme potencial, principalmente se forem baseados em tecnologias de custo relativamente baixo e se todo o conhecimento for adquirido localmente (ABDALA, 2005).

TERRADO *et al.*,(2006) analisou a qualidade ambiental da bacia do rio Ebro localizado no Nordeste da Espanha usando análises de componentes principais acoplado ao SIG, o qual identificou fontes de contaminação como: metais pesados, compostos orgânicos e outros parâmetros físico-químicos.

Verificou-se também o mapeamento através do SIG, no Norte da Irlanda o que mostrou uma boa associação, entre a composição química do solo e o tipo de rocha nessa localidade (JORDAN *et al.*,2007).

Neste sentido, Os SIG constituem uma ferramenta formidável para a gestão municipal porque permite construir modelos digitais a partir da cartografia de um território e com informações associadas, desenvolver aplicações na informática e assim compreender melhor os recursos que se administram no território, logo tanto o governo como toda uma sociedade poderá tomar decisões certas baseadas nas informações obtidas (DANNA *et al.*,2007).

Em estudo realizado no município de Cedro – PE, verificando mudanças na cobertura vegetal regional, SOUSA, (2007) demonstrou que a utilização de SIG e sensoriamento remoto foram ferramentas indispensáveis para o acompanhamento das mudanças na cobertura vegetal na região de estudo.

2.3 Índice de Vegetação por diferença Normalizada – IVDN

Nas últimas décadas, as mudanças provocadas pelo homem no meio ambiente têm sido intensas, ocasionando impactos de diferentes naturezas no solo, na água, na atmosfera, na biodiversidade e na população humana. A conscientização dessas mudanças cresceu e os estudos sobre mudanças globais e seus impactos têm sido destacados no campo das ciências da natureza (GURGEL *et al.*,2003).

A utilização de índices de vegetação, gerados a partir de dados de sensoriamento remoto, constitui uma importante estratégia para o monitoramento das alterações naturais, ou produzidas pelo homem, no meio ambiente. Estes índices têm sido usados na estimativa de vários parâmetros da vegetação como, por exemplo, a quantidade de biomassa verde (TUCKER, 1979).

Segundo CÂMERA *et. al* (1996), o uso do solo é um fator relevante no controle da erosão do solo, então, uma área com maior contração de biomassa verde, ou seja, IVDN este tendem a oferecer maior proteção ao solo, atenuando o impacto da chuva e do vento, um dos elementos-chave na distribuição da vegetação é a precipitação, pois pode apresentar uma alta variabilidade tanto espacial quanto temporal;

Atenção considerável tem sido dada aos índices de vegetação calculados a partir do sensor da série Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR) - National

Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). Esses índices têm sido amplamente usados para o monitoramento regional ou global da cobertura vegetal (EASTMAN e FULK 1993, ANYAMBA e EASTMAN 1996; POTTER e BROOKS 1998; RICHARD e POCCARD 1998).

Os índices de vegetação são uma importante ferramenta gerada por técnicas de sensoriamento remoto que têm sido amplamente empregados em diversos trabalhos que buscam relacionar as informações captadas pelos sensores com a vegetação presente na área imageada. Através destes índices são obtidas informações a respeito da quantidade de biomassa verde e dos parâmetros de crescimento e desenvolvimento da vegetação.

Um índice de vegetação resulta da combinação dos valores de refletância em dois ou mais intervalos de comprimento de onda, possuindo uma relação com a quantidade e o estado da vegetação em uma dada área da superfície terrestre. Em função disto, uma característica inerente aos índices de vegetação é a redução no volume dos dados a ser analisado, pois praticamente toda a informação referente à vegetação fica resumida a somente um valor numérico. Este fato facilita o monitoramento e o estudo do crescimento/desenvolvimento da vegetação, e, também, uma eventual inserção dessa informação em modelos agrometeorológicos - espectrais de estimativa de rendimento de culturas agrícolas (RIZZI, 2004).

Os índices de vegetação são modelos numéricos, lineares ou não, que guardam uma relação direta e satisfatória com a fitomassa foliar verde (TUCKER, 1997; GAMON *et al.*, 1995). As imagens de índices de vegetação são derivadas a partir das respostas espectrais oriundas da superfície terrestre, e a refletância da cobertura vegetal depende das propriedades estruturais e ópticas da vegetação e do solo (MYNENI *et al.*, 1995). Segundo GATES *et al.* (1965) a refletância na faixa do vermelho (600-700 nm) reduz com o aumento do índice de área foliar, enquanto que na faixa do infravermelho próximo (700-1100 nm) é verificado que a refletância é diretamente proporcional ao aumento do índice de área foliar.

O IVDN é considerado um bom estimador de biomassa, sendo o índice mais utilizado em pesquisas relacionadas à dinâmica da cobertura vegetal, tais como acompanhamento e avaliação de rendimento de culturas e agricultura de precisão, ou seja,

prática agrícola na qual utiliza-se tecnologia de informação baseada no princípio da variabilidade do solo e clima (PONTES, 2005).

KYRILLOS *et al.*,(2000), LAL *et al.* (2005) e (KASSER *et al.*,2000), RIBEIRO e TEOTIA, (2005) obtiveram resultados satisfatórios aplicando o IVDN para caracterização das comunidades vegetais em suas respectivas áreas.

Cartas-imagem do índice IVDN () constituem-se em importantes ferramentas para o monitoramento e a avaliação do vigor da cobertura vegetal, permitindo a obtenção de informações a respeito da dimensão e efeitos (impactos) da estiagem (JUNGES e GUSSO, 2005).

Segundo MOREIRA e SHIMABUKURO (2004), na literatura são encontrados mais de cinquenta índices de vegetação sendo quase todos obtidos de medidas da reflectância nas faixas espectrais do vermelho e infravermelho próximo do espectro eletromagnético. Os dois tipos mais comumente utilizados, no entanto, são: Razão Simples (RVI) e o IVDN).

O IVDN tem sido utilizado basicamente para estimar biomassa e mudanças no desenvolvimento das comunidades vegetais (BATISTA *et al.*,1993; FRASER *et al.*,2000; HAMADA, 2000; VOLPATO, 2002).

KANAZAWA (2003) verificou que os espaços verdes das cidades são hoje áreas de extrema importância para a qualidade de vida de quem nelas vive. Técnicas de processamento digital de imagens orbitais apresentam resultados satisfatórios com relação à distribuição da vegetação, dentre as quais podemos destacar modelos numéricos de índices de vegetação como o IVDN que visam identificar a densidade de vegetação por meio da avaliação das respostas espectrais.

Segundo FORESTI e HAMBURGER (1997) para a maioria das regiões, a maior correlação entre o IVDN e a quantidade de precipitação ocorre quando se compara o IVDN com a precipitação do mês anterior.

2.7 O sistema LANDSAT (Land Remote Sensing Satellite)

Tendo em vista as excelentes perspectivas da obtenção de dados sobre os recursos terrestres, proporcionados por satélites meteorológicos por volta da década de 60, o governo norte americano, através da NASA, iniciou estudos sobre a viabilidade de construção e lançamento de uma série de satélites para pesquisas de recursos terrestres, que inicialmente receberam o nome de ERTS (Earth Resources Technology Satelites), e mais tarde foram chamados de LANDSAT (NICHOLSON E FARRAR, 1994).

Assim, o programa LANDSAT foi desenvolvido pela NASA com o objetivo de permitir a aquisição de dados espaciais, espectrais e temporais da superfície terrestre. (TEOTIA *et al.* 2003), reporta que o sistema ERTS (Earth Resources Technology Satellites), foi desenvolvido com a finalidade de proporcionar praticidade no inventário e manejo dos recursos naturais da terra.

Lançado em 1984, o sistema LANDSAT 5-TM é composto por 7 bandas espectrais, sendo cada uma correspondente a uma faixa do espectro eletromagnético. LANDSAT 7-ETM+ foi lançado em abril de 1999, com um novo sensor a bordo denominado ETM+ (Enhanced Thematic Mapper Plus). A principal diferença entre esses dois sistemas é a adição de uma banda espectral (banda Pancromática) com resolução de 15 m, perfeitamente registrada com as demais bandas, melhorias nas características geométricas e radiométricas, e o aumento da resolução espacial da banda termal para 60 m (SILVA, 2000).

Os satélites LANDSAT operam numa órbita heliocêntrica, a uma altitude de 750 km e cruzam a linha do equador no sentido norte – sul, precisamente 09:45 horas, fuso horário de Brasília, e apresentam recobrimento repetitivo a cada 16 dias. Percorre o espaço de 7,7 km/s e o tempo de obtenção de uma cena é de 24 segundos (Barbosa, 1996).

Para a composição do mapa referente ao uso da Terra, ROSSATO *et al.*,(2002) utilizaram imagem orbital do satélite LANDSAT 7 – ETM+, composição das bandas 3, 4, e 5, por apresentarem uma boa discriminação para estudo de solo, vegetação e lâmina d'água.

Uma imagem LANDSAT 7 ETM+ é composta por 8 bandas espectrais que podem ser combinadas em inúmeras possibilidades de composições coloridas e opções de processamento. Entre as principais melhorias técnicas, se comparado ao seu antecessor, o satélite LANDSAT 5, destacam-se a adição de uma banda espectral (banda Pancromática)

com resolução de 15 m, perfeitamente registrada com as demais bandas, melhorias nas características geométricas e radiométricas, e o aumento da resolução espacial da banda termal para 60 m.

Esses avanços tecnológicos permitem qualificar o LANDSAT 7 como sendo o satélite mais interessante para a geração de imagens de satélites com aplicações diretas até a escala 1:25.000, em áreas rurais principalmente. Mesmo em grandes extensões de território, como acontece freqüentemente no Brasil, pode-se observar na tabela 1 as principais aplicações dos oito canais do LANDSAT 7 ETM+ (SOARES E FILHO, 2006).

Tabela 1: Resumo das principais aplicações dos 8 canais do satélite LANDSAT 7 ETM+. (Fonte: LILLESAND, (2002)).

| Bandas | Comprimento de onda (μm) | Localização espectral Nominal | Principais aplicações |
|---------------|---|---|---|
| 1 | 0,45 - 0,52 | Azul | Para penetração de corpos d'água; útil para mapeamento de águas costeiras; utilizada para discriminação de solo/vegetação, mapeamento de tipos florestais e identificação de características de culturas. |
| 2 | 0,52 - 0,61 | Verde | Para a medição dos picos de reflectância verde da vegetação, para a discriminação de vegetação e a avaliação do vigor; útil para a identificação de características de culturas. |
| 3 | 0,63 - 0,69 | Vermelho | Para imageamento na região de absorção da clorofila, auxiliando na diferenciação de espécies. |
| 4 | 0,78 - 0,90 | Infravermelho Próximo | Determina tipos de vegetação, vigor e volume de biomassa; para delineamento de corpos d'água e para a determinação de umidade do solo. |
| 5 | 1,55 - 1,75 | Infravermelho Médio | Teor de umidade na vegetação e umidade do solo. |
| 6 | 10,4 - 12,5 | Infravermelho Termal | Análise de estresse de vegetação, uso na discriminação de umidade do solo e em aplicações de mapeamento termal. |
| 7 | 2,05 - 2,35 | Infravermelho Médio | Discrimina minerais e tipos de rochas. Também identifica o teor de umidade. |
| 8 | 0,52 - 0,90 | Verde, vermelho, Infravermelho, Próximo | A banda Pancromática, é a grande novidade no LANDSAT 7 e o sensor ETM+. Gera imagem de boa separabilidade dos alvos de interesse tanto em área rural como urbana. |

2.8 O Modelo de Heterogeneidade de Habitat (MHH)

O MHH foi desenvolvido para verificar a distribuição espacial padrão da heterogeneidade ambiental, através da combinação do solo, cobertura vegetal e das características topográficas da área em estudo. Alguns trabalhos foram desenvolvidos, utilizando o modelo, obtendo-se resultados satisfatórios para acompanhar a degradação ambiental e o desequilíbrio climático no norte de Israel (GUISAN e ZIMMERMANN, 2000).

A importância da heterogeneidade espacial do habitat na estruturação das comunidades associadas vem sendo cada vez mais amplamente reconhecida e discutida na literatura. A maioria dos estudos estabelece relações positivas entre heterogeneidade do habitat e diversidade específica, devido à maior disponibilidade de refúgios e outros recursos em sistemas heterogêneos que reduzem as perdas catastróficas ao meio ambiente (GEE e WARWICK, 1994).

Segundo (SIMININSKI *et al.* 2004), foi realizado um trabalho para o processo de sucessão florestal secundária no litoral de Santa Catarina, visto que é caracterizado por estádios sucessionais bem-definidos, logo o índice de diversidade (Shannon-Weaver), apresentou resultados satisfatórios para a região em estudo.

Para BARRETO (1999), o MHH define os mecanismos de relação entre a heterogeneidade do habitat e a biodiversidade de uma determinada região, bem como analisa sinteticamente algumas das medidas da complexidade mais recentemente utilizadas e que consideram aspectos realmente intrínsecos à heterogeneidade espacial do habitat.

2.6 Caracterização da Bacia do Baixo Paraíba

2.6.1 Clima

A situação da BBP localizada no Estado da Paraíba, próximo ao Equador, com alta radiação solar e alto número de horas de insolação, determina um clima quente com

temperatura média anual de 26°C e poucas variações intra-anuais. A distribuição espacial das temperaturas mostra uma dependência acentuada do relevo.

Há pouca variação de temperatura durante todo o ano, resultando em médias anuais elevadas, em torno de 22°C a 26°C. Esta baixa amplitude térmica se justifica pela localização em baixa latitude. A umidade relativa do ar encontra-se em torno de 80%. Na classificação de Gaussen, a BBP tem clima do tipo Mediterrâneo quente. Nesta classificação é levado em consideração a temperatura e precipitação durante todo o ano, tomando-se as médias mensais e observando-se os meses secos e índice xerotérmico que representa o número de dias biologicamente secos durante o período seco (SUDENE, 1972).

Segundo a classificação de Köppen o clima do município de João Pessoa é do tipo As' - quente e úmido com chuva de outono-inverno com período de estiagem de 5 a 6 meses. É no outono que ocorre maior umidade com a atuação da Massa Equatorial Atlântica e os ventos alísios de sudeste que no inverno unem-se às Massas Polares de Sul produzindo chuvas abundantes, principalmente no litoral (VAREJÃO e SILVA, 1987).

No Estado da Paraíba os primeiros dados coletados foram de precipitações, pela Inspeção Nacional de Obras Contra as Secas (IOCS) e posteriormente foram instaladas estações climatológicas. Com a criação da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE), foram também modernizadas e equipadas as estações climatológicas de São Gonçalo/Sousa, Monteiro, Patos, João Pessoa, Campina Grande e Areia, que já existiam, porém operando com instrumentos ultrapassados. Nos anos setenta, as estações climatológicas foram transferidas para o controle do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), que controla até hoje, apenas as estações de São Gonçalo/Sousa, Monteiro, João Pessoa e Campina Grande.

2.6.2 Aspectos do Relevo

O relevo da região do BBP apresenta formas distintas, quais sejam: os Tabuleiros Costeiros, as Planícies Interioranas e Costeiras e a Baixada Litorânea. Quanto à vegetação, ainda existem algumas áreas com a vegetação nativa da Mata Atlântica e ecossistemas associados, ou seja, manguezais, campos de várzeas e formações mistas dos tabuleiros,

cerrados e restingas. O restante da região tem sido desmatado para dar lugar a algumas culturas, como cana-de-açúcar, abacaxi, inhame e mandioca.

Podemos citar os seguintes tipos de vegetação para a BBP:

- ✓ **Manguezais** – Estão localizados nos estuários e expandem-se para o interior da planície até onde as influências marinhas atuam. Constituem uma formação florestal *Perenifólio*, com espécies adaptadas ao ambiente flúviomarinho, de salinidade elevada e solos instáveis, pantanosos com alto teor de matéria orgânica em decomposição.
- ✓ **Mata latifoliada perenifólia costeira (Mata Atlântica)** – Corresponde as matas de encosta. Hoje se encontram descaracterizadas devido a sua destruição pela ocupação da cultura da cana-de-açúcar em seu habitat. Possui uma formação densa, sempre verde, de árvores altas (30m) e troncos com diâmetros consideráveis.
- ✓ **Cerrado (Tabuleiro)** – Ocorre sobre os baixos planaltos costeiros, de solos pobres e mal drenados. Apresentam-se como uma formação herbáceo-arbustiva com várias espécies comuns as dos Campos dos cerrados do Brasil.
- ✓ **Mata Subcaducifólia de Transição** – situa-se a ocidente das Matas Úmidas. Pode ser descrita como uma mata acarrascada, onde parte das espécies perdem folhas na estiagem. Apresenta porte baixo e diâmetro das árvores medíocres. Em graus diferentes essa formação pode ser encontrada no lado ocidental de João Pessoa como também entre a Mata do Brejo e o Agreste da Borborema.

2.6.3 Solos

Para a região de estudo podemos citar :

- Areias Quartzosas Marinhas Distróficas

Esta unidade taxonômica é constituída por solos profundos, excessivamente drenados, arenosos, ácidos, com saturação de bases baixa, e alta com alumínio trocável, baixa fertilidade natural. Estes solos são sensíveis aos processos de erosão eólica, nas áreas mais expostas à ação dos ventos.

- Areia Quartzosas Marinhas Distrófica e Eutrófica

Os solos desta classe são originados de deposições fluviais recentes, formado por camadas sem relação genética entre estas, relevo plano, situados nos terraços de sedimentação ao longo dos rios, em fundo de vales.

São de grande potencialidade agrícola, não apresentando maiores restrições ao uso e são intensamente aproveitados com diversas culturas antrópicas, fruticulturas regionais e extrativismo vegetal (carnaubais) e com pecuária extensiva.

- Solos Podzol Hidromórfico

Os solos desta unidade são predominantemente halomórficos, indiscriminados, alagados, distribuindo-se nas partes baixas sobre influências das marés. Apresentam altos teores de sais de sódio, gleizados, mal drenados e profundos.

Estes solos são poucos desenvolvidos, constituídos por sedimentos não consolidados recentes, muito fino de caráter siltoso/argiloso com detritos orgânicos, originados da decomposição das plantas de mangues e da atividade biológica intensa produzida por crustáceos.

Em relação à área de estudo no que se refere aos aspectos edáficos, os solos arenosos caracterizam as praias e as restingas; nas áreas de mangue os solos são argilosos, encharcados e salinos, submetidos permanentemente a ação das marés. Os solos da restinga foram desenvolvidos sobre sedimentos predominantemente areno-quartzosos não consolidados recentes, de origem marinha e flúvio-marinha holocênica. Possuem características gerais que se resumem em solos de aporte bruto marinho e flúvio-marinho, muito profundos, ácidos e com pouca ou quase nenhuma vocação agrícola. As variações no quadro pedogenético em geral são promovidas sobretudo pela presença de microrelevos, pela proximidade do mar, pelo nível do lençol freático e pela influência flúvio-marinha (LINS *et. al.*, 1994). Para GONÇALVES (2004), dentre as principais limitações destes solos podem ser citadas a baixa fertilidade natural, a drenagem excessiva e a capacidade muito baixa de retenção de água.

Nos tabuleiros costeiros os solos são comumente pobres e ácidos. Sobre os sedimentos terciários (Formação Barreiras), onde as camadas rochosas são argilosas, predominam os solos ferralíticos ou lateríticos (latossolos) e os podzólicos; quando as camadas rochosas são arenosas predominam os solos tipo podzol. Como regra geral esses, solos são inaptos para a prática agrícola ou de aptidão restrita para as culturas de curto e longo ciclo, quando submetidos ao sistema de exploração primitivo.

2.6.4 Precipitação

No contexto da região litorânea, os dados pluviométricos indicam que a precipitação média anual é cerca de 1.500 mm, variando entre 1.200 e 1.700 mm, com valores decrescentes para o interior. Observa-se que a maior concentração do total precipitado ocorre nas áreas mais próximas do oceano, nas áreas costeiras (AESAs, 2006). Segundo COSTA *et al.*, (2008), o desvio padrão dessas médias é de 400 mm/ano em quase toda a área da bacia sedimentar.

2.6.5 Sistemas atuantes na BBP

Devido ao seu relevo e a sua distribuição territorial longitudinal, os principais sistemas meteorológicos que atuam sobre a BBP são: os Vórtices Ciclônicos de Ar Superior (VCAS), que é um conjunto de nuvens com forma aproximada de um “círculo”, girando no sentido horário no hemisfério sul e dominado por uma região de baixa pressão, que favorece a convecção e conseqüentemente chuvas.

Este sistema atua geralmente nos meses de verão na alta troposfera, e apresenta duração variável (entre dias ou semanas). Da mesma forma, seu deslocamento é bastante variável, o que lhe dá uma configuração transitória. A parte central do VCAS é caracterizada por movimento descendente de ar frio e seco, o que determina ausência de precipitação sobre esta região, enquanto em sua periferia os movimentos ascendentes de ar quente e úmido causam precipitação (Figura 01).

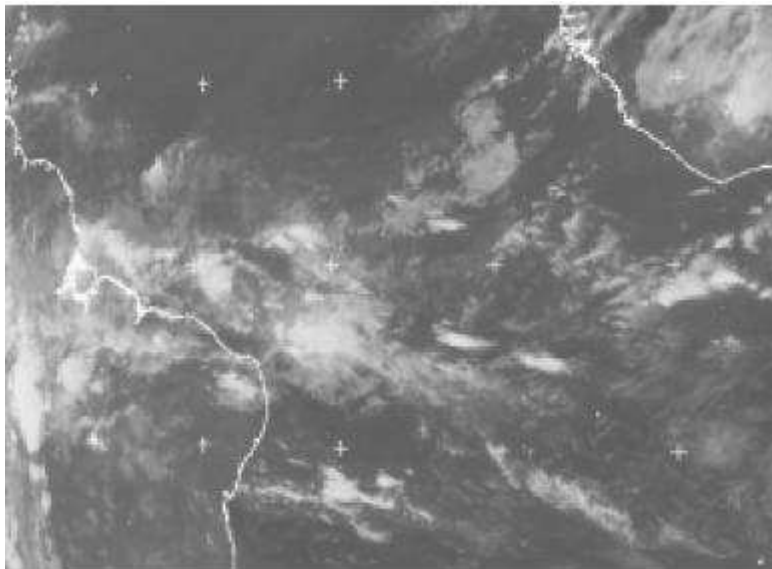


Figura 01: Vórtice Ciclônico de Ar Superior (VCAS) atuando no litoral Paraibano - Imagem do Satélite METEOSAT - Canal Infravermelho. (Fonte: FUNCEME, 2003).

Em geral, a ocorrência de um VCAS sobre o Nordeste do Brasil é induzida pela penetração e intensificação de sistemas frontais provenientes das regiões Sul e Sudeste do Brasil, e é a responsável pelas chuvas da pré-estação da região Nordeste (KOUSKY e GAN, 1981).

Vórtice Ciclônico de Ar Superior (VCAS) são formados na parte subtropical do Atlântico Sul e Pacífico Sul principalmente nos meses de verão (Figura 02, 03). Na região Nordeste do Brasil e áreas oceânicas, formam-se e intensificam-se com a aproximação de um sistema frontal. Durante seu desenvolvimento, ao adentrar o continente (NEB), na periferia do vórtice em direção ao movimento gera atividade de cumulus e precipitação, enquanto na retaguarda e no centro do vórtice deixa o céu claro, como consequência dos movimentos subsidentes existentes em seu núcleo (SILVA, 1996).

No que se refere à qualidade da estação chuvosa, a posição da ZCIT (Figura 04) e sua permanência por mais tempo, no sentido de favorecer as chuvas sobre o norte do Nordeste, está diretamente relacionada com a variabilidade dos sistemas de altas pressões subtropicais do Atlântico Norte e do Atlântico Sul. A escassez e o excesso de chuvas, no Nordeste, estão relacionados com esta variabilidade.

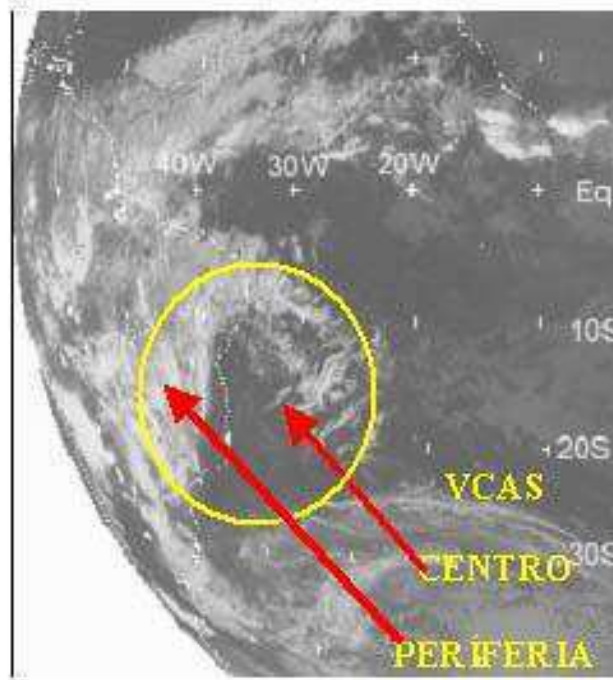


Figura 02: Centro do Vórtice Ciclônico de Ar Superior sobre a região Nordeste do Brasil - Imagem do Satélite METEOSAT-7 (Fonte: FUNCEME, 2002).



Figura 03: Nuvens associadas ao Vórtice Ciclônico de Ar Superior sobre o Nordeste do Brasil - Imagem do Satélite METEOSAT-7. (Fonte: FUNCEME, 2002).

O regime pluviométrico do NE do Brasil é caracterizado por uma alta variabilidade espacial e temporal, associado à atuação de sistemas meteorológicos distintos. As configurações dos sistemas podem ocasionar situação de seca ou de chuvas homogêneas e persistentes, (DAMIÃO, 1999).

A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) - É o sistema meteorológico mais importante na determinação de quão abundante ou deficiente serão as chuvas no setor Norte do NE do Brasil. Normalmente a ZCIT migra sazonalmente de sua posição mais ao Norte, aproximadamente 12°N, em agosto-setembro para posições mais ao sul, aproximadamente 4°S, em março-abril, a ZCIT contribui para o trimestre chuvoso no Estado da Paraíba que é fevereiro-março-abril, (FUNCEME, 2002).

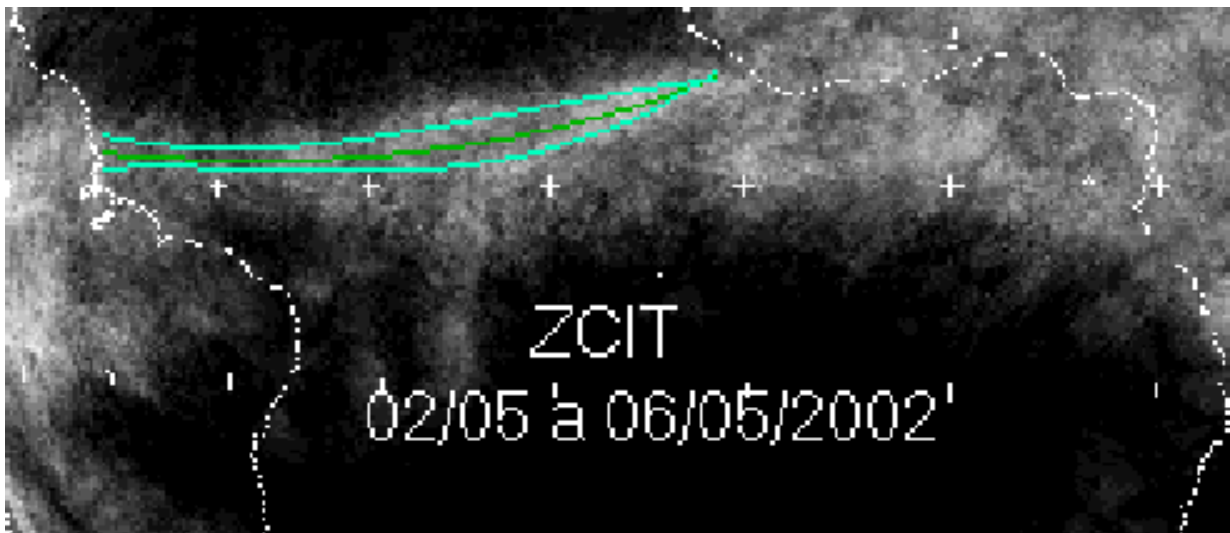


Figura 04: Foto de satélite com a determinação da área mais ativa (de mais chuva) da Zona de Convergência Intertropical (linhas verdes) no oceano Atlântico. (Fonte: FUNCEME, 2002).

A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), formada a partir da interação da zona de confluência dos ventos alísios, a região do cavado equatorial, as áreas de máxima temperatura da superfície do mar e de máxima convergência de massa, bem como seu posicionamento é de extrema importância na qualidade da estação chuvosa sobre o setor norte do Nordeste Brasileiro (UVO, 1989). Embora, climatologicamente, a ZCIT atue mais

no período de março a maio, pode também contribuir para a precipitação dessa região em janeiro e fevereiro. A qualidade da estação chuvosa do Nordeste Brasileiro depende fortemente do período de atuação da ZCIT sobre a região.



Figura 05: Nebulosidade deslocando-se desde a costa da África até o litoral leste do Brasil sobre a região Nordeste do Brasil - Imagem do Satélite METEOSAT-7. (Fonte: FUNCEME, 2002).

Distúrbios Ondulatórios de Leste - São caracterizados por aglomerados de nuvens que se deslocam de leste para oeste, propagando-se sobre o Atlântico, desde a África até a costa leste brasileira, na faixa de latitude compreendida de 5°S a 15°S (Figura 05 e 06).

Esses sistemas quando atingem o litoral leste do NE, provocam chuvas sobre toda a região costeira e parte do agreste, e ocorrem principalmente nos meses de inverno no Hemisfério Sul, (YAMAZAKI E RAO, 1977).

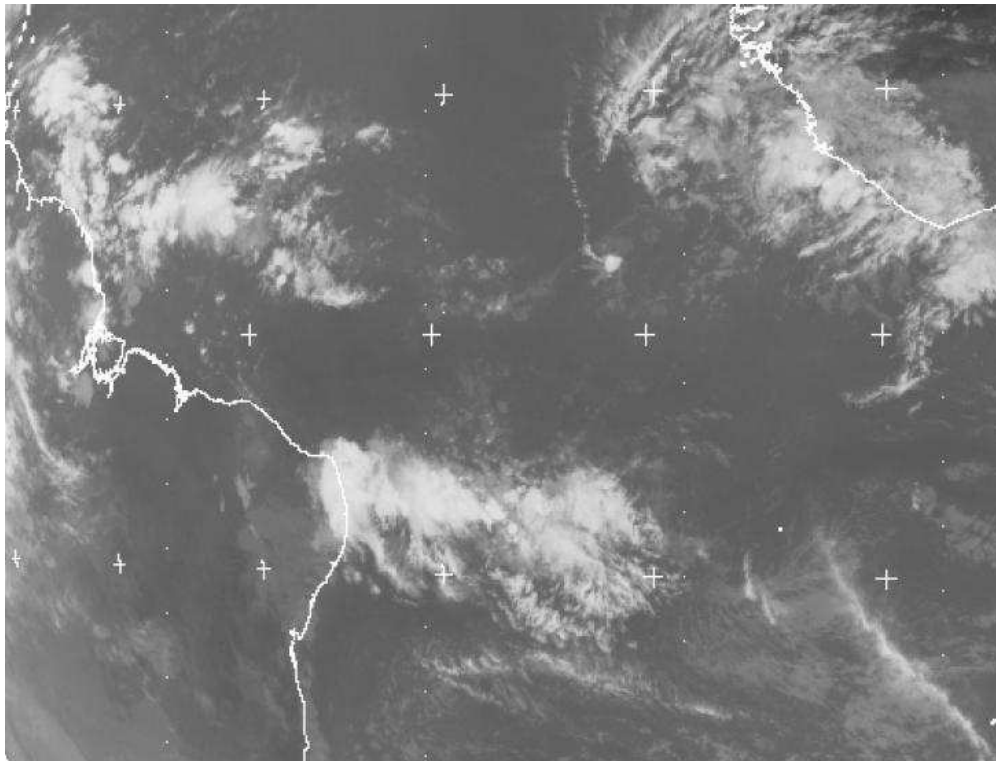


Figura 06: “Ondas de Leste” - Imagem do Satélite METEOSAT - Canal Infravermelho.
(Fonte: FUNCEME, 2003).

A Frente Fria, um outro importante mecanismo causador de chuvas no Nordeste do Brasil está ligado à penetração de Frentes Frias (FF) até as latitudes tropicais entre os meses de novembro e janeiro.

As Frentes Frias são bandas de nuvens organizadas que se formam na região de confluência entre uma massa de ar frio (mais densa) com uma massa de ar quente (menos densa). A massa de ar frio penetra por baixo da quente, como uma cunha, e faz com que o ar quente e úmido, forme as nuvens e conseqüentemente as chuvas ver Figura 07 (FUNCEME, 2002).



Figura 07: Frente Fria sobre a região Nordeste do Brasil - Imagem do Satélite METEOSAT-7. (Fonte: FUNCEME, 2002).

A oscilação 30-60 dias é um sistema atmosférico (onda de pressão) que se desloca de oeste para leste contornando o globo terrestre num período entre 30-60 dias, que pode favorecer ou inibir a chuva, dependendo de sua fase, sobre a região Nordeste, quando de sua passagem (O3060) (FUNCEME, 2002).

Especula-se também, que atividades convectivas anômalas associada aos episódios do ENOS podem ser devido a uma amplificação da forte interação oceano-atmosfera precedido de uma anomalia associada ao modo da Oscilação 30-60 dias (LAU E CHAN, 1988).

El Niño – Oscilação Sul, consiste no aparecimento de águas superficiais com temperatura acima do normal no Pacífico Equatorial, isto é, o aquecimento da água do mar do Oceano Pacífico ao longo da região equatorial e está associado à chamada fase negativa de outro fenômeno global do sistema oceano-atmosfera que é a Oscilação Sul.

O fenômeno inverso do El Niño, denominado de La Niña, se caracteriza pela presença de valores de temperatura da superfície do mar abaixo do normal e ocorre em associação à chamada fase positiva da Oscilação Sul (SILVA, 1996).

A Oscilação Sul é representada por um índice – Índice de Oscilação Sul (IOS) que indica sua intensidade e fase, sendo definido pela diferença entre os distintos padrões de pressão atmosférica ao nível do mar entre as duas estações pertencentes aos centros de ações do Tahiti menos Darwin.

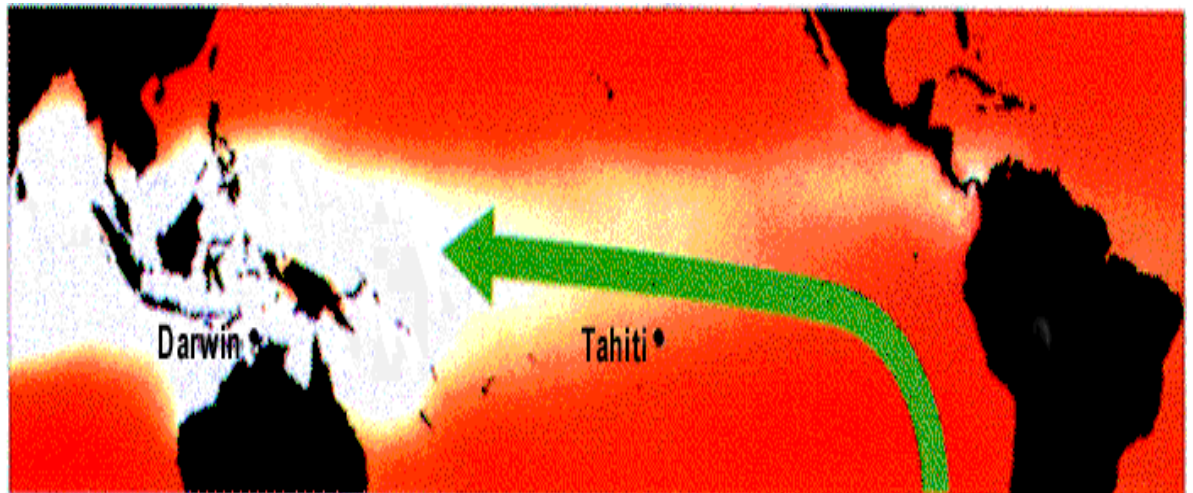


Figura 08: Representação esquemática da circulação na fase do Índice de Oscilação Sul (IOS) positiva. (Fonte: Secretária de Recursos Hídricos da Bahia).

A fase positiva da Oscilação Sul (condições normais e/ou La Niña, Figura 08) ocorre quando a pressão atmosférica é maior (vermelho escuro) no Pacífico Sudeste (perto e a leste do Tahiti) do que a pressão no norte da Austrália (oeste e perto de Darwin). A diferença da pressão nessas duas localidades (leste - oeste) ao longo do equador faz com que o ar da superfície flua para o oeste, como indicado pela seta longa, Figura 08. Essas condições proporcionam uma intensificação dos movimentos ascendentes, aumento da atividade convectiva e precipitação sobre a Indonésia e norte da Austrália. Esta configuração também contribui para o aumento da atividade convectiva sobre a Amazônia e Nordeste do Brasil. O ar ascendente nestas regiões desce sobre o Pacífico Oriental, contribuindo para o aumento da pressão naquela região, e sobre todo o Atlântico subtropical até a costa da África, (SRH-BA, 2004).

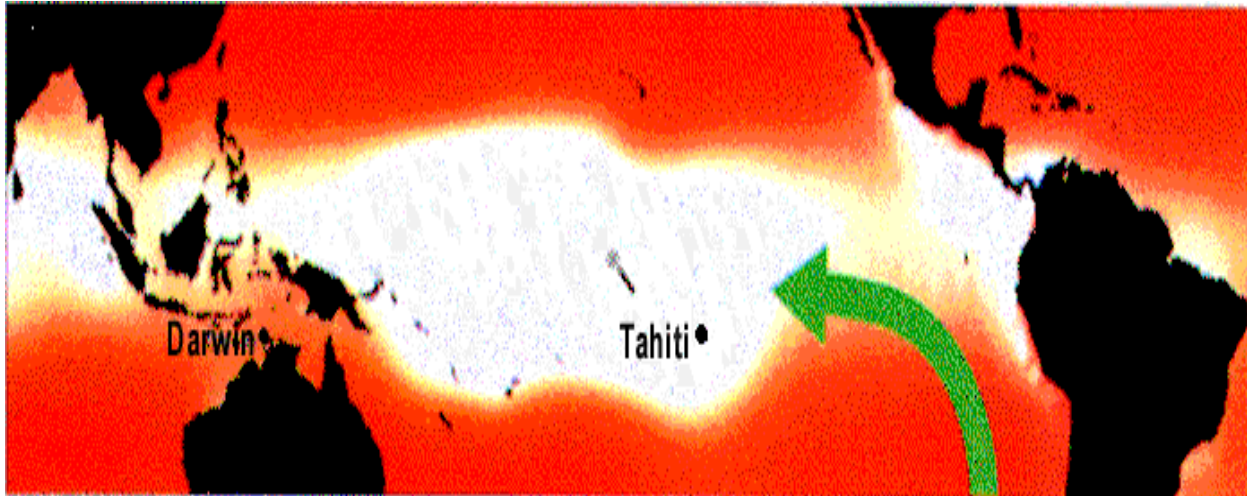


Figura 09: Representação esquemática da circulação na fase do Índice de Oscilação Sul (IOS) negativa. (Fonte: Secretária de Recursos Hídricos da Bahia)

Quando a atmosfera muda para fase negativa, (condições de El Niño, Figura 09) a pressão atmosférica sobe no oeste (Darwin) e diminui no leste (Tahiti). A diferença dessa variável sinaliza uma queda e/ou até uma inversão da pressão entre essas duas localidades. Isso causa um enfraquecimento dos ventos de leste na superfície e sua retração para leste como mostrado na seta menor (SRH-BA, 2004).

2.6.6 Dipolo do Oceano Atlântico

Um grande número de trabalhos científicos utilizando análises observacionais e estatísticos (LOUGH, 1986; SERVAIN, 1991; WARD e FOLLAND, 1991; NOBRE, 1993; HASTENRATH e GREISCHAR, 1993; UVO *et al.*, 1994; NOBRE e SHUKLA, 1996; WAGNER, 1996; SOUZA, 1997), bem como simulações numéricas obtidas com modelos de circulação geral da atmosfera (MCGA) (MOURA e SHUKLA, 1981; CARTON *et al.*, 1995; HUANG e SHUKLA, 1996), reportaram evidências que o padrão de Dipolo é o

modo de variabilidade oceano-atmosfera de grande escala mais importante sobre a Bacia do Atlântico Tropical, durante os meses do outono Austral.

O dipolo é a variabilidade térmica de larga escala, que ocorre entre as bacias oceânicas do Atlântico norte, com centro aproximadamente a 15°N e 45°W e bacia Sul, aproximadamente a 5°S e 15°W (Figuras 10 e 11). Sua caracterização se dá pelo aparecimento de um padrão de anomalias de Temperatura da Superfície do Mar (TSM), configurado pelo sinal oposto sobre um gradiente térmico no sentido norte/sul, abrangendo um campo inter-hemisférico com predominância no hemisfério Sul no período de outono (março – abril - maio) (SILVA, 2000).

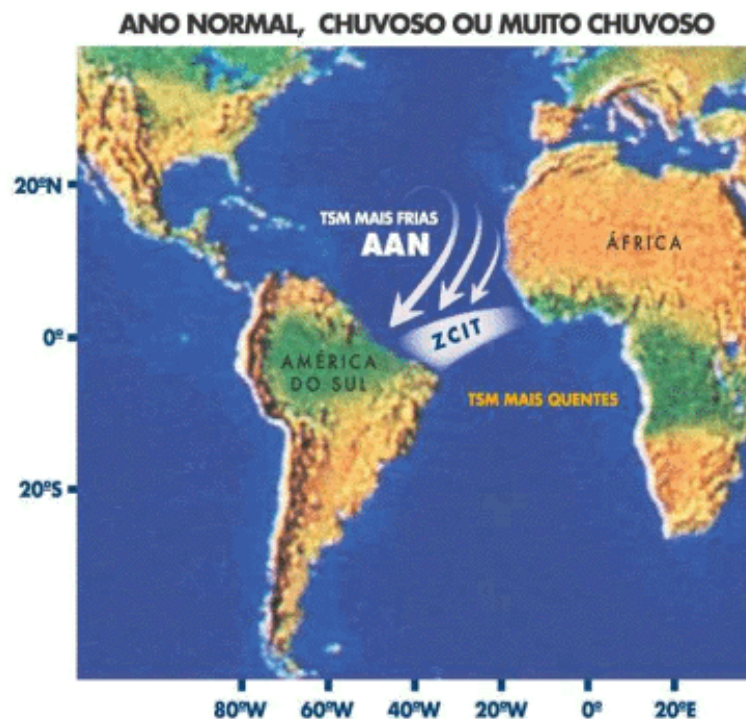


Figura 10: Dipolo Positivo: águas mais quentes no Atlântico sul e águas mais frias no Atlântico norte. (Fonte: IPA, 2004).

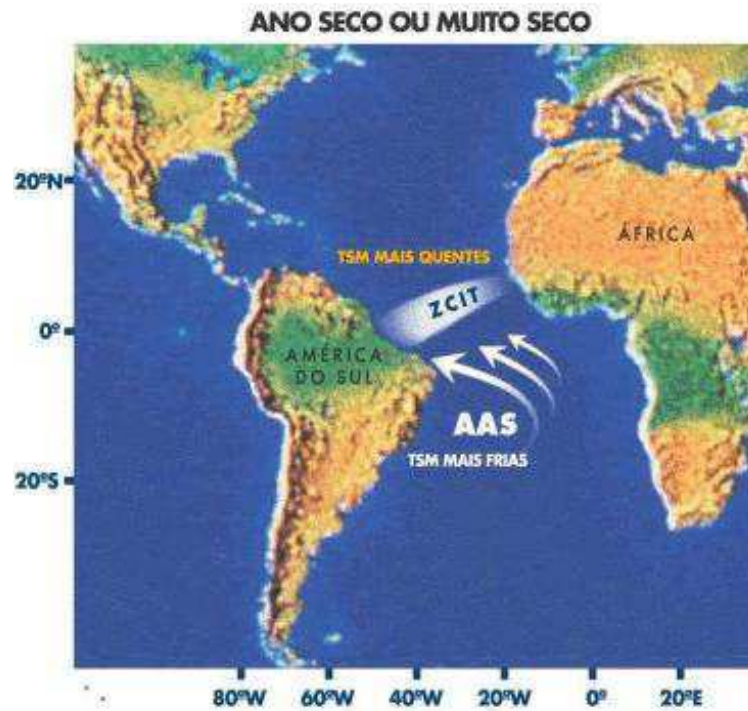


Figura 11: Dipolo Negativo: águas mais frias no Atlântico sul e águas mais quentes no Atlântico norte. (Fonte: IPA, 2004).

As análises observacionais conduzidas por HASTENRATH (1976); HASTENRATH e HELLER (1977) e HASTENRATH (1978), como primeiras tentativas de se investigar as configurações da circulação atmosférica sobre o Atlântico Tropical, concomitante com os eventos climáticos regionais extremos (secas e enchentes) observados sobre as regiões da América Central, Caribe e Nordeste Brasileiro (NEB), resultaram na descoberta do importante modo de variabilidade oceano-atmosfera dominante no Atlântico Tropical, o qual é conhecido na literatura atual como Padrão de Dipolo. Este modo de variabilidade caracteriza-se pelo aparecimento de um padrão de anomalias de temperatura da superfície do mar (TSM), configurando-se espacialmente com sinais opostos sobre as Bacias Norte e Sul do Atlântico Tropical.

SOUZA e NOBRE (1998), com relação às chuvas do setor Leste do Nordeste Brasileiro (NEB), observou que durante os meses de pré-estação (janeiro a março), somente as regiões localizadas no Rio Grande do Norte e Paraíba apresentam anomalias negativas de precipitação, enquanto que no restante da região leste do NEB, as chuvas configuram-se

acima do normal climatológica (anomalias positivas de precipitação), principalmente na Bahia. Durante os meses da estação chuvosa (maio a agosto) do leste do NEB, observa-se a presença de anomalias positivas de precipitação na maioria dos Estados, exceto na faixa litorânea do Rio Grande do Norte, Sergipe, Alagoas e Bahia, onde se notam anomalias negativas de precipitação.

MOURA e SHUKLA (1981), utilizando um MCGA (com resolução espacial de $4^{\circ} \times 5^{\circ}$ de latitude-longitude e 9 níveis na vertical) integrado por 3 meses com a condição de contorno inferior dado pelo campo de TSM em configuração de Dipolo, encontraram resultados que levaram os autores a postularem a existência de uma circulação anômala termicamente direta, no sentido meridional, com movimento anômalo ascendente sobre a região, contendo TSM anormalmente positiva (fonte de calor) e em contra-partida, movimento anômalo descendente sobre a região, contendo TSM anormalmente negativa (sumidouro de calor).

O padrão inverso de anomalias de TSM característico do Dipolo gera manifestação de um gradiente térmico meridional e inter-hemisférico nos baixos níveis troposféricos sobre o Atlântico equatorial (WAGNER, 1996). Esse gradiente térmico, agindo em conjunto com os padrões anômalos de vento e pressão à superfície, influencia a intensidade e migração norte-sul da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) sobre o Atlântico Tropical (NOBRE, 1993; NOBRE e SHUKLA, 1996) e, portanto, influenciam o clima e a distribuição espacial e temporal da precipitação de algumas áreas continentais adjacentes, tais como: as regiões do SAHEL (PARKER *et al.*, 1988) e GHANA (ANKOMAH e CORDERY, 1994) localizadas na África e, ainda, o Leste da Amazônia (ALVES e REPELLI, 1994; NOBRE e SHUKLA, 1996) e a região do NEB (HASTENRATH e HELLER, 1977; MOURA e SHUKLA, 1981; HASTENRATH e GREISCHAR, 1993; NOBRE, 1993; NOBRE e SHUKLA, 1996; SOUZA, 1997) situadas na América do Sul.

PEZZI e CAVALCANTI (2001), sugeriram que o Dipolo do Atlântico, durante condições de El Niño, influencia somente a Região Nordeste do Brasil, mudando o sinal das anomalias de precipitação sobre o Norte do Nordeste e a intensidade das anomalias negativas de precipitação sobre esta região.

3. DADOS E METODOLOGIA

3.1 Área de Estudo

Á área objeto de estudo abrange a região da Bacia do Baixo Paraíba - BBP, uma superfície de aproximadamente 436 km² e envolve quatro municípios, quais sejam: João Pessoa, Bayeux, Santa Rita, Cabedelo, que constituem a Região Submetropolitana de João Pessoa e pertencem à Mesorregião da Mata Paraibana (IBGE, 2007).

A BBP localiza-se na porção oriental do Estado da Paraíba, Nordeste do Brasil entre as coordenadas 34°47'37'' a 35°55'23''W e 6°55'13'' e 7°30'20''S, (Figura 12). Do ponto de vista geomorfológico, essa bacia constitui uma planície flúvio-marinha formada pelos rios Paraíba do Norte (canal principal), Sanhuá, Paroeira, Mandacaru, Tiriri, Tambiá, Ribeira e Guia (AESA. 2006).

As principais vias de acesso a essa bacia são a BR 230, que integra o Município de Cabedelo a João Pessoa, e a PB 025 entre os Municípios de Santa Rita e Lucena.

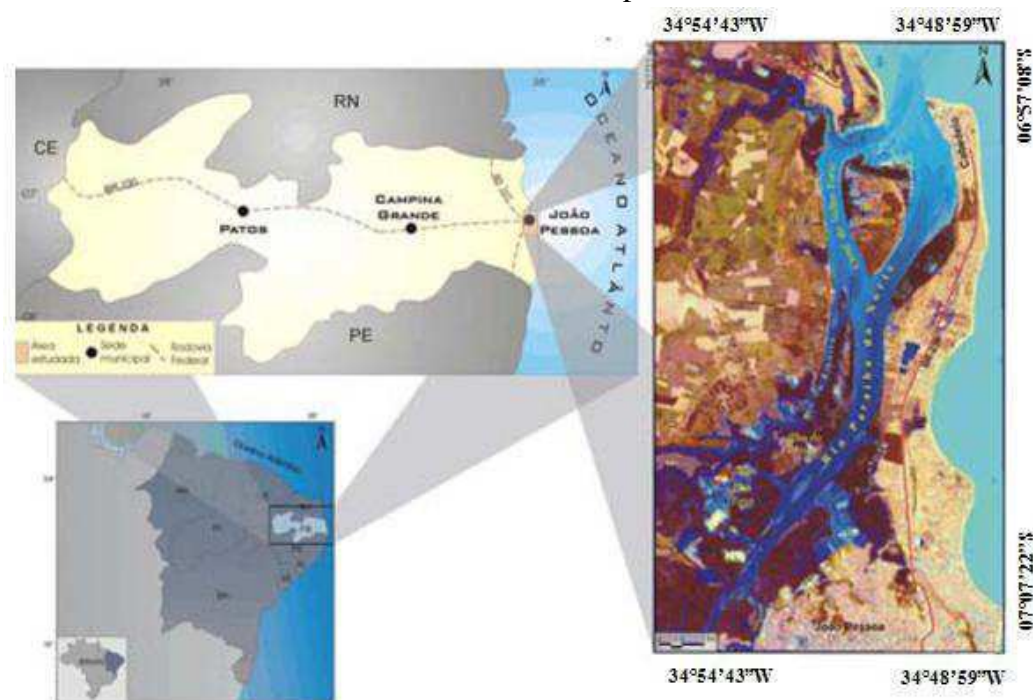


Figura 12: Localização da Área de estudo

3.2 Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba (BHRP)

As características físicas da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba (BHRP) marcam a extensão da região que abrange: desde o litoral paraibano até o planalto da Borborema (região semi-árida). Estas diferenças se traduzem em problemas nada semelhantes que cada região da bacia sofre. A BRP, com uma área de 20.071,83 km², entre as coordenadas 6°51'31"/8°26'21" Sul e 34°48'35"/37°2'15" Oeste, é a segunda maior do Estado da Paraíba, pois abrange 38% do seu território, e atende 52% da sua população. Além da grande densidade demográfica, nela estão incluídas as cidades de João Pessoa, capital do Estado e Campina Grande, segundo maior centro urbano. Trata-se de uma bacia estadual (toda rede de drenagem pertencente ao Estado) (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2007).

As nascentes do rio ocorrem na mesorregião da Borborema, microrregião do Cariri Ocidental, nas proximidades do município de Sumé, no ponto de confluência dos rios do Meio e Sucurú. A desembocadura no Oceano Atlântico situa-se na altura do município de Cabedelo. A BHRP integra as mesorregiões da Borborema, Agreste Paraibano e Mata Paraibana. Através dos Governos Federal e Estadual, foram construídos na área da BHRP vários açudes públicos, que são utilizados para o abastecimento das populações e rebanhos, irrigação, pesca e em iniciativas de lazer e turismo regional (AESAs, 2006b), além desses açudes públicos, inúmeros pequenos e médios açudes foram construídos nas propriedades privadas, nem sempre seguindo as normas técnicas e ambientais adequadas.

A divisão do Estado da Paraíba em sub bacias hidrográficas é um instrumento que visa facilitar as ações de planejamento e gestão dos recursos hídricos. Sendo assim, a BHRP foi considerada uma unidade de planejamento e gestão, inclusive a sub-bacia do rio Taperoá.

Dessa maneira, as unidades que compõem a divisão do Estado da Paraíba em bacias hidrográficas, são as seguintes: 1 - bacia hidrográfica do Rio Piranhas; 2 - bacia hidrográfica do Rio Paraíba; 3 - bacia hidrográfica do Rio Abiaí; 4 - bacia hidrográfica do Rio Gramame; 5 - bacia hidrográfica do Rio Mirirí; 6 - bacia hidrográfica do Rio

Mamanguape; 7 - bacia hidrográfica do Rio Camaratuba; 8 - bacia hidrográfica do Rio Guaju; 9 - bacia hidrográfica do Rio Curimataú; 10 - bacia hidrográfica do Rio Jacu; 11 - bacia hidrográfica do Rio Trairí.

Na necessidade de um planejamento regional para a determinação de áreas de utilização em diversas atividades produtivas, ambientais e de preservação, tornam-se úteis as aplicações de novas estratégias de entendimento das características ecológicas dessa região.

Para atingir os objetivos propostos foi aplicado o MHH através do uso de ferramentas integradas baseadas no Sistema de Informações Geográficas (SIG), com técnicas de multi-critérios utilizado por SVORAY *et al.* (2005).

Na aplicação desse método são desenvolvidos o MHH e o SIG, também são definidos os critérios ecológicos e ambientais que foram incorporados ao SIG, criando mapas de sustentabilidade (MS) para cada diferente uso da terra. Posteriormente os MS foram inseridos em um mapa geral que determinará o melhor uso do solo em cada área de estudo (Figura 13).

Neste sentido, para compor o modelo desta pesquisa foi necessário selecionar alguns parâmetros, tais como: mapeamentos das camadas utilizando o SIG, que foram determinados através de critérios abióticos: orientação, inclinação, formação do solo, salinidade, profundidade, rocha, e bióticos: IVDN, IWDN (ver Figura 13) de forma a definir a região na qual se observou impactos ambientais. Para seguir com o modelo foi necessário analisar a cobertura vegetal da área de estudo através do mapeamento de imagens de satélites.

Portanto, o MHH inclui o uso do IVDN, pois é necessário para a análise da cobertura vegetal, desta forma o processamento ocorre através da relação entre a radiação refletida no canal vermelho e a radiação refletida no canal infravermelho (Mais detalhes sobre o uso do IVDN para representar esta cobertura pode ser encontrada em (SVORAY *et al.*, 2003).

Além desses índices, outros elementos foram usados como número de reservas, indústrias, florestas, residências em síntese, as etapas utilizadas no modelo estão descritas nos itens subsequentes.

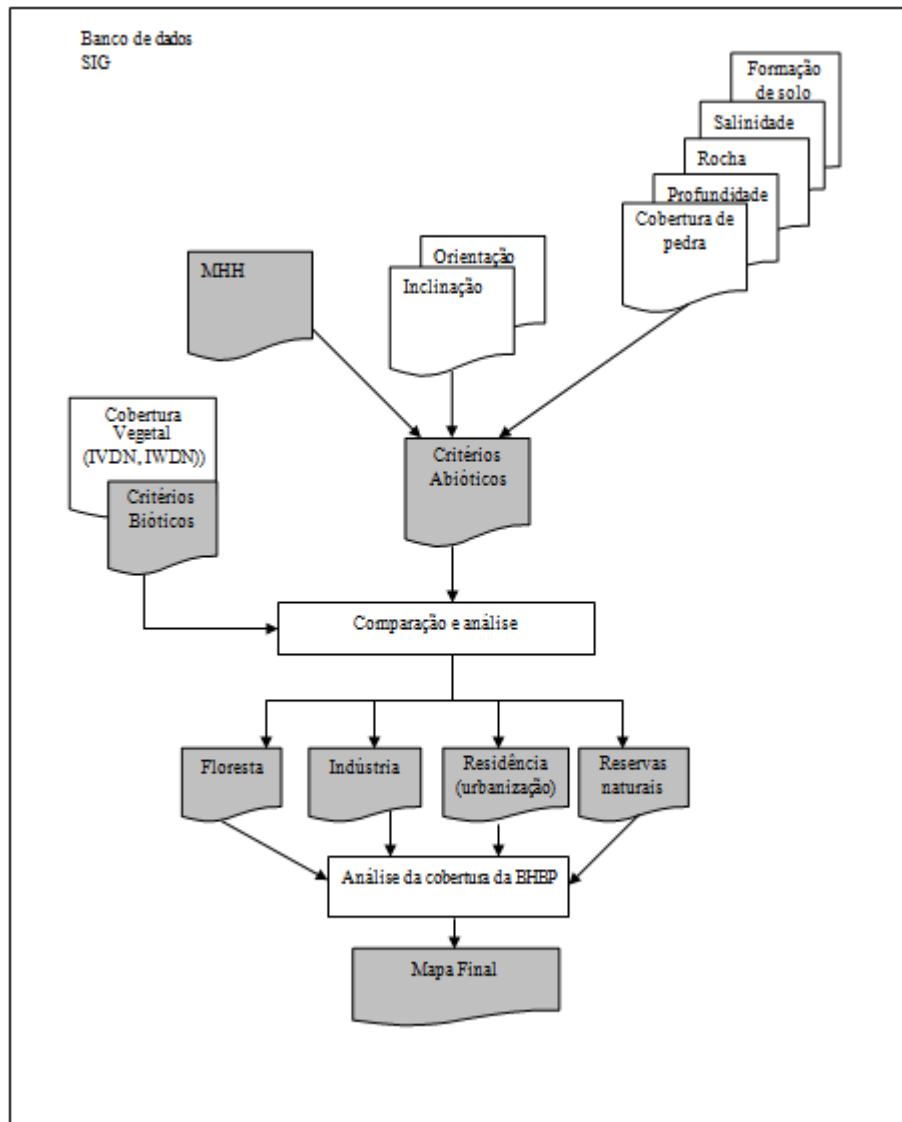


Figura 13: Fluxograma dos três principais passos da pesquisa. Arquivos SIG, análises dos multi-critérios e da cobertura e o mapa final de recomendações. Fonte: (SVORAY *et al.* (2005)).

Uma análise de multi-critérios de uso do solo também é necessária, esses critérios foram definidos como áreas que apresentaram:

- 1- Vegetação nativa;
- 2- Vegetação alterada (degradada);
- 3- Núcleos residenciais;

4- Distritos industriais.

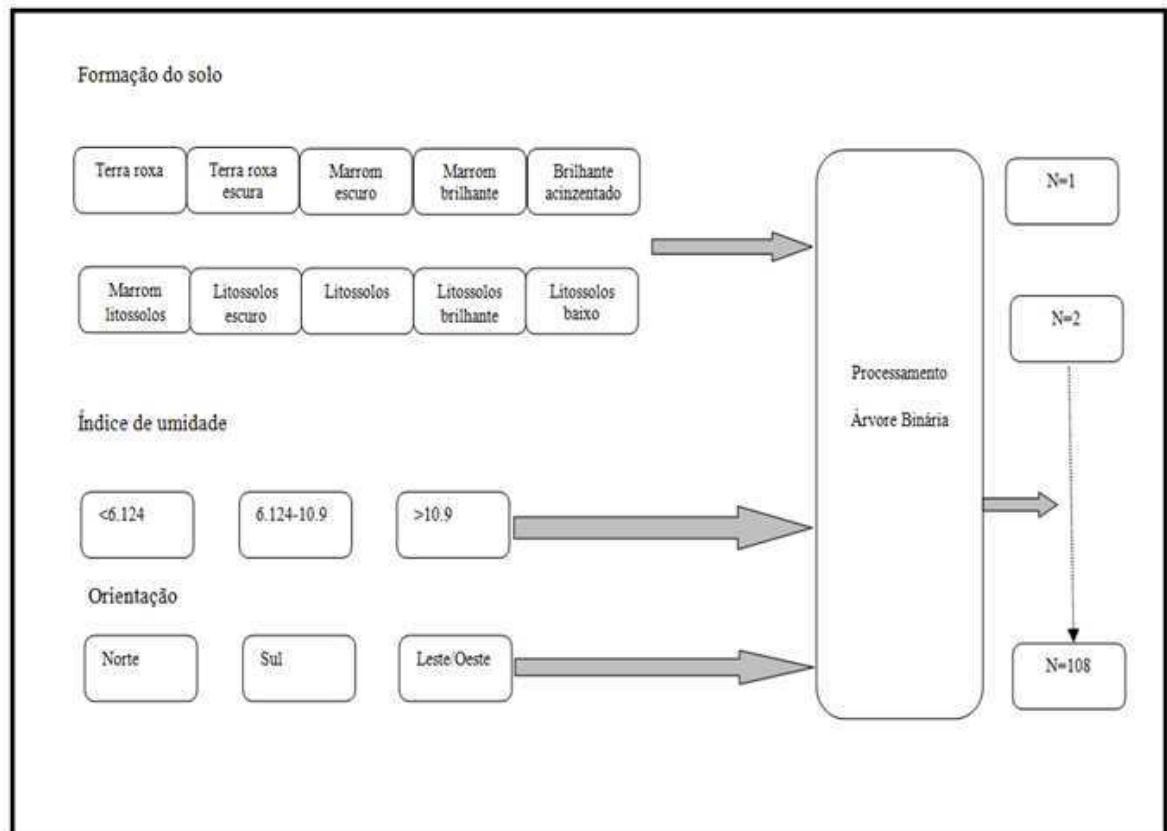


Figura 14: Modelo de Heterogeneidade do Habitat (MHH). (Modificado de SVORAY *et al.* (2005)).

O modelo de heterogeneidade do habitat (Figura 14) foi implementado através do seguinte passo: avaliação da heterogeneidade do habitat usando o índice de Shannon-Weaver (H'), para cada célula predefinida na área de estudo.

O índice de Shannon (também chamado de índice Shannon-Weaver) H' é um dos diversos índices usados para medir a diversidade em dados categóricos. É simplesmente a informação antrópica da distribuição, tratamento das espécies como símbolos e o tamanho da respectiva população como uma probabilidade (SHANNON e WEAVER, 1979).

- Para o cálculo do índice utiliza-se a formulação abaixo:

$$H' = - \sum_{i=1}^S P_i \ln P_i \quad (2)$$

- Para qual:

n_i - O número dos indivíduos em cada espécie; a abundância de cada espécie.

S - O número de espécies, chamado também de riqueza.

N - O número total de todos os indivíduos: $\sum_{i=1}^s n_i$

p_i - A abundância relativa de cada espécie, calculada pela proporção dos indivíduos de uma espécie pelo número total dos indivíduos na comunidade:

$$\frac{n_i}{N}$$

Em que H' é a diversidade do habitat. P_i é a abundância relativa de cada indivíduo do habitat em relação à população total do habitat. Quanto maior for o H' maior será a heterogeneidade do habitat.

Foram utilizados uma área de 436 km² a caracterização da região estudada deu-se através da utilização de imagens de satélite LANDSAT 7 ETM+ e foram obtidas para períodos com boas condições de visibilidade, no caso tem-se: (ponto 214 órbita 065 de 28 de setembro de 2007), isto é, em períodos de pouca nebulosidade local. Assim como imagens de Satélites Spot HRVIR-PAN (ponto 364 órbita 732 de 30 de maio de 2000), e cartas topográficas da SUDENE (1975), foram utilizadas as seguintes cartas:

SB-25-Y-A-VI-3-SE-CABEDELO

SB-25-Y-C-III-1-NE-JOÃO PESSOA

SB-15-Y-A-VI-3-SO-RIO-SOÉ

SB-25-Y-C-IV-1-NO-MATA DA ALDEIA

SB-25-Y-C-III-1-SE-N.S. DA PENHA

SB-25-Y-C-III-1-SO-SANTA RITA

As imagens foram analisadas mediante a aplicação do programa ERDAS IMAGINE 8.7, das quais foram utilizadas as bandas adequadas ao tipo de estudo que foi realizado.

Como um critério biótico, foi feita a determinação do índice de vegetação por diferença normalizada (IVDN) para caracterizar a cobertura vegetal nas imagens de satélite. Segundo SVORAY *et al.* (2005) essa técnica representou a condição climática, com baixos índices de cobertura vegetal nas regiões semi-áridas.

IVDN é uma relação entre as reflectâncias das bandas do infravermelho próximo e do vermelho e varia de -1 a +1, sendo que valores maiores, segundo SILVA *et al.*,(2007) estão associados à vegetação vigorosa. Segundo (LATORRE *et al.*,2007) a análise multitemporal de imagens IVDN visa eliminar diferenças sazonais do ângulo de elevação solar e minimizar os efeitos da atenuação atmosférica.

O IVDN foi obtido através da diferença entre a refletância das bandas do infravermelho próximo e do visível, dividida pela soma das mesmas. Os valores do índice situam-se entre -1.0 e +1.0, (LOZANO-GARCIA *et al.*, 1995).

$$IVDN = (\rho_{ivp} - \rho_v) / (\rho_{ivp} + \rho_v)$$

Em que:

ρ_{ivp} é a refletância no infravermelho próximo (banda 4);

ρ_v é a refletância no vermelho (banda 3);

Uma análise do comportamento climático da região foi realizado através de dados de precipitação e temperatura do ar, no período de 1975 à 2007. Dados esses fornecidos pela estação meteorológica do Ministério da Agricultura e do Abastecimento, localizado no município de João Pessoa (latitude 07° 05' 00" S, longitude 34° 50' 00" O e altitude de 40 metros). A estação é representativa para uma circunferência com raio de 150 km, centrada na estação.

3.3 Geoprocessamento dos dados cartográficos:

Essa etapa do trabalho incluiu a pré-análise dos documentos cartográficos existentes a cerca da área, digitalização, vetorização, georreferenciamento e edição (modelagem dos dados no ambiente SIG). A Figura 15 resume estas etapas.

A realização do georreferenciamento dos produtos cartográficos digitais, foi dado em duas etapas, devido aos sistemas computacionais tratarem diferentemente informações vetoriais de informações matriciais (raster). O georreferenciamento dos arquivos raster (imagens de satélites) foi visto mais adiante no item correspondente ao processamento digital de imagens.

O trabalho de georreferenciamento dos dados vetoriais obtidos a partir dos mapas-base (cartas topográficas da SUDENE e o mapa batimétrico) foi realizado com o software AutoCAD Map 2000, utilizando-se as cartas da SUDENE como fonte de coleta dos pontos de controle. Utilizou-se a Projeção UTM Zona 25.

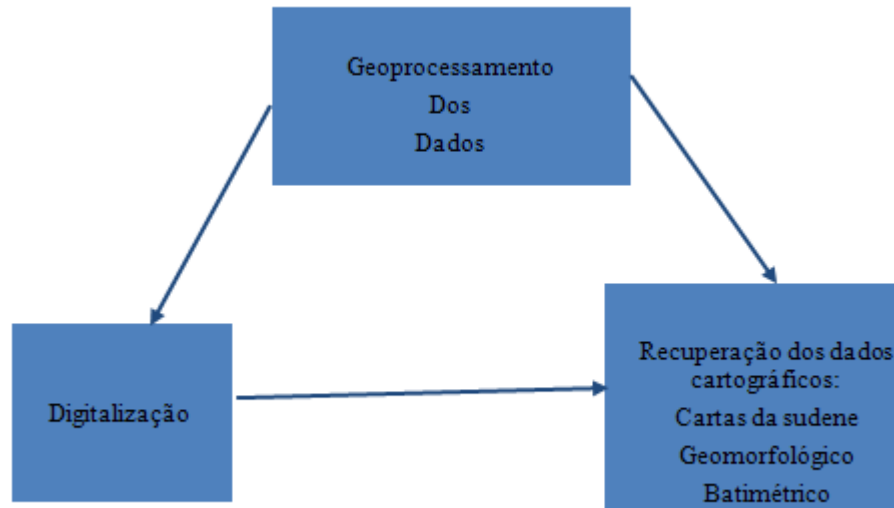


Figura 15: Modelo esquemático da seqüência metodológica da etapa de geoprocessamento dos dados cartográficos.

Após a obtenção dos arquivos digitais vetoriais georreferenciados dos documentos cartográficos, estes passaram por um trabalho de edição para correção de pequenos erros cometidos no processo de vetorização (duplicação de linhas, excesso de vértices, etc) com recursos do AutoCAD Map. Em seguida estes mapas foram exportados para o ambiente SIG, que foi explorado para a montagem do banco de dados da Bacia do Baixo Paraíba e edição final dos mapas, ou seja, a modelagem dos mapas temáticos.

O mapa de uso e ocupação está associado a um banco de dados contendo principalmente as informações da área de todas as manchas (polígonos) dos temas abordados. A extração das áreas de cada tema foi obtida para uma posterior comparação com o mapa de uso e ocupação gerado a partir das imagens de satélite Spot HRVIR-PAN para o ano de 2000 e LANDSAT 7 ETM+ para o ano de 2007.

3.4. Processamento Digital das Imagens de Satélite

Esta etapa, consistiu na aplicação dessas técnicas nas imagens Spot HRVIR- PAN e LANDSAT 7 ETM+ que serviram como fonte atual de informações para uma análise do quadro geoambiental da Bacia do Baixo Paraíba.

A Figura 16 mostra, de modo esquemático, as técnicas de PDI usadas no referido trabalho.

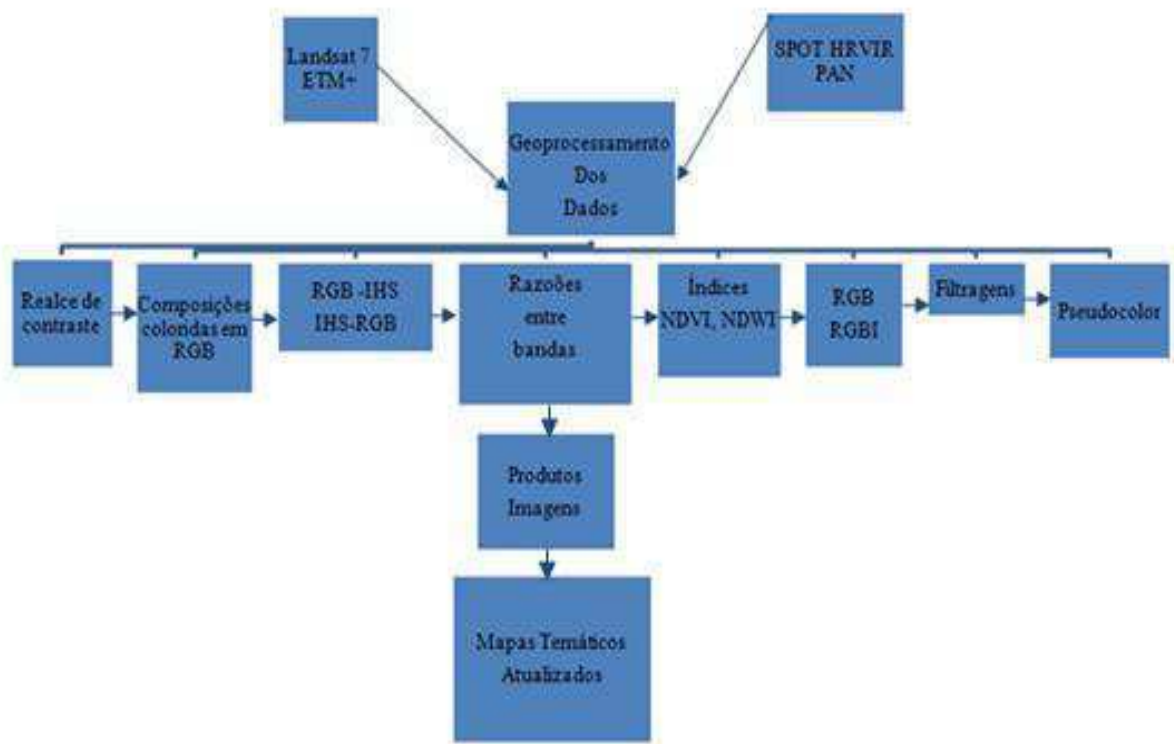


Figura 16: Esquema simplificado das funções de PDI utilizadas.

3.4.1 Composição Coloridas em RGB

O trabalho de interpretação de produtos digitais é uma tarefa que depende principalmente dos atributos de textura e cor para diferenciar alvos, como tipos de vegetação, padrões específicos de uso e ocupação do solo e elementos pedo-morfológicos.

Uma das maneiras mais tradicionais de se realizar tal tarefa é a combinação de três bandas espectrais no sistema de cores RGB (Red, Green, Blue). Várias composições coloridas em RGB foram testadas para a imagem LANDSAT 7 ETM+. As imagens foram submetidas às modificações de contraste de histograma, de forma a melhorar a distinção visual de diferentes aspectos na imagem resultante. As técnicas empregadas envolveram transformações lineares (Aumento Linear de Contraste) e não-lineares (Gaussiana, Logarítima, Equalização) correntes no ER-Mapper v6.2, aplicadas para o realce da dinâmica visual de cada banda individualmente.

3.4.2 Composição Coloridas em IHS

As imagens de satélite são normalmente visualizadas usando-se composições coloridas de três cores primárias aditivas: Red, Green e Blue (RGB). Uma outra alternativa é a transformação dos componentes RGB nos componentes IHS (Intensity; Hue; Saturation), a fim de se obter composições coloridas com reduzida correlação interbanda, conseqüentemente com melhor utilização do espaço de cores. (RIGOL e CHICA-OLMO 1998) ressaltam que outro importante recurso da técnica do IHS é que nesse sistema é permitido combinar diferentes tipos de imagens, até mesmo de diferentes sensores por meio da técnica de fusão.

3.4.3 Razão de Bandas

A razão de bandas é uma das operações aritméticas mais comuns em processamento de imagens. É uma operação bastante utilizada na determinação dos índices de biomassa ou de vegetação e na identificação de zonas de alteração hidrotermal

relacionadas à concentração de minerais. Esta operação tem como característica principal dar um grande realce a determinadas feições da curva de assinatura espectral de alguns elementos naturais, podendo ser combinadas em pares de razões para acentuar aspectos das assinaturas espectrais desses elementos.

Neste trabalho foi aplicada a combinação de pares de razões $7/4-5/3-4/2$, no sistema RGB, obtendo-se um bom resultado na diferenciação de fitofisionomia. Utilizou-se também o IVDN (Normalized Difference Vegetation Index) e o NDWI (Normalized Difference Water Index). O IVDN $(B4-B3/B4+B3)$ serviu no auxílio da diferenciação do mangue dos demais tipos de vegetação e o NDWI $(B2-B4/B2+B4)$, que aumentou o contraste entre água e terra, na delimitação dos canais fluviais e da linha de costa (WANG *et al.*, 2003).

3.4.4 Fusão por RGBI

O processo de fusão consiste na combinação de múltiplos dados (dados do mesmo satélite ou de satélites diferentes) em uma única imagem. A imagem resultante, caracteriza-se por reunir em uma única imagem as feições texturais (detalhamento geométrico) da imagem de melhor resolução espacial (banda pancromática) e as informações espectrais das outras bandas, o que possibilita uma melhor discriminação de alvos.

O RGBI consiste no meio mais prático de se fazer a fusão tanto com dados do mesmo satélite (ex. LANDSAT 7 ETM+) como dados de multisensores [(ex. LANDSAT 7 ETM+) + (Spot HRVIR PAN)], realçando a textura das imagens e, muitas vezes, proporcionando melhores resultados do que aqueles obtidos pela transformação de IHS convencional. A técnica consiste em acrescentar uma quarta camada, a Intensity, do sistema IHS, ao RGB tradicional. Na camada intensity coloca-se a banda pancromática e salva-se o arquivo de saída no modo RGB.

Essa técnica foi utilizada pela disponibilidade de uma imagem Spot HRVIR-PAN (resolução de 10 m) e de uma imagem multiespectral LANDSAT 7 ETM+ com sua respectiva banda pancromática de resolução espacial de 15 m. Com isso, a técnica do RGBI foi empregada com o intuito de se obter uma imagem colorida de resolução espacial capaz de permitir o maior detalhamento possível das unidades de investigação.

A técnica do RGBI pode ser expressa da seguinte maneira:

Para exemplificar adotaremos a composição 543 em RGB acrescida da banda pancromática do LANDSAT 7 ETM+ utilizada nesse trabalho.

| |
|-------------------------|
| Camada Red (vermelha) |
| $(B5/(B5+B4+B3)) * PAN$ |
| Camada Green (verde) |
| $(B4/(B5+B4+B3)) * PAN$ |
| Camada Blue (azul) |
| $(B3/(B5+B4+B3)) * PAN$ |

Em que,

B3, B4, B5, referes-se as banda 3, 4,5 do LANDSAT 7 ETM+

PAN, refere-se a banda pancromática do LANDSAT 7 ETM+, ou seja, banda 8.

Tanto a banda pancromática do LANDSAT 7 ETM+ como a do Spot HRVIR - PAN (resolução espacial de 20 m) foi utilizada para composições em RGBI, obtendo-se, com isso, uma variedade de imagens utilizadas como fonte de extração de informações que permitiram a diferenciação das unidades geoambientais que caracterizam a área da Bacia do Baixo Paraíba .

3.4.5 Filtragens

Em relação às técnicas de filtragem, após vários testes, optou-se pela utilização dos filtros espaciais de convolução passa-baixa (low-pass) 3x3 e passa – alta (high) 5x5.

3.4.6 Pseudo – Color

A técnica da Pseudo-cor consiste em aplicar cores numa imagem monocromática, ou seja, transformar os tons de cinza em tons coloridos. Essa técnica é utilizada por meio da manipulação das Lut's ou “look-up tables”, ferramenta disponível nos softwares voltados para o processamento digital de imagens de sensores remotos. Aplicou-se essa técnica na imagem Spot HRVIR-PAN.

3.4.7 Geração do Modelo Digital do Terreno (MDT)

Os MDT's geram informações espaciais de grande importância na análise de dados tridimensionais, modelando e analisando uma superfície. Uma das aplicações mais frequentes destes modelos é aquela que envolve dados topográficos. Além da representação do terreno, a partir dos modelos digitais, outras informações espaciais a eles relacionadas são extraídas, manipuladas e integradas aos SIG.

ASSAD *et. al.*, (1993) define pontos amostrais como sendo valores coletados na superfície real ou em outras fontes, constituídos por triplas formadas por um par de coordenadas (x,y) (representativo da posição da amostragem na superfície) associado a uma variável z, todos referenciados a um sistema de eixos cartesianos triortogonais . Para a construção do MDT da área de estudo, utilizou-se como fonte dos dados amostrais das Cartas Topográficas da SUDENE e a carta batimétrica atualizada do canal principal da BHBP. A Figura 17 mostra a metodologia usada para o MDT.

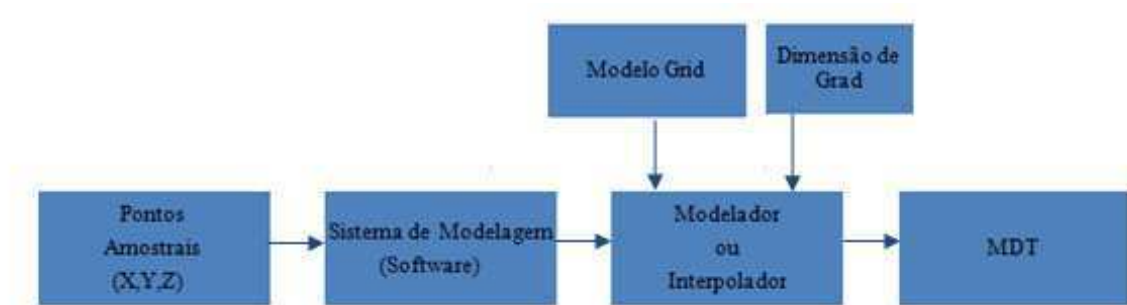


Figura 17: Seqüência da Elaboração do MDT.

O processo de aquisição destes pontos incluiu a digitalização da articulação das cartas topográficas que cobrem a área de interesse e do mapa batimétrico e a vetorização das curvas de nível e batimétricas. A etapa de vetorização foi realizada com o software R2V que gerou dois arquivos de saída no formato DXF (curvas de nível e batimétricas). A opção pela escolha da vetorização semi-automática se justifica pelo considerável ganho de tempo na realização desse processo em comparação com a vetorização manual via tela (heads-up).

Em seguida, exportou-se esses arquivos para o AutoCAD Map onde passaram pelo processo de edição (limpeza), inclusão da variável “Z” (valor da cota de altitude correspondente a cada curva de nível e batimétrica) e georreferenciamento. Estando os dois arquivos georreferenciados, gerou-se um único mapa com as informações topográficas da superfície e do fundo. Este novo mapa foi exportado para o software dxf2xyz, um conversor de domínio público. Este software transformou o arquivo dxf num arquivo de saída xyz, onde todos os nós gerados no processo de vetorização foram dispostos numa tabela com 3 colunas (x=longitude, y=latitude e z=altitude) e n linhas (o número de linhas vai depender da quantidade de nós gerados na vetorização). No caso da coluna z, esta contém números positivos, curvas de nível, e negativos, batimetria.

3.4.8 Etapas de levantamento de campo

As etapas de campo foram realizadas em varias fases e com objetivos distintos:

- ✓ Num primeiro momento foi feito um reconhecimento preliminar das principais feições geodinâmicas, geomorfológicas, geológicas e levantamento dos pontos de controle por meio de GPS como suporte a confecção das cartas temáticas.
- ✓ Numa segunda etapa foram feitas viagens a João Pessoa – PB, mais precisamente na Universidade Federal da Paraíba – UFPB (Núcleo de Estudos e Pesquisas de Recursos do Mar – NEPREMAR), em que nos forneceu dados do levantamento batimétrico do canal principal, da BBP. Este levantamento consistiu num total de 32 perfis batimétricos, um perfil no sentido longitudinal, de aproximadamente 20 km, da BBP (Bacia do Baixo Paraíba) á desembocadura do rio Sanhauá, nas proximidades do município de Bayeux, e 31 perfis transversais, distribuídos ao longo do canal, perfazendo um total de 24 km. Os dados de profundidade foram posteriormente corrigidos, aproximadamente ao nível da maré mais baixa correspondente aos dias do levantamento.
- ✓ Na terceira etapa consistiu no levantamento utilizando dados sonográficos (Sonar de Varredura Lateral) em áreas selecionadas da BBP. Dados estes também fornecidos pela UFPB. O desenvolvimento das formas de fundo está relacionada ao transporte e granulometria dos sedimentos, podendo ocorrer em várias escalas, desde ondulações a dunas e barras. A extensão, tamanho e características das formas de fundo aluviais são produto direto do balanço entre erosão e deposição em diferentes partes do leito. Desta forma a sonografia nos fornece informações sobre a natureza do fundo, como por exemplo, textura, composição e orientações das feições. Os sonogramas obtidos na BBP mostram formas de fundo do tipo dunas, segundo a classificação de Ashley (1995) que associadas à análise das amostras coletadas permitiram delimitar áreas de fundo arenoso e fundo lamoso (intermitente).
- ✓ Na quarta etapa fotografou-se as áreas que foram analisadas;
- ✓ Na quinta fase foi feita uma análise climatológica da precipitação e temperatura do ar sobre a região da BBP.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A vegetação natural da Planície Litorânea da BHP foi praticamente reduzida pela urbanização. Em alguns pontos isolados pode-se observar alguns exemplares das formações vegetais que fazem parte das Formações Litorâneas, cuja classificação é: Formações das praias, Formações das dunas, Formações das restingas e terraços litorâneos e manguezais. Comumente encontramos algumas espécies da Formação das praias a exemplo da salsa da praia – *Ipomoea pes-caprae* e bredo-da-praia – *Iresine portulacoides*, vegetação rasteira que recebe influência direta da salinidade marinha (CHASSOT e CAMPOS, 1999).

Neste sentido observa-se através da Figura 19 a distribuição da cobertura vegetal, que aparece na cor verde (do claro ao tom mais escuro), ao longo da área delimitada. A predominância da cor verde está relacionada à inclusão da banda 4, pois esta banda, trabalha na faixa espectral de 0,76-0,90 μm , tem como aplicação principal o levantamento da biomassa.

Na porção Noroeste (NW), representada pelo tabuleiro costeiro, aparecem manchas na cor magenta, que representam áreas reservadas para o plantio de cana-de-açúcar, cultura predominante nesta área. A área urbanizada aparece também na cor magenta. A restrição dessa composição é que ela não apresenta uma boa diferenciação das espécies vegetais presentes na área (mangue, mata atlântica, áreas cultivadas) o que limita sua aplicação no trabalho de discriminação de espécies vegetais. Portanto esta composição foi utilizada apenas com objetivo de se ter uma visão geral da distribuição da cobertura vegetal na área pesquisada



Figura 19: Imagem da composição colorida das bandas 5-4-3 do LANDSAT 7 ETM+ combinadas em RGB destacando as áreas cobertas por vegetação, 2007.

A composição 5-3-1 (Figura 20) ofereceu um bom grau de detalhamento da vegetação, pois a inclusão da banda 3, que trabalha na faixa espectral 0,63 – 0,69 μm , produziu maior contraste na tonalidade e na saturação das cores permitindo a diferenciação de espécies vegetais a partir do grau de intensidade de absorção da clorofila. Com isso foi possível distinguir três grupos de vegetação: mangue, mata atlântica e áreas cultivadas.

A vegetação de mangue aparece em tom marrom escuro, provavelmente, devido a maior absorção da energia eletromagnética pela matéria orgânica e água presentes no solo sobre o qual essa vegetação se desenvolve. A cor marron claro representa a vegetação de Mata ou Floresta. Esta aparece na planície praial, onde se localiza o município de Cabedelo e parte de João Pessoa, sendo as principais manchas realçadas representadas pela Mata do Estado, mais ao norte, e a Mata do Amém, mais ao sul, e no tabuleiro costeiro, na porção NW da área, em forma de pequenas manchas. O fato desta vegetação aparecer na tonalidade mais clara, com relação ao mangue, deve-se, possivelmente, ao tipo de terreno em que ela se desenvolve (sedimentos areno-quartzosos) associado às diferentes características espectrais da própria vegetação.

No tabuleiro costeiro é possível perceber variedades sutis de cor, que vai desde um rosa claro, passando pelo castanho claro até um castanho escuro, representando, respectivamente, áreas preparadas para plantio e áreas de cultura da cana-de-açúcar em vários estágios de substrato. A banda 3, possivelmente, contribuiu para a observação de tais variações devido à possibilidade de registro de diferentes estágios de crescimento da cana-de-açúcar em função das diferentes concentrações de clorofila em cada um desses estágios.

Outro fator a ser destacado diz respeito aos viveiros de camarão presentes na área, que ficaram bastante realçados em relação à composição anterior. Estes viveiros, localizados na porção centro-sul da área, nas proximidades da Ilha dos Stuart, aparecem na cor esverdeada, possivelmente devido à presença de fitoplâncton, utilizado na alimentação de camarões.

4.1 Área cultivada

Uma das principais alterações ocorreu na região do tabuleiro costeiro. Nesta área havia um predomínio da cultura de subsistência e da vegetação de mata, associadas a expressivas “manchas” de vegetação do tipo cerrado de tabuleiro. Trinta e dois anos (1975 a 2007) depois a cana-de-açúcar é a cultura predominante (Figura 21). Observando as Tabelas 2 e 3, nota-se que a cultura de cana chegava a ocupar pouco mais de 158 ha .Hoje, ocupa uma área de aproximadamente 4052 ha.

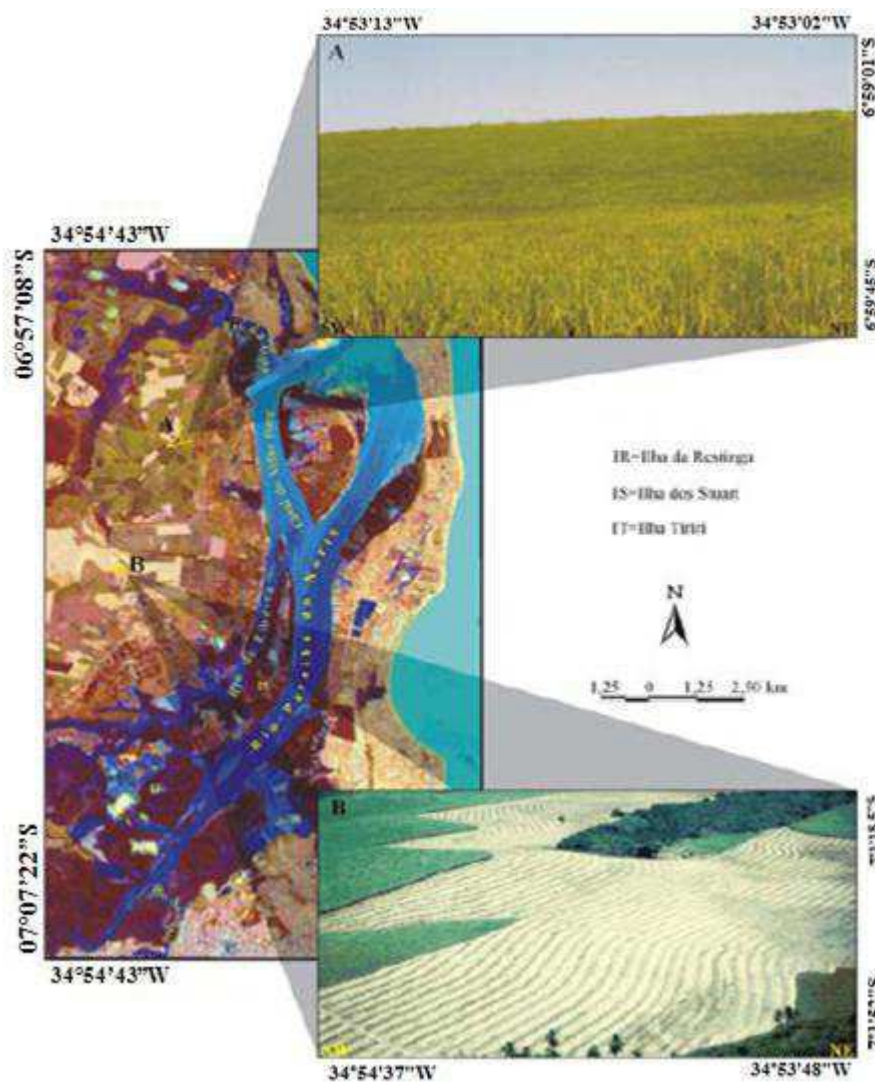


Figura 21: Imagem da composição colorida das bandas 5-2-NDWI do LANDSAT 7 ETM+ combinadas em RGB. A – vegetação de cana-de-açúcar; B – cana-de-açúcar em estágios diferentes de crescimento, 2007.

4.1.2 Vegetação natural

Na área estudada, o mangue em 1975 (Figura 22) ocupava uma área com cerca de aproximadamente 4.698 ha, em 2007, esta área se encontra com aproximadamente 3.760 ha (Tabela 2 e 3). Essa redução na sua área pode ser considerada tolerável, levando-se em consideração que no mundo todo as áreas de manguezais vêm declinando significativamente devido principalmente ao crescimento desordenado das áreas urbanas e atualmente pelo crescimento da carcinicultura (CLOUGH, 1998), além de serem convertidas em áreas agrícolas e utilizadas para produção de carvão vegetal. Esta redução é consequência de inúmeros fatores antrópicos que isoladamente ou integrados atuam de forma negativa sobre o ambiente, consequentemente sobre a vegetação de mangue.

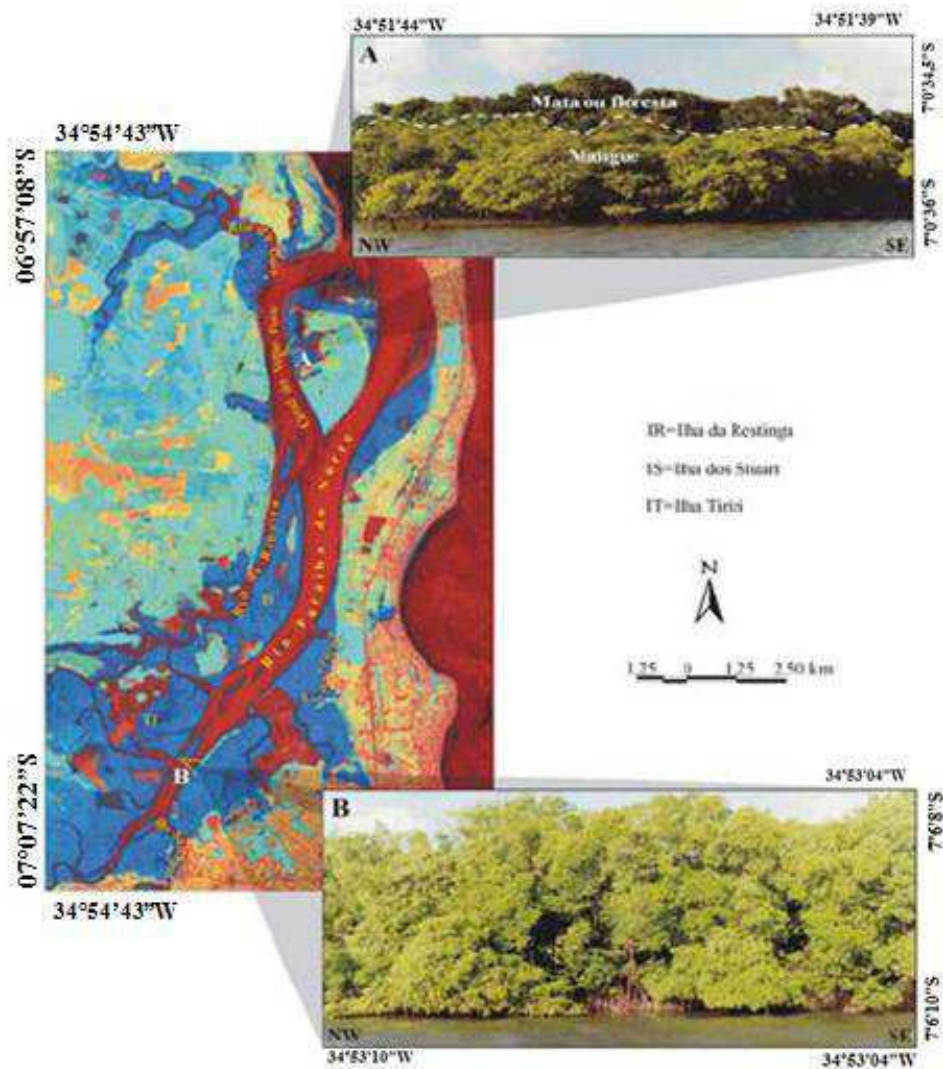


Figura 22: Imagem da composição colorida das razões das bandas 7/4-5/3-4/2 do LANDSAT 7 ETM+ combinadas em RGB. A – porção da IR onde é possível observar o mangue (primeiro plano), e a vegetação de mata ou floresta (segundo plano). B – vegetação exuberante de mangue margeando a BBP, 2007.

4.1.3 Viveiro de Camarão

Observando a Bacia do Baixo Paraíba existem quatro viveiros de camarão 3 localizados na porção centro-sul, e um outro nas proximidades do Rio da Guia . Destes quatro, dois se destacam pela suas dimensões ocupando juntos uma área de 530 ha. Os viveiros foram construídos em áreas de salinas desativadas, o que minimizou o desmatamento da vegetação de mangue (Figura 23 e 24).

Segundo TORRION (2002) a carcinicultura, tem sido uma das práticas econômicas em franca expansão nas últimas décadas no mundo, especificamente nas regiões de manguezais, o que também têm sido fortemente criticados pelos danos que causa ao meio ambiente. Estudos recentes evidenciam que a pressão sobre o ecossistema do mangue, em atendimento às exigências de instalação de piscinas de carcinicultura, tem comprometido o equilíbrio ecológico dos mesmos.



Figura 23: Viveiro de camarão em construção, evidenciando o crescimento da atividade de carcinicultura na região de estudo.

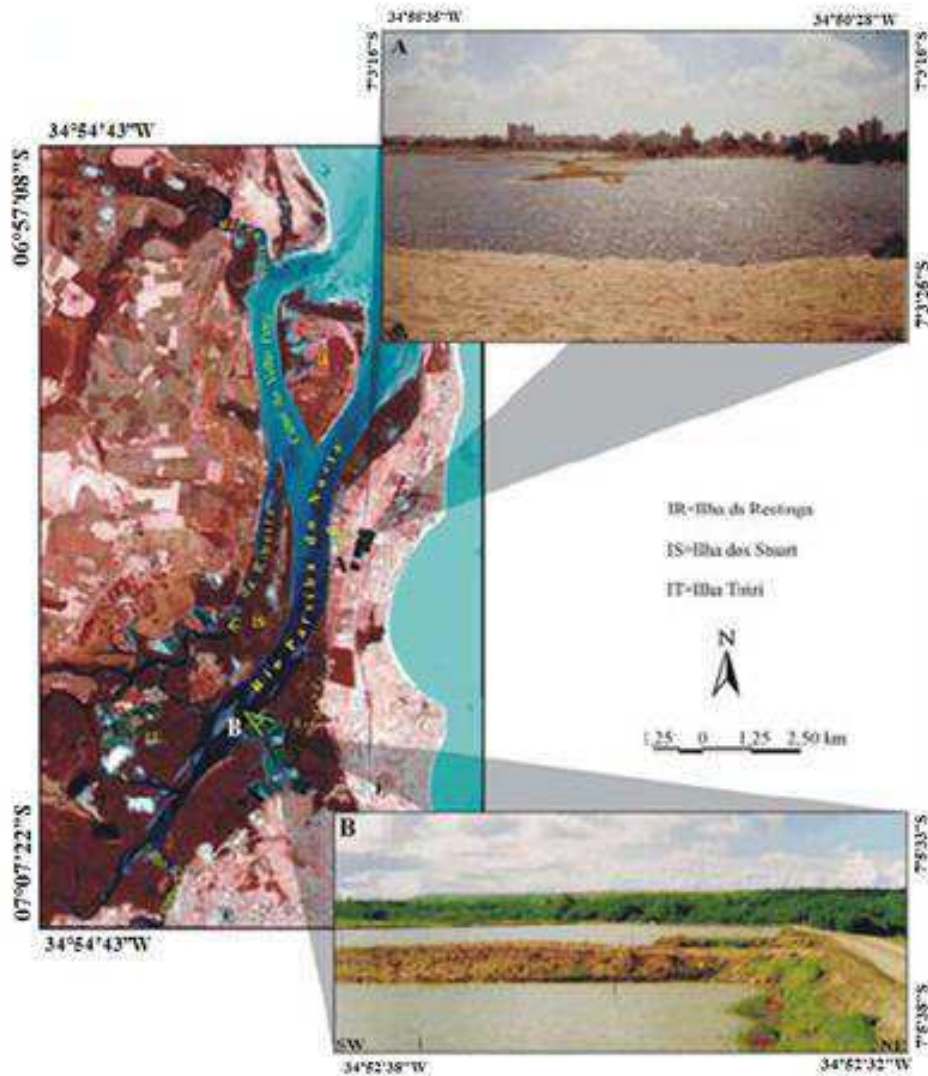


Figura 24: - Imagem da composição colorida das bandas 5-3-1 do LANDSAT 7 ETM+ combinadas em RGB. A – lagoas que se formaram em áreas isoladas correspondentes às reentrâncias existentes entre os cordões litorâneos. B – atividade de carcinicultura, 2007.

Uma mudança importante observada na paisagem local foi o crescimento da área urbana (Figura 25 e 26), representado pelo municípios de João Pessoa, Cabedelo e Bayeux. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em 1970 estes três municípios possuíam juntos uma população de aproximadamente 397.398 habitantes, em 2007, segundo esse mesmo órgão, a população aumentou para cerca de 817.381 de habitantes, um crescimento de 106%. Este acelerado crescimento da população implicou também no crescimento da mancha urbana destes municípios, que juntos, conforme as Tabelas (2 e 3) tiveram um aumento de 153% nesta área entre 1975-2007.

Comparando os dois mapas de uso e ocupação do solo (Figura 25 e 26) é possível perceber claramente esse crescimento, principalmente na porção leste da área estudada, compreendida pelos municípios de João Pessoa e Cabedelo, onde a vegetação foi praticamente substituída por edificações.

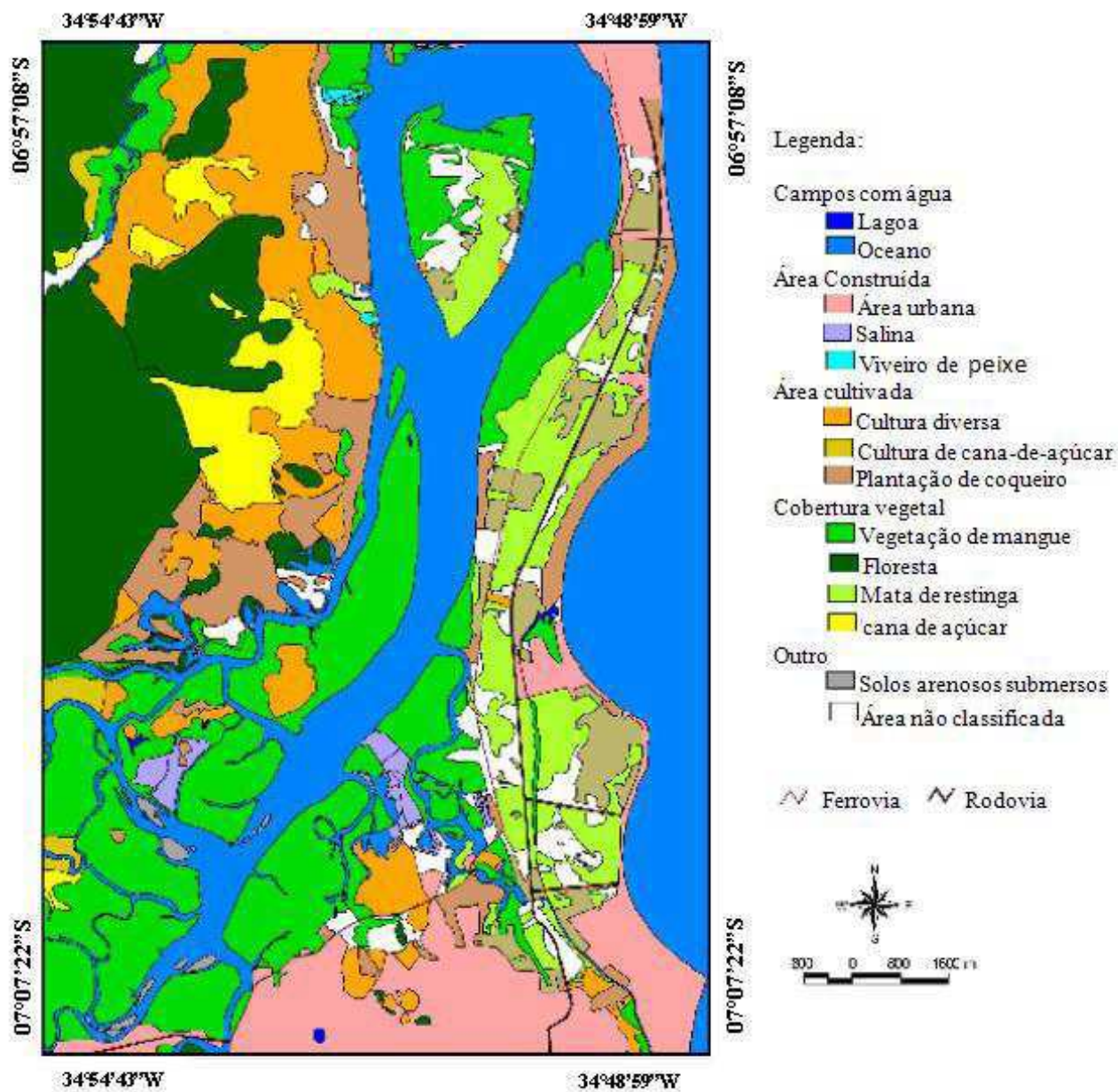


Figura 25: Mapa do uso e ocupação do solo da Baía do Baixo Paraíba , 1975.

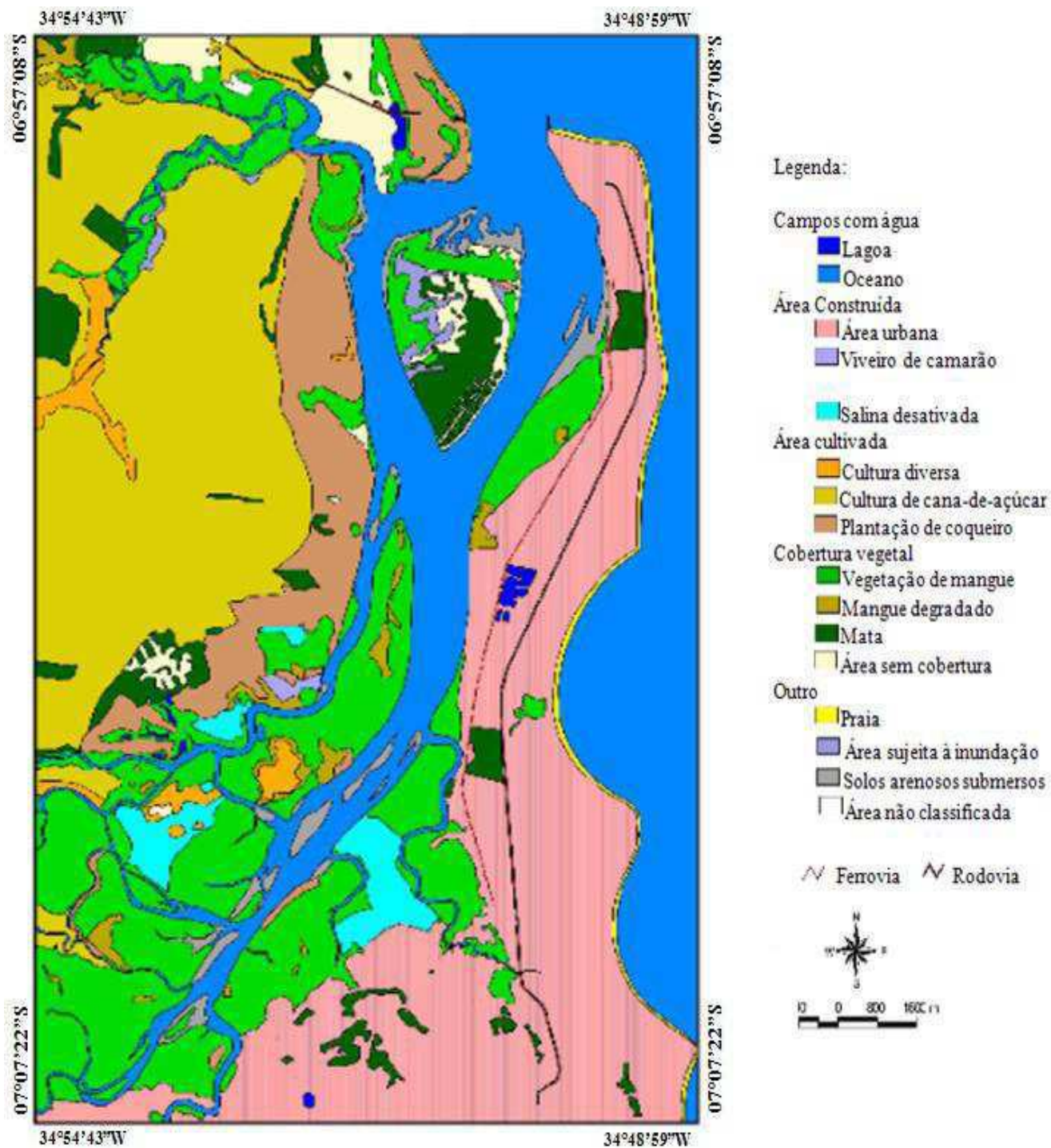


Figura 26: Mapa do uso e ocupação do solo da Bacia do Baixo Paraíba, 2007.

4.2 Avaliação do uso e ocupação do solo através dos mapas e atividades de campo

As classes utilizadas nos dois mapas (25 e 26) e suas respectivas áreas dessas classes estão dispostas nas Tabelas 2 e 3. Comparando-se as duas Tabelas (2 e 3), verificam mudanças significativas no quadro natural da Bacia do Baixo Paraíba no decorrer dos anos : 1975-2007.

As principais mudanças foram:

a) área cultivada

Verificando a tabela 2 e 3, observa-se que a cultura predominante é plantio da cana-de-açúcar, pois em 1975 era apenas de 158 há, enquanto que 2007 esse número aumentou consideravelmente para 4.052,67 ha, ou seja, um aumento de 246%. Contudo, as culturas diversas e as vegetações típicas da região deram espaço de forma inadequada para o grande comércio da cultura da cana-de-açúcar.

De acordo com TORRES *et. al*, (2007) aplicando recursos do sensoriamento remoto para verificar uso do solo, constatou em Minas Gerais que a exploração agrícola sem adoção de práticas conservacionistas, o cultivo em áreas de nascentes ou de preservação permanente, têm levado à exaustão dos solos e a escassez dos recursos hídricos. Destaca-se nessa situação a exploração da cana-de-açúcar, que vem se estabelecendo de forma bastante intensa e agressiva não se respeitando a capacidade de suporte das terras ou áreas protegidas por lei.

b) área urbana

Torna-se evidente o aumento da urbanização na região da BBP, verificando as tabelas 2 e 3 esse aumento para o período estudado foi de 153%, ou seja, esse aumento ocorreu devido ao aumento da construção civil e o aumento do comércio da região, pois á

BBP é rica em recursos biológicos e alimentícios e desta forma leva a exploração antrópica daquela região.

c) vegetação nativa

De acordo com as Tabelas 2 e 3, verifica-se uma redução da vegetação típica da região, em que a floresta teve uma redução de aproximadamente 29%, assim como a vegetação de mangue entorno de 20% para o período estudado (1975 à 2007). Essa redução se justifica com o crescimento desacelerado da área urbana e ao comércio da cana-de-açúcar, como dito anteriormente nos itens a e b.

d) viveiro de camarão

O comércio da carcinicultura cresceu desaceleradamente, observa-se na tabela 2 e 3 que esse aumento foi de 675%, logo percebe-se que é uma alternativa de comércio com lucros significativos para a população. Contudo, trás grandes impactos ambientais na região da BHBP, como a degradação do solo e o desmatamento da vegetação predominante da região, visto que a população não tem um plano ou projeto a seguir para manusear esse tipo de comércio, sem que haja prejuízos ao meio ambiente daquela região.

Em virtude do mau uso dos recursos naturais que a bacia fornece, a ação do homem faz com que haja o aumento de áreas sujeitas a inundações de acordo com as tabelas 2 e 3, esse aumento foi de mais de 600%

Tabela 2: Classes do mapa de uso e ocupação do solo da Bacia do Baixo Paraíba, 1975.

| CLASSE (ha) | ÁREA (ha) |
|---------------------------|------------------|
| Área urbana | 1.790,26 |
| Coqueiro | 1.276,52 |
| Culturas diversas | 1.798,30 |
| Cultura de cana-de-açúcar | 158,28 |
| Floresta | 2.789,59 |
| Vegetação de Mangue | 4.698,23 |
| Salina | 200,52 |
| Viveiro de Camarão | 68,45 |
| Área sujeita inundação | 15,24 |

Tabela 3: Classes do mapa de uso e ocupação do solo da Bacia do Baixo Paraíba, 2007.

| CLASSE (ha) | ÁREA (ha) | AUMENTO OU REDUÇÃO (1975 à 2007) (%) |
|---------------------------|------------------|---|
| Área urbana | 4528,12 | 153 |
| Coqueiro | 1090,72 | -14,5 |
| Culturas diversas | 240,12 | -86,7 |
| Cultura de cana-de-açúcar | 4052,67 | 246 |
| Floresta | 1989,78 | -28,7 |
| Vegetação de Mangue | 3.760,90 | -19,9 |
| Salina | 35,06 | 82,5 |
| Viveiro de Camarão | 530,36 | 675 |
| Área sujeita inundação | 108,90 | 614,6 |

4.3 Análise Climática

4.3.1 Temperatura

De acordo com a Figura 27, os valores de temperatura média do ar, no período de 1975 a 2007 mostram um aumento no decorrer do período estudado.

Fenômeno do tipo El Niño, de intensidade, foi notificado nos anos de 1982 a 1983, 1990 a 1993, e 1997 a 1998. Conseqüentemente é evidente o aumento da temperatura e os efeitos catastróficos que ocasionaram sobre a região de estudo, tais como os impactos ambientais e econômicos.

Nos anos de 1986 a 1988, 1994 a 1995 e 2002 a 2003, detectou-se El Niños de intensidade moderada, ou seja, não tão fortes quanto os citados anteriormente. Entretanto, nos anos de 2004 a 2005 e 2006 a 2007, o fenômeno foi considerado fraco, porém contribuiu para a elevação da temperatura nos anos estudados.

Esse incremento da temperatura média do ar, na região da Bacia do Baixo Paraíba pode implicar em algumas mudanças na produtividade da cana-de-açúcar, já que o bom desenvolvimento da mesma está intimamente ligado a temperatura, assim como outros tipos de vegetação, que se enquadraram nesta pesquisa (JÚNIOR, 2008).

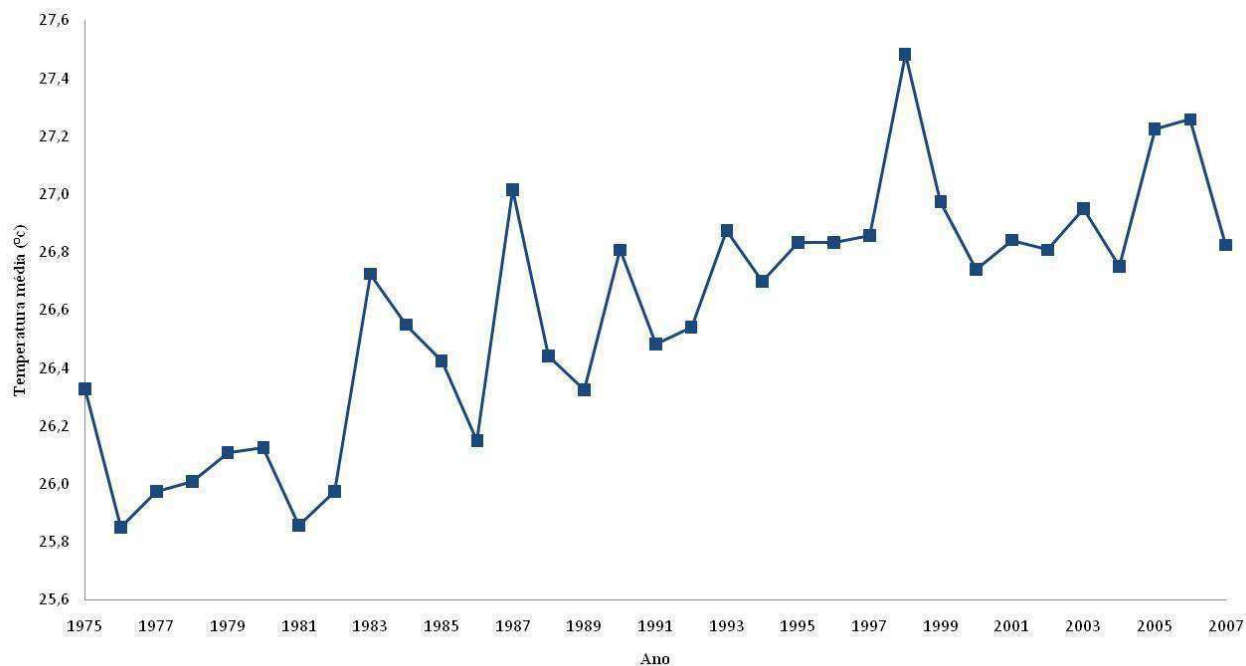


Figura 27: Variação média anual da temperatura para a Bacia do Baixo Paraíba, 1975-2007.

4.3.2 Precipitação

Com relação à pluviometria, a variação anual da precipitação (Figura 28), verifica-se uma diminuição nos últimos anos, o que prejudica o desenvolvimento de algumas plantas, como por exemplo, a cana-de-açúcar, mata, manguezais, entre outras.

Essa diminuição ocorreu devido às anomalias climáticas, tais como os episódios El Niño ocorridos nos anos citados anteriormente.

Do ponto de vista estritamente climático, a redução nas chuvas e as altas temperaturas no período estudado é realmente preocupante, pois a tendência é a mudança do clima para a área em estudo.

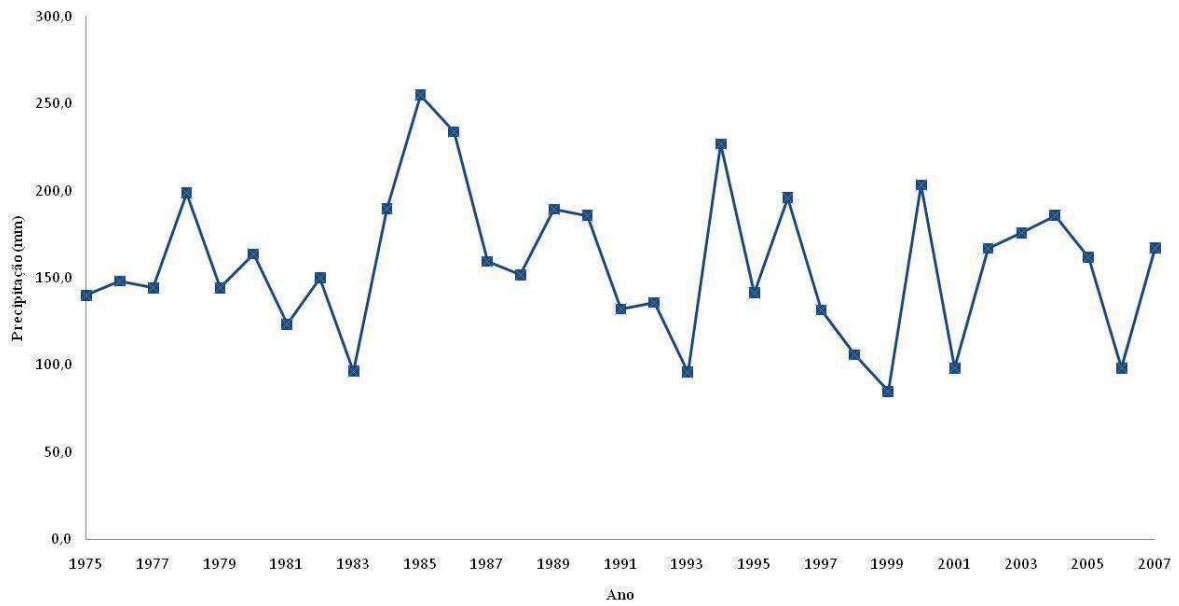


Figura 28: Variação anual da pluviometria para Bacia do Baixo Paraíba, 1975-2007.

4.2.3. Análise da anomalia de precipitação para as cidades: João Pessoa, Cabedelo, Bayeux, Santa Rita, para o período estudado (1975 – 2007). Referente aos anos em que o fenômeno El Niño atuou.

a) João Pessoa

Observa-se na Figura 29, 31, e 32 a representação da curva da normal climatológica de 1961 à 1911 e a anomalia da precipitação para a cidade de João Pessoa. Nota-se através das Figuras a redução da chuva durante os anos de 1976, 1977, 1978, principalmente no período chuvoso da região (maio a julho). Para o período que vai de 1976 a 1980 a Tabela 4 e a Figura 72 mostra a atuação do El Niño que foi de fraca intensidade, porém provocou danos ao meio ambiente e a sociedade, como a alteração nos recursos hídricos da Bacia do Baixo Paraíba (INPE, 2010).

Esse déficit da precipitação mostrada nas Figuras foi causada principalmente pelo posicionamento e intensidade da ZCIT. Este sistema nestes anos estava mais ao Norte e não ao Sul como é característico no período de março a abril podendo se estender até maio. Desta forma, desfavorecendo a costa leste do Nordeste, esta por sua vez, foi de fraca intensidade. Os distúrbios provenientes de leste e os sistemas frontais são fatores predominantes, causadores das precipitações no leste e sul da Região. Contudo, estes estiverem menos freqüentes para este anos citados.

Então, analisando ano de 1977 (Figura 30) as chuvas persistiram, porém abaixo da média. Para a Figura 31, no período de março a dezembro não obteve-se precipitação. Segundo AESA, as chuvas neste ano ficaram muito abaixo da média, prejudicando principalmente a agricultura da região.

Em relação aos de 1979 e 1980 não foi possível a construção das Figuras para a análise, pois não obtivemos dados de precipitação, mais é possível ver a configuração do fenômeno El Niño, assim como sua intensidade, Tabela 4 e Figura 72

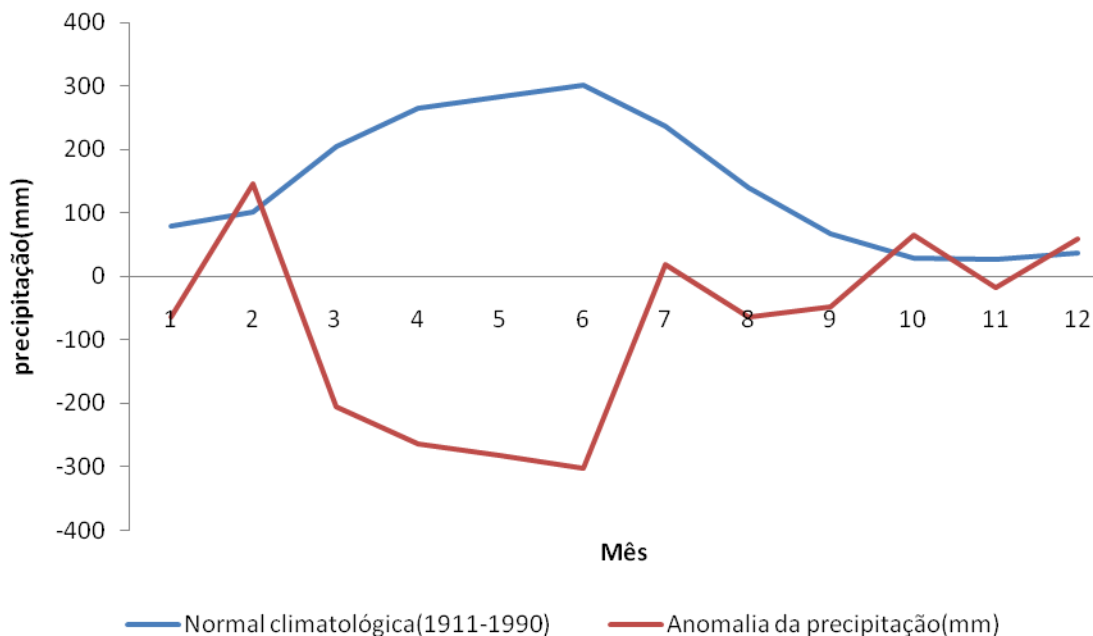


Figura 29: Desvios da precipitação referente ao ano de 1976, com relação à média climatológica (período de setenta e nove anos) representada pela linha azul, para cidade de João Pessoa, localizada na Bacia do Baixo Paraíba.

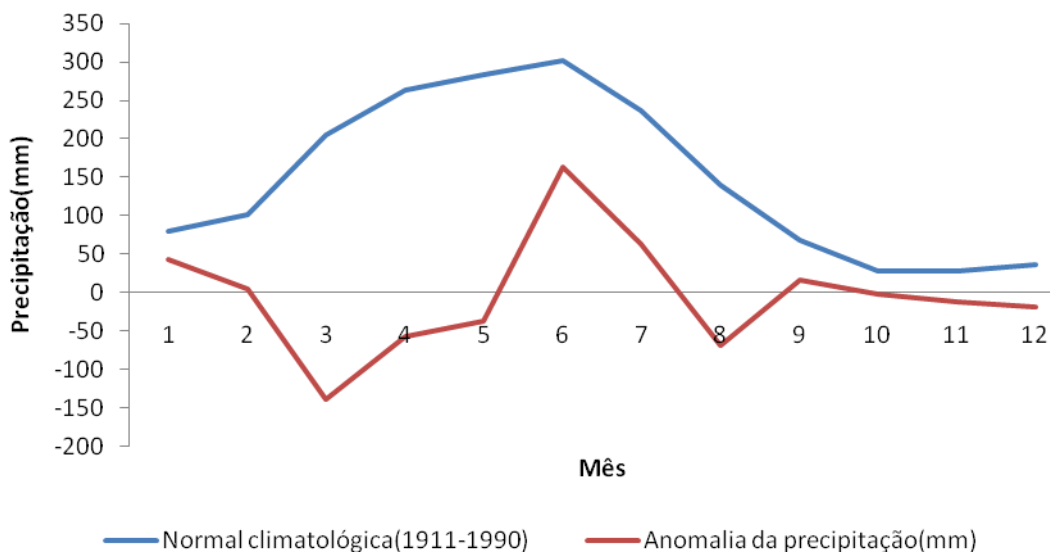


Figura 30: Desvios da precipitação referente ao ano de 1977, com relação à média climatológica (período de setenta e nove anos) representada pela linha azul, para cidade de João Pessoa, localizada na Bacia do Baixo Paraíba.

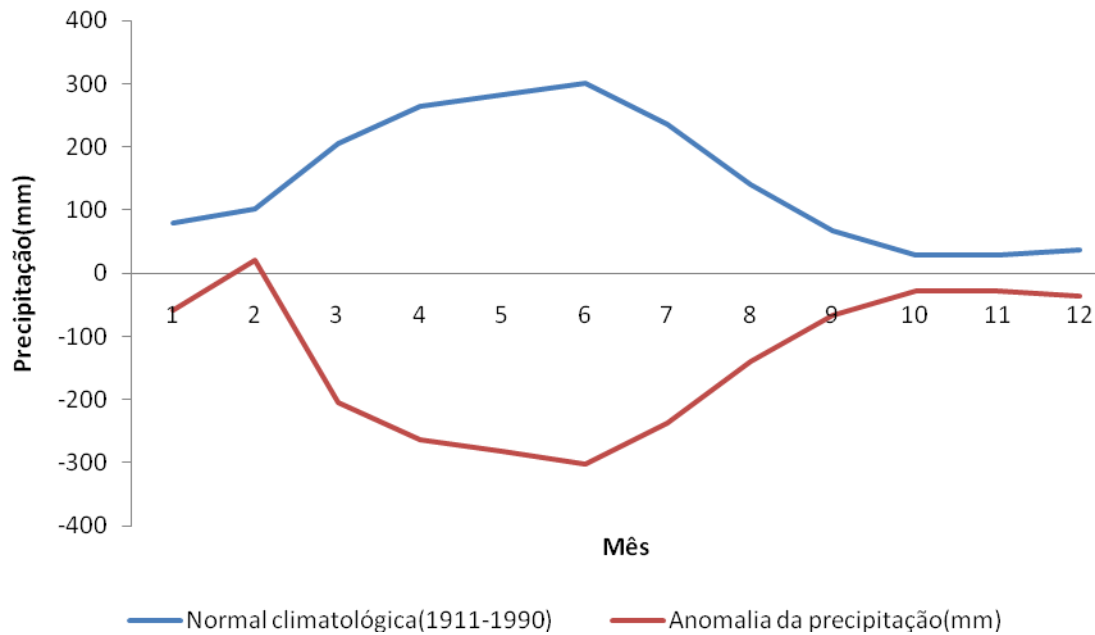


Figura 31: Desvios da precipitação referente ao ano de 1978, com relação à média climatológica (período de setenta e nove anos) representada pela linha azul, para cidade de João Pessoa, localizada na Bacia do Baixo Paraíba.

Observa-se na Figura 32 que a precipitação mensal observada em 1983 foi abaixo da média, pois de março a setembro apresentou anomalias negativas. Apesar do ano de 1983 ser afetado por um El Niño de fraca intensidade, mais foi suficiente para inibir as chuvas na região.

Quanto aos anos de 1982, não foi possível a construção gráfica e análise da distribuição da chuva para essa região devido à falta de dados. Porém é possível ver a configuração do El Niño e intensidade na Figura 72 e Tabela 4.

Em relação aos anos de 1986 a 1988, também não foi possível a elaboração dos gráficos para a análise da distribuição das chuvas na região, devido à falta de dados. Mais se pode verificar o comportamento e intensidade do fenômeno El Niño para estes anos que foi de moderado (Figura 72 e Tabela 4).

Segundo MELO (2005) a agricultura foi afetada pela atuação do El Niño, ou seja, na safra do feijão observou-se uma queda bastante significativa nos anos de 1980 a 1983,

sendo que em 1983 esta redução foi altíssima demonstrando a forte influência do Fenômeno El Niño, visto que, nesse ano o episódio foi caracterizado como um dos mais fortes.

No ano de 1984, houve um aumento na produção. Já no período seguinte (1985 a 1992), a produção ficou próximo a média. Em 1993, notou-se uma queda brusca e, no período de 1994 a 1997, percebe-se um equilíbrio na produção, onde os valores foram superiores a média.

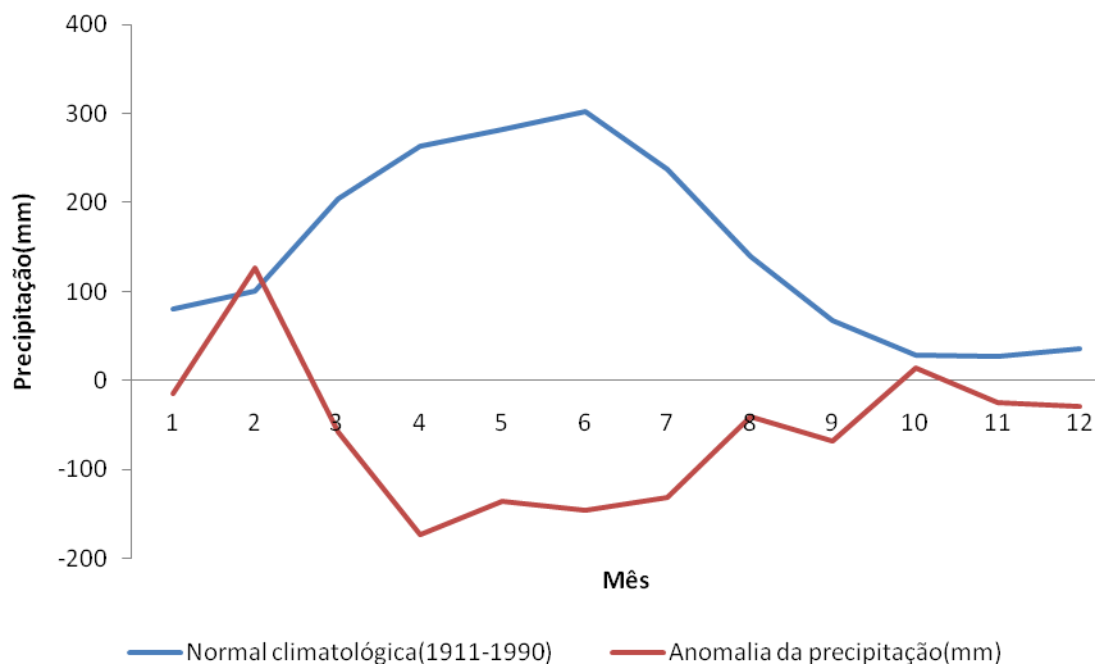


Figura 32: Desvios da precipitação referente ao ano de 1983, com relação à média climatológica (período de setenta e nove anos) representada pela linha azul, para cidade de João Pessoa, localizada na Bacia do Baixo Paraíba.

Analisando a Figura 33 verifica-se anomalia positiva da chuva de março a julho, sendo que de abril a julho a precipitação apresenta-se acima da media climatológica. Para este ano o fenômeno El Niño foi de intensidade moderada (Tabela 4 e Figura 72).

De acordo com a AESA (2010) os distúrbios provenientes de leste e os sistemas frontais foram os fatores predominantes, causadores das precipitações no leste e sul da Região em estudo, favorecendo assim a essa precipitação acima da média no período chuvoso da região. Nos meses de fevereiro, novembro verifica-se anomalias negativas da precipitação.

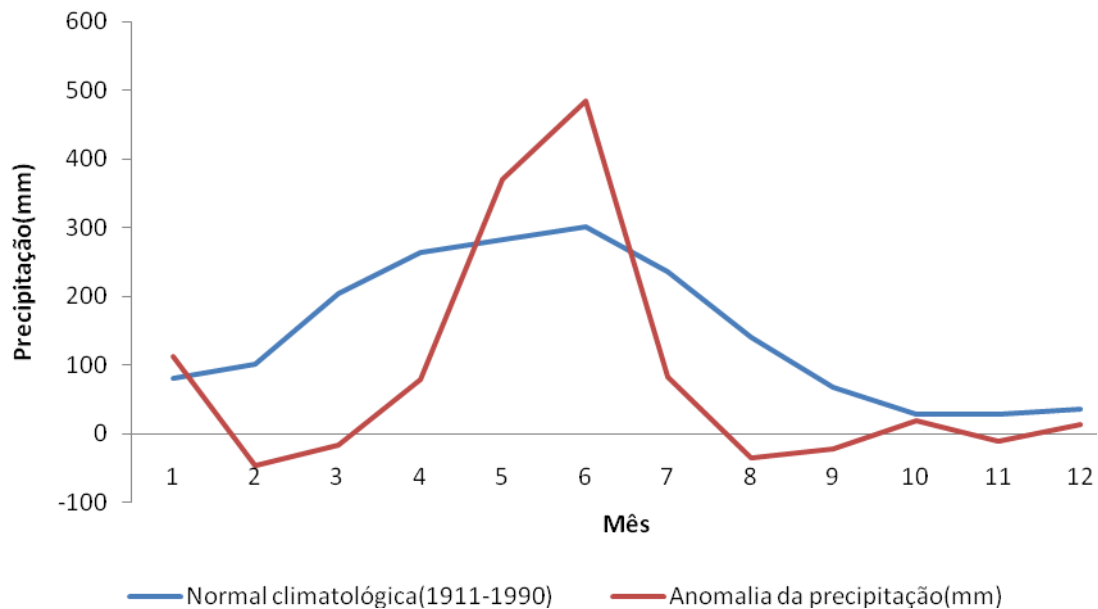


Figura 33: Desvios da precipitação referente ao ano de 1994, com relação à média climatológica (período de setenta e nove anos) representada pela linha azul, para cidade de João Pessoa, localizada na Bacia do Baixo Paraíba.

Observando a Figura 34 em quase todo o ano de 1995 obteve-se anomalias negativa da precipitação, ou seja, as chuvas estiveram abaixo do esperado. Vale ressaltar que 1995 foi um ano com atuação do fenômeno El Niño, em que sua intensidade foi moderada (Tabela 4 e Figura 72).

Os impactos do El Niño na agricultura acarretou na safra da cana-de-açúcar uma redução significativa de 1980 a 1982, em 1983 ficou próximo a média, no período seguinte

1984 a 1992 apresentou crescimento, e em 1993 demonstrou queda substancial na produção, de maneira tal, que a produção não se recuperou desde 1994 a 1997 (MELO, 2005).

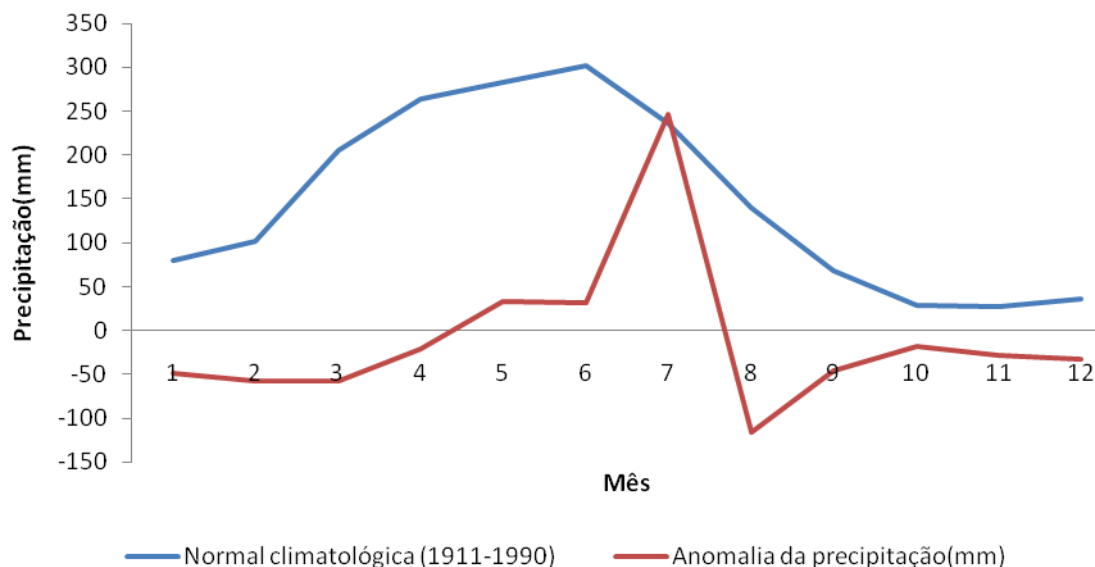


Figura 34: Desvios da precipitação referente ao ano de 1995, com relação à média climatológica (período de setenta e nove anos) representada pela linha azul, para cidade de João Pessoa, localizada na Bacia do Baixo Paraíba.

Analisando as Figuras 35 e 36 observa-se anomalias negativas em quase todo ano, ou seja, 1997 e 1998, principalmente no período chuvoso da região (maio a julho). Estes anos sofreram com a atuação do fenômeno El Niño. Este fenômeno foi um dos mais forte (Tabela 4 e Figura 72). Como consequência verificou-se a redução das chuvas na região em estudo.

Portanto, a atuação do fenômeno El Niño associado às condições naturais da cidade de João Pessoa acarreta sérios problemas à agricultura e demais atividades sócio-econômicas, refletindo-se dessa forma, em prejuízos irreparáveis à economia local. As diversas culturas agrícolas sofrem variações diferenciadas nas safras, dependendo das mesorregiões e da maneira como é feito o plantio (sequeiro ou irrigado) (IBGE, 2009).

A inibição de sistemas que, ocasionam as chuvas na região, tais como a atuação de um sistema frontal, desfavoreceram a nebulosidade para o litoral paraibano, Os distúrbios provenientes de leste e os sistemas frontais são fatores predominantes, causadores das precipitações no leste e sul da Região.

Esta inibição foi consequência da atuação do El Niño durante o ano de 1997 e 1998. É possível verificar através das Figuras 28, o aumento da temperatura para esse ano, assim como a diminuição da pluviometria da localidade em estudo (Figura 35 e 36).

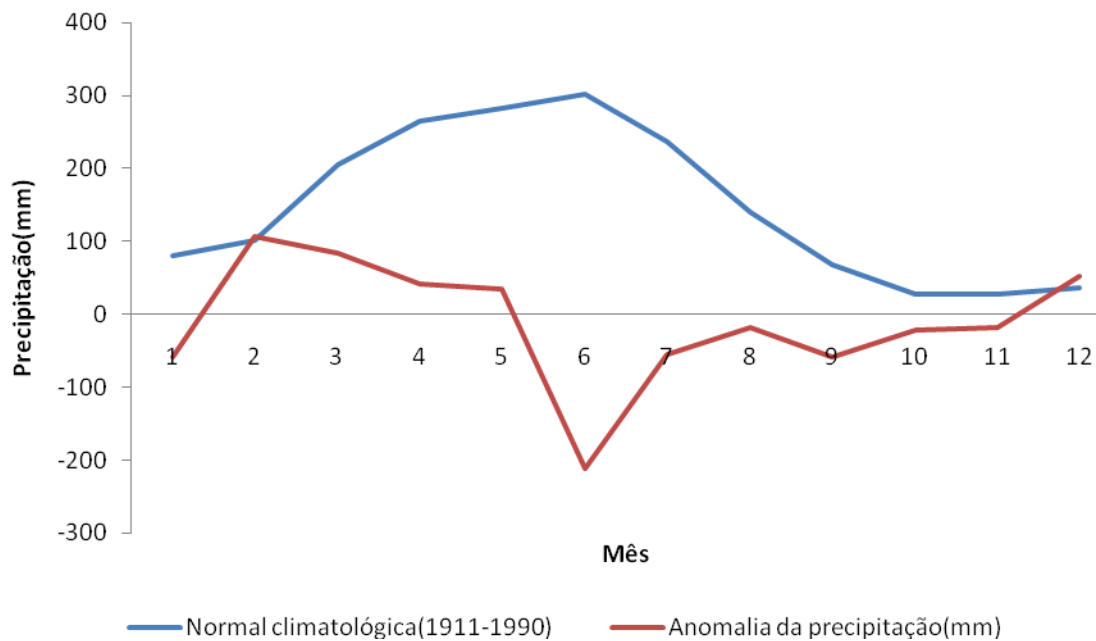


Figura 35: Desvios da precipitação referente ao ano de 1997, com relação à média climatológica (período de setenta e nove anos) representada pela linha azul, para cidade de João Pessoa, localizada na Bacia do Baixo Paraíba.

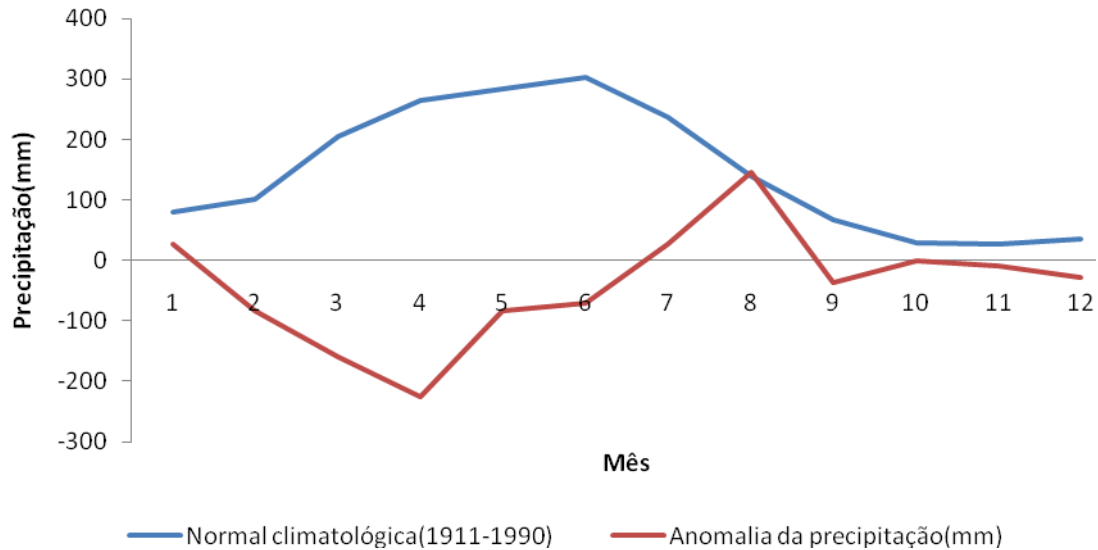


Figura 36: Desvios da precipitação referente ao ano de 1998, com relação à média climatológica (período de setenta e nove anos) representada pela linha azul, para cidade de João Pessoa, localizada na Bacia do Baixo Paraíba.

Observando as Figuras 38 e 39 mostram as chuvas abaixo da média, com exceção do mês de junho de 2003, em que choveu um pouco acima da média. Os anos de 2002 e 2003 sofreram os impactos do El Niño, pois este configurou-se com intensidade moderada (Tabela 4 e Figura 72).

Segundo o CPTEC(2010), para o período chuvoso da região a inibição de sistemas meteorológicos, reduziu as chuvas na região. Contudo, o mês de junho na qual não apresentou anomalia negativa (2002 e 2003) recebeu os efeitos do fenômeno El Niño, embora com intensidade moderada. Neste sentido períodos estes que o El Niño esteve ocorrendo, gerou seca e impactos na agricultura na região de estudo (INPE, 2010).

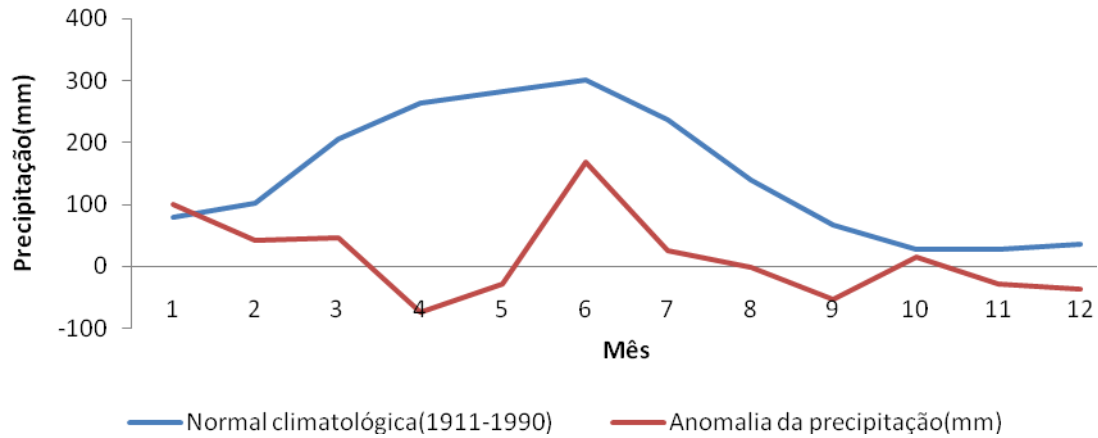


Figura 37: Desvios da precipitação referente ao ano de 2002, com relação à média climatológica (período de setenta e nove anos) representada pela linha azul, para cidade de João Pessoa, localizada na Bacia do Baixo Paraíba.

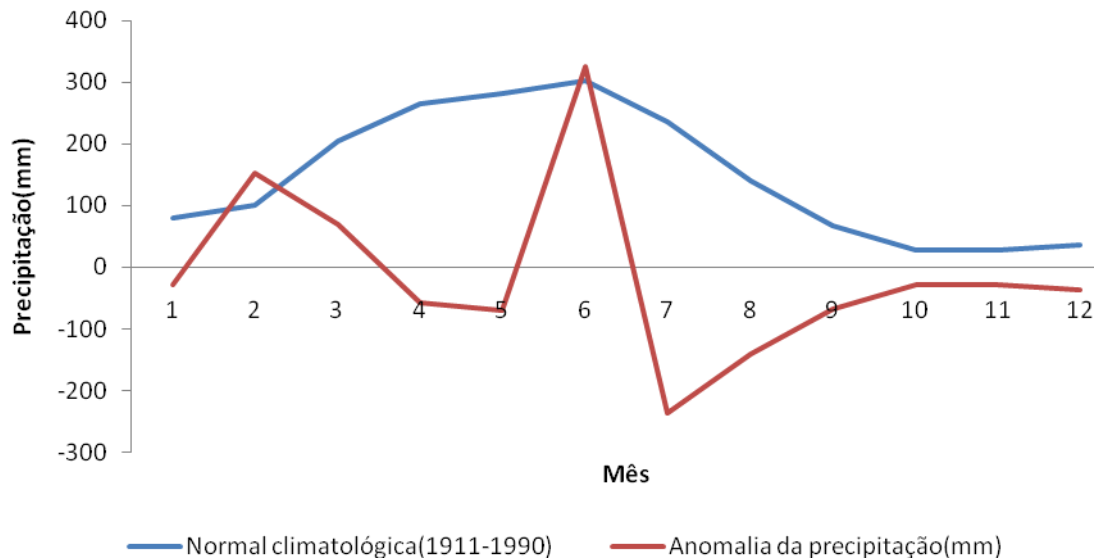


Figura 38: Desvios da precipitação referente ao ano de 2003, com relação à média climatológica (período de setenta e nove anos) representada pela linha azul, para cidade de João Pessoa, localizada na Bacia do Baixo Paraíba.

Verificando as Figuras 39 e 40 para os anos de 2004 e 2005, as chuvas estiveram abaixo da média para a região em estudo. Porém, no período chuvoso da região (maio a julho) as chuvas estiveram próximo do esperado, ou seja, da normal climatológica (linha azul).

Em relação ao ano de 2004 (Figura 39) os meses de março a abril e de agosto a dezembro obtivemos anomalias negativas da precipitação. Já para a Figura 40, os meses de janeiro a abril e julho, setembro a dezembro obtivemos anomalias negativas para a área em estudo.

Logo para estes dois anos o fenômeno El Niño esteve atuando. Porém de intensidade fraca. Como consequência, os sistemas meteorológicos que favorecem a nebulosidade e as chuvas na região em estudo. Como a ZCIT, às frentes frias e os distúrbios ondulatório de leste, atuaram com pouca intensidade, visto que, as chuvas foram abaixo da média para a localidade em estudo.

Segundo MENEZES (2007) a ausência da ZCITS está relacionada à ocorrência de eventos de El Niño e ausência de Dipolo no Atlântico Tropical.

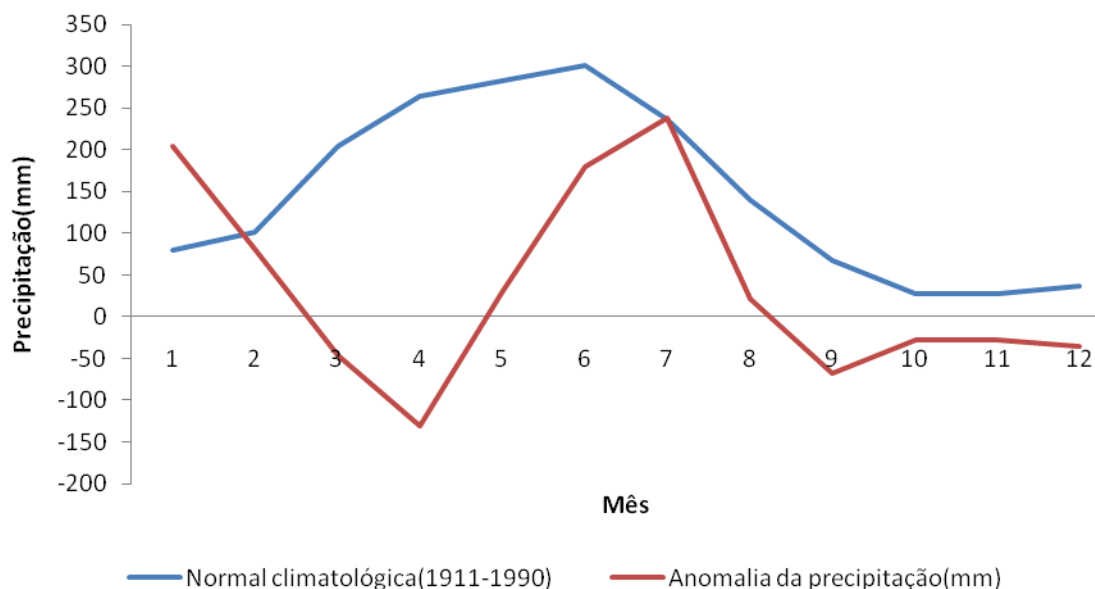


Figura 39: Desvios da precipitação referente ao ano de 2004, com relação à média climatológica (período de setenta e nove anos) representada pela linha azul, para cidade de João Pessoa, localizada na Bacia do Baixo Paraíba.

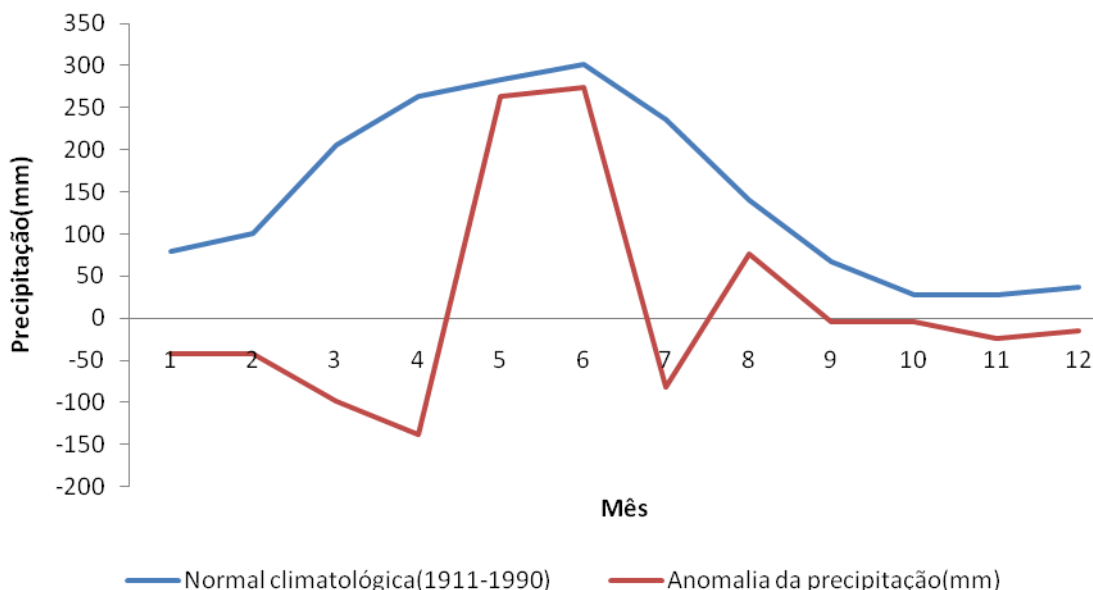


Figura 40: Desvios da precipitação referente ao ano de 2005, com relação à média climatológica (período de setenta e nove anos) representada pela linha azul, para cidade de João Pessoa, localizada na Bacia do Baixo Paraíba.

Verificando as Figuras 41 e 42 em relação aos anos de 2006 e 2007, no ano de 2006 praticamente o ano todo obteve-se anomalias negativas chegando a um valor entorno de 150. O que significa dizer que na maioria dos meses do ano não choveu. Com exceção dos meses de novembro e dezembro, onde apresentaram anomalia positiva da precipitação.

Em relação a Figura 41 observa-se que apenas nos meses fevereiro, junho e agosto se aproximaram da normal climatológica (linha azul), porém essa precipitação ficou abaixo da média.

Portanto, para estes dois anos o fenômeno El Niño esteve atuando. Porém os anos de 2006 a 2007 foi de intensidade fraca (Tabela 4 e Figura 72). Contudo, como consequência, os sistemas meteorológicos estiveram inibidos como a ZCIT, às frentes frias e os distúrbios ondulatório de leste. Desta forma, não favorecendo as chuvas na região em estudo, visto que atuaram, com pouca intensidade. Logo, as chuvas ficaram abaixo da média para a região em estudo (CPTEC, 2010).

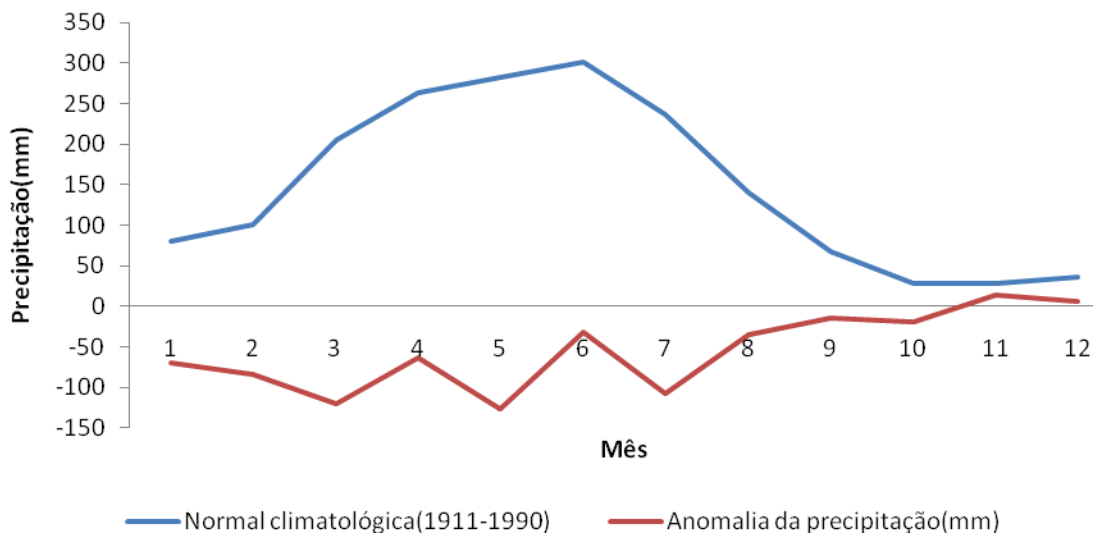


Figura 41: Desvios da precipitação referente ao ano de 2006, com relação à média climatológica (período de setenta e nove anos) representada pela linha azul, para cidade de João Pessoa, localizada na Bacia do Baixo Paraíba.

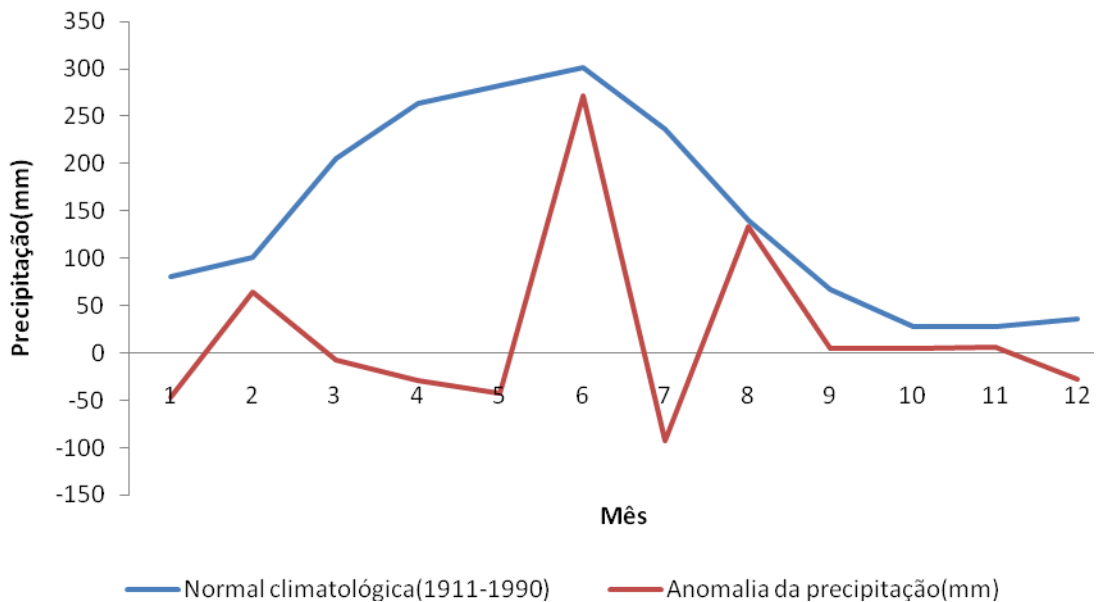


Figura 42: Desvios da precipitação referente ao ano de 2007, com relação à média climatológica (período de setenta e nove anos) representada pela linha azul, para cidade de João Pessoa, localizada na Bacia do Baixo Paraíba.

b) Cabedelo

A cidade de Cabedelo, localizada na Bacia do Baixo Paraíba, sofreu com a atuação do fenômeno El Niño. Porém não foi possível fazer a análise gráfica das anomalias ocorrida para o período de 1976 a 1997 por falta de dados meteorológicos nesta estação. Mais é possível verificar a intensidade dos El Niños para este período na Tabela 4 e Figura 72.

Observando a Figura 43 verifica-se anomalias negativas em todo o ano de 1998. Este ano sofreu com a atuação do fenômeno El Niño. Inclusive foi um dos mais forte (Tabela 4 e Figura 72). Como consequência verificou-se a redução das chuvas na região em estudo.

Neste sentido, a atuação do fenômeno El Niño associado às condições naturais da cidade de cabedelo acarreta sérios problemas à agricultura e demais atividades sócio-econômicas, refletindo-se dessa forma, em prejuízos irreparáveis à economia local. (IBGE, 2009).

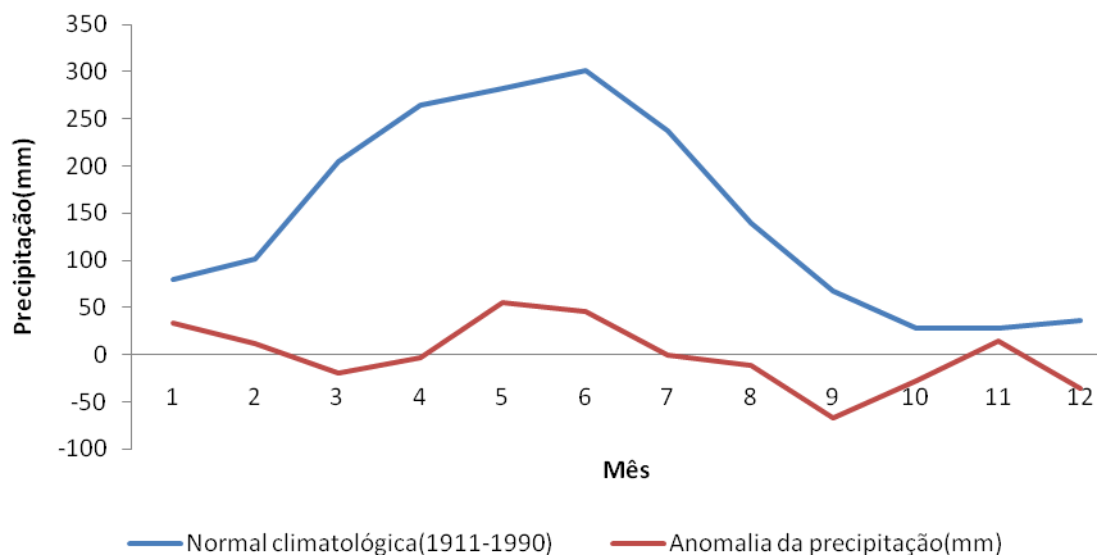


Figura 43: Desvios da precipitação referente ao ano de 1998, com relação à média climatológica (período de setenta e nove anos) representada pela linha azul, para cidade de Cabedelo, localizada na Bacia do Baixo Paraíba.

Analisando as Figuras 44 e 45 ambas mostram as chuvas abaixo da média, com exceção do mês de junho de 2003, em que choveu um pouco acima da média. Os anos de 2002 e 2003 sofreram os impactos do El Niño, pois este configurou-se com intensidade moderada (Tabela 4 e Figura 72).

De acordo com o CPTEC (2010), para o período chuvoso da região a inibição de sistemas meteorológicos, favoreceu a redução das chuvas na região. Contudo, o mês de junho na qual não apresentou anomalia negativa (2002 e 2003) recebe os efeitos do fenômeno El Niño, embora com intensidade moderada. Neste sentido períodos estes que o El Niño esteve ocorrendo, gerou alguns transtornos como falta da água em alguns municípios e impactos na agricultura na região de estudo (INPE, 2010).

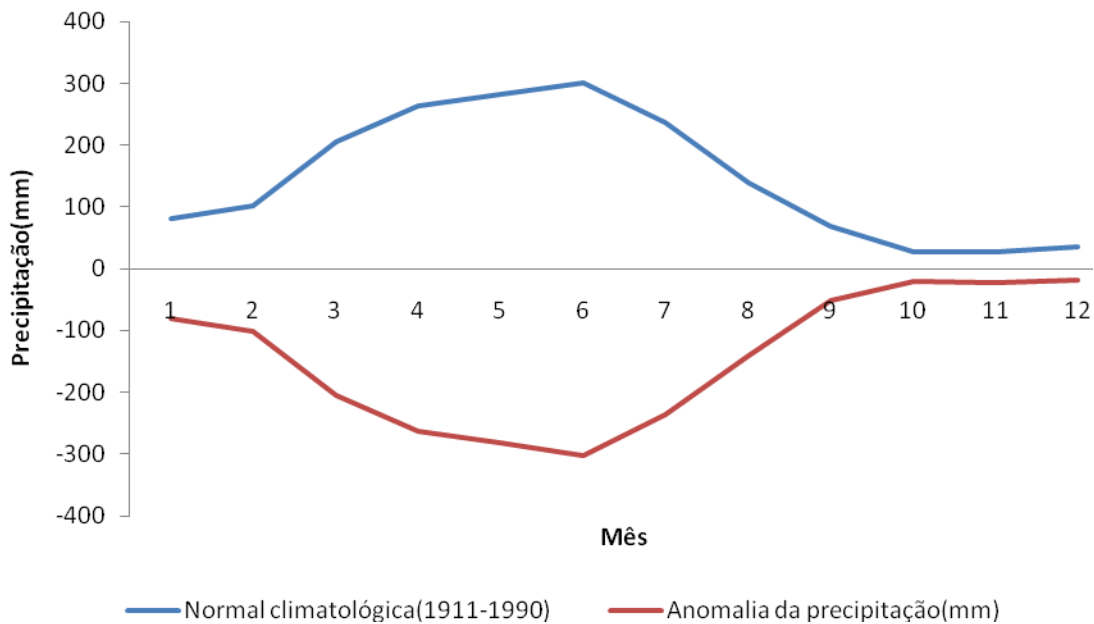


Figura 44: Desvios da precipitação referente ao ano de 2002, com relação à média climatológica (período de setenta e nove anos) representada pela linha azul, para cidade de Cabedelo, localizada na Bacia do Baixo Paraíba.

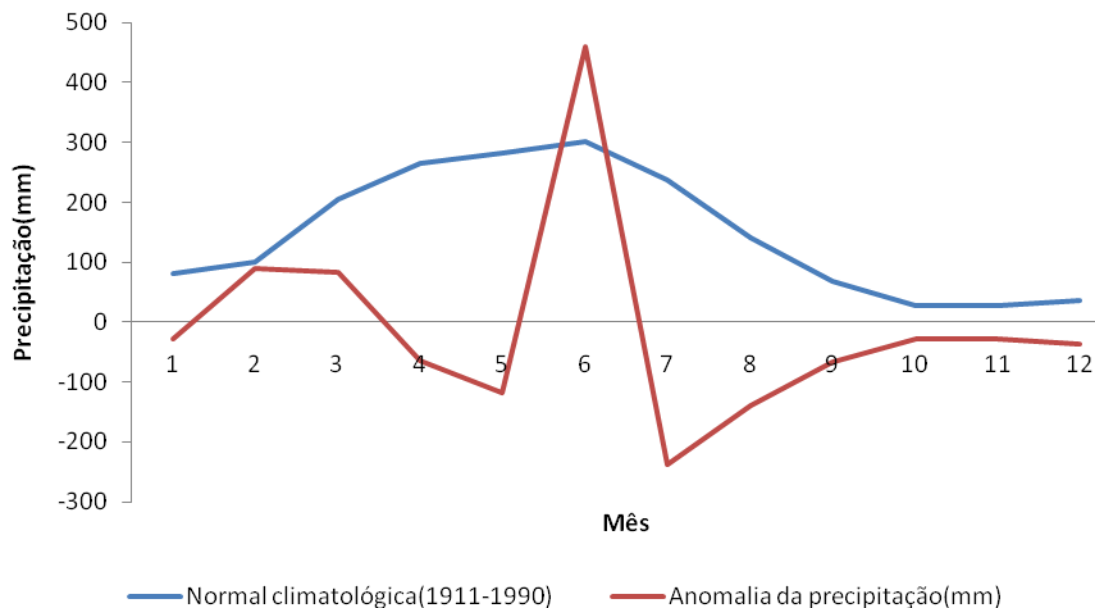


Figura 45: Desvios da precipitação referente ao ano de 2003, com relação à média climatológica (período de setenta e nove anos) representada pela linha azul, para cidade de Cabedelo, localizada na Bacia do Baixo Paraíba.

As Figuras 46 e 47 para os anos de 2004 e 2005, mostram que as chuvas estiveram abaixo da média para a região em estudo. Porém, no período chuvoso da região (maio a julho) as chuvas estiveram se aproximando do esperado, ou seja, da normal climatológica (linha azul), principalmente o mês de junho (2005 e 2006).

Em relação ao ano de 2004 (Figura 46) os meses de fevereiro a maio e de agosto a dezembro obtivemos anomalias negativas da precipitação. Já para a Figura 47, os meses de janeiro a abril e julho a dezembro obtivemos anomalias negativas para a área em estudo. Logo para estes dois anos o fenômeno El Niño esteve atuando. Porém de intensidade fraca (Tabela 4 e Figura 72).

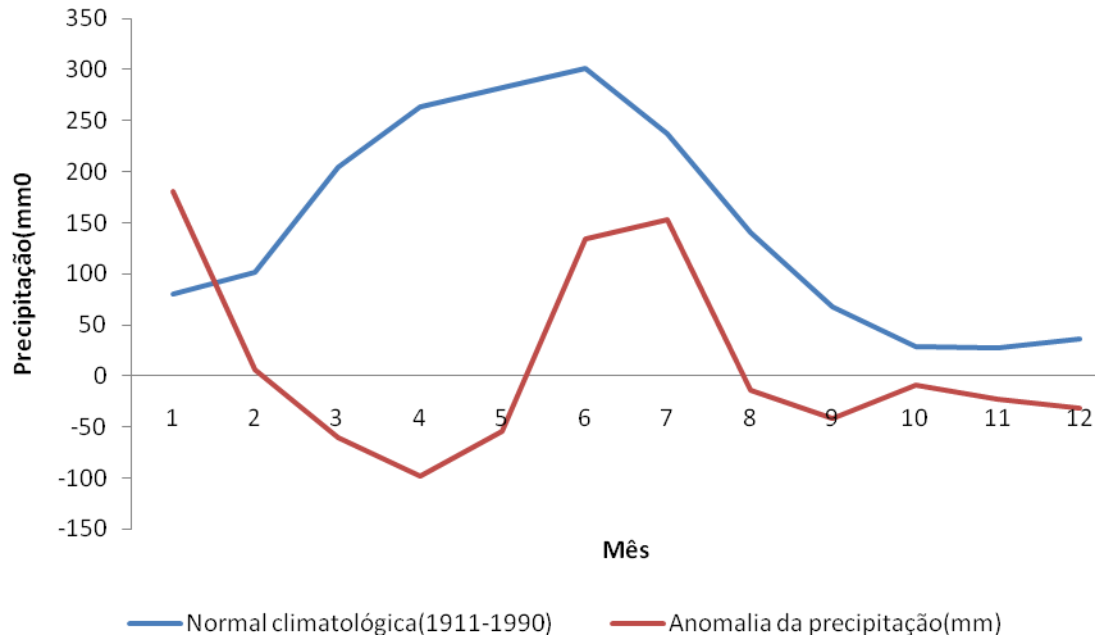


Figura 46: Desvios da precipitação referente ao ano de 2004, com relação à média climatológica (período de setenta e nove anos) representada pela linha azul, para cidade de Cabedelo, localizada na Bacia do Baixo Paraíba.

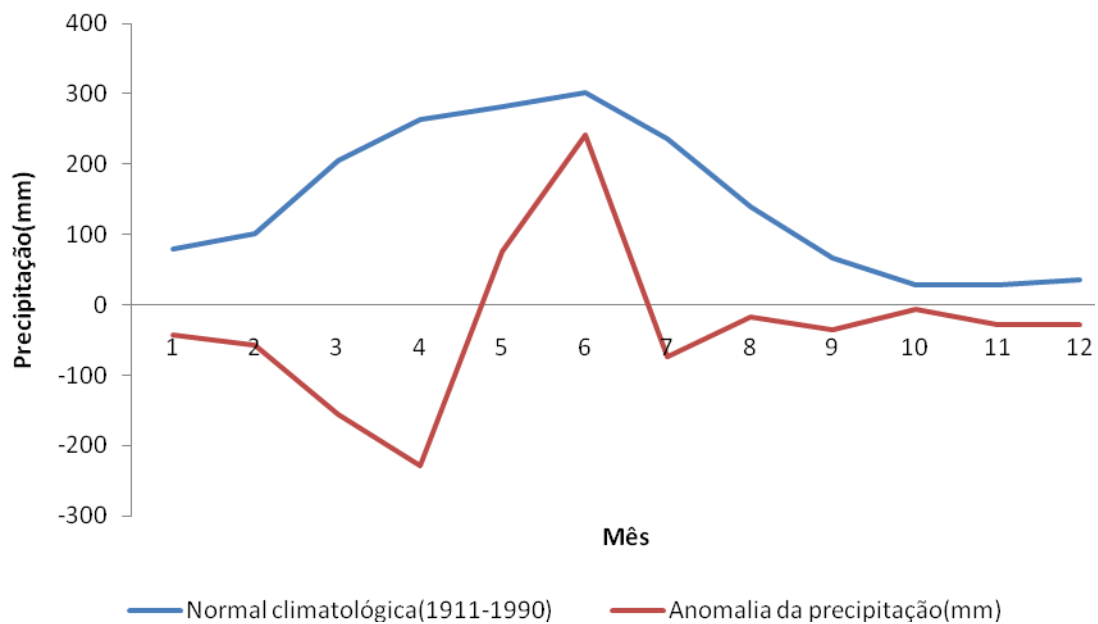


Figura 47: Desvios da precipitação referente ao ano de 2005, com relação à média climatológica (período de setenta e nove anos) representada pela linha azul, para cidade de Cabedelo, localizada na Bacia do Baixo Paraíba.

Verificando as Figuras 48 e 49 em relação aos anos de 2006 e 2007, o ano de 2006 obteve-se anomalias negativas chegando a um valor entorno de 200. O que significa dizer que não choveu durante todo ano em Cabedelo. Em relação a Figura 49 observa-se que apenas nos meses fevereiro, junho e agosto se aproximaram da normal climatológica (linha azul), porém essa precipitação ficou abaixo da média.

Portanto, para estes dois anos o fenômeno El Niño esteve atuando. Porém em relação a estes anos foi de intensidade fraca (Tabela 4 e Figura 72). Contudo, como consequência, os sistemas meteorológicos estiveram inibidos como a ZCIT, às frentes frias e os distúrbios ondulatorio de leste. Desta forma, não favorecendo as chuvas na região em estudo, visto que atuaram, com pouca intensidade. Logo, as chuvas ficaram abaixo da média climatológica para a localidade em estudo (CPTEC, 2010).

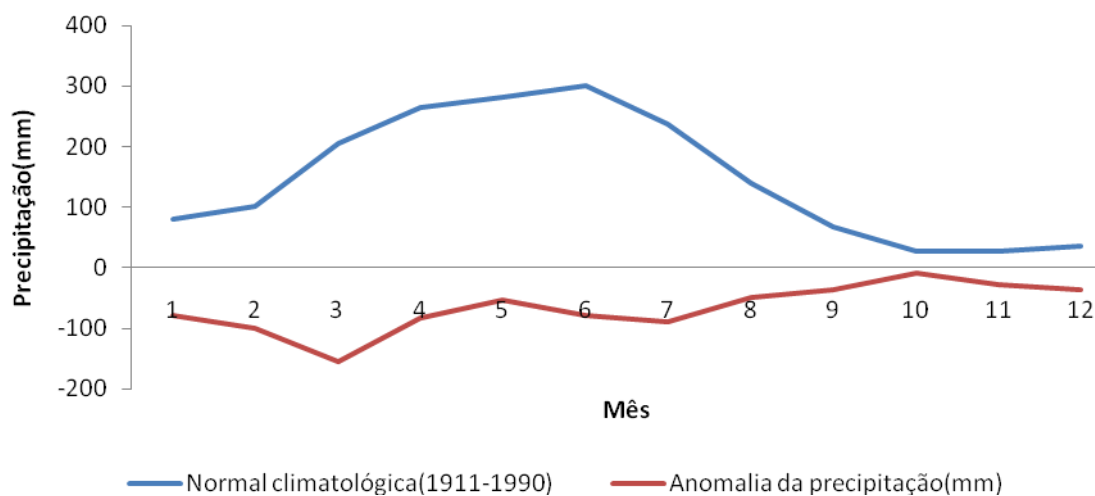


Figura 48: Desvios da precipitação referente ao ano de 2006, com relação à média climatológica (período de setenta e nove anos) representada pela linha azul, para cidade de Cabedelo, localizada na Bacia do Baixo Paraíba.

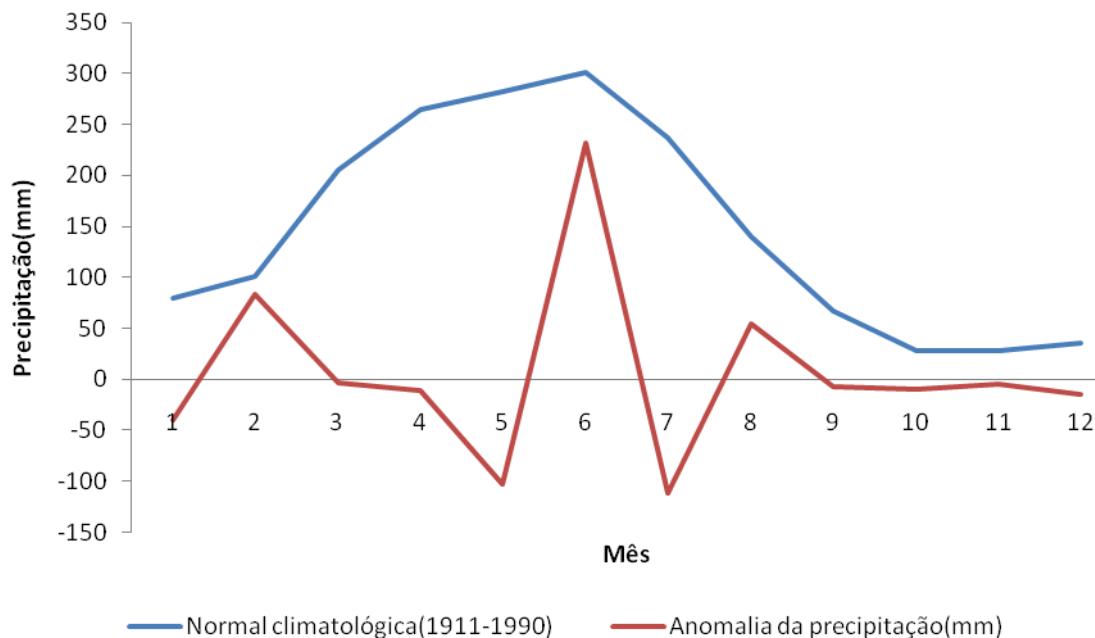


Figura 49: Desvios da precipitação referente ao ano de 2007, com relação à média climatológica (período de setenta e nove anos) representada pela linha azul, para cidade de Cabedelo, localizada na Bacia do Baixo Paraíba.

c) Santa Rita

Analisando para a cidade de Santa Rita localizada na região da Bacia do Baixo Paraíba, verifica-se através das Figuras 50 e 51 a representação da curva da normal climatológica de 1961 à 1911 (linha azul) e a anomalia da precipitação dos anos de 1976 e 1977. Nota-se através das Figuras a redução da chuva durante os anos de 1976, 1977, principalmente no período chuvoso da região (maio a julho).

Na Figura 50 o ano de 1976, nos meses de março a junho e de agosto a setembro mostra anomalias negativas da precipitação. Em relação a Figura 51 é possível verificar de março a julho anomalias positiva da precipitação. Porém as chuvas ficaram abaixo da média neste ano conforme mostra a Figura 51.

Logo, Para o período que vai de 1976 a 1977 a região em estudo sofreu a atuação do fenômeno El Niño com intensidade fraca. Na Tabela 4 e na Figura 72 mostra a atuação

do El Niño. Entretanto, foi suficiente para provocar problemas socio-econômicos na região em estudo e alteração nos recursos hídricos da Bacia do Baixo Paraíba (INPE, 2010).

Porém, as anomalias negativas e as chuvas que ficaram abaixo da média é consequência da falta de atuação dos sistemas meteorológicos responsáveis pelo período chuvoso da região. Segundo o CPTEC (2010) sistemas como a ZCIT pouco influenciou as chuvas na região devido ao seu posicionamento e intensidade. Os distúrbios provenientes de leste e os sistemas frontais são fatores predominantes, causadores das precipitações no leste e sul da Região. Contudo, estes estiverem menos frequentes para estes anos citados.

Em relação ao ano de 1978, não foi possível a construção da Figura para a análise, pois não obtivemos dados de precipitação, mais é possível ver a configuração do fenômeno El Niño assim como sua intensidade, na Tabela 4 e Figura 72.

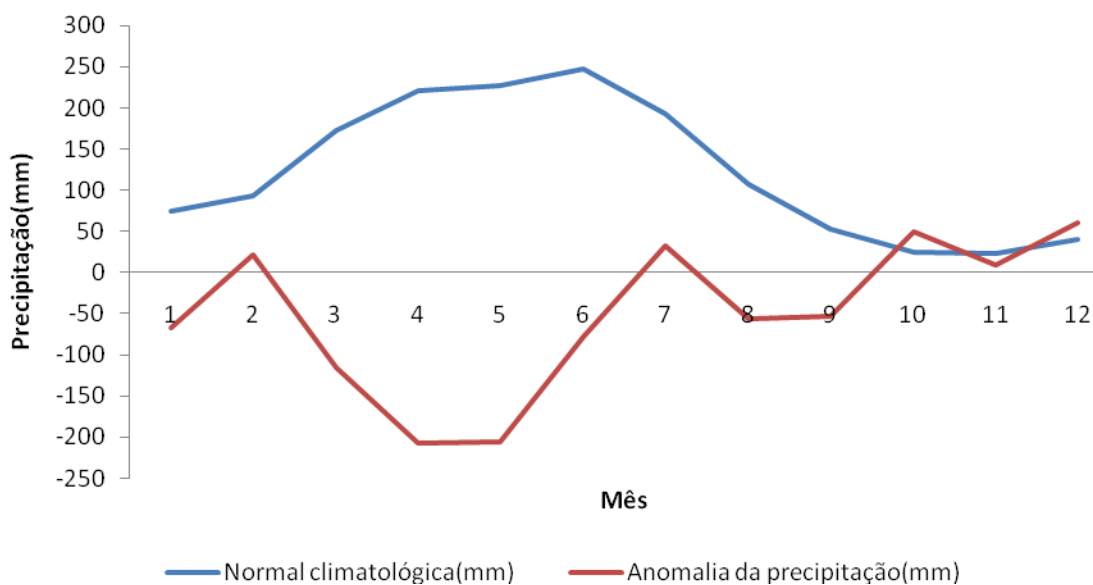


Figura 50: Desvios da precipitação referente ao ano de 1976, com relação à média climatológica (período de setenta e nove anos) representada pela linha azul, para cidade de Santa Rita, localizada na Bacia do Baixo Paraíba.

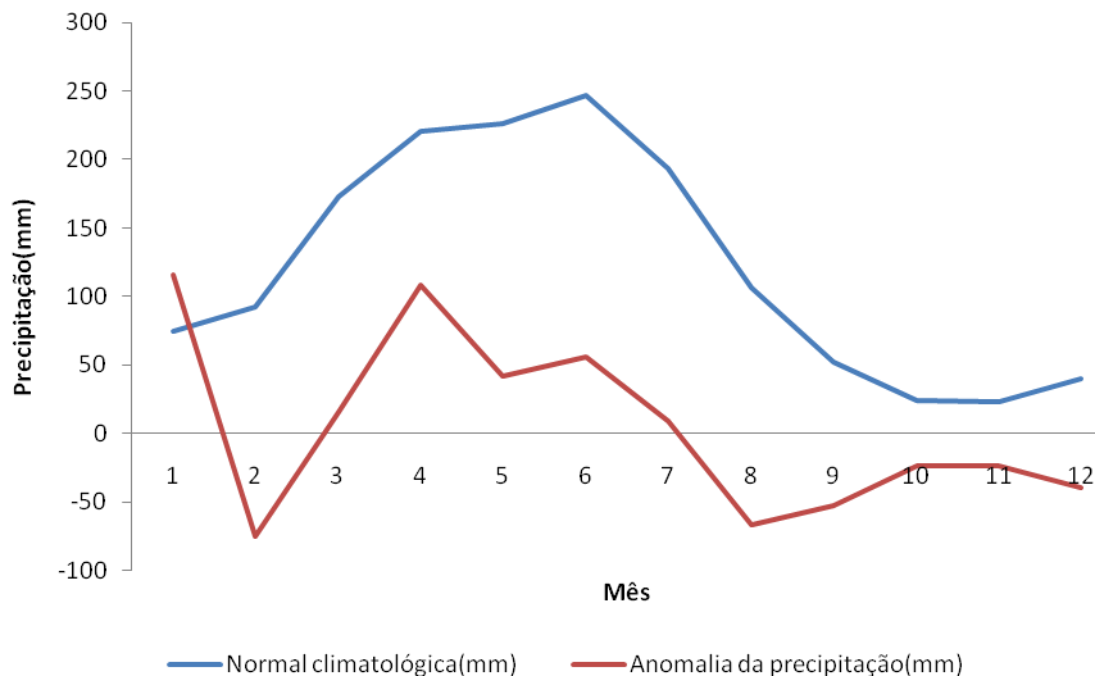


Figura 51: Desvios da precipitação referente ao ano de 1977, com relação à média climatológica (período de setenta e nove anos) representada pela linha azul, para cidade de Santa Rita, localizada na Bacia do Baixo Paraíba.

Observando a Figura 52, nos meses janeiro a julho de 1979 verifica-se anomalias negativas em quase todo o ano com exceção dos meses de agosto a setembro, pois apresentaram anomalias positivas. De certa forma, o ano de 1979 esteve sobre a influência do El Niño (Tabela 4 e Figura 72), porém de intensidade fraca.

Como a cidade de Santa Rita encontra-se inserido nos domínios da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba, esta também contribui e utiliza dos recursos hídricos ali existentes, logo o déficit de precipitação como visto na Figura 52 provoca desequilíbrio na economia da região principalmente na agricultura da área em estudo.

Esta região é um grande produtor de abacaxi da Paraíba. Santa Rita é também conhecida como a cidade dos canaviais, pela grande produção de cana-de-açúcar.

Na Figura 53 observa-se anomalia negativa de abril a dezembro de 1980. O ano de 1980 também foi marcada pela atuação do El Niño, porém de intensidade fraca (Tabela 4 e Figura 72). Nos meses de janeiro a março obtivemos anomalias positiva, inclusive acima da média climatológica.

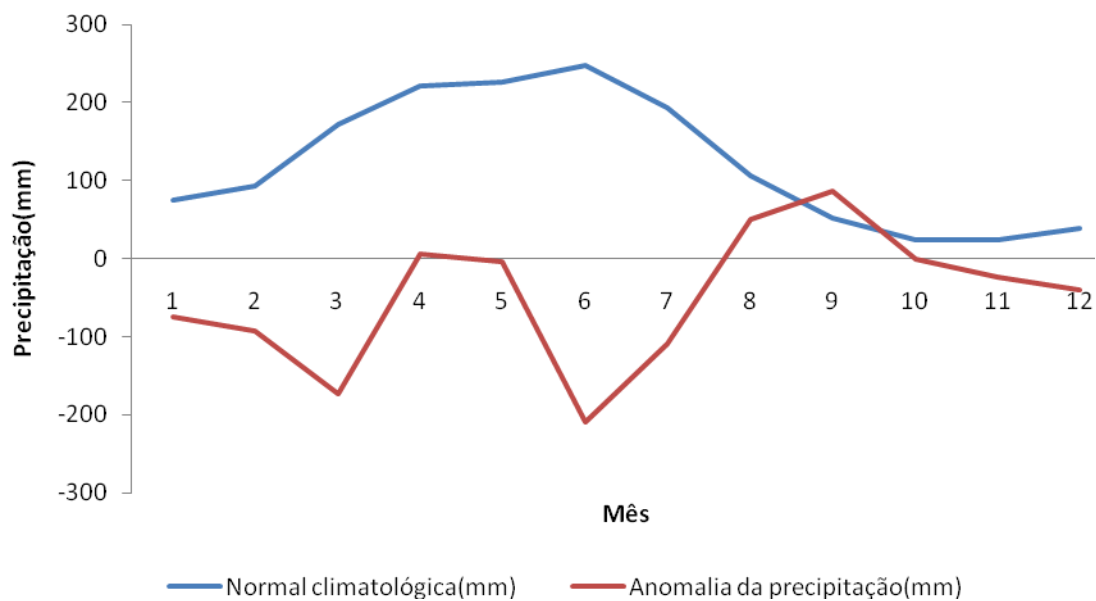


Figura 52: Desvios da precipitação referente ao ano de 1979, com relação à média climatológica (período de setenta e nove anos) representada pela linha azul, para cidade de Santa Rita, localizada na Bacia do Baixo Paraíba.

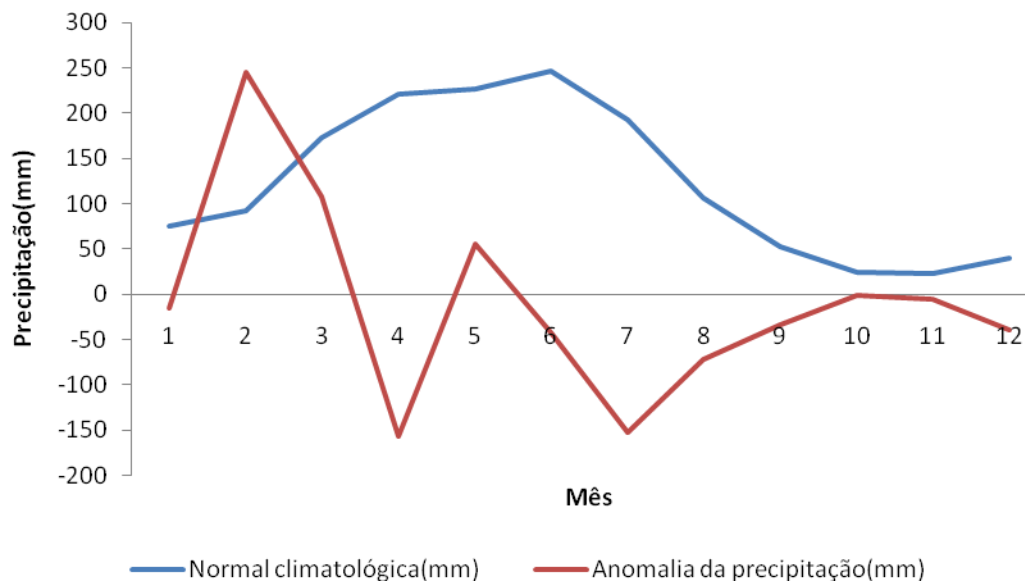


Figura 53: Desvios da precipitação referente ao ano de 1980, com relação à média climatológica (período de setenta e nove anos) representada pela linha azul, para cidade de Santa Rita, localizada na Bacia do Baixo Paraíba.

Analisando as Figuras 54 e 55 verifica-se anomalias negativas em quase todo ano. Deixando as chuvas abaixo do esperado para a região em estudo. Chegando até valores nulos para o período chuvoso da região (maio a julho).

A configuração da anomalia é consequência da atuação do fenômeno El Niño, que durante os anos de 1982 a 1983 foi um dos mais fortes (Tabela 4 e Figura 72). Nestes anos a agricultura da região sofreram grandes perdas e danos, tais como a redução do plantio de abacaxi, e cana-de-açúcar .

Segundo RABELLO (1997) entre o período de 1982 a 1983, obteve-se um evento “El Niño” forte que ocasionou uma forte seca no norte da região nordeste e enchentes na região sul do Brasil, essas anomalias climáticas causaram um grande impacto social e na economia do Brasil.

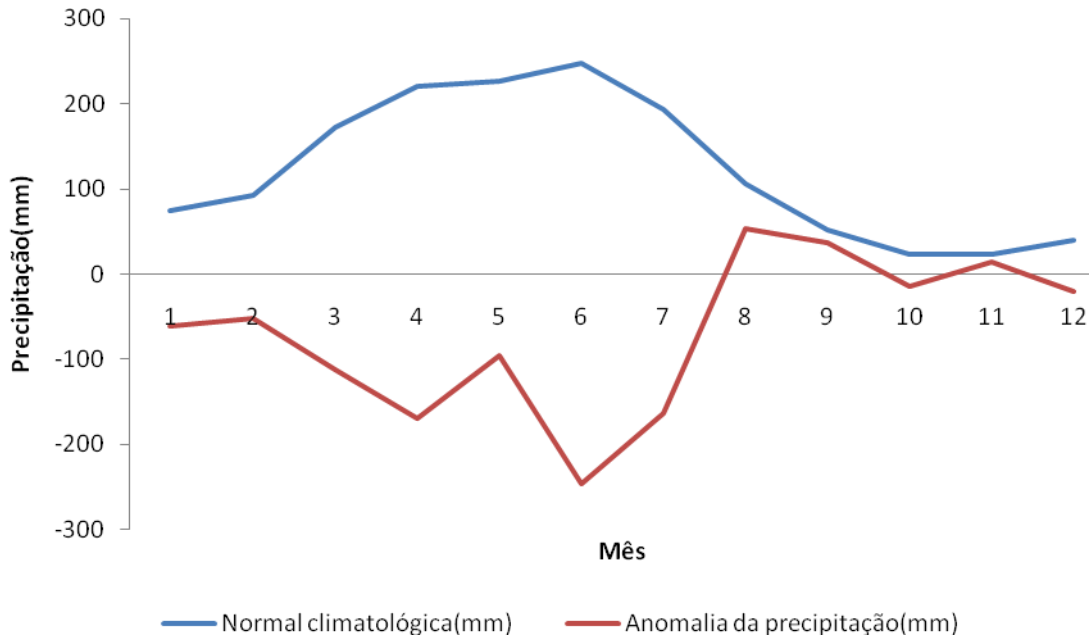


Figura 54: Desvios da precipitação referente ao ano de 1982, com relação à média climatológica (período de setenta e nove anos) representada pela linha azul, para cidade de Santa Rita, localizada na Bacia do Baixo Paraíba.

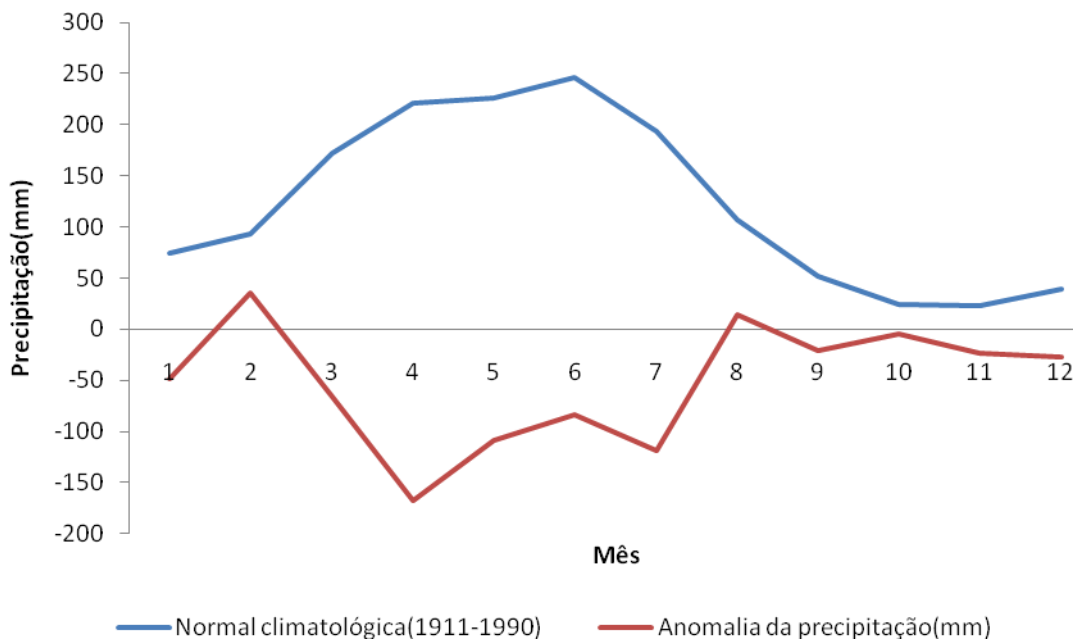


Figura 55: Desvios da precipitação referente ao ano de 1983, com relação à média climatológica (período de setenta e nove anos) representada pela linha azul, para cidade de Santa Rita, localizada na Bacia do Baixo Paraíba.

Verificando as Figuras 56 e 57 mostram as chuvas abaixo da média, com anomalias negativas para o mês de janeiro e agosto a dezembro de 1986 (Figura 56). E de janeiro a outubro de 1988 anomalias negativas (Figura 57). Chegando até não ocorrer precipitação durante o período chuvoso da região em estudo (maio a julho).

Para os anos de 1986 a 1988, os sistemas meteorológicos que favorecem as chuvas na região, não atuaram de forma regular durante o período chuvoso da região, fato este que deixou as chuvas abaixo da média para a região (CPTEC, 2009).

Em relação ao ano de 1987, 1990 a 1993, 1994 a 1995, 1997 não foi possível as construções das Figuras para a análise, pois não obtivemos dados de precipitação, mais é possível ver a configuração do fenômeno El Niño assim como sua intensidade, na Tabela 4 e Figura 72.

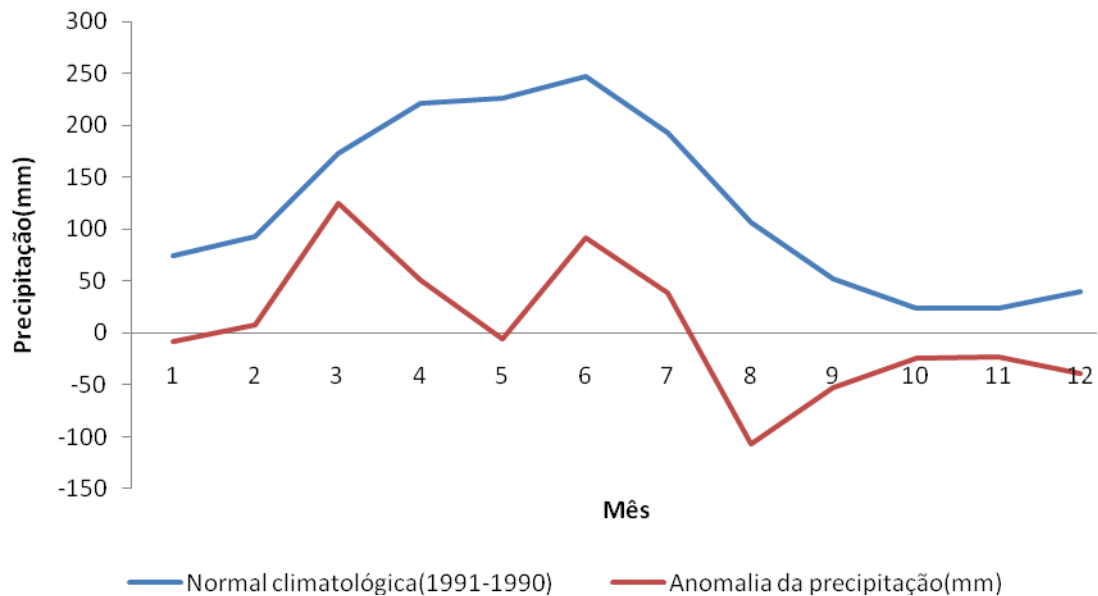


Figura 56: Desvios da precipitação referente ao ano de 1986, com relação à média climatológica (período de setenta e nove anos) representada pela linha azul, para cidade de Santa Rita, localizada na Bacia do Baixo Paraíba.

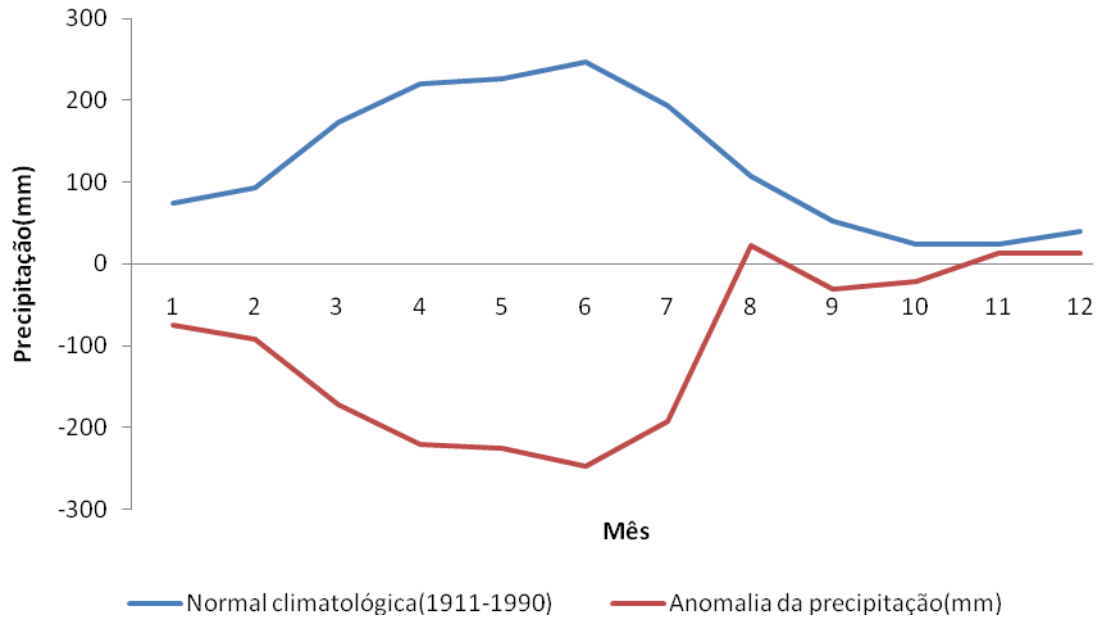


Figura 57: Desvios da precipitação referente ao ano de 1988, com relação à média climatológica (período de setenta e nove anos) representada pela linha azul, para cidade de Santa Rita, localizada na Bacia do Baixo Paraíba.

Analisando a Figura 58 observa-se anomalias negativas durante todo o ano de 1998, este por sua vez foi consequência do fenômeno climático chamado El Niño (Figura 72 e Tabela 4). Desta forma para a região estudada foi um dos anos que mais se obteve impacto na agricultura e economia da região.

Segundo ALENCAR *et al*, (2007) O mega evento El Niño ocorrido em 1997/98, considerado o mais forte do século passado, desencadeou adversidades climáticas (secas, enchentes, temperaturas altas) em diversas regiões continentais ao redor do globo. As principais consequências de eventos como este no semi-árido estão relacionadas às secas, originando principalmente, baixa produtividade na agricultura, pecuária e reduções drásticas no abastecimento d'água aos centros urbanos e comunidades rurais.

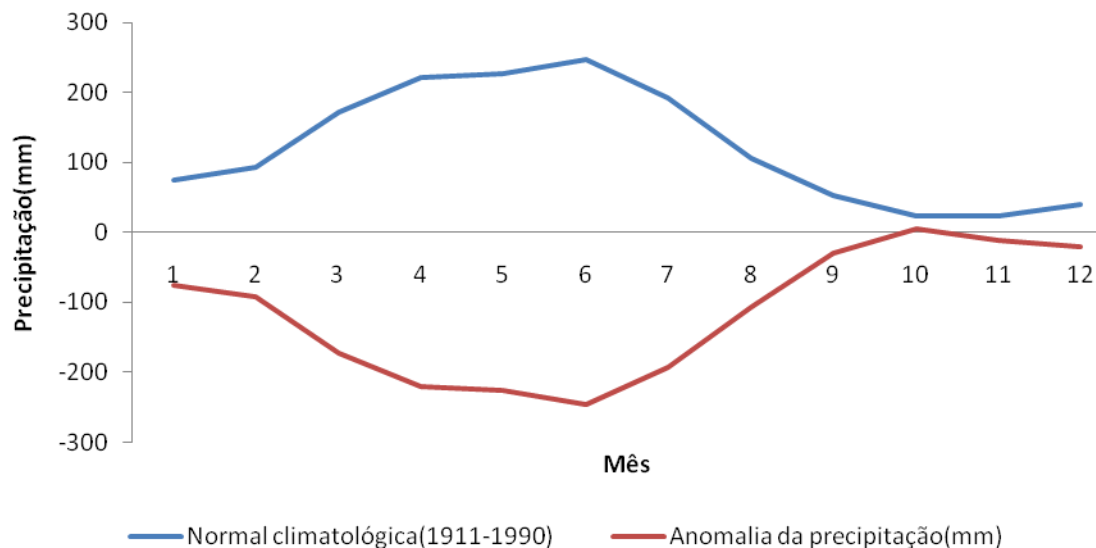


Figura 58: Desvios da precipitação referente ao ano de 1998, com relação à média climatológica (período de setenta e nove anos) representada pela linha azul, para cidade de Santa Rita, localizada na Bacia do Baixo Paraíba.

Observando as Figuras 59 e 60 mostram as chuvas abaixo da média, com exceção do mês de fevereiro de 2003, em que choveu um pouco acima da média. Os anos de 2002 e 2003 sofreram os impactos do El Niño, pois este configurou com intensidade moderada (Tabela 4 e Figura 72).

De acordo com o CPTEC (2010), para o período chuvoso da região ocorreu o enfraquecimento de sistemas meteorológicos, como os distúrbios ondulatório de leste e a atuação da ZCIT. Desta forma, inibiu as chuvas na região. Contudo, o mês de junho na qual não apresentou anomalia negativa (2002 e 2003) recebe os efeitos do fenômeno El Niño, embora com intensidade moderada. Neste sentido períodos estes que o El Niño esteve ocorrendo, gerou impactos na agricultura local da região de estudo (INPE, 2010).

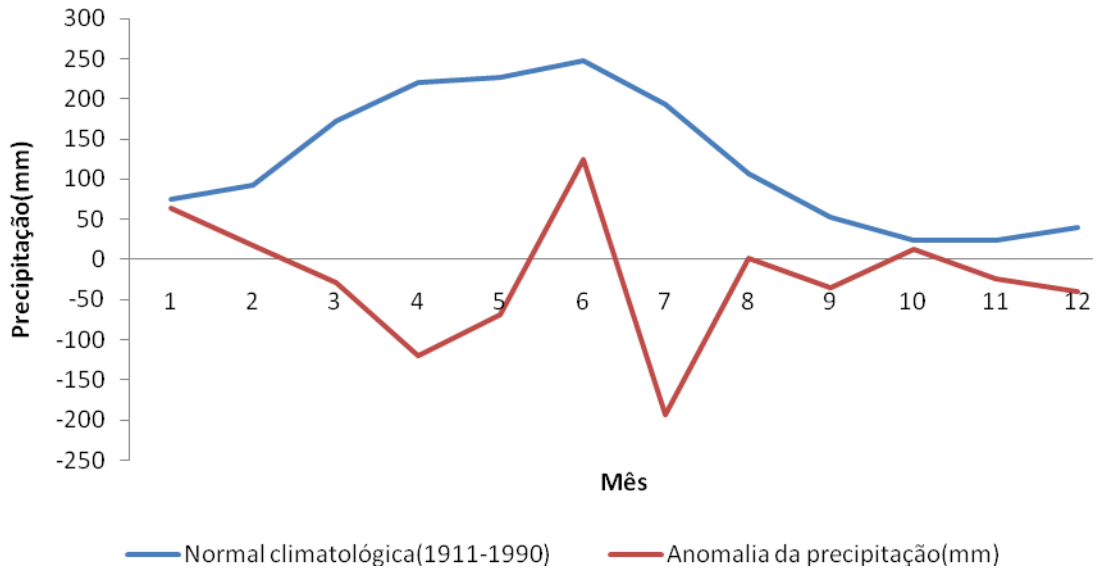


Figura 59: Desvios da precipitação referente ao ano de 2002, com relação à média climatológica (período de setenta e nove anos) representada pela linha azul, para cidade de Santa Rita, localizada na Bacia do Baixo Paraíba.

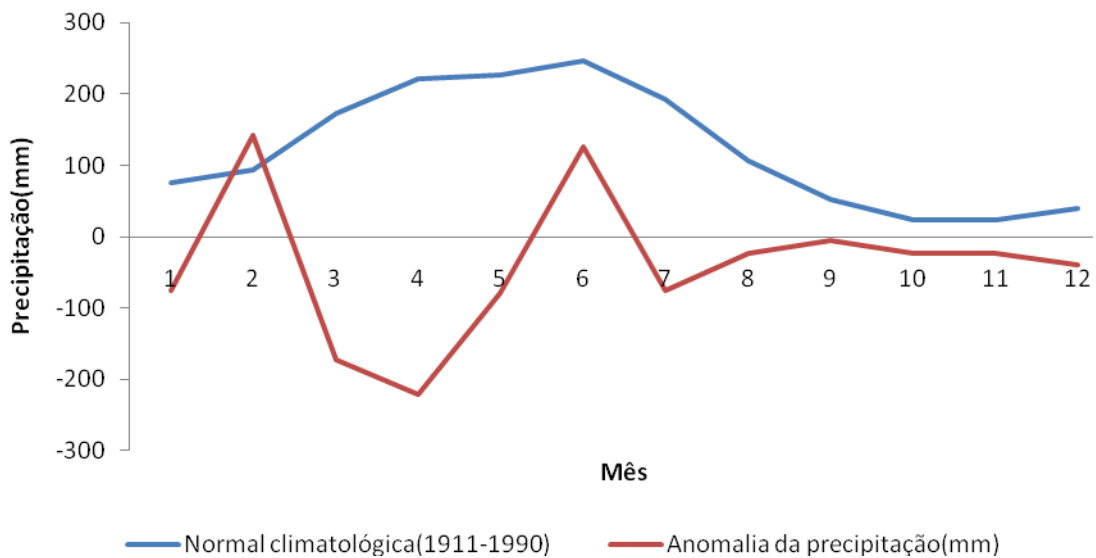


Figura 60: Desvios da precipitação referente ao ano de 2003, com relação à média climatológica (período de setenta e nove anos) representada pela linha azul, para cidade de Santa Rita, localizada na Bacia do Baixo Paraíba.

Verificando as Figuras 61 e 62 para os anos de 2004 e 2005 para a cidade de Santa Rita, ocorreram anomalias negativas em quase todo ano, com exceção do mês de janeiro (Figura 61) a chuva foi acima da média climatológica. Contudo de acordo com as Figuras (61 e 62) as chuvas estiveram muito abaixo da média para a região em estudo.

Logo para estes dois anos o fenômeno El Niño esteve atuando. Porém de intensidade fraca (Tabela 4 e Figura 72). Como consequência, os sistemas meteorológicos que favorecem a nebulosidade e as chuvas na região em estudo como a ZCIT, às frentes frias e os distúrbios ondulatório de leste atuaram, com pouca intensidade. Visto que, as chuvas foram abaixo da média para a localidade em estudo.

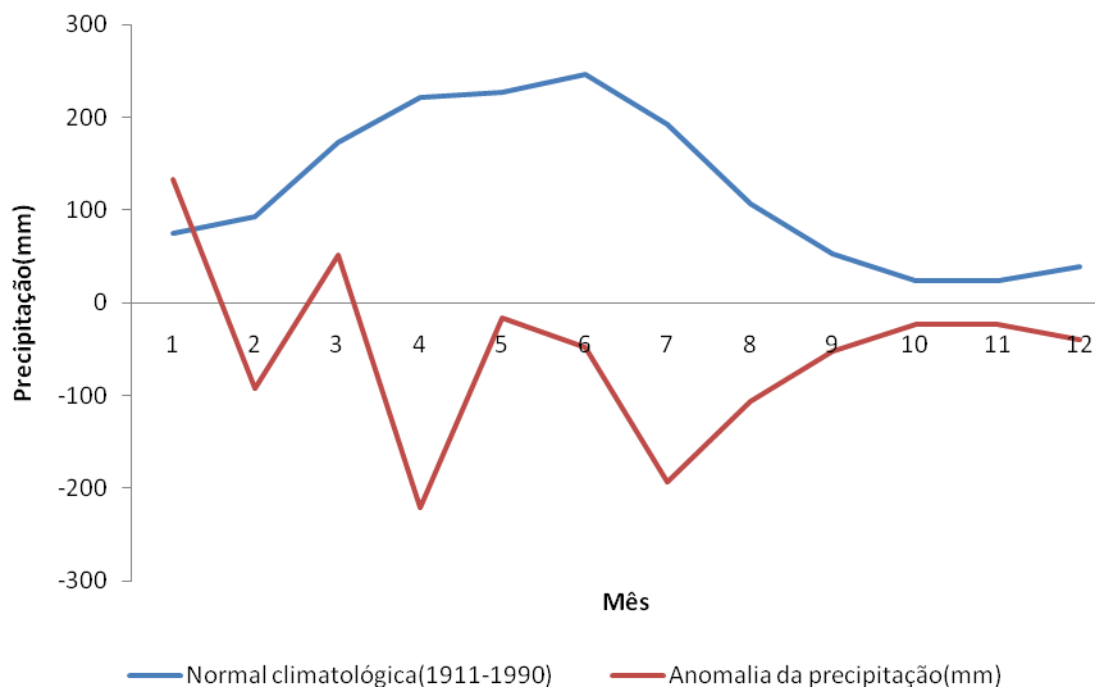


Figura 61: Desvios da precipitação referente ao ano de 2004, com relação à média climatológica (período de setenta e nove anos) representada pela linha azul, para cidade de Santa Rita, localizada na Bacia do Baixo Paraíba.

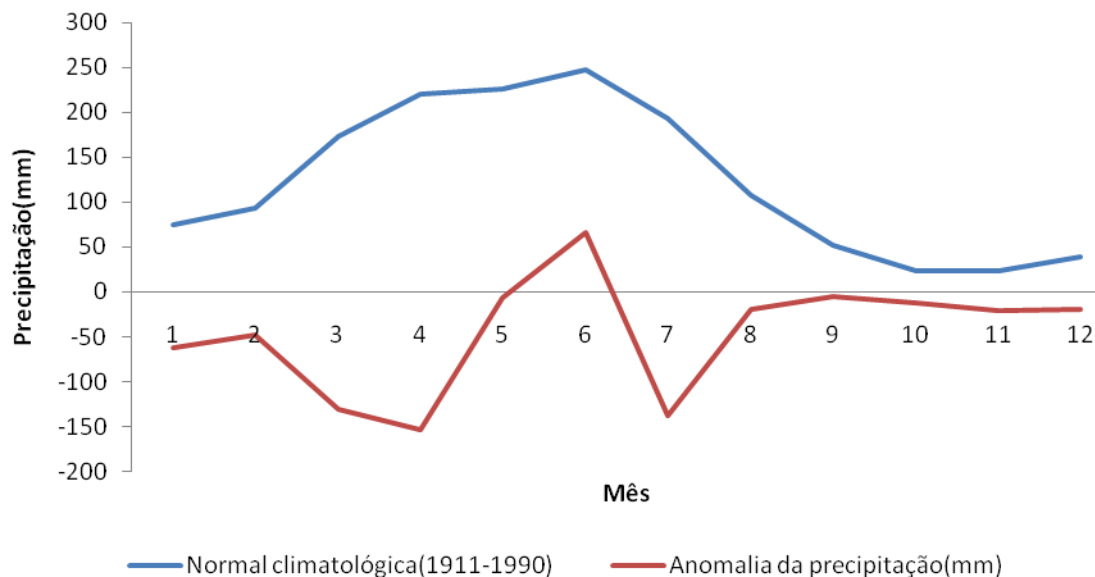


Figura 62: Desvios da precipitação referente ao ano de 2005, com relação à média climatológica (período de setenta e nove anos) representada pela linha azul, para cidade de Santa Rita, localizada na Bacia do Baixo Paraíba.

Verificando as Figuras 63 e 64 em relação aos anos de 2006 e 2007, no ano de 2006 praticamente o ano todo obteve-se anomalias negativas chegando a um valor entorno de 200. Desta forma, na maioria dos meses do ano não choveu. Com exceção dos meses de novembro e dezembro, onde apresentaram anomalia positiva da precipitação.

Através da Figura 63 observa-se anomalias negativas para o período chuvoso da região, com exceção do mês de junho, pois se aproximou da normal climatológica. Contudo, as chuvas ficaram abaixo da média.

Portanto, para estes dois anos o fenômeno El Niño esteve atuando. Porém os 2004 à 2005 foi de intensidade fraca. Contudo, como consequência, os sistemas meteorológicos estiveram inibidos como a ZCIT, às frentes frias e os distúrbios ondulatório de leste.

Desta forma, não favoreceram as chuvas na região em estudo, visto que atuaram, com pouca intensidade, logo as chuvas ficaram abaixo da média para a localidade em estudo (CPTEC, 2010).

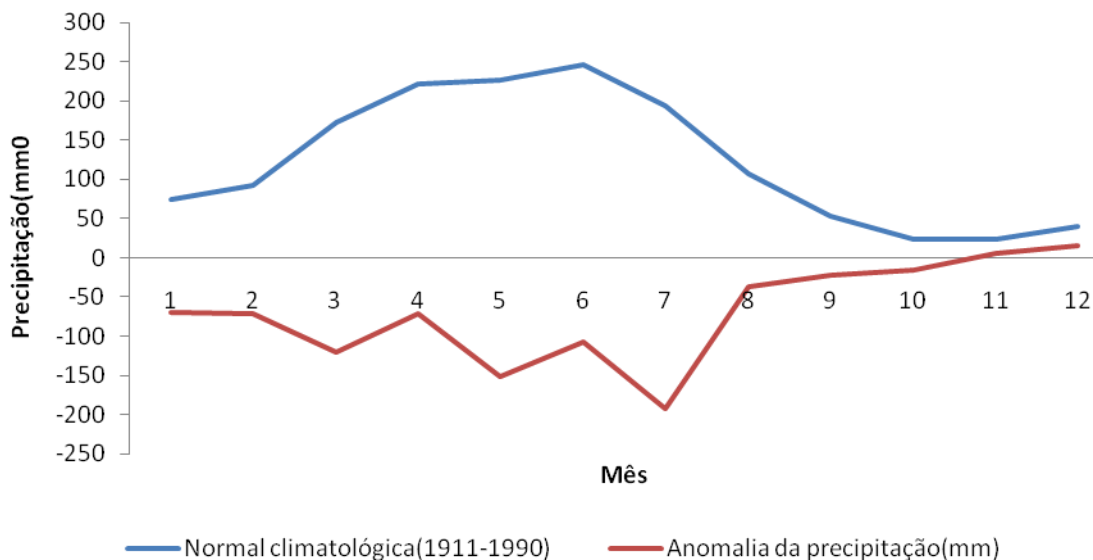


Figura 63: Desvios da precipitação referente ao ano de 2006, com relação à média climatológica (período de setenta e nove anos) representada pela linha azul, para cidade de Santa Rita, localizada na Bacia do Baixo Paraíba.

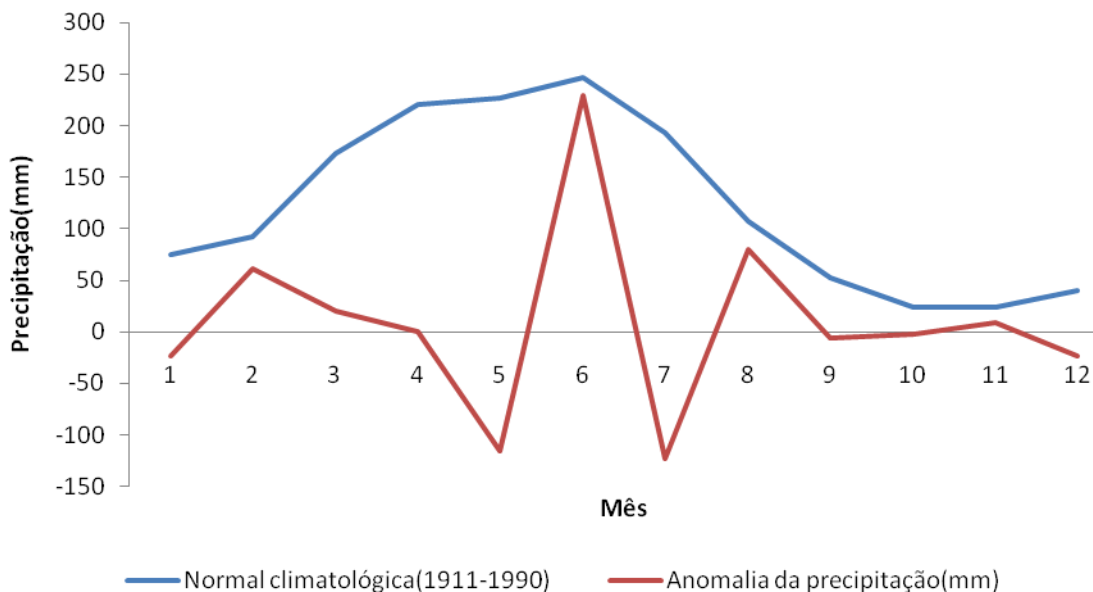


Figura 64: Desvios da precipitação referente ao ano de 2007, com relação à média climatológica (período de setenta e nove anos) representada pela linha azul, para cidade de Santa Rita, localizada na Bacia do Baixo Paraíba.

d) Bayeux

A cidade de Bayeux, localizada na Bacia do Baixo Paraíba, sofreram com a atuação do fenômeno El Niño. Porém não foi possível fazer a análise gráfica das anomalias ocorrida para o período de 1976 a 1995 por falta de dados meteorológicos nesta estação. Mais é possível verificar a intensidade dos El Niños para este período na Tabela 4 e Figura 72.

Analisando as Figuras 65 e 66 observa-se anomalias negativas em quase todo ano, ou seja, 1997 e 1998, principalmente no período chuvoso da região (maio a julho). Estes anos sofreram com a atuação do fenômeno El Niño. Este fenômeno foi um dos mais forte (Tabela 4 e Figura 72). Como consequência obteve-se a redução das chuvas na região em estudo.

A magnitude e a atuação do fenômeno El Niño associado às condições naturais da cidade de Bayeux acarreta sérios problemas a atividades sócio- econômicas. A cidade de Bayeux possui a maior produção de caranguejo do Estado da Paraíba. No ano de 1996, sua produção chegou a 114,7 toneladas, o que correspondeu a 24,62% da produção estadual. Contudo, com a exploração desenfreada desse crustáceo, a produção tende a cair, segundo estudos de impacto ambiental (IBGE, 2009).

A ausência de sistemas que, ocasionam as chuvas na região, tais como a atuação de um sistema frontal, que desfavoreceram a nebulosidade para o litoral paraibano, Os distúrbios provenientes de leste e os sistemas frontais são fatores predominantes, causadores das precipitações no leste e sul da Região. Este fato é consequência da atuação do El Niño durante o ano de 1997 e 1998. É possível verificar através das Figuras 28, o aumento da temperatura para esse ano, assim como a diminuição da pluviometria da localidade em estudo (Figura 65 e 66).

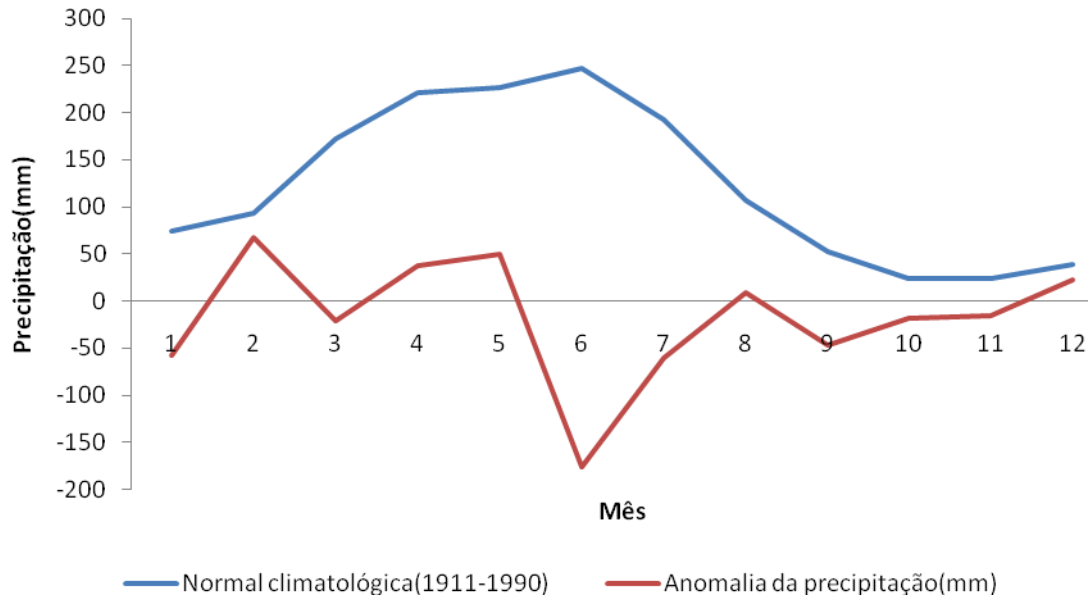


Figura 65: Desvios da precipitação referente ao ano de 1997, com relação à média climatológica (período de setenta e nove anos) representada pela linha azul, para cidade de Bayeux, localizada na Bacia do Baixo Paraíba.

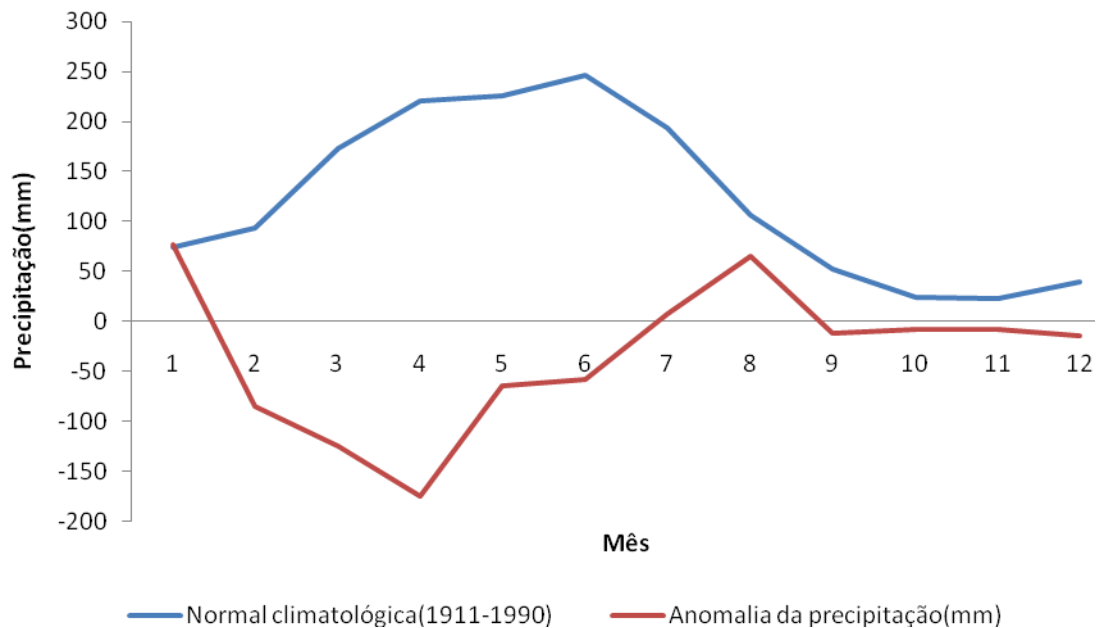


Figura 66: Desvios da precipitação referente ao ano de 1998, com relação à média climatológica (período de setenta e nove anos) representada pela linha azul, para cidade de Bayeux, localizada na Bacia do Baixo Paraíba.

Observando as Figuras 67 mostra a chuva abaixo da média, com exceção do mês de fevereiro, em que choveu um pouco acima da média e o mês de junho que se aproximou da média climatológica. Os anos de 2002 e 2003 sofreram os impactos do El Niño, pois este configurou-se com intensidade moderada (Tabela 4 e Figura 72).

Segundo o CPTEC (2010), para o período chuvoso da região a ausência de sistemas meteorológicos, inibiu as chuvas na região. Contudo, o mês de junho na qual não apresentou anomalia negativa recebe os efeitos do fenômeno El Niño, embora com intensidade moderada. Neste sentido períodos estes que o El Niño esteve ocorrendo, gerou seca e impactos na agricultura da região em estudo (INPE, 2010).

Em relação ao ano de 2002 não foi possível a construção da Figura para a análise, pois não obtivemos dados de precipitação, mais é possível ver a configuração do fenômeno El Niño, assim como sua intensidade, Tabela 4 e Figura 72.

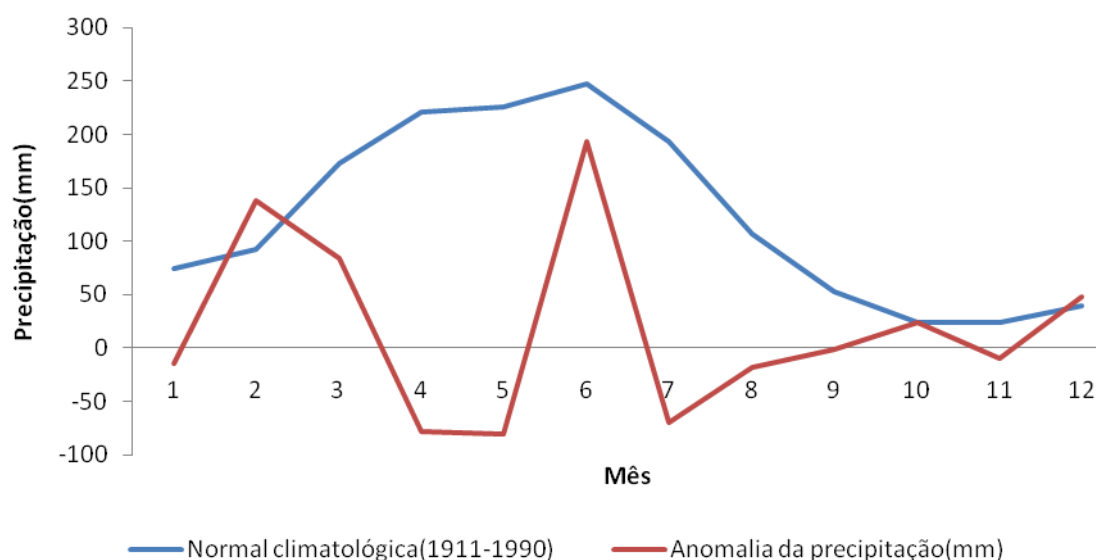


Figura 67: Desvios da precipitação referente ao ano de 2003, com relação à média climatológica (período de setenta e nove anos) representada pela linha azul, para cidade de Bayeux, localizada na Bacia do Baixo Paraíba.

Verificando as Figuras 68 e 69 para os anos de 2004 e 2005, as chuvas estiveram abaixo da média para a região em estudo, inclusive no período chuvoso da região (maio a julho).

Em relação ao ano de 2004 (Figura 68) os meses de março a abril e de agosto a dezembro obtivemos anomalias negativas da precipitação. Já para a Figura 70, os meses de janeiro a abril e julho, outubro a dezembro obtivemos anomalias negativas para a área em estudo.

Contudo, para estes dois anos o fenômeno El Niño esteve atuando. Porém de intensidade fraca. Como consequência, os sistemas meteorológicos que favorecem a nebulosidade e as chuvas na região em estudo como a ZCIT, às frentes frias e os distúrbios ondulatório de leste, atuaram, com pouca intensidade, visto que, as chuvas foram abaixo da média para a localidade em estudo (CPTEC, 2010).

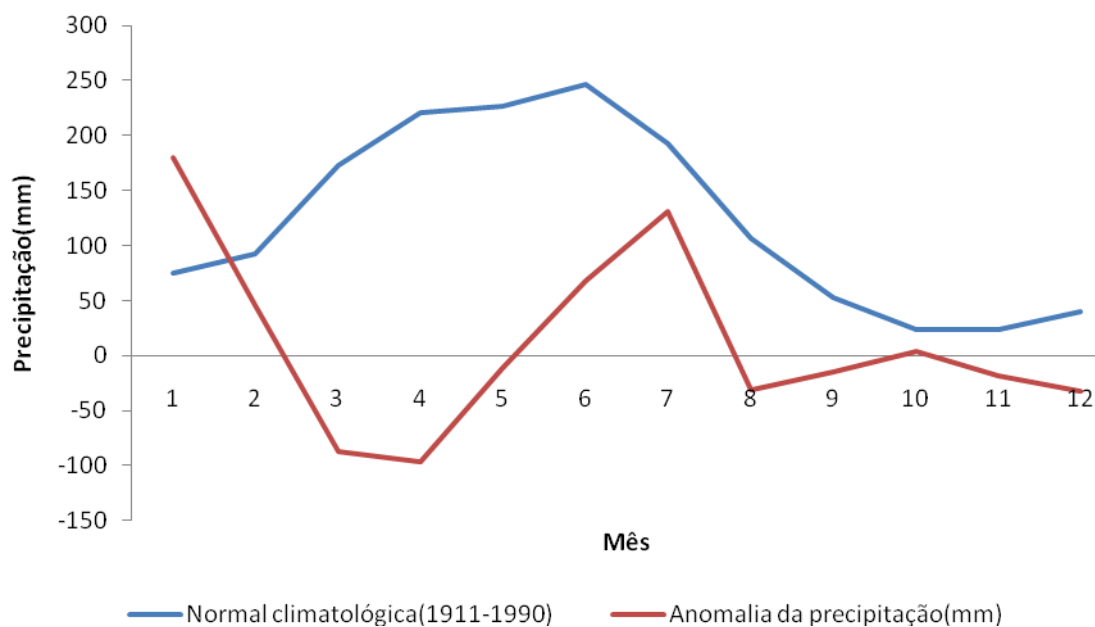


Figura 68: Desvios da precipitação referente ao ano de 2004, com relação à média climatológica (período de setenta e nove anos) representada pela linha azul, para cidade de Bayeux, localizada na Bacia do Baixo Paraíba.

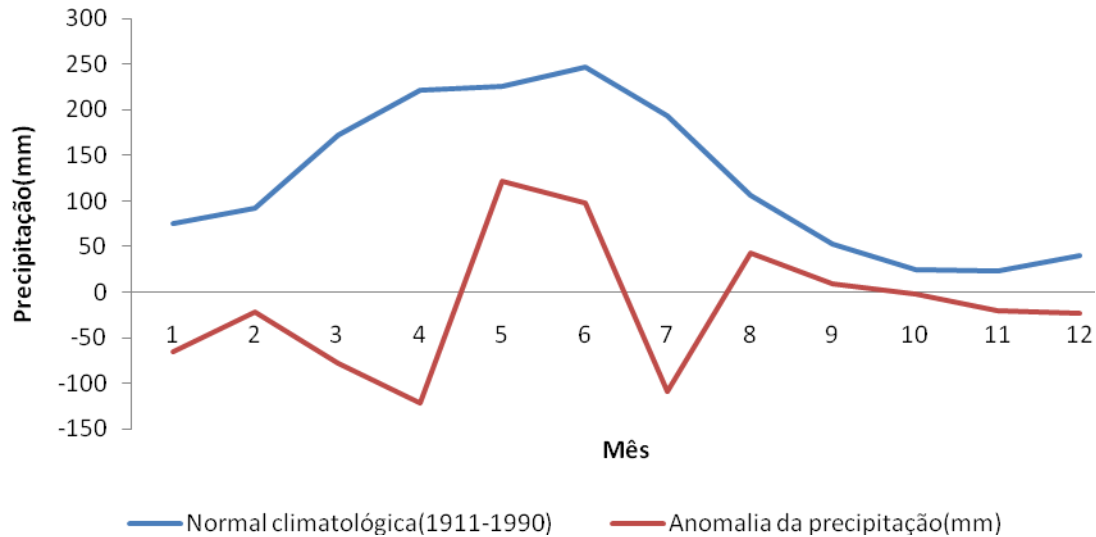


Figura 69: Desvios da precipitação referente ao ano de 2005, com relação à média climatológica (período de setenta e nove anos) representada pela linha azul, para cidade de Bayeux, localizada na Bacia do Baixo Paraíba.

Analisando as Figuras 70 e 71 em relação aos anos de 2006 e 2007, o ano de 2006 foi marcado pelo déficit de chuvas, ou seja, a Figura 70 mostra as anomalias negativas chegando a um valor entorno de 150.

Em relação à Figura 71 observa-se que apenas nos meses fevereiro, junho se aproximou da normal climatológica (linha azul) e o mês de agosto choveu um pouco acima da média, porém essa precipitação ficou abaixo da média.

Portanto, para estes dois anos o fenômeno El Niño esteve atuando. Porém os anos de 2006 à 2007 foi de intensidade fraca (Tabela 4 e Figura 72). Contudo, como consequência, os sistemas meteorológicos estiveram inibidos como a ZCIT, às frentes frias e os distúrbios ondulatório de leste. Desta forma, não favorecendo as chuvas na região em estudo, visto que atuaram, com pouca intensidade. Logo, as chuvas ficaram abaixo da média para a localidade em estudo (CPTEC, 2010).

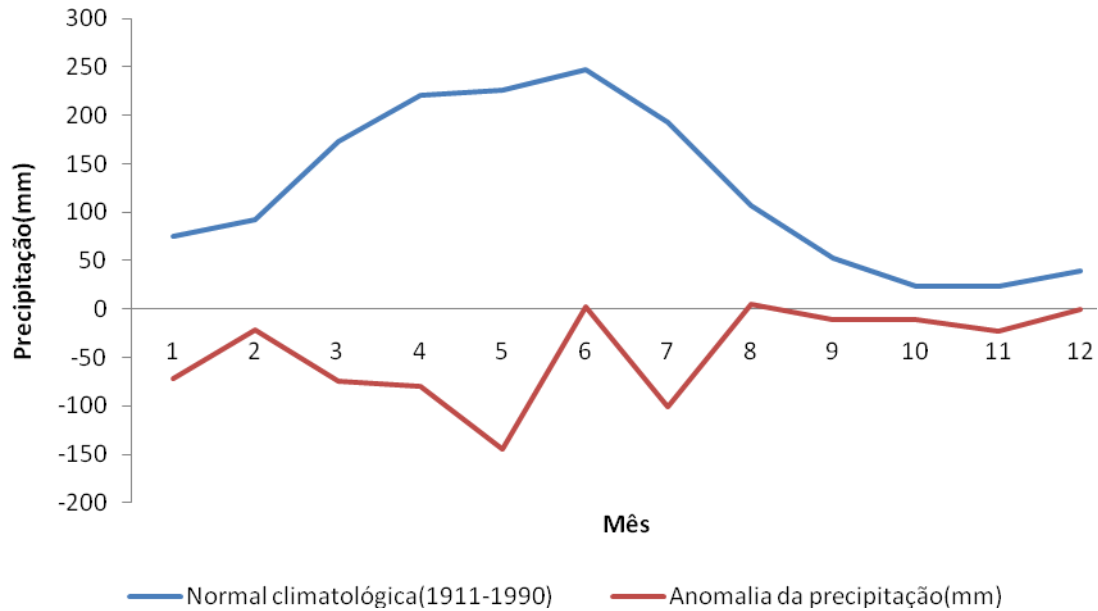


Figura 70: Desvios da precipitação referente ao ano de 2006, com relação à média climatológica (período de setenta e nove anos) representada pela linha azul, para cidade de Bayeux, localizada na Bacia do Baixo Paraíba.

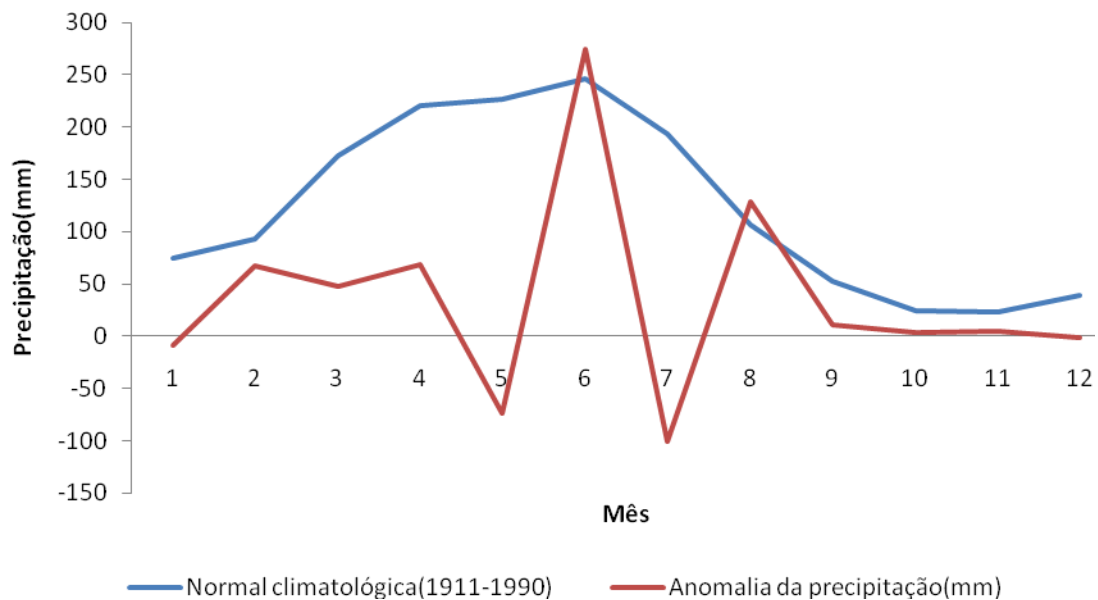


Figura 71: Desvios da precipitação referente ao ano de 2006, com relação à média climatológica (período de setenta e nove anos) representada pela linha azul, para cidade de Bayeux, localizada na Bacia do Baixo Paraíba.

Um dos indicadores dos eventos do tipo El Niño e La Niña é o índice de oscilação sul, ou seja, valores positivos estão associados à ocorrência de fenômenos do tipo La Niña e valores negativos à ocorrência de fenômenos do tipo El Niño. Quanto maior esse índice, mais intenso é o fenômeno Figura 72, (NOAA, 2009).

A Tabela 4 abaixo mostra a distribuição temporal de ocorrência dos eventos de El Niño, bem como, a intensidade desses eventos. Esta Tabela foi extraída do site do CPTEC/INPE.

Em síntese, é na dimensão geoambiental, que as vulnerabilidades da região em estudo se manifestam de modo mais grave (Figuras: 19, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28). Inicialmente registrou-se os impactos negativos das estiagens prolongadas que atingem a produção agropecuária, a população e a economia regional em seu conjunto, esperando-se, inclusive, que, com as mudanças climáticas relacionadas ao fenômeno El Niño, os problemas climáticos da região tendem a se agravar.

Tabela 4: Registro de El Niño anteriores, desde o início da medição de temperatura do Oceano Pacífico Equatorial. Fonte: Centro de Previsão e Estudos Climáticos – CPTEC, 2010.

| ANO | INTENSIDADE |
|------------|------------------------------|
| 1877-1878 | Forte intensidade |
| 1888-1889 | Intensidade moderada |
| 1896-1897 | Forte intensidade |
| 1899 | Forte intensidade |
| 1902-1903 | Forte intensidade |
| 1905-1906 | Forte intensidade |
| 1911-1912 | Forte intensidade |
| 1913-1914 | Intensidade moderada |
| 1918-1919 | Forte intensidade |
| 1923 | Intensidade moderada |
| 1925-1926 | Forte intensidade |
| 1932 | Intensidade moderada |
| 1939-1941 | Forte intensidade |
| 1946-1947 | Intensidade moderada |
| 1951 | Fraca intensidade |
| 1953 | Fraca intensidade |
| 1957-1959 | Forte intensidade |
| 1963 | Fraca intensidade |
| 1965-1966 | Intensidade moderada |
| 1968-1970 | Intensidade moderada |
| 1972-1973 | Forte intensidade |
| 1976-1977 | Fraca intensidade |
| 1977-1978 | Fraca intensidade |
| 1979-1980 | Fraca intensidade |
| 1982-1983 | Forte intensidade |
| 1986-1988 | Intensidade moderada |
| 1990-1993 | Forte intensidade |
| 1994-1995 | Intensidade moderada |
| 1997-1998 | Forte intensidade |
| 2002-2003 | Intensidade moderada |
| 2004-2005 | Fraca intensidade |
| 2006-2007 | Fraca intensidade |
| 2008-2009 | Fraca intensidade |
| 2009-2010 | Forte intensidade (estimado) |

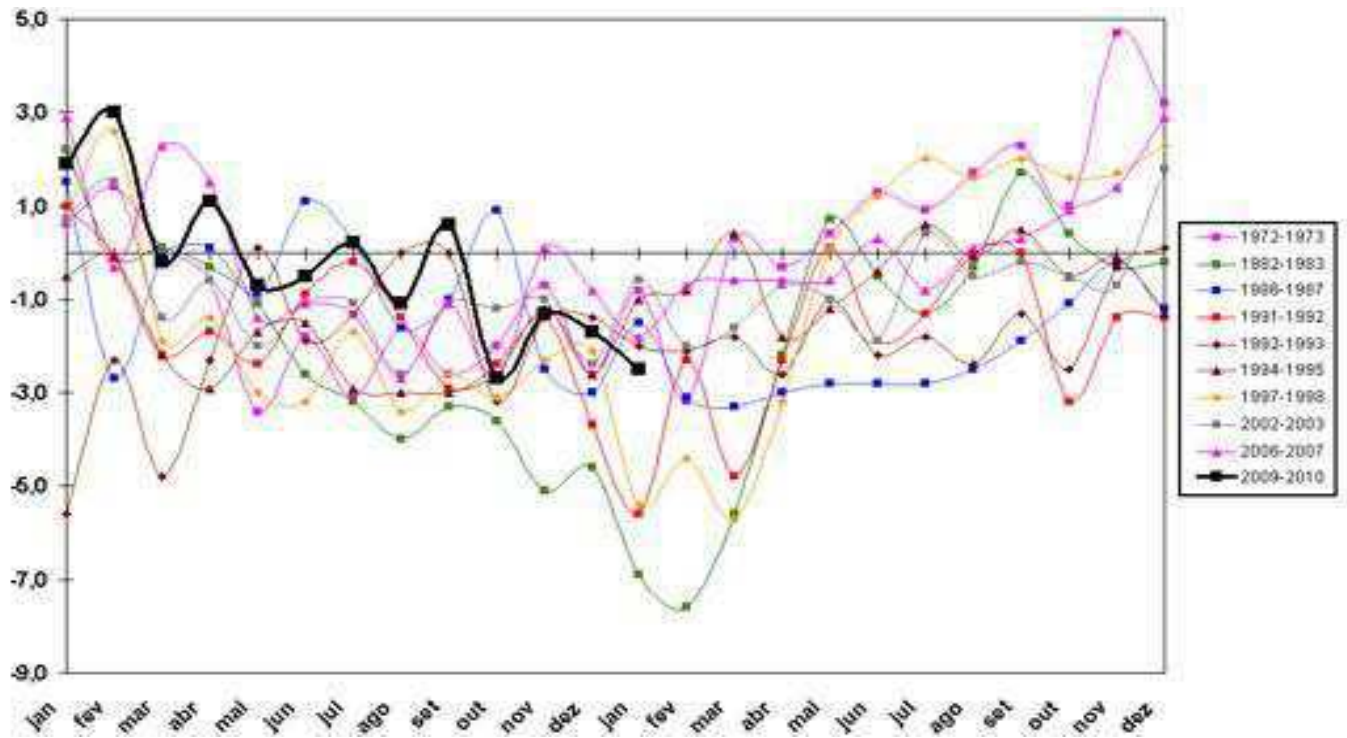


Figura 72: Evolução dos valores de IOS calculados para eventos do tipo El Niño desde 1970. (Fonte: NOAA, 2009).

5. CONCLUSÕES

A utilização do Modelo de Heterogeneidade e a integração de produtos multitemporais (mapas digitais e imagens de sensores remotos) utilizados como base no estudo multitemporal da BHBP, mostrou-se eficiente na análise de modificações ocorridas neste ambiente durante o período estudado (1975-2007).

O monitoramento com o sensoriamento remoto, por meio do seu índice como o NDVI, que tem sido aperfeiçoado e constantemente aplicado na avaliação da vegetação se mostrou adequado no estudo da BBP.

Os impactos ocorridos na Bacia do Baixo Paraíba foi ocasionado principalmente pelo crescimento desordenado da população, principalmente na costa leste da região. Assim como o grande desmatamento resultou na redução da mata típica da região. Fato este ocasionado pelo aumento da produção do viveiro de camarão. Devido ser um produto que vem crescendo economicamente na região em estudo.

É fato também, que a oeste da região da BBP verificou-se o aumento do plantio da cana-de-açúcar. Cultura, esta que o homem utiliza de métodos arcaicos para o seu manejo. Como por exemplo, as queimadas que fazem na região, provocando o empobrecimento do solo.

Em períodos de El Niño, como era esperado percebeu-se a presença das anomalias negativas da precipitação na BBP, associado à elevação da temperatura da região analisada, o que nos levou a concluir que estes elementos meteorológicos associados, ao uso inadequado das áreas da bacia e das proximidades resultaram na degradação da mesma.

Logo enquanto não forem criadas políticas públicas para o desenvolvimento sustentável da região, que permitam a construção de uma infra-estrutura sócio-econômica sólida, garantindo assim a continuidade dos recursos alimentícios e biológicos que hoje são fornecidos à população, a bacia permanecerá em constante processo de degradação.

SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- ✓ De acordo com os resultados alcançados, recomenda-se um estudo mais detalhado dos recursos naturais da Bacia do Baixo Paraíba, que possibilite a utilização de técnicas de manejo e conservação adequadas, uma vez que, a utilização dos solos com viveiro de camarões, urbanização e plantio de cana-de-açúcar, provocam degradação do ambiente.
- ✓ Sugere-se em outra pesquisa um estudo mais detalhado do clima, com a adição de mais variáveis, tais como: umidade relativa, umidade específica, pressão atmosférica, vento, entre outros, para acompanhar as variações que o clima impõem ao ambiente.
- ✓ Em relação à utilização do solo com viveiros de camarões é necessário que o poder público e a população de um modo geral tenham conhecimento o que ocorre com os recursos naturais da região. Desta forma, os órgãos envolvidos com esse problema poderiam promover ações que levem a conscientização e educação da população, para que seja possível utilizar técnicas que possibilitem evitar o empobrecimento do solo.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ABDON, M.N. Uma metodologia de tratamento automático de imagens SMS-2 para diferenciar temperaturas superficiais na costa Sudeste e Sul do Brasil. In: Smpósio Brasileiro de Sensoriamento remoto, 2., 1982, Brasília. **Anais...** Brasília: CNPq/INPE, p. 35-58, 1982.

ABDALA, V. L. Zoneamento ambiental da bacia do alto curso do rio Uberaba-MG como subsídio para gestão do recurso hídrico superficial. 2005. 87 f. **Dissertação (Mestrado em Geografia)** – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2005.

ABDON, M. M.; SOUZA, M. P.; SILVA, J. S. V. Identificação de impactos ambientais no meio físico subsidiada por banco de dados georreferenciados. In: XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, 16-21 abril 2005. **Anais...**, Goiânia, 2005. Cdrom. Sessão Técnica Pôster.

AGÊNCIA EXECUTIVA DE GESTÃO DAS ÁGUAS DO ESTADO DA PARAÍBA – AESA (a). **Geoprocessamento**. <http://www.aesa.pb.gov.br/geoprocessamento.php> 2006. Acessado em 06.10.2006.

AGÊNCIA EXECUTIVA DE GESTÃO DAS ÁGUAS DO ESTADO DA PARAÍBA – AESA (b). **Comitês de Bacias**, 2006. <http://www.aesa.pb.gov.br/comites/paraiba/index.php> Acessado em 07.10.2006.

AGÊNCIA EXECUTIVA DE GESTÃO DAS ÁGUAS DO ESTADO DA PARAÍBA – AESA. **METEROLOGIA** <<http://www.aesa.pb.gov.br>> Acessado em 20.03.2007.

ALENCAR, M.L.S; BARBOSA, M.P; SOUSA, R. F.. Efeitos do El Niño de 1997/1998 na produção agropecuária na Bacia do Rio Sucuru - Cariri Paraibano. **Rev. Caminhos de Geografia**, v. 8, n. 24 15 - 21 2007.

ALLAN, J. A. Land use changes in the area of Aegean Turkey. In: GEDEREN, J.L.von; COLLINS, W.G. (edit.). **Monitoring change by Remote Sensing**. Birmingham-England: The Remote Sensing Societ, 1977. p. 1-14.

ALMEIDA, S. A. O. **Determinação de redução de umidade superficial na região dos cerrados com imagens AVHRR/NOAA e precipitação pluviométrica**. Tese de Doutorado em Ecologia. Universidade de Brasília, Brasília, 1997. 316p.

ALVES, J. M. B.; REPELLI, C. A. As chuvas na Bacia Amazônica e a temperatura dos oceanos adjacentes. In: VIII CBMet e II CONGRESSO LATINO-AMERICANO E IBÉRICO DE METEOROLOGIA. Belo Horizonte, 1994. **Anais**. Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Meteorologia, v.2, p. 114-118, 1994.

ANKOMAH, O. Y., CORDERY, I. Atlantic sea surface temperatures and rainfall variability in Ghana. **J. Atmos. Sci.**, v. 7, p. 551-558, 1994.

ANYAMBA; A.; EASTMAN, J.R. Interannual variability of IVDN over Africa and its relation to El Niño/Southern Oscillation. **International Journal of Remote Sensing**, London, v.13, p.2533-2548, 1996.

ARCOVA, F.C.S.; CICCIO, V.; ROCHA, P.A.B. Precipitação efetiva e interceptação das chuvas por floresta de Mata Atlântica em uma microbacia experimental em Cunha – São Paulo. **Revista Árvore** v.27, n.2, Viçosa mar./abr. 2003

ASSAD, E. D., SAND, E. C. **Sistema de Informações Geográficas – Aplicação na Agricultura**. Planaltina: EMBRAPA – CPAC, 274p, 1993.

ASHLEY, K. D. **Modeling Legal Argument: Reasoning with Cases and Hypo~heticals**. MIT Press, Cambridge. Based on Ph.D. Dissertation, University of Massachusetts, 1987, COINS Technical Report No. 88-01, 1995.

ATLAS GEOGRÁFICO DO ESTADO DA PARAÍBA. Secretária da Educação- Governo do Estado da Paraíba.UFPB. **Grafset** –100p, 2003, João Pessoa.

BARBOSA, M. P. **Princípios físicos de sensoriamento remoto**. Programa de suporte técnico à gestão de recursos hídricos – ABEAS. Curso de especialização em Sensoriamento Remoto e SIG. Módulo 2. Brasília, DF, 1996, 47p.

BARBOSA, M. P.; Moraes Neto, J. M. de; Fernandes, M. F.; Silva; M. J. da. Estudo da degradação das terras: município de Picos. In: Simpósio brasileiro 81 de sensoriamento remoto, 8., 2007, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2007. PP. 4357-4363.

BARRETO, C.C.. Heterogeneidade espacial do habitat e diversidade específica: implicações ecológicas e métodos de mensuração. pp. 121-153. **In** Silva, S.H.G. e Lavrado, H.P. (eds). Ecologia dos Ambientes Costeiros do Estado do Rio de Janeiro. Série ecologia Brasillensis, vol. II. PPGE – UFRJ. Rio de Janeiro, Brasil, 1999.

BARROS JÚNIOR, E. **Avaliação multitemporal da atividade antrópica na região de Santa Luzia-PB com o uso de geoprocessamento**. Universidade Federal da Paraíba-Campus de Areia (UFPB/CCA/DSER), 2000. (Dissertação de Mestrado). 66p.

BATISTA, G. T.; SHIMABUKURO, Y. E.; LAWRENCE, W. T. Monitoramento da cobertura florestal através de índice de vegetação do NOAA-AVHRR. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 7. 1993, Curitiba. **Anais...** São José dos Campos, INPE, 1993, p.30-37.

BERRY, J.K. **Cartographic modeling: the analytical capabilities of GIS**. In M.F. Goodchild, B.O. Parks, e L.T. Steyaert (Eds.), *Environmental Modeling with GIS*. (pp. 58-74). New York: Oxford University Press, 1997.

BRAGA, C.C.; MELO, L. D.; AZEVEDO, G. B.. **Estudo do índice de vegetação no leste da Paraíba usando satélites Meteorológicos.** Disponível: <http://www.criatividadecoletiva.net/cbm-files/12-2bb67daf6b19f0f91f2202e21ba1a28f.pdf>. Acesso em : 20 de jun. de 2008.

CÂMARA, G.; SOUZA, R. C. M.; FREITAS, U. M.; GARRIDO, J. SPRING: integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling. **Computers & Graphics**, New York, v. 20, n. 3, p. 395-403, 1996.

CAMPOS, S.; SILVA, M.; PIROLI, E.L.; CARDOSO, L.G.; BARROS, Z.X. Evolução do uso da terra entre 1996 e 1999 no município de Botucatu – SP. In: **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal – SP: v. 24, n. 1, p. 211-218, jan. a abr., 2004.

CARTON, J. A., CAO, X., GIESE, B.S.; DA SILVA, A. M. Decadal and interannual SST variability in the tropical Atlantic. Accepted to **J. Phys. Ocean.**, 1995 (in press).

CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS – CPTEC. Boletins Climáticos. Disponível em: < <http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/#>>. Acesso em: 16 mar. 2010.

CIFERRI, R. R.. Um benchmark voltado para a análise de desempenho de sistemas de informações geográficas. **Dissertação de Mestrado**. Universidade Estadual de Campinas, 1995.

CHASSOT, A. E CAMPOS, H. **Ciência da Terra e Meio Ambiente – Diálogos para (inter)ações no Planeta**. Ed. Unisinos, 1999.

CLOUGH, B.F. **The economic and environmental values of mangrove forest and their present state of conservation in the south-east Asia/Pacific region**. Mangrove Ecosystem Technical Report No. 1. ITTO/ISME, Okinawa, 202 pp, 1998.

COSTA, I.C.; BRAGA, C.C.; MELO, M. L. D.; Ventura, E. D. **Interligação entre o Índice de Vegetação derivado do satélite NOAA e precipitações no Estado da Paraíba.** In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 05., 2003, Belo Horizonte. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2003. Artigos: p.1289-1295. Disponível em: <http://marte.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br>. Acesso em: 10 ago. 2008.

CRUCIANI, D.E.; MACHADO R.E.; SENTELHAS, P.C. **Modelos da distribuição temporal de chuvas intensas em Piracicaba, SP.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.6, n.1, (2002) p.76-82

DAMIÃO, M. C. Um Estudo das Condições Atmosféricas em janeiros Secos e Chuvosos no Semi-árido do Nordeste do Brasil e sua Relação com a Chuva em Meses Posteriores na Região. 1999. **Dissertação** (Mestrado em Meteorologia)- Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande.

DANNA, R. A.; BOLZÓN, A. H.; ROJAS, E. R.; ROSSETTO, E.; TEDESCO, J. E.. El uso de los S.I.G. en la gestión de los Municipios, como factor de construcción de la sociedad. In: XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007. **Anais...**, Florianópolis, 2007. Cdrom. Sessão Técnica Pôster.

EASTMAN, J.R.; FULK, M. Long sequence time series evaluation using standardized principal components. **Photogrammetric Engineering e Remote Sensing**, Bethesda, v.59, n.8, p.1307-1312, 1993.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos (RJ). **Procedimentos Normativos de Levantamentos Pedológicos.** Humberto Gonçalves dos Santos ... (et al.) – Brasília: EMBRAPA – SPI, 101 p., 2004.

ERDAS. **ERDAS IMAGINE Tour Guides.** Atlanta: Earth Resources Data Analysis System, 1997, 458 p.

FERREIRA, L.A.; TEOTIA, H.S., FILHO, J. F. C., SANTOS, J. R. Levantamento e classificação da vegetação nativa do município de Patos, através do sensoriamento remoto e geoprocessamento. In: X Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Centro de Convenções-Mabú Thermas e Resort, Foz do Iguaçu, Paraná, 21-26 de abril de 2001. **Anais...**, Foz do Iguaçu, 2001. Cdrom. Sessão Técnica Pôster.

FEOLI, E.; VUERICH, L. G.; ZERIHUN, W. Evaluation of environmental degradation in northern Ethiopia using GIS to integrate vegetation, geomorphological, erosion and socio-economic factors. Philadelphia: **ELSEVIER**, 2002. 91, p. 313–325.

FERNANDES, E.N.; FERNÁNDEZ FILHO, E.I.; SILVA, E. Integração de sistemas de informações geográficas e sistemas especialistas para avaliação da aptidão agrícola das terras em bacias hidrográficas. **Revista Árvore**, Viçosa - MG, v.23, n.1, p.75-82, 1999.

FORESTI, C. E HAMBURGER, D.S. “**Informações texturais e índices de vegetação obtidos de imagens orbitais como indicadores de qualidade de vida urbana**”, In: Indicadores ambientais. Org. por Martos, H.L. e Maia, N.B. Sorocaba – SP, pp. 205 – 211, 1997.

FRASER, R. H.; LI, Z.; CIHLAR, J. Hotspot and IVDN differencing synergy (HANDS); A new technique for burned area mapping over boreal forest, **Remote Sensing Environment**, v. 74, p.327-640, 2000.

FRIES R., TOWNSHEND J.R.G. 1994. IVDN derived land cover classification at global scales. *International Journal of Remote Sensing*, 15(17): 3567–3586.

FUNCEME. Sistemas Meteorológicos causadores de chuva na região Nordeste do Brasil. Disponível em: < www.funceme.com.br >. Acesso em: 10 de julho de 2003.

FUNCEME. Sistemas Meteorológicos causadores de chuva na região Nordeste do Brasil. Disponível em: < www.funceme.com.br >. Acesso em: 20 de agosto de 2003.

GAMON, J.A.; FIELD, C.B.; GOULDEN, M.L.; GRIFFIN, K.L.; HARTLEY, A.E.; JOEL, G.; PEÑUELAS, J.; VALENTINI, R. Relationships between IVDN, canopy structure, and photosynthesis in three Californian vegetation types. **Ecological Applications**, 5(1):28-41.1995

GATES, D.M.; FEEGAN, H.J.; SCHLETER, J.C.; WEIDNER, V.R. Spectral properties of plants. **Applied optics**, 4(1):11-20. Optical Society of America, New York, 1965.

GEE, J.M.,WARWICK. Body – size distribution in a marine metazcan community and the fracta: dimensions of macroalgae. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 178: 247 – 259, 1994.

GONÇALVES, J.L.G. **Classificação da capacidade de uso da terra nos municípios de Alagoa Grande e Alagoinha (PB) através de sensoriamento remoto**. 2004, 144f. Dissertação (Mestrado em Manejo do Solo e Água) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia – PB, 2004.

GOODCHILD, M.F.; PARKS, B.O.; STEYAERT, L.T. **Environment modeling with GIS**. New York: Oxford University Press, 1993.

GUISAN, A., ZIMMERMANN, N.E. **Predictive habitat distribution models in ecology**. **Ecol. Model.** 135, 147–186. ICBS, 1997. Israel Central Bureau of Statistics, Statistical Abstracts of Israel, Jerusalem, 2000.

GURGEL, H. C.; FERREIRA, N. J.; LUIZ, A. J B.. Estudo da Variabilidade do IVDN sobre o Brasil, utilizando-se análise de agrupamentos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.7, n.1, p.85-90, 2003.

HAMADA, E. **Desenvolvimento fenológico do trigo (cultivar IAC 24 -Tucuruí), comportamento espectral e utilização de imagens NOAAVHRR.** 2000. 140p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – UNICAMP, Campinas. 2000.

HANNA K. C. AND KULPEPPER B. 1998. **GIS in site design: new tools for design professionals.** John Wiley e Sons, New York. Información Espacial - SELPER, 11., Santiago, Chile, 22-26 noviembre 2004. **Anais...**, Santiago: SELPER, 2004. Cdrom. Sessão Técnica Pôster.

HASTENRATH, S., HELLER, L. Dynamics of climatic hazards in northeast Brazil. **Q. J. R. Meteor. Soc.**, v. 107, p. 77-92, 1977

HASTENRATH, S., GREISCHAR, L. Circulation mechanisms related to Northeast Brazil rainfall anomalies. **J. Geophys. Res.**, v.98, n. D3, p. 5093-5102, 1993.

HASTENRATH, S. Variations in low-latitude circulation and extreme climatic events in the tropical Americas. **J. Atmos. Sci.**, v. 33, p. 202-215, 1976.

HASTENRATH, S. On modes of tropical circulation climate anomalies. **J. Atmos. Sci.**, v. 35, p. 2222-2231, 1978.

HUANG, B., SHUKLA, J. **Characteristics of the interannual and decadal variability in a general circulation model of the tropical Atlantic Ocean.** Center for ocean-Land-Atmosphere Studies-COLA. Report No. 30. Maryland, 1996. 57p.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.< <http://www.ibge.gov.br/home/>> Acesso em, set. de 2007.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.< <http://www.ibge.gov.br/home/>> Acesso em, out. de 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Manuais técnicos em geociências, Manual Técnico de Uso da Terra**, n.7, 2ª ed., 91p. Rio de Janeiro, 2006.

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - Divisão de Processamento de Imagens. **Apostila Fundamentos de Geoprocessamento**, Tutorial. Natal/RN, 194p. (2005).

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - Divisão de Processamento de Imagens. **Apostila Fundamentos de Geoprocessamento**, 206p. 2010.

JARLAN, A.B., MANGIAROTTI, A.B., MOUGIN, A., MAZZEGA, C.D., HIERNAUX, A. DANTEC, A.. **Assimilation of SPOT/VEGETATION IVDN data into a Sahelian vegetation dynamics model**. Remote Sensing of Environment, Toulouse, v.112, p.1381-1394, apr. 2008.

JOHNSTON, C.A. *Geographic Information Systems in Ecology*. **Oxford: Blackwell Science**, 2001.

JORDAN, C.; ZHANG, C.; HIGGINS, A. Using GIS and statistics to study influences of geology on probability features of surface soil geochemistry in Northern Ireland. *Journal ScienceDirect*, 135-152, 2007.

JUNGUES, A. H.; GUSSO, A. **Estudo Indicativo do Comportamento do IVDN em ano de Estiagem no Rio Grande do Sul**. XVII Jornada de Jovens Investigadores de AUGM, San Miguel de Tucumán, Tucumán, Argentina, 2005.

JÚNIOR, L. R. P. Variação Climática no Litoral Paraibano e sua Influência na Produtividade de *Saccharum ssp*. **Revista Verde (Mossoró –RN-Brasil)**, 2008. v. 3, n. 4, p.110-115.

KANAZAWA, P.S. Variabilidade climática e previsões: aplicabilidade dos satélites de observações ambientais como instrumento de planejamento do desenvolvimento local. UCDB (2003). Campo Grande – MS, 97 p.

KASSER J.E., SHOSHANY S., “**Systems Engineers are from Mars, Software Engineers are from Venus**”, Thirteenth International Conference "Software e Systems Engineering e their Applications, Paris, December 2000.

KYRILLOS, D.S.; CIRILO. J.A. Sigma – **Sistema de informações para gestão do meio ambiente. Estudo de caso: Bacia do Rio São Francisco**. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, 5., 2000, Natal, RN, 2000.

KOUSKY, V. E. E GAN, M. A. Upper Tropospheric Cyclonic Vórtice in the Tropical South Atlantic. **Tellus**. 33, 538-551. 1981.

LAL, A.M.W.; ZEE, R.V.; BELNAP, M. Case Study: Model to Simulate Regional Flow in South Florida. **Journal of Hydraulic Engineering**, v.131, n.4, p.247-258, 2005.

Latorre, M.L.; Shimabukuro, Y.E.; Anderson, L.O. Produtos para ecossistemas terrestres (MODLAND). In: RUDORFF, B.F.T.; SHIMABUKURO, Y. E.; CEBALLOS, J.C. (Eds.): **O sensor MODIS e suas aplicações ambientais no Brasil**, São José dos Campos: Ed. Bookimage, p. 23 - 36, 2007.

LAU, K. M.; Chan, P. H. Intraseasonal and interannual variations of tropical convection: A possible link between the 4-50 days oscillation and ENSO. **Journal of the Atmospheric Sciences**, v.45, n.3, P. 506-521, 1988.

LEWIS J., ROWLAND J., TAPPAN G., TIESZEN LL. Evaluation of land performance in Senegal using multi-temporal IVDN and rainfall series. **Journal of Arid Environments**, 59: 463–480, 2004.

LILLESAND, T.M.; KIEFER, R.W. Remote sensing and image interpretation. 3. ed. **New York: John Wiley e Sons Inc.**, 2002, 748p.

LIMA, Z.M.C., ALVES, A.L., AMARO, V.E. E VITAL, H. Coastline evolution of the Galinhos spit (NE Brazil) using air photography and LANDSAT TM images. **Revista Pesquisas em Geociências**, (2001). (Ed.) UFRS-RS. 28, 497-507.

LOUGH, J. M. TROPICAL Atlantic sea surface temperature and rainfall variations in Subsaharan Africa. **Mon Wea. Rev.**, v. 114, p. 561-570, 1986.

LOZANO-GARCIA, D. F.; FERNANDÉZ, R. N.; GALLO, K. P.; JOHANSEN, C. J., 1995, Monitoring the 1988 severe drought in Indiana, U.S.A using AVHRR data. **International Journal of Remote Sensing**, 16, 1327-1340.

LINS, J.R.P.; MEDEIROS, A.N. **Mapeamento da cobertura florestal nativa lenhosa do Estado da Paraíba**. João Pessoa: Projeto PNUD/FAO/BRA/87/007, 45 p. il (Documento de Campo, 22), 1994.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, *Águas Subterrâneas um recurso a ser conhecido e protegido*. Disponível em: <<http://www.aesas.com.br/server/src/arquivos/midia/documento.pdf>>, acessado em novembro de 2007

MELO, J.; JÚLIO C. F. Determinação de regiões homogêneas quanto à distribuição. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, n. , p.408-416, 16 nov. 2005

MENEZES, H. E. A. Influência da Temperatura da Superfície dos Oceanos Tropicais na Ocorrência de Veranicos no Estado da Paraíba. Dissertação de Mestrado em Meteorologia, UFCG, Campina Grande – PB, 2006. NOAA. Disponível em <<http://www.cdc.noaa.gov./ClimateIndices>>. Acesso em janeiro de 2007.

MOREIRA, M.A.; SHIMABUKURO, Y.E. Cálculo do índice de vegetação a partir do sensor AVHRR In: **Aplicações ambientais brasileiras dos satélites NOAA e TIROS-N**. São Paulo, Oficina de Textos, 2004, cap.4: 79-101

MOURA, A.D., SHUKLA, J. On the dynamics of droughts in northeast Brazil: Observations, theory and numerical experiments with a GCM. **J. Atmos. Sci**, v. 38, p. 2653-2675, 1981.

MYNEMI, R.B., HALL, F.G., SELLERS, P.J. E MARSHAK, A.L. The interpretation of spectral vegetation indexes. **IEEE Transactions on geoscience and remote sensing**, 33:2:481-486. 1995.

NOAA - National Oceanic and Atmospheric Administration <http://swfsc.noaa.gov/publications/tm/swfsc/noaa-tm-swfsc-54_toc.pdf, 2009.

NICHOLSON, S.E.; FARRAR, T.J. The influence of soil type on the relationships between IVDN, rainfall and soil moisture in semi-arid Botswana. **Remote Sensing of Environment**, 50, p. 107-120. 1994.

NOBRE. P. **On the genesis of anomalous SST and rainfall patterns over the tropical Atlantic Basin**, Ph.D. Thesis, University of Maryland at College Park, 1993.

NOBRE. P., SHUKLA, J. Variations of sea surface temperature, wind stress and rainfall over the tropical Atlantic and South America. **J. Climate**, v. 9, p. 2464-2479, 1996.

NUNES, G.M.; DECIAN, V.S.; FIGUEREDO, O.A.T.; OLIVEIRA, F.; MADRUGA, P.R.A.; PEREIRA, R.S.. Utilização de geotecnologias no monitoramento ambiental para controle e gestão municipal. In: **XXXI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola**. Salvador – BA: 29 de julho a 02 de agosto de 2002. (CD ROM)

OLIVEIRA, P. S. E MARQUIS, R. J. **The cerrados of Brazil: ecology and natural history of a Neotropical savanna.** New York, Columbia University. p.91-120, 2004.

PAIVA, M. P. **Paraíba meu sublime torrão.** Microrregiões e Aspecto do Relevo Paraibano, v. 1, p. 16-30, 1999.

PARKER, D. E.; FOLLAND, C. K., WARD, M. N. Sea surface temperature anomaly patterns and prediction of seasonal rainfall in the Sahel region of Africa. **Nature**, v. 310, p. 483-485, 1988.

PEREIRA, J.M.C. E DUCKSTEIN, L. A multiple criteria decision-making approach to GIS-based land suitability evaluation. **Int J Geographical Information Systems**, 7, 407-424, 1995.

PEZZI, L. P.; CAVALCANTI, I. F. A. The relative importance of ENSO and tropical Atlantic sea surface temperature anomalies for seasonal precipitation over South America: a numerical study. **Climate Dynamics**, v. 17, p. 205-212, 2001.

POLIDORIO, A. M., FLORES, F. C., IMAI, N. N., TOMMASELLI, A. M. G. E GALO, M. L. T. **Deteção automática de sombras e nuvens em imagens multiespectrais.** 2006. Artigo submetido ao XII SBSR/2006.

PONTES, M.A.G. Monitoramento ambiental pela Petrobrás na Bacia de Sergipe/Alagoas. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 7. Curitiba, 1993. **Anais...** Curitiba: INPE, p.231-239, 1993.

PONTES, P. P. B. Análise temporal de índices de vegetação como subsídio à previsão de safras de canadeaçúcar.. In: XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), Goiânia. **Anais...**, Goiânia, Brasil, 217 –224, abril 2005. Cdrom. Sessão Técnica Pôster.

POTTER, C.S.; BROOKS, V. Global analysis of empirical relations between annual climate and seasonality of IVDN. **International Journal of Remote Sensing**, London, v.19, n.15, p.2921-2948, 1998.

PRINCE SD. A model of regional primary production for use with coarse-resolution satellite data. *International Journal of Remote Sensing*, 12: 1313–1330, 1998.

RIBEIRO, G.N. E TEOTIA, H.S. Estudo dos solos e uso atual da terra no agreste paraibano (região de Puxinanã), através de sensoriamento remoto e geoprocessamento. XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, **Anais...**, Goiânia, Brasil, 16-21 abril 2005, INPE, p. 2347-2354.

RICHARD, Y.; POCCARD, I. A statistical study of IVDN sensitivity to seasonal and interannual rainfall variations in Southern Africa. **International Journal of Remote Sensing**, London, v.19, n.15, p.2907-2920, 1998.

RIGOL, J. P., AND CHICA-OLMO, M..Merging remote-sensing images for geological-environmental mapping: application to the Cabo de Gata-Níjir Natural Park, Spain. **Environmental Geology**, 1998, 34, 194–202

RIZZI, R. Geotecnologias em um sistema de estimativa da produção de soja: estudo de caso no Rio Grande do Sul. **Tese de Doutorado** do Curso de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto, INPE, São José dos Campos, 212 p. 2004.

ROSA, R. **Introdução ao Sensoriamento Remoto**, 5º ed., Uberlândia. Ed. Da Universidade Federal de Uberlândia, 2003.

ROSA, R.O.; CASTRO JUNIOR, E.; LIMA, M.M.A.; NUNES, U.M.; COELHO, N.A.L. Utilização de imagens SPOT pancromática na detecção de cicratizes de movimentos de massa rápidos em encostas florestadas – Maciço da Tijuca, RJ. In: Simpósio Brasileiro de

Sensoriamento Remoto, 7. 1993. Curitiba. **Anais...** Curitiba: INPE/SELPER/SBC, 476p., p. 245-248, 1993.

ROSSATO, C.; CASSOL, R.; SIEBEN, A.; BRUTTI, E. A.; RAFAELLI, J. A. **Uso da terra no município de Pinhal Grande – RS, através do uso de geoprocessamento.** In: XXXI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, Salvador – BA: 29 de julho a 02 de agosto de 2002. (CD ROM).

SÁ, I. B.; SÁ, I. I. S.; SILVA, A. S. Desertificação na região de Cabrobó-PE: a realidade vista do espaço. In: Simpósio regional de geoprocessamento e sensoriamento remoto, 3., 2006, Aracaju. **Anais...** Aracaju: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2006. Disponível em: <http://www.cpatc.embrapa.br/labgeo/srgsr3/artigos_pdf/038_t.pdf>. Acesso em: 16 mar. 2009.

SADER SA, STONE TA E JOYCE AT. **Remote sensing of tropical forests: an overview of research and applications using nonphotographic sensors.** Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 56: 1343–1351, 1990.

SANO E.E, BARCELLOS A.O E BEZERRA H.S. **Assessing the spatial distribution of cultivated pastures in the Brazilian savanna.** *Pasturas Tropicales*, 22(3): 2–15, 2001.

SANTOS, E. T. **Caracterização ambiental da alta bacia do rio Aquidauana-MS e identificação dos impactos do uso do solo na qualidade dos recursos hídricos.** 2000. 132 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia Aplicada) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2000.

SANTOS, R. D. DOS; CARVALHO FILHO, A. ; NAIME, U. J.; OLIVEIRA, H.; MOTTA, P. E. F.; BARUQUI, A. M.; BARRETO, W. O.; MELO, M. E. C. C. M.; PAULA, J. L.; SANTOS, E. M. R.; DUARTE, M. N. **Pedologia.** In: PLANO DE CONSERVAÇÃO DA BACIA DO ALTO PARAGUAI – PCBAP/Projeto Pantanal. Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal -

Subcomponente Pantanal. Diagnóstico dos meios físico e biótico; meio físico. Brasília: MMA/SEMAM/PNMA, v.2, t.I, p.127-307. 1997.

SAUSEN, T. M. **Sensoriamento Remoto e suas Aplicações para Recursos Naturais** São José dos Campos-SP INPE 2005. Disponível em <http://www.dgi.inpe.br>. Acesso em 20 de setembro de 2005.

SERVAIN, J. Simple climatic indices for the tropical Atlantic Ocean and some applications. **J. Geophy. Res.**, v. 96, n.C8, p. 15, 137-15, 146, 1991.

SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS DA BAHIA- SRH-BA. **ENOS - El Niño/Oscilação Ac Sul** Disponível em: <http://www.srh.ba.gov.br/appsrh/tempo/elniño.jsp?conteudo=2340>. Acesso em: 20 de setembro de 2004.

SCHUMACHER, M.V.; HOPPE, J.M. **A floresta e a água**. Porto Alegre: Pallotti, 1998. 70 p.

SILVA, J. F. **El Niño, o fenômeno climático do século**. Brasília. Editora Thesaurus, 139p., 2000.

SILVA, J. E. B. **Avaliação multitemporal da atividade antrópica na região de Santa Luzia – PB com o uso de geoprocessamento**, 2000, 66f. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade federal da Paraíba, Areia – PB, 2000.

SILVA, J.S.V.; ABDON, M.M. Adequabilidade do uso do solo na bacia hidrográfica do alto rio Taquari. In: Simpósio Latinoamericano en Percepción Remota y Sistemas de Información Espacial - SELPER, 11., Santiago, Chile, 22-26 noviembre 2004. **Anais...**, Santiago: SELPER, 2004. Cdrom. Sessão Técnica Pôster.

SILVA, M. R.; RIBEIRO, M. G.; CENTENO, J. A. S.; Monitoramento de estiagens com imagens MODIS. In: XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Abril, 2007. Florianópolis, SC, **Anais...** 2007.

SILVA, V.P.R.; AZEVEDO, P.V.; BRITO, J.I.B. Origem do máximo relativo de pluviometria no extremo Oeste do Estado da Paraíba. In: Congreso Argentino de Meteorología, 7, Congreso, e Latinoamericano e Ibérico de Meteorología, 7, 1996, Buenos Aires, **Anais...** Buenos Aires: Centro Argentino de Meteorólogos y Federación Latinoamericana Y Ibérica de Sociedade de Meteorologia, 1996. p.101-102.

SUDENE. **Levantamento Exploratório - Reconhecimento de Solos do Estado da Paraíba**. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA/DRM. Boletim Técnico nº 15. Série Pedológica nº 8 . 670p. Rio de Janeiro, 1972.

SIMININSKI, A.; MANTOVANI, M.; REIS, M. M.S.; FANTINI, A. C.. Sucessão florestal secundária no município de São Pedro de Alcântara, Litoral de Santa Catarina: estrutura e diversidade. **Revista Florestal, Santa Maria**, v. 14, n. 1, p. 21-33 21, 2004.

SHANNON, C. E., AND W. WEAVER. 1979. **The Mathematical Theory of Communication**. Urbana, University of Illinois Press, 117 pp.

SILVA, S. T. A. Influência do El niño-oscilação sul na distribuição espacial da precipitação no estado da paraíba. 1996. **Dissertação** (Mestrado em Meteorologia)- Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande.

SOARES, P.R.; FILHO, A.P. **Levantamento do meio físico e potencial agrícola da terra, utilizando fotografias aéreas**. Campinas – SP. Acesso em: julho de 2006.

SOUZA, E.B. Um estudo observacional sobre o Padrão de Dipolo de anomalias de TSM no Oceano Atlântico Tropical. São José dos Campos, 1997. **Dissertação** (Mestrado em Meteorologia), INPE.

SOUZA, E.B.; NOBRE, P. Uma revisão sobre o padrão de dipolo no Oceano Atlântico Tropical. **Revista brasileira de meteorologia**, v. 13, n. 1, p.31-44, 1998.

SOUZA, R.F. **Terras agrícolas e o processo de desertificação em municípios do semiárido Paraibano**. Tese (doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. Campina Grande, 2007.

SPATZ, D. M.. Remote sensing characteristics of the sediment-and volcanic-hosted precious metal systems: imagery selection for exploration and developments. **International Journal of Remote Sensing**, 2003, 10, 1825–1841

STAR, J., ESTES, J. **Geographic information systems**. London, Prentice-Hall International, 1990.

SVORAY, T., SHOSHANY, M., PEREVOLOTSKY, A., Monitoring the response of spatially complex vegetation formations to human intervention: a case study from Mediterranean rangelands. **J. Mediterr. Ecol.** 4, 3–12, 2003.

SVORAY, T; KUTIEL, P. B.; BANNET, T. Urban land-use allocation in a Mediterranean ecotone: Habitat Heterogeneity Model incorporated in a GIS using a multi-criteria mechanism. **Landscape and Urban Planning**. v.72, n. 4, p. 337-351, 2005.

TEOTIA, H.S.; SILVA, I.F.; SANTOS J.R.; Veloso Junior, J.R.; Gonçalves, J.L.G. Classificação da cobertura vegetal e capacidade de uso da terra na região de Cariri Velho (Paraíba), através de sensoriamento remoto e geoprocessamento. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 11., 2003, Belo Horizonte-MG. **Anais...** São José dos Campos – SP: INPE, p. 1969-1976, 2003.

TORRES, J. L. R.; BARRETO, A. C.; PAULA, J. C. de. Capacidade de uso das terras como subsídio para o planejamento da microbacia do córrego Lanhoso, em Uberaba (MG). *Caminhos de Geografia*, Uberlândia, v. 8, n. 24, p. 22 – 32, 2007.

TERRADO, M.; BARCELÓ, D.; TAULER, R. Identificación and distribution of contamination sources in the Ebro river basin by chemometrics modelling coupled to geographical information systems. *Journal ScienceDirect*, 691-704, 2006.

TORRION, J. A. **Land degradation detection, mapping and monitoring in the lake Naivasha Basin, Kenya**, 2002. 104 f. Thesis (Master of Sciences in Natural Resource Management) – International Institute for Geoinformation Science and Earth Observation, Enschede, The Netherlands , 2002.

TSOU, M. S.; WHITTEMOREZ, D. O. User interface for ground-water modeling: ArcView Extension. *Journal of Hydrologic Engineering*, v. 6, n. 3, p. 251-257, 2001.

TUCCI, C.E.M. **Drenagem Urbana**. Cienc. Cult. vol.55 no.4 São Paulo Oct./Dec. 2003

TUCKER, C. J. Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation, *Remote Sensing Environment*. 8:127-150, 1979.

TUCKER, C.J. Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Remote Sensing of Environment*. 8:127-150. 1997.

DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS- DCA.
<http://www.dca.ufcg.edu.br/clima/mapas/pbanop.gif> . Acesso em jul. de 2010.

UVO, C.R.B. A Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) e sua relação com a precipitação na região norte do Nordeste Brasileiro. **Dissertação (Mestrado em Meteorologia)**-INPE-4887-TDL, 1989.

UVO, C.R.B., REPELLI, C.A., ZEBIAK, S.E.; KUSHNIR, Y. The influence of tropical pacific and atlantic sst on northeast Brazil monthly precipitation. Accepted to **J. Climate**, 1994 (In press).

VAREJÃO SILVA, M. A.; BRAGA, C. C., AGUIAR; M. J., SILVA, B. B; NITZCHE, M. H. **Atlas climatológico do estado da Paraíba**. Convênio UFPB / FINEP. 132 p., 1987.

VOLPATO M. M. L. **Imagens AVHRR-NOAA para determinação do potencial de incêndios em pastagens**. 2002. 97p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – UNICAMP, Campinas. 2002.

YAMAZAKY, Y E RAO, V. B. Tropical Cloudiness over the South Atlantic Ocean. **Journal of the Meteorological Society of Japan**. 55, 203-207. 1977.

WAGNER, R.G. Mechanisms controlling variability of the interhemispheric sea surface temperature gradient in the tropical Atlantic. **J. Climate**, v. 9, p. 2010-2019, 1996.

WALKER, P.A. Modelling wildlife distributions using a geographic information system: Kangaroos in relation to climate. **Journal of Biogeography**, 17, 279-289, 1994.

WARD, M. N., FOLLAND, C.K. Prediction of seasonal rainfall in the north nordeste of Brazil using eigenvectors of sea-surface temperature. **Int. J. Climat.**, v. 11, p. 711-743, 1991.

WILSON, J.S. Evaluating environmental influences of zoning in urban ecosystems with remote sensing. **Remote Sensing of Environment**, v.86, n.3, p. 303-321, 2003.