



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS  
PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS NATURAIS



CLIMATOLOGIA E VULNERABILIDADE SOCIOECONOMICA E AMBIENTAL  
DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA – ESTUDO DE CASO DO  
AÇUDE EPITÁCIO PESSOA (BOQUEIRÃO)

LINCOLN ELOI DE ARAÚJO

Área de Concentração: Processos Ambientais  
Linha de Pesquisa: Climatologia Aplicada a Recursos Naturais

Campina Grande, março de 2010.

Lincoln Eloi de Araújo

DEGRADAÇÃO AMBIENTAL E VULNERABILIDADE NA BACIA DO RIO  
PARAÍBA – ESTUDO DE CASO DO AÇUDE EPITÁCIO PESSOA (BOQUEIRÃO)

Tese submetida ao programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Doutor em Recursos Naturais.

Orientadores: Dr. Francisco de Assis Salviano de Sousa

Dr. João Miguel de Moraes Neto

Campina Grande, março de 2010.

Lincoln Eloi de Araújo

DEGRADAÇÃO AMBIENTAL E VULNERABILIDADE NA BACIA DO RIO  
PARAÍBA – ESTUDO DE CASO DO AÇUDE EPITÁCIO PESSOA (BOQUEIRÃO)

Banca Examinadora

Prof. Dr. Pedro Vieira de Azevedo

UFCG - Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. Clodoaldo Bortoluzzi

UFCG - Universidade Federal de Campina Grande

Dra. Luiza Teixeira de Lima Brito

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

Prof.<sup>a</sup> Dra. Josiclêda Domiciano Galvínio

UFPE - Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Francisco de Assis S. de Sousa (Orientador)

UFCG - Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. João Miguel de Moraes Neto (Orientador)

UFCG - Universidade Federal de Campina Grande

## AGRADECIMENTOS

A Deus nosso criador, por todas as graças alcançadas na minha vida e durante todo o processo do doutorado. Aos meus pais, minha querida irmã, aos meus tios e tias e aos meus primos.

A Capes pelo incentivo financeiro concedido através da bolsa.

Aos professores Francisco de Assis Salviano de Sousa e João Miguel de Moraes Neto, pela orientação e colaboração.

As prefeituras de Boqueirão e Cabaceiras pela ajuda no decorrer da pesquisa.

Aos professores Marx, Renato Kilpp, Carlos Galvão, Renilson, Clodoaldo, Vera Antunes, Anne Marie, Geraldo Baracuh, Márcia Rios e Zé Dantas pelo incentivo, sugestões e conduta profissional.

Ao coordenador Pedro Vieira de Azevedo.

Aos amigos de sempre e conquistados no decorrer das caminhadas, Djane, Magaly, Dado, Werônica, Gil, Marle, Simone, Lenice, Priscilla, Bruce, Walber, Fatinha, Paulo, Miguel, Socorro, Ravena, Aldinete, Marcus Vinícius, Val, Valéria, Soahd, Sally, Betânia, Vanda, Gilson, Gêuda, Danilo, Aline, Kaline, Cícera, Arrigo, Severino, Expedito, Taciana, Ewerton, Adriana Mágero e Mary France.

A minha querida turma de doutorado, constituída por Maria José, João Hugo, Girlene, Karina, Kalliana, Edimar, Luciano, Gledsnelly, Luiza, Mozaniel, Gonzaga, Israel, Josely, Waleska.

As secretárias Eyres, Mirriam, Regineide, Divanete e Cleide, por serem anjos na minha vida durante todo o processo de doutoramento.

E por fim aos meus queridos amigos Francisco, Dilvani, Felipe, Jaqueline, Joelma, Flavinho, Edilânia, Salete, Zuleide, Aline, Allan, Paula, Mary Barros, Babá, Daniel, Wladimir, Merciliana, Nicole, Jack.

## RESUMO

A área de abrangência deste estudo é a bacia hidrográfica do rio Paraíba, constituídas pelas sub-bacias Alto, Médio, Baixo Paraíba e sub-bacia do rio Taperoá. O objetivo principal desta pesquisa foi estudar a bacia hidrográfica do rio Paraíba sob aspectos físicos e climáticos, enfatizando as causas e os efeitos da degradação ambiental e da vulnerabilidade no entorno do açude Epitácio Pessoa. A metodologia se baseou em três etapas distintas. A primeira avaliou a precipitação na bacia do rio Paraíba através da climatologia espacial mensal e da utilização do Índice de Anomalia de Chuva (IAC); a segunda utilizou questionários para avaliar a vulnerabilidade social, econômica, tecnológica e às secas da população ribeirinha do açude Epitácio Pessoa (Boqueirão); e a terceira fase usou imagens orbitais TM/Landsat-5 em dois anos distintos para avaliar a cobertura vegetal e a degradação ambiental da bacia do rio Paraíba. Os resultados obtidos constataram que março é o mês que melhor contribui para o aporte hídrico nos mananciais e setembro e outubro são os mais secos; e que há ocorrência de dois regimes de precipitação distintos na bacia. Outro fato importante é mostrado pelo IAC das sub-bacias do Taperoá, Alto e Médio Paraíba, os quais apresentaram modificação no padrão da precipitação a partir da década de 50, evidenciando uma sequência de anos secos seguidos de anos úmidos, com exceção do Baixo Paraíba que apresentou um padrão indefinido da precipitação. As vulnerabilidades da população do entorno do açude Epitácio Pessoa variaram entre Baixa e Muito Alta, associadas à falta de políticas públicas e de gestão adequada na utilização e conservação dos recursos naturais. Fato este comprovado através das imagens de satélite para os anos de 1990 e 2004 que evidenciam aumento na degradação ambiental e redução significativa da cobertura vegetal na bacia do rio Paraíba.

Palavras-chave: climatologia, índice de anomalia de chuva, vulnerabilidades, sensoriamento remoto, cobertura vegetal, degradação das terras.

## ABSTRACT

The area covered by this study is the Paraíba river basin, which consist of sub-basins High, Medium, Low Paraíba and sub-basin of the Taperoá river. The aim of this research was to study the basin under the physical and climatic factors, emphasizing the causes and effects of environmental degradation and vulnerability in the vicinity of the Epitácio Pessoa dam. The methodology is based on three distinct stages. The first evaluated the precipitation in the Paraíba river basin through monthly spatial climatology and use of the Rainfall Anomaly Index (RAI), the second used questionnaires to assess the vulnerability social, economic, technological and droughts of the population living in the Epitácio Pessoa dam; and the third phase used satellite images TM/Landsat-5 in two different years to assess the vegetation and environmental degradation of the Paraíba river basin. The results show that March is the month that best contributes to the intake water in the system. September and October are the driest; and occurs two different regimes of precipitation in the river basin. Another important fact is shown by the RAI in the Taperoá sub-river basin, Upper and Middle Paraíba, these indices showed changes in the precipitation pattern from the 50's, showing a sequence of dry years followed by wet years, with the exception of the Low Paraíba who presented an undefined precipitation pattern. The vulnerabilities of the population around the Epitácio Pessoa dam ranged between low and very high, associated with lack of public policies and better manage the use and natural resources conservation. This fact was confirmed by the satellite images for years 1990 and 2004 that show an increase in environmental degradation and significant reduction of vegetation cover in the river basin studied.

Keywords: Climatology, rainfall anomaly index, vulnerabilities, remote sensing, land cover, land degradation.

# SUMÁRIO

RESUMO

ABSTRACT

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

|  |    |
|--|----|
| <b>Capítulo 1 – Introdução</b>                             | 13 |
| 1.1. Problemática e justificativa                          | 14 |
| 1.2. Objetivo geral  | 16 |
| 1.3. Objetivos específicos                                 | 16 |
| <b>Capítulo 2 – Revisão Bibliográfica</b>                  | 17 |
| 2.1. Sistemas de precipitação atuantes no Nordeste         | 17 |
| 2.1.1. Vórtice Ciclônico de Ar Superior                    | 17 |
| 2.1.2. Frentes Frias                                       | 18 |
| 2.1.3. Ondas de Leste                                      | 18 |
| 2.1.4. Zona de Convergência Intertropical                  | 19 |
| 2.1.5. El Niño   | 19 |
| 2.1.6. La Niña   | 20 |
| 2.2. Índice de Anomalia de Chuva (IAC)                     | 21 |
| 2.3. Bacias hidrográficas                                  | 23 |
| 2.3.1. Desenvolvimento sustentável em bacias hidrográficas | 24 |
| 2.3.2. Planejamento e gestão de bacias hidrográficas       | 25 |
| 2.4. Desastre e vulnerabilidade ambiental                  | 26 |
| 2.5. Legislação ambiental                                  | 32 |
| <b>Capítulo 3 – Material e Método</b>                      | 36 |
| 3.1. Área de Estudo  | 36 |
| 3.1.1. Sub-bacia do rio Taperoá                            | 37 |
| 3.1.2. Sub-bacia do Alto Paraíba                           | 38 |
| 3.1.3. Sub-bacia do Médio Paraíba                          | 39 |
| 3.1.4. Sub-bacia do Baixo Paraíba                          | 40 |
| 3.1.5. Rio Paraíba   | 41 |
| 3.1.6. Açude Epitácio Pessoa                               | 43 |
| 3.2. Dados da área de estudo                               | 46 |
| 3.2.1. Dados climáticos                                    | 46 |
| 3.2.2. Solos   | 47 |
| 3.2.3. Agricultura   | 48 |
| 3.2.4. Relevo  | 48 |
| 3.2.5. Vegetação   | 48 |
| 3.3. Material  | 49 |
| 3.3.1. Dados pluviométricos                                | 49 |
| 3.3.2. Suporte computacional                               | 49 |
| 3.3.3. Diagnóstico Sócio-econômico e Ambiental             | 50 |
| 3.4. Métodos   | 50 |
| 3.4.1. Mapas da climatologia                               | 50 |
| 3.4.2. Cálculo do IAC                                      | 50 |
| 3.4.3. Pesquisa de campo                                   | 51 |
| <b>Capítulo 4 – Resultados e Discussão</b>                 | 54 |
| 4.1. Climatologia da bacia do rio Paraíba                  | 54 |

|   |     |
|---|-----|
| 4.2. Índice de Anomalia de Chuva                              | 63  |
| 4.2.1. Variação Temporal do Índice de Anomalia de Chuva (IAC) | 63  |
| 4.2.2. Variação Espacial do Índice de Anomalia de Chuva (IAC) | 81  |
| 4.3. Vulnerabilidade Global                                   | 84  |
| 4.3.1. Vulnerabilidade Social                                 | 84  |
| 4.3.2. Vulnerabilidade Econômica                              | 89  |
| 4.3.3. Vulnerabilidade Tecnológica                            | 92  |
| 4.3.4. Vulnerabilidade à Secas                                | 95  |
| <b>Capítulo 5 – Conclusão</b>                                 | 102 |
| <b>Capítulo 6 – Referências Bibliográficas</b>                | 103 |
| Anexo I   | 110 |
| Anexo II  | 115 |
| Anexo III   | 116 |

## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 1 – Localização geográfica da bacia hidrográfica do rio Paraíba.                      | 36 |
| Figura 2 – Bacia do rio Paraíba com drenagem principal, rio Paraíba e açude Epitácio Pessoa. | 37 |
| Figura 3 – Sub-bacia do rio Taperoá.   | 38 |
| Figura 4 – Sub-bacia do Alto Paraíba.  | 39 |
| Figura 5 – Sub-bacia do Médio Paraíba.   | 40 |
| Figura 6 – Sub-bacia do Baixo Paraíba.   | 41 |
| Figura 7 – Rio Paraíba.  | 42 |
| Figura 8 – Açude Epitácio Pessoa e Municípios fronteiriços.                                  | 43 |
| Figura 9 – Volume anual do açude Epitácio Pessoa. Fonte AESA.                                | 45 |
| Figura 10 – Climatologia mensal da precipitação (mm) do açude Epitácio Pessoa (Boqueirão).   | 47 |
| Figura 11 – Climatologia mensal da temperatura (°C) do açude Epitácio Pessoa (Boqueirão).    | 47 |
| Figura 12 – Distribuição espacial dos postos pluviométricos na bacia do rio Paraíba.         | 49 |
| Figura 13 – Climatologia mensal da bacia hidrográfica do rio Paraíba.                        | 54 |
| Figura 14 – Climatologia espacial da bacia hidrográfica do rio Paraíba.                      | 55 |
| Figura 15 – Isoietas médias mensais da bacia do rio Paraíba para o mês de janeiro.           | 56 |
| Figura 16 – Isoietas médias mensais da bacia do rio Paraíba para o mês de fevereiro.         | 56 |
| Figura 17 – Isoietas médias mensais da bacia do rio Paraíba para o mês de março.             | 57 |
| Figura 18 – Isoietas médias mensais da bacia do rio Paraíba para o mês de abril.             | 58 |
| Figura 19 – Isoietas médias mensais da bacia do rio Paraíba para o mês de maio.              | 59 |
| Figura 20 – Isoietas médias mensais da bacia do rio Paraíba para o mês de junho.             | 59 |
| Figura 21 – Isoietas médias mensais da bacia do rio Paraíba para o mês de julho.             | 60 |
| Figura 22 – Isoietas médias mensais da bacia do rio Paraíba para o mês de agosto.            | 60 |
| Figura 23 – Isoietas médias mensais da bacia do rio Paraíba para o mês de setembro.          | 61 |
| Figura 24 – Isoietas médias mensais da bacia do rio Paraíba para o mês de outubro.           | 61 |
| Figura 25 – Isoietas médias mensais da bacia do rio Paraíba para o mês de novembro.          | 62 |
| Figura 26 – Isoietas médias mensais da bacia do rio Paraíba para o mês de dezembro.          | 62 |
| Figura 27 – Índice de Anomalia de Chuva da bacia do rio Paraíba.                             | 64 |
| Figura 28 – Climatologia mensal da sub-bacia do Taperoá.                                     | 65 |
| Figura 29 – IAC sub-bacia do Taperoá.  | 66 |



|   |    |
|---|----|
| Figura 30 – IAC mensais de anos secos da sub-bacia do rio Taperoá.  | 67 |
| Figura 31 – IAC mensais de anos úmidos da sub-bacia do rio Taperoá.   | 68 |
| Figura 32 – IAC mensal da sub-bacia do rio Taperoá em relação ao El Niño e La Niña.                               | 69 |
| Figura 33 – Climatologia mensal da sub-bacia do Alto Paraíba.   | 70 |
| Figura 34 – IAC da sub-bacia do Alto Paraíba.   | 71 |
| Figura 35 – IAC mensais de anos secos da sub-bacia do Alto Paraíba.   | 71 |
| Figura 36 – IAC mensais de anos úmidos da sub-bacia do Alto Paraíba.  | 72 |
| Figura 37 – IAC mensal da sub-bacia do Alto Paraíba em relação ao El Niño e La Niña.                              | 73 |
| Figura 38 – Climatologia mensal da sub-bacia do Médio Paraíba.  | 73 |
| Figura 39 – IAC sub-bacia do Médio Paraíba.   | 74 |
| Figura 40 – IAC mensais de anos secos da sub-bacia do Médio Paraíba.  | 75 |
| Figura 41 – IAC mensais de anos úmidos da sub-bacia do Médio Paraíba.   | 75 |
| Figura 42 – IAC mensal da sub-bacia do Médio Paraíba em relação ao El Niño e La Niña.                             | 76 |
| Figura 43 – Climatologia temporal mensal da sub-bacia do Baixo Paraíba.   | 77 |
| Figura 44 – IAC sub-bacia do Baixo Paraíba.   | 77 |
| Figura 45 – IAC mensais de anos secos da sub-bacia do Baixo Paraíba.  | 78 |
| Figura 46 – IAC mensais de anos úmidos da sub-bacia do Baixo Paraíba.   | 79 |
| Figura 47 – IAC mensal da sub-bacia do Baixo Paraíba em relação ao El Niño e La Niña.                             | 80 |
| Figura 48 – Vertedouro do açude Epitácio Pessoa em relação aos anos de El Niño e La Niña.                         | 80 |
| Figura 49 – Classificação do Índice de Anomalia de Chuva da bacia hidrográfica do rio Paraíba para o ano de 1987. | 82 |
| Figura 50 – Classificação do Índice de Anomalia de Chuva da bacia hidrográfica do rio Paraíba para o ano de 1990. | 82 |
| Figura 51 – Classificação do Índice de Anomalia de Chuva da bacia hidrográfica do rio Paraíba para o ano de 1984. | 83 |
| Figura 52 – Classificação do Índice de Anomalia de Chuva da bacia hidrográfica do rio Paraíba para o ano de 2004. | 84 |
| Figura 53 – Vulnerabilidade Social Global.  | 85 |
| Figura 54 – População ribeirinha do açude Epitácio Pessoa.  | 85 |
| Figura 55 – Gênero da população ribeirinha do açude Epitácio Pessoa.  | 85 |
| Figura 56 – Faixa etária.   | 86 |
| Figura 57 – Escolaridade.   | 86 |
| Figura 58 – Residência.   | 86 |
| Figura 59 – Tipo de habitação.  | 86 |
| Figura 60 – Fogão.  | 87 |
| Figura 61 – Água consumida.   | 87 |
| Figura 62 – Esgoto.   | 87 |
| Figura 63 – Eliminação do lixo.   | 87 |
| Figura 64 – Tipo de piso.   | 88 |
| Figura 65 – Tipo de teto.   | 88 |
| Figura 66 – Eletrodomésticos.   | 89 |
| Figura 67 – Vulnerabilidade Econômica Global.   | 90 |
| Figura 68 – Animais de trabalho.  | 90 |
| Figura 69 – Animais de produção.  | 90 |

|   |     |
|---|-----|
| Figura 70 – Venda da produção agrícola.                   | 91  |
| Figura 71 – Venda da produção pecuária.                   | 91  |
| Figura 72 – Fonte principal de crédito.                   | 92  |
| Figura 73 – Fonte da renda.                               | 92  |
| Figura 74 – Vulnerabilidade Tecnológica Global.           | 93  |
| Figura 75 – Tipo de posse.                                | 94  |
| Figura 76 – Tração de ferramentas.                        | 94  |
| Figura 77 – Uso do solo.                                  | 94  |
| Figura 78 – Prática de conservação.                       | 94  |
| Figura 79 – Conflitos ambientais.                         | 95  |
| Figura 80 – Irrigação.                                    | 95  |
| Figura 81 – Assistência técnica.                          | 95  |
| Figura 82 – Obras de contenção.                           | 95  |
| Figura 83 – Vulnerabilidade à Secas Global.               | 96  |
| Figura 84 – Captação da água da chuva.                    | 97  |
| Figura 85 – Água das fontes permite abastecimento humano. | 97  |
| Figura 86 – Água das fontes permite abastecimento animal. | 97  |
| Figura 87 – Água das fontes permite irrigação.            | 97  |
| Figura 88 – Racionamento.                                 | 98  |
| Figura 89 – Aproveitamento das águas residuais.           | 98  |
| Figura 90 – Manejo.                                       | 99  |
| Figura 91 – Previsão do tempo.                            | 99  |
| Figura 92 – Ocupação nas estiagens.                       | 99  |
| Figura 93 – Planejamento da produção.                     | 99  |
| Figura 94 – Comercialização.                              | 100 |
| Figura 95 – Fonte de renda.                               | 100 |

## LISTA DE TABELAS

|  |     |
|--|-----|
| Tabela 1 – Vulnerabilidades Globais.   | 29  |
| Tabela 2 – Áreas de preservação de rios e nascentes.                                       | 33  |
| Tabela 3 – Anos em que o açude Epitácio Pessoa atingiu a capacidade máxima.                | 45  |
| Tabela 4 – Municípios e distritos abastecidos pelo açude Epitácio Pessoa.                  | 46  |
| Tabela 5 – Unidades morfológicas da região do açude Epitácio Pessoa.                       | 48  |
| Tabela 6 – Classes de Intensidade do Índice de Anomalia de Chuva da bacia do rio Paraíba.  | 51  |
| Tabela 7 – Fator vulnerabilidade.  | 52  |
| Tabela 8 – Classes de vulnerabilidade.   | 53  |
| Tabela 9 – Salubridade rural da comunidade ribeirinha do açude Epitácio Pessoa.            | 88  |
| Tabela 10 – Produção vegetal da comunidade ribeirinha do açude Epitácio Pessoa.            | 91  |
| Tabela 11 – Armazenamento de água da comunidade ribeirinha do açude Epitácio Pessoa.       | 96  |
| Tabela 12 – Abastecimento domiciliar da população ribeirinha do açude Epitácio Pessoa.     | 98  |
| Tabela 13 – Comparação entre as vulnerabilidades encontradas com a bibliografia existente. | 101 |

# Capítulo 1

---

## INTRODUÇÃO

No decorrer do último século a humanidade utilizou de forma predatória grande parte dos seus recursos naturais, alterando a natureza de forma a assegurar a própria sobrevivência e lhe proporcionar conforto. Essas mudanças no meio ambiente podem ser naturais, consideradas da própria evolução do planeta e as antrópicas, mais severas e degradatórias, causadas pelo homem, que gera grandes prejuízos econômicos, sociais, políticos, culturais e ambientais.

A degradação ambiental no Brasil é bastante acentuada com amplas áreas impactadas devido ao uso exacerbado dos recursos naturais, principalmente em regiões de mananciais e nascentes, os quais causam prejuízos à comunidade e aos recursos naturais. De forma similar, o Nordeste brasileiro também sofre com toda essa peculiaridade, que se agrava quando ocorre na região semiárida brasileira, considerada a mais populosa e degradada do mundo. Adicionalmente, essa região apresenta grande variabilidade espaço-temporal da precipitação e elevadas temperaturas, com ênfase para o clima, a vegetação e a orografia da região que são diferenciadas do restante do Nordeste.

Assad e Sano (1998) mostraram que o conhecimento dos recursos naturais (solo, clima, vegetação, minerais de interesse agrícola e relevo) e das características socioeconômicas (população, produção, evolução da fronteira agrícola e uso atual) constituem a base indispensável para a avaliação do potencial de uso das terras, necessário para a identificação das áreas passíveis de utilização com atividades agrícolas sustentáveis e das áreas que devem ser preservadas, evitando desse modo a degradação.

No semiárido paraibano a ação predatória do homem com práticas de desmatamentos, queimadas e outros manejos inadequados de explorar o uso das terras vem reduzindo a cobertura vegetal, assoreando e poluindo os rios e, conseqüentemente, colocando em risco a flora e fauna silvestres, bem como a permanência da população na zona rural. A falta da cobertura vegetal expõe a superfície do solo, causa erosão e reduz ou elimina os nutrientes, indispensáveis a exploração agrícola auto-sustentável. Quando isso ocorre, os solos são exauridos rapidamente (SOUSA, 2007).

No entanto, o Estado da Paraíba é o Estado do Nordeste que apresenta uma das maiores variabilidades espaço-temporal das chuvas. A climatologia do Estado pode ser analisada de forma singular, pois as regiões do Agreste/Litoral do Estado apresentam valores anuais acima de 1083,4 mm, em média, seguido da região do Sertão, com valores iguais a 821,9 mm e por fim a região do Cariri/Curimataú, com valores médios em torno de 516,1 mm (ARAÚJO, 2003).

Desta forma, é de vital importância que se preserve água captada nas bacias hidrográficas, principalmente pela bacia do rio Paraíba, responsável pelo suprimento de água de importantes cidades do Estado. Ressalta-se que a demanda por água, sempre crescente em grandes centros comerciais e industriais se intensifica a cada dia, e nem sempre pode ser atendida pelos mananciais do Estado; seja por escassez, seja por degradação ambiental. Como exemplo, pode ser citado o açude Epitácio Pessoa que abastece mais de um milhão de pessoas na bacia do rio Paraíba, localizado na região semi-árida com elevada degradação ambiental em seu entorno (AESAs, 2007).

Com isso, faz-se necessário estudo mais elaborado em unidades naturais (bacias hidrográficas) e em regiões no entorno dos açudes, rios e nascentes, na tentativa de averiguar e mitigar algumas variáveis causadoras de degradação ambiental, favorecendo a diminuição da vulnerabilidade local, através da execução de diagnósticos sócio-econômico-ambiental, principalmente em regiões de mananciais, pois possibilita o conhecimento e entendimento da conjuntura que se encontra a área afetada, possibilitando um planejamento adequado, viabilizando as políticas públicas na mesma direção que se dirige o problema.

Tendo em vista todos esses questionamentos, a pesquisa vem indagar e averiguar a importância da bacia hidrográfica do rio Paraíba e os impactos sofridos pelo açude Epitácio Pessoa em relação à degradação ambiental, ratificando o mau uso dos recursos naturais e a vulnerabilidade da população ribeirinha como maior empecilho para o desenvolvimento sustentável adequado para a região.

### *1.1. Problemática e justificativa*

Com o aumento vertiginoso da população mundial, necessita-se cada vez mais de áreas para a produção de alimentos e técnicas mais modernas de cultivo para intensificar a produtividade da terra. Essa pressão constante faz desaparecer florestas, que geralmente cedem lugar às atividades agrícolas de monoculturas e pecuária. Neste

processo, várias espécies, sejam elas animais ou vegetais, são domesticadas, causando a extinção de algumas e a proliferação de outras.

Na região semiárida brasileira, os problemas econômicos e sociais são periódicos, com danos ambientais impactantes e degradantes, causando sérios prejuízos econômicos aos municípios, ao ambiente e ao Estado. De forma similar, as bacias hidrográficas e os mananciais nela contidos, são também impactados e degradados pela poluição e contaminação da água, pelo assoreamento das margens e pelo desmatamento das matas ciliares, esses impactos ocasionam perdas econômicas e ambientais consideráveis para região de forma parcial e/ou permanentes.

Com a possibilidade da exaustão e da limitação dos recursos naturais na região semiárida, tanto na produtividade quanto na sustentabilidade da área impactada ou não, novas técnicas vêm sendo empregadas para melhor gerenciá-las, a fim de preservar os recursos naturais.

Porém, ao longo das últimas décadas o processo de degradação ambiental intensificou-se, principalmente na região semiárida paraibana, por causa do desmatamento, das práticas desordenadas de cultivos, da irrigação irregular, das queimadas e, da poluição por aditivos químicos nas plantações que, posteriormente contamina a água e o subsolo. Assim, a bacia hidrográfica do rio Paraíba e em consequência o açude Epitácio Pessoa sofrem com essas deteriorações, que favorecem o desequilíbrio do desenvolvimento da região e, contribui para a consolidar o empobrecimento da população.

Com intuito de fortalecer e preservar a economia dos municípios que compõem a bacia hidrográfica do rio Paraíba, e principalmente os que são abastecidos pelo açude Epitácio Pessoa, faz-se necessário uma adequação do modo de produção, ajustando-o a um modelo que busque a sustentabilidade seguida de produtividade, a fim de viabilizar uma vida mais justa para população e para o meio ambiente local. Neste contexto, é de suma importância um diagnóstico dos impactos ambientais causados na área de estudo, com objetivo de traçar prognósticos viáveis para o desenvolvimento econômico, social e ambiental, viabilizando um desenvolvimento voltado para a conservação e preservação do meio ambiente, principalmente na bacia hidrográfica do rio Paraíba e do entorno do açude Epitácio Pessoa.

### *1.2. Objetivo geral*

Estudar a bacia hidrográfica do rio Paraíba sob aspectos físicos e climáticos, enfatizando as causas e os efeitos da degradação ambiental e da vulnerabilidade no entorno do açude Epitácio Pessoa (Boqueirão).

### *1.3. Objetivos específicos*

- Avaliar o regime de precipitação da bacia hidrográfica do rio Paraíba;
  - Analisar a severidade dos anos secos e úmidos no tempo e no espaço da bacia hidrográfica do rio Paraíba utilizando o Índice de Anomalia de Chuva (IAC);
  - Avaliar as condições da população ribeirinha do açude Epitácio Pessoa através do diagnóstico sócio-econômico-ambiental (vulnerabilidade das famílias);
-

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### *2.1. Sistemas de precipitação atuantes no Nordeste*

A região Nordeste é acometida de grande variabilidade e irregularidade na distribuição de chuvas e suas atividades econômicas são duramente afetadas por esta disfunção, por esse motivo é essencial o conhecimento dos sistemas precipitantes do Nordeste, dentre os principais estão os Vórtices Ciclônicos de Ar Superior (Kousky e Gan, 1981); os Sistemas Frontais (Kousky, 1979); a Zona de Convergência Intertropical (Uvo, 1989) e os distúrbios de leste (ESPINOZA, 1996).

#### *2.1.1. Vórtice Ciclônico de Ar Superior*

Inicialmente os Vórtices Ciclônicos de Ar Superior (VCAS) foram estudados no Hemisfério Norte (HN), então chamados de “bacia fria”, por causa da temperatura fria em seu interior e um pouco mais quente em sua periferia, outra característica deste sistema é a sua duração que pode variar de algumas horas a algumas semanas (PALMER, 1951).

Logo após essa observação, Kousky e Gan (1981) avaliaram que o surgimento de VCAS é maior nos meses de verão, por causa do padrão do escoamento do ar nesta estação estar predominantemente associado a uma fonte de aquecimento no continente, mas precisamente na Região Amazônica. Já no caso dos meses de inverno não foi observado esse padrão, pois a circulação em altos níveis torna-se um padrão zonal, por causa da falta da fonte de aquecimento.

Vários estudos realizados mostraram que a formação do VCAS ocorre devido à intensificação da Alta da Bolívia (AB), associada à precipitação de sistemas frontais vindos das altas latitudes, de acordo com (Kousky e Gan, 1981; Rao e Bonatti, 1987) e como provável mecanismo destruidor, o aquecimento do continente sobre a área de atuação do VCAS. E para a sua manutenção, o VCAS, de acordo com Kousky e Gan (1981) transforma energia potencial em energia cinética, através do movimento descendente no centro frio e ascendente na sua periferia.

### *2.1.2. Frentes Frias*

As Frentes frias são massas de ar frio, que fazem a transição entre as massas de ar frio dos pólos Equador substituir outra massa de ar mais quente e úmido vindo do Equador. Tem seu máximo de atuação nos meses de novembro a fevereiro, principalmente na parte sul da Bahia, decrescendo para o norte.

Para Kousky (1979), o deslocamento para o Nordeste (NEB), de frentes frias, constitui o segundo principal mecanismo da produção de chuvas no NEB, e o principal para o Sul e Sudeste do Brasil, Minas Gerais e sul da Bahia. A frequência desses sistemas é de aproximadamente um a cada cinco dias no Sul e Sudeste do Brasil. Mas, somente alguns desses sistemas ou parte deles penetram mais ao norte.

Evidencia-se também por Kousky (1979) que o maior número de passagens de sistemas frontais pelo sul da Bahia corresponde a uma maior precipitação nas áreas sul e oeste do NEB. E que o pico da estação chuvosa na região é no mês de dezembro e está associada à penetração desses sistemas, de acordo com (CHU, 1983).

### *2.1.3. Ondas de Leste*

Um dos primeiros autores a diagnosticar as Ondas de leste (OL) foi Visher (1925). A atuação desse sistema tem duas regiões distintas no Oceano Atlântico (OAT), uma no Atlântico Norte (ATN) e a outra no Atlântico Sul (ATS), com ocorrência nos meses de junho, julho e agosto para as duas regiões.

Segundo Ratisbona (1976) os distúrbios de leste têm máximo nos meses de maio e junho, atuando sobre o litoral leste do NEB, que vai do Rio Grande do Norte até o estado da Bahia. Essas massas de ar atuantes são instáveis, profundas e úmidas, por causa da atuação dos ventos alísios de sudeste.

Yamazaki e Rao (1977) utilizando imagens de satélites para o período de junho a agosto de 1967 observaram aglomerados de nuvens deslocando-se de leste para oeste sobre o ATS. A partir da observação de cerca de 20 linhas de aglomerados ocorridas nos três meses de análise, verificaram que elas apresentam, em média, velocidade de propagação de 10 m/s e comprimento de onda de 4000 km.

Por fim, Mota (1997) verificou que ocorre acoplamento com brisas marítimas e terrestres e de vale-montanha, dependendo da hora e local, o que gera convecção e precipitação.



#### *2.1.4. Zona de Convergência Intertropical*

A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) é um dos principais sistemas a influenciar a área mais ao norte do Nordeste, principalmente o Ceará, oeste do Rio Grande do Norte, Pernambuco e interior da Paraíba, ou seja, a parte sertaneja da região. Atingindo máximo de precipitação nos meses de março, por causa do deslocamento mais para sul do sistema, isso confirmado por Chung (1982) e Hastenrath (1984) que sugeriram que com o aumento da temperatura superficial do mar (TSM) do Atlântico Sul (ATS) e o enfraquecimento dos alísios de sudeste permitem um deslocamento mais para sul da ZCIT, causando chuvas mais intensas no norte do Nordeste. E segundo Aceituno (1989) durante episódios de El Niño há o deslocamento da ZCIT para o norte, por causa do enfraquecimento da Alta Subtropical do Atlântico Norte.

#### *2.1.5. El Niño*

A fase quente da Oscilação Sul (OS), fenômeno El Niño ou episódio quente do ENOS é caracterizado pelo aquecimento anômalo ou anormal das águas do Pacífico tropical central e leste, desde a costa oeste da América do Sul. O aquecimento, e o subsequente resfriamento, em geral ocorre por um período de 12 a 18 meses, tendo início no começo do primeiro ano, atingindo sua máxima intensidade durante dezembro - janeiro e terminando na metade do segundo ano, mas não existe um ciclo bem definido (DA SILVA, 2009).

Uvo et al (1994) obtiveram evidências que anos bastantes secos ou chuvosos no norte do Nordeste (NEB) ocorrem em associação com valores anormalmente altos ou baixo da TSM no Pacífico Equatorial e no Atlântico Sul.

Segundo o CPTEC/INPE (2009), o fenômeno El Niño é repetitivo, mas não possui um período regular, reaparecendo no intervalo de três a cinco anos.

Da Silva (2003) também descreveu e documentou o El Niño. Neste documento, afirmou que os Alísios sobre o Oceano Pacífico tropical abastecem de umidade o fenômeno que é dominado pelo gradiente de temperatura à superfície. O aquecimento das águas superficiais do Pacífico interfere no regime de ventos e, portanto, no deslocamento das nuvens e no regime das chuvas, gerando alterações significativas no clima de todo o planeta.

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

Silva (2003) afirmou que existe grandes probabilidade de ocorrerem secas no NEB. Essa ocorrência está associada, em 70 % dos casos, aos episódios do El Niño moderados a forte. A influência desse fenômeno é mais forte ao norte do NEB, norte do Estado do Maranhão, o Estado do Piauí, do Ceará, do Rio Grande do Norte, de Pernambuco, da Paraíba e na região norte da Bahia.

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

Por fim, Souza Filho et al (2002) estudando o impacto do fenômeno El Niño-Oscilação Sul na influência de reservatórios do sistema hidroelétrico brasileiro verificou que em 60% dos anos em que ocorreram episódios quentes do Pacífico, a vazão no reservatório de Sobradinho no verão foi igual ou inferior a  $4.400 \text{ m}^3/\text{s}$ , ao passo que, em 60% dos anos sem El Niño, a afluência no reservatório foi de até  $5.000 \text{ m}^3/\text{s}$ . Ao mesmo tempo, constata-se que vazões acima de  $6000 \text{ m}^3/\text{s}$  são muito pouco prováveis em anos de El Niño, em contraste com uma probabilidade significativa de aproximadamente 15% para a ocorrência desses valores de afluência em anos de La Niña ou neutros. Ainda foi constatado que a probabilidade da ocorrência de anos críticos é menor durante anos de El Niño (11.8%) do que em anos de La Niña e neutros (25.6%).

#### *2.1.6. La Niña*

Durante os episódios de La Niña, os ventos Alísios são mais intensos que a média climatológica, estratificação das camadas das águas mais aquecidas na porção ocidental da Bacia do Pacífico tropical. Com a maior exposição das águas frias no Oceano Pacífico tropical leste e central, registram-se temperaturas

superficiais abaixo dos valores médios (anomalias negativas) enquanto, em áreas próximas do continente australiano, as anomalias tendem a ser positivas, (DA SILVA, 2009).

Philander (1990) e Marin & Sentelhas (1997) definiram a fase fria da Oscilação Sul (ENOS) como La Niña e ocorre como consequência do resfriamento anormal da corrente de Humbolt. Em anos de La Niña, a região Sul do Brasil sofre seca, enquanto as chuvas se intensificam no NEB, por exemplo.

Segundo CPTEC/INPE (2009) a La Niña também pode variar em intensidade. Em geral, o episódio começa a se desenvolver em meados de um ano, atinge sua intensidade máxima no final daquele ano e dissipa-se em meados do ano seguinte, durando de 10 e 15 meses.

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

O ramo secundário da circulação de Walker (Bjerknes, 1969), que ascende sobre o norte da América do Sul e descende sobre a região do Oceano Atlântico também se intensificaria em anos de La Niña, favorecendo o aumento das chuvas sobre o setor norte do continente Sul-americano. Com isso, eventos La Niña têm sido associados à ocorrência de estações chuvosas mais úmidas que o normal na região do Nordeste (ALVES & SOUZA, 1997).

## *2.2. Índice de Anomalia de Chuva (IAC)*

No Nordeste brasileiro a previsão e o monitoramento de períodos de secas ou períodos chuvosos são particularmente úteis devido aos seguintes aspectos:

(1) a existência de inúmeros projetos de irrigação implantados e a serem implantados ao longo dos principais rios;

(2) o abastecimento d'água das grandes cidades é, em sua maioria, dependente direto do escoamento dos rios, ou indiretamente do volume acumulado nas barragens;

(3) a maioria das culturas agrícolas dependem exclusivamente da regularidade das chuvas e;

(4) a possibilidade de uso de água subterrânea é pequena quando comparada ao da água superficial (FREITAS, 2004 e 2005).

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

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

Para o Nordeste do Brasil, Ghose (1971) analisou a frequência dos períodos de cheias e secas para a bacia do rio Itapicuru (Estado da Bahia) com base nos critérios: o ano seria classificado como úmido, se durante o 'período das chuvas' na região (novembro a abril) o total precipitado fosse maior do que a média a longo prazo mais 50% deste valor; um ano seria tido como seco, caso a precipitação estivesse abaixo da média menos 50% da mesma; caso, porém, a precipitação encontrasse entre esses limites, o ano seria classificado como normal.

Então, segundo Da Silva (2009), a escolha do patamar para a separação entre anos secos e úmidos não deve ser, portanto, arbitrária, mas sim com base no conhecimento climático da região, na análise das características dos períodos históricos de secas e das correspondentes conseqüências à população e meio ambiente atingidos. Esses efeitos dependem, por sua vez, da infra-estrutura hídrica existente, isto é, variam com o tempo.

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

Gonçalves et al. (2006) obtiveram o índice IAC para 15 estações situadas na bacia do rio São Francisco, fato o qual mostrou que a incidência de anos secos é substancialmente maior na região estudada. Através da aplicação do índice em áreas

situadas à jusante da hidrelétrica de Sobradinho, pode-se explicar a ocorrência de cheias e inundações ocorridas no sertão pernambucano.

### 2.3. *Bacias hidrográficas*

A bacia hidrográfica é o elemento fundamental de análise no ciclo hidrológico, principalmente na sua fase terrestre, que engloba a infiltração e o escoamento superficial. É definida como uma área limitada por um divisor topográfico (montanhas, morros, etc) que a separa das bacias adjacentes e que serve de captação natural da água de precipitação através de superfícies vertentes. Por meio de uma rede de drenagem, formada por cursos d'água, ela faz convergir os escoamentos para a seção da exutória, seu único ponto de saída (TUCCI, 1997). Isso significa que a bacia é o resultado da interação da água e de outros recursos naturais como: material de origem, topografia, vegetação e clima. Assim, um curso d'água, independentemente de seu tamanho, é sempre o resultado da contribuição de determinada área topográfica, que é a sua bacia hidrográfica (BRIGANTE & ESPÍNDOLA, 2003).

Com respeito à classificação da bacia hidrográfica e com base em experiência indiana Chitale (1992) considera a bacia hidrográfica grande quando superior a 2000 km<sup>2</sup>, média entre 2000 e 20000 km<sup>2</sup> e pequena quando menor que 2000 km<sup>2</sup>.

Baracuh (2002) conceituou de setorização a divisão da bacia hidrográfica em unidades menores que possibilitam atender interesse específico de planificação e manejo do ambiente. Para proceder a setorização adotam-se dois tipos de critérios: físico natural e político administrativo. Obtêm-se assim os novéis de setorização que correspondem a determinados intervalos de área, bacia - sem limite de área; sub-bacia de 1 nível – área de 150000 a 350000 ha; sub-bacia de 2 níveis – área de 30000 a 60000 ha e microbacia - área de 3000 a 12000 ha. No caso da microbacia ser ocupada por mais de uma comunidade, ela ainda poderá ser dividida em setores.

Evidenciando, assim que, a água tem centralizado as atenções nos últimos anos, gerando discussões sobre a utilização e gestão dos recursos hídricos. Assim, os sistemas aquáticos, apesar de importantes para a vida, vêm sofrendo um processo acelerado de deterioração das suas características químicas, físicas e biológicas, na qual grande parte da água doce do planeta apresenta algum tipo de contaminação, ocasionando prejuízos à população em geral. Mostrando dessa forma o importante papel das bacias hidrográficas como referencial nas tomadas de decisões para formulação de políticas públicas, planejamento e de gestão territorial.

Rocha (1991) e Rocha & Kurtz (2001) afirmam que, tecnicamente, é aconselhável começar a recuperar o meio ambiente adotando como unidade básica as bacias hidrográficas, as quais, subdivididas em sub-bacias e micro bacias, têm mostrado grande eficiência em trabalhos de campo, conforme as recomendações dadas pelo Programa Nacional de Micro bacias.

Desta forma, é importante avaliar o grau de degradação ambiental que estar ocorrendo nas bacias hidrográficas, e conseqüentemente ao bem mais importante para as nossas vidas, a água, nas últimas décadas. Não obstante, se essa degradação não for minimizada ou paralisada não haverá tempo adequado para a reabilitação natural do meio ambiente. Com isso, o grande perdedor da história será o homem, por sua vez, o maior vilão ambiental, perdendo todas as suas reservas naturais, como: água, solos férteis, fauna, flora, ou seja, toda a biodiversidade que é tão importante para o equilíbrio ambiental e a harmonia do nosso planeta e da nossa civilização.

### *2.3.1. Desenvolvimento sustentável em bacias hidrográficas*

A Comissão Mundial de Meio Ambiente e Desenvolvimento definiu desenvolvimento sustentável como “aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer as possibilidades das gerações futuras atenderem suas próprias necessidades”. Esse conceito procura incorporar a conservação ambiental, ao crescimento econômico e a equidade social (ESPINOSA, 1993).

No último século, testemunhou-se a exploração desordenada dos recursos naturais, com a finalidade de lucro, o que repercutiu na degradação das componentes da biosfera – atmosfera, litosfera, hidrosfera – e as espécies animais e vegetais, conseqüentemente as bacias hidrográficas. Um novo princípio, denominado de desenvolvimento sustentável, que procura harmonizar a atividade econômica com justiça social e a proteção ambiental está tentando mudar esta realidade.

As instituições governamentais e não-governamentais, a imprensa, a sociedade civil e demais instituições têm divulgado os problemas ambientais e forçado os tomadores de decisões a adotarem sistemas de gestão e controle ambiental.

A intensa crise ambiental, a qual assola o mundo nos dias de hoje, gerou uma nova mentalidade, em que o meio ambiente passou a ser percebido como um espaço comum a todos. Esse tipo de movimento de conscientização teve início na década de 60, intensificando-se com a Conferência das Nações Unidas sobre o meio Ambiente, realizada em Estocolmo, em 1972.

Assim, podemos afirmar que o desenvolvimento sustentável pode prover fundamentos para assegurar ao meio ambiente uma maior proteção e gestão, na qual respeite as necessidades econômicas, sociais e ambientais de toda a comunidade em geral.

Portanto, o planejamento e gerenciamento de bacias hidrográficas devem incorporar todos os recursos naturais e não apenas o hídrico. Ou seja, o uso e a ocupação do solo são dependentes das características inerentes de cada sub-bacia hidrográfica, que determinam as limitações e potencialidades para as diversas modalidades de uso/ocupação e a potencialização de conflitos de interesses.

### *2.3.2. Planejamento e gestão de bacias hidrográficas*

Para se ter uma gestão adequada é necessário, antes de tudo, ter um projeto ambiental, no qual seja abordado de forma sucinta o planejamento sócio-econômico ambiental, com finalidade de buscar soluções que sejam compatíveis com os limites da capacidade de suporte desta bacia. Assim, é importante o conhecimento desta capacidade, dos riscos e impactos ambientais e dos objetivos de qualidade ambiental inerente à sociedade.

Nas fases de planejamento e do gerenciamento de bacias hidrográficas é indispensável que ocorra à participação da comunidade, de maneira que os usuários dos recursos naturais possam opinar e negociar as normas e diretrizes de uso, de conservação e desenvolvimento de sua região de forma sustentada. Nesse sentido, é primordial que os usuários tenham conhecimento do ambiente que os envolvem, suas fraquezas e potencialidades, evitando desta forma, os impactos ambientais na área da bacia hidrográfica.

O estudo das características fisiográficas da bacia hidrográfica, bem como seu uso e ocupação, no geral, tornam-se importantes fatores para a avaliação da degradação ambiental que essa bacia possa estar sofrendo ou mesmo contribuindo para que outras sofram (BORSATO, 2004).

Alguns fatores de degradação são: ocupação inadequada das terras, compactação, impermeabilização, salinização, sedimentação, contaminação, desmatamento das matas ciliares, crescimento demográfico desordenado, queimadas, irrigação, mineração, erosão, perda da fauna e da flora, resultando na perda da biodiversidade da região afetada, acelerada pela ação antrópica e as alterações climáticas, em conjunto com fenômenos climáticos extremos cada vez mais frequentes.

Outros impactos ambientais importantes são: o desmatamento, as técnicas agrícolas inadequadas, o mau uso dos recursos naturais e o emprego de agroquímicos, levam à contaminação dos corpos hídricos e do solo.

Portanto, a ocupação desordenada das terras, o crescimento demográfico e a escassez de terras férteis, determinam a necessidade de se gerar estratégias e atividades que se ajustem aos ecossistemas como práticas de ocupação, aptos de assegurar produções sustentáveis em longo prazo. Não obstante, para a utilização constante, sustentável e eficiente desse meio ambiente, devem-se caracterizar as limitações físicas, biológicas e espaciais para essa ocupação.

#### *2.4. Desastre e vulnerabilidade ambiental*

O debate sobre o futuro da humanidade tornou-se mais evidente nos últimos anos, abordando principalmente a preservação e a proteção ambiental, no qual países desenvolvidos e subdesenvolvidos têm demonstrado preocupação e repúdio às ações antrópicas e suas conseqüências na natureza. Essas inquietações e discussões têm contribuído para aumentar o debate e enfatizar a necessidade de se alcançar a sustentabilidade ambiental. Com isso, atualmente, os tomadores de decisões tem voltado suas atenções para os desastres ambientais que de certa forma tem crescido de forma desordenada.

Os desastres naturais encontram-se intimamente ligados aos processos de desenvolvimento humano. Provocados por fenômenos naturais, os desastres colocam em risco as vantagens que o desenvolvimento proporciona. Por sua vez, as decisões tomadas, em matéria de desenvolvimento, pelos indivíduos, pelas comunidades e pelas nações podem implicar uma distribuição desigual do risco de desastre (PNUD, 2006).

Cardona (1991) mostra que o desastre pode ser definido como um evento que ocorre, na maioria dos casos, de forma repentina e inesperada, causando interações intensas, representadas por perdas de vida e saúde da população, uma destruição ou perda de bens, de uma coletividade de danos severos sobre o meio ambiente. Esta situação significa uma desorganização dos padrões normais de vida, gera adversidade, desamparo e sofrimento em pessoas com efeitos sobre a estrutura socioeconômica de uma região ou um país e a modificação do meio ambiente.

Segundo Garcia (2004) o desastre é uma extensa variedade de eventos, desde aqueles cujo acontecimento se considera um fenômenos exclusivamente físicos, como terremotos, furacões, erupções vulcânicas, etc., até aqueles cuja origem se considera



excepcionalmente humana, tais como as guerras e os acidentes industriais. Entre estes dois extremos existe um amplo espectro de desastres, como por exemplo, fome, inundações e deslizamentos, os quais são provocados pela combinação de fatores físicos e humanos.

É comum confundir o uso dos termos: fenômeno natural e desastre natural. Fenômenos naturais como terremotos, inundações, secas e ciclones se convertem em sinônimos de desastres naturais. Por exemplo, um terremoto que ocorre em um deserto desabitado não pode ser considerado como desastre, um terremoto só causa desastre quando afeta direta ou indiretamente o homem e suas atividades em um lugar e um determinado tempo, já o desastre natural é considerado em geral como a coincidência entre um fenômeno natural perigoso (inundação, terremoto, seca, ciclone, etc.) e determinadas condições vulneráveis. Existe o risco de ocorrer um desastre quando um ou mais perigos naturais se manifestam em um contexto vulnerável (MASKREY, 1989).

O crescimento dos desastres naturais noticiados cresceu significativamente nas três últimas décadas. O número de enchentes, por exemplo, aumentou de 142 nos anos 60 para 603 nos anos 80; o número de secas passou de 62 nos anos 60 para 237 nos anos 80 (Centro de Pesquisa em Epidemiologia de Desastres, 1991, conforme citado em (BLAIKIE, 1994).

A seca é um dos desastres naturais de baixa notificação porque as fontes da maioria dessas estatísticas são as organizações internacionais de assistência ou organizações doadoras. A seca é o resultado da interação de vários fatores, alguns externos à região (como o processo de circulação de ventos e as correntes marinhas, que se relacionam com o movimento atmosférico, impedindo a formação de chuvas em determinados locais), e de outros internos (como a vegetação pouco robusta, a topografia e a alta refletividade do solo entre outros). Ressalte-se, ainda, o fenômeno "*El Niño*". A ação do homem também tem contribuído para agravar a questão, pois a constante destruição da vegetação natural por meio de queimadas acarreta a expansão do clima semiárido para áreas onde anteriormente ele não existia, (MORAES NETO, 2003).

No trabalho abordado por Andrade (1985) evidenciou-se a questão da seca, na qual não se resume à falta de água. A rigor, não falta água no Nordeste. Faltam soluções para amenizar os efeitos da má distribuição das chuvas e as dificuldades de seu aproveitamento, ou seja, falta uma gestão adequada e mais eficaz na distribuição da água.

Martins & Valencio (2003) abordaram que embora os desastres reportem eventos súbitos que alteram para pior o funcionamento e a rotina de dado meio social, predomina, nos gestores e tomadores de decisões, uma perspectiva fortemente pontual para situá-los em termos tanto espaciais quanto sociais, o que dificulta a compreensão dos eventos numa abrangência apropriada à criação sociais, o ao acionamento de mecanismos estruturais visando à redução de seus impactos.

O rompimento social de um desastre pode ocorrer ao nível do indivíduo, da comunidade, ou do estado onde a extensão dos danos à propriedade ou do número de vítimas que resulta de um desastre natural, depende da capacidade da população a resistir ao desastre. Esta compreensão é cristalizada na fórmula: os "desastres ocorrem quando os perigos se encontram com a vulnerabilidade" (BLAIKIE, 1994).

Existem condições extremas que tornam realmente frágil o desempenho de alguns grupos sociais, os quais dependem do nível de desenvolvimento alcançado, bem como do planejamento deste desenvolvimento, onde se deve verificar uma harmoniosa interação entre o Homem e o Meio Ambiente. Onde as causas principais ou secundárias, responsáveis pela geração de vulnerabilidades, são os processos econômicos, demográficos e políticos, que afetam a destinação e distribuição de recursos entre os diferentes grupos de pessoas, bem como refletem a distribuição do poder (DUARTE, 2008).

As vulnerabilidades são de diversas naturezas, entre estas, econômico-social, geoambiental, científico-tecnológica e político-institucional. Constituem obstáculo de vulto ao desenvolvimento sustentável, compreendido, em seu conceito ampliado, nessas quatro dimensões (DUARTE 2008). Algumas delas, que se manifestam secularmente – é o caso da pouca capacidade de resistência às secas, que se manifestam como crises econômico-sociais – se vêm agravando ao longo do tempo, em grande medida devido ao ritmo e à forma de ocupação demográfica e produtiva do vasto interior semiárido da região, causadora de sérias sobrecargas ao seu frágil meio ambiente e à base de recursos naturais relativamente pobre. Outras – de origem mais econômico-social – tomaram, com a evolução mais recente da região, rumos que contribuiram para acentuar os desequilíbrios distributivos e a pobreza, deixando antever tendências desestabilizantes.

Segundo Confalonieri (2001), “vulnerabilidade é a exposição de indivíduos ou grupos ao estresse (mudanças inesperadas e rupturas nos sistemas de vida) resultante de mudanças sócio-ambientais.” A vulnerabilidade é algo inerente a uma determinada população e varia de acordo com suas possibilidades culturais, sociais e

econômicas. Assim, aqueles que possuem menos recursos serão os que mais dificilmente se adaptarão e, portanto, são também os mais vulneráveis, pois a capacidade de adaptação é dada pela “riqueza, tecnologia, educação, informação, habilidades, infra-estrutura, acesso a recursos e capacidade de gestão” (IPCC, 2001).

Dessa forma, o tema da vulnerabilidade foi desenvolvido para designar aquelas populações e regiões que possuem maiores dificuldades sobreviver aos impactos destes eventos. Em outras palavras, a vulnerabilidade pode ser definida como as características de uma pessoa ou grupo populacional “*desde seu ponto de vista de sua capacidade de antecipar, sobreviver, resistir e recuperar-se do impacto*” de algum evento, como desastres naturais ou tecnológicos (BLAIKIE, 1996). Tais desastres podem estar relacionados tanto a riscos físicos naturais (como terremotos, ciclones, vulcões e inundações), biológicos (como pandemias) e os desastres tecnológicos (como as explosões, incêndios e contaminações em plantas) (DUARTE, 2008).

A vulnerabilidade em si mesma constitui um sistema dinâmico, isto é, surge como consequência da interação de uma série de fatores e características - internas e externas - que convergem em uma comunidade particular. O resultado dessa interação é a incapacidade da comunidade para responder adequadamente ante a presença de uma ameaça determinada. Wilches-Chaux (1993) denominou *Vulnerabilidade Global*, a essa interação de fatores e características. Essa constituída, segundo ele, por onze níveis de vulnerabilidade, assim caracterizados na Tabela 1:

Tabela 1 – Vulnerabilidades Globais.

---

|                           |  |
|---------------------------|--|
| Vulnerabilidade natural   | é intrinsecamente determinada pelos limites ambientais, dentro dos quais é possível a vida, e também, pelas exigências internas de seu próprio organismo.  |
| Vulnerabilidade física    | relativa à localização dos assentamentos humanos em zonas de risco e às deficiências de resistência dos elementos expostos para absorver os efeitos da ação do fenômeno que representa a ameaça (Cardona, 2001). |
| Vulnerabilidade econômica | referente a setores economicamente mais deprimidos da humanidade, que são, por essa razão, os mais vulneráveis frente às ameaças naturais.   |
| Vulnerabilidade social    | respectivo ao baixo grau de organização e coesão interna de comunidades sob risco de desastre, que impedem sua capacidade de prevenir, mitigar ou responder a situações de desastre.                             |

|                               |   |
|-------------------------------|---|
| Vulnerabilidade política      | relativa à incapacidade da população para formular por si mesma a solução do problema que lhe afeta.  |
| Vulnerabilidade ideológica    | relacionada a atitudes passivas, fatalistas e crenças religiosas que limitam a capacidade de atuar dos indivíduos em certas circunstâncias.   |
| Vulnerabilidade cultural      | concernente à forma como uma comunidade reage ante um desastre, que será distinta em um grupo humano regido por padrões machistas e verticais de poder, daquela em um grupo, no qual predominam os valores de cooperação e solidariedade. |
| Vulnerabilidade educativa     | se expressa em uma educação deficiente ou que não tem uma boa cobertura em uma comunidade propensa a desastre ou a ausência de conhecimento sobre as causas, os efeitos e as razões pelas quais se apresentam os desastres.               |
| Vulnerabilidade técnica       | relativa às técnicas inadequadas de construção de edifícios e infra-estrutura básica utilizadas em zonas de risco.  |
| Vulnerabilidade ambiental     | referente à degradação ou à destruição dos recursos naturais.   |
| Vulnerabilidade institucional | se reflete na obsolescência e rigidez das instituições, onde a burocracia e a decisão política, entre outros, impedem respostas adequadas e ágeis.  |

---

Na mitigação e redução das vulnerabilidades, o desenvolvimento precisa assumir uma postura multidimensional, que abranja o aspecto ético, pela preocupação com a equidade, e que seja capaz de incluir variáveis de difícil quantificação, mas qualitativamente indispensáveis à configuração de novos padrões de vida para as atuais e futuras gerações. O ontem, o hoje e o amanhã se apresentam não apenas enquanto seqüência cronológica linear, mas como um processo contínuo, onde o que se é hoje e as chances de se ser amanhã decorrem em um processo histórico, cujos limites são ditados pela inter-relação de forças complexas, contraditórias e complementares, que são, ao mesmo tempo, sujeito e objeto desse mesmo processo (SOUSA, 1994).

Com as incertezas, inseguranças e o medo que atormentam a vida, lida-se com uma sociedade altamente capitalista, desprovida de vínculo natural. Tendo em vista essa preocupação, trabalhos como os de Duarte (2008) e Sousa (2007) têm sido desenvolvidos no intuito de diagnosticar a situação ambiental e prognosticar ações e

medidas para resolução dessa problemática. Este diagnóstico tem sido feito por inúmeros pensadores que identificam em nosso atual estágio da modernidade marcas distintas nos sistemas de produção do risco e nos mecanismos de proteção e segurança.

Lavell (2001) afirma que as vulnerabilidades nos grupos sociais, são identificadas pela reduzida capacidade destes se ajustarem a determinadas circunstâncias, entendidas geralmente como um fator de risco interno, expresso como a possibilidade de que o sujeito ou sistema exposto seja afetado pelo fenômeno que caracteriza uma ameaça. Conforme o risco, este corresponde ao potencial de perdas que podem ocorrer ao sujeito ou sistema exposto, resultante da interação entre ameaça e vulnerabilidade, também sendo expresso matematicamente (Equação 1), como a possibilidade destas perdas excederem a níveis de conseqüências econômicas, sociais e ambientais, em certa área geográfica, durante um determinado período de tempo.

$$\text{Risco} = \text{Vulnerabilidades} \times \text{Ameaças} \quad (1)$$

Para estimar o risco a desastre é necessário, de acordo com sua definição, ter em conta, desde o ponto de vista multidisciplinar, não somente o dano físico esperado, as vítimas ou perdas econômicas equivalentes, mas também fatores sociais, organizacionais e institucionais, relacionados com o desenvolvimento das comunidades (ABREU, 2004).

A acumulação de riscos a desastres está relacionada à falta de políticas públicas, ou de estratégias orientadas a sua gestão e, ainda, à inexistência de estruturas administrativas e sistemas legislativos adequados, tanto em nível local, como nacional e regional (PNUD, 2006).

A gestão de desastres busca reduzir a vulnerabilidade das sociedades aos seus efeitos dos desastres e ainda chamar a atenção para as causas produzidas pelo homem. Advertência prévia é especialmente importante para prevenção a curto-prazo. Advertência antecipada da fome facilita operações de assistência; advertência antecipada de enchentes e chuvas fortes ajuda as pessoas a escaparem dos danos a tempo (PNUD, 2006).

Um relatório publicado durante a Conferência Mundial sobre a Redução de Desastres Naturais, realizada em Kobe, no Japão, em 2005, constatou que, apesar das melhorias obtidas nas duas últimas décadas, a maioria dos países latino-americanos e

caribenhos apresenta baixos níveis de eficácia na gestão de riscos de desastres. Não obstante, a realidade dos desastres mostram que a estratégia reativa dos programas emergenciais não é adequada, as atividades de redução de vulnerabilidades e ameaças pré-desastre são ainda muito incipientes (MASKEY, 1994).

Assim, o Banco Interamericano de Desenvolvimento - BID (2006), adotou um ponto de vista mais, aprovou em 2005, um plano de ação para a gestão de riscos de desastres e começou a planejar e realizar consultas a especialistas externos e a setores interessados sobre um novo instrumento para substituir a Política de Desastres Naturais e Inesperados, de 1999. Neste plano, seu maior objetivo é ajudar aos países mais vulneráveis da América Latina e do Caribe a reduzir seus riscos de perdas humanas e econômicas resultantes de desastres e evitar a recorrente alocação de recursos de programas de desenvolvimento para cobrir gastos de recuperação e reconstrução. Portanto, para alcançar esses objetivos, a gestão de riscos de desastres deve tornar-se parte integrante de projetos em setores como infra-estrutura, habitação, energia, agricultura, água e saneamento.

## *2.5. Legislação ambiental*

A Constituição Federal estabeleceu, em 1988, um vínculo entre qualidade ambiental e cidadania. O direito ambiental, tal como é conhecido, havia sido inaugurado no país um pouco antes, mais precisamente em 31 de agosto de 1981, com a promulgação da Lei da Política Nacional do Meio Ambiente (Lei 6.938). Considerada um marco histórico no desenvolvimento de mecanismos de proteção ambiental, à lei seguiu-se a Conferência da ONU sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, a Rio-92, realizada no Rio de Janeiro, em 1992, e que sacramentou em termos mundiais a preocupação com a problemática ambiental.

Outro ponto de reforço da nossa legislação é o Código Florestal (Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965) que, regulamenta as propriedades rurais, situadas no semiárido nordestino, conservem pelo menos 20% (vinte por cento) de suas áreas com reserva legal. A mesma legislação florestal discerne sobre a importância das áreas de preservação permanente (preservação da vegetação das encostas, dos topos de morros, montes, montanhas, serras, etc.), mas a maior parte dos proprietários rurais não cumpre essa legislação e acabam acelerando o processo de degradação das terras.

O mesmo código, Lei n.º 4.771/65 ressalta ainda a importância das matas ciliares ao longo dos rios, lagos, reservatórios e nascentes, que devem ser

preservadas permanentemente, manter-se intocados, e caso esteja degradada deve-se prever a imediata recuperação, porém, devido à melhor retenção de umidade, essas são as áreas mais exploradas pelos agricultores, o que provoca graves ameaças aos recursos hídricos, principalmente o assoreamento e o conseqüente aumento da vulnerabilidade das populações do semiárido. O código florestal prevê a conservação nos seguintes casos, Tabela 2.

Tabela 2 – Áreas de preservação de rios e nascentes.

| Rios  | Nascentes   |
|---|---|
| 30 metros em cada margem de rios com menos de 10 metros de largura;   | Raio de 50 metros ao redor de nascentes;  |
| 50 metros em cada margem de rios com 10 a 50 metros de largura;       | 30 metros ao redor do espelho de água, lagos ou reservatórios em áreas urbanas;                             |
| 100 metros em cada margem nos rios com 50 a 200 metros de largura;    | 50 metros ao redor do espelho de água, lagos ou reservatórios em áreas rurais com menos de 20 ha.           |
| 200 metros em cada margem nos rios com 200 a 600 metros de largura;   | 100 metros ao redor do espelho de água, lagos ou reservatórios em áreas rurais iguais ou maiores que 20 ha; |
| 500 metros em cada margem nos rios com mais de 600 metros de largura. | 100 metros ao redor do espelho de água de represas de hidrelétricas.  |

Fonte: Código Florestal Brasileiro (1997).

Na busca pela forma mais eficiente e eficaz de gerenciar os recursos hídricos, visando à sua sustentabilidade diante dos impactos ambientais causados pelo crescimento demográfico, e pelos diversos usos inadequados, caracterizados como obstáculos à garantia da disponibilidade e qualidade das águas, a lei 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SNGRH), estabeleceu como instrumentos para a gestão dos recursos hídricos (BRASIL, 1997):

- (i) Planos de Recursos Hídricos;
- (ii) O enquadramento dos corpos d'água em classes, segundo os usos predominantes da água;
- (iii) A outorga dos direitos de uso dos recursos hídricos;
- (iv) A cobrança pelo uso de recursos hídricos;

(v) O sistema de informações sobre recursos hídricos, esta lei descreve explicitamente como objetivos da PNRH:

- Assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usuários;
- Utilização racional e integrada dos recursos hídricos, incluindo o transporte aquaviário, com vistas ao desenvolvimento sustentável;
- A prevenção e a mitigação de eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrente do uso inadequado dos recursos naturais.

Contudo, o que se vê é uma política bem organizada no papel e pouco eficiente na prática.

Vale salientar que de acordo com a lei, a gestão das águas deve ser realizada por bacia hidrográfica e de forma descentralizada. Essa gestão deve estar baseada não somente na PNRH, mas também nas legislações estaduais e municipais, que fornecerão diretrizes e procedimentos adequados para cada região, especificamente.

Outra legislação que reforça e determina a proteção aos recursos naturais é a Política Nacional do Meio Ambiente, tendo como um dos princípios a educação ambiental em todos os níveis de ensino, inclusive a educação da comunidade, objetivando capacitá-la para participação ativa na defesa do meio ambiente. Com base neste princípio, criou-se a Lei 9.795 específica para a educação ambiental, entendida como “os processos por meio dos quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente, bem de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida e sua sustentabilidade” (ALENCAR, 2004).

Desta forma, cabe ao poder público, em níveis federal, estadual e municipal, e a sociedade de modo geral incentivar e fazer cumprir a Política Nacional de Educação Ambiental, pois só com educação ambiental, a população cumprirá e usará racionalmente os recursos naturais. No entanto, o grande número de analfabetismo conjectura a precária qualidade da educação pública oferecida no País.

A necessidade da utilização das terras para garantir melhor renda e uma condição mais digna de vida, vem agravando mais ainda a situação do camponês e da região por ele exaurida, de forma intencional ou não. Entretanto, com o propósito de obter padrões sustentáveis de desenvolvimento e melhoria na comunidade, a produção de bens de consumo não deve provocar a destruição dos recursos naturais e sim, devem



ser explorados em harmonia com o meio ambiente por meio do uso racional das terras, especialmente daquelas localizadas em áreas vulneráveis à degradação ambiental.

Segundo Lemos (2001), além da instabilidade climática, o elevado nível de concentração fundiária induziu grande quantidade de famílias, quase sempre numerosas, em pequenos estabelecimentos ou minifúndios. A grande concentração de pessoas nesses micros estabelecimentos conduz à super-exploração e, sobrecarrega a base dos recursos naturais. Por outro lado, nos grandes estabelecimentos observa-se a substituição do revestimento natural por extensas áreas de pastagens, nativas e/ou plantadas, ou por imensas monoculturas que têm um impacto marcante sobre a paisagem natural, com efeitos sobre a flora e a fauna nativas.

Outro fator citado pelo autor é a forma como as atividades agrícolas são praticadas na região. De um lado, observam-se as práticas dos pequenos produtores (proprietários ou não das terras em que trabalham) explorando a terra intensivamente até a exaustão de sua fertilidade natural e sem qualquer prática de reposição dessa fertilidade. Esse tipo de exploração ocorre devido ao extremo nível de pobreza em que vivem as famílias ali localizadas. A principal preocupação desses produtores é ter alimentos para viver e assim não utilizam as técnicas preservacionistas de uso do solo e nem recebem orientação para isso por parte dos órgãos competentes. Por outro lado, no setor dito “moderno” da produção agropecuária nordestina se observa o uso intensivo do fator capital nas suas diferentes formas, tais como tratores, equipamentos mecânicos pesados e agroquímicos em geral.

Assim, para abrandar e mitigar os efeitos nefastos causados no meio ambiente, principalmente em regiões semiáridas é necessário fazer cumprir o que determinam as legislações ambientais, pois apesar das diversas leis garantirem proteção ao meio ambiente, a maior parte das espécies nativas da caatinga são destruídas pelas ações antrópicas.

Diante disto, cumprindo ou não a legislação ambiental, por um lado, a população, sem opção, inconscientemente utiliza os recursos naturais como único meio de vida e por outro lado, os grandes latifundiários, pecuaristas e detentores de terras improdutivas, que, conscientemente, utilizam os recursos naturais em ampla escala, explorando a mão de obra barata, potencializa o processo de degradação ambiental.

---

## MATERIAL E MÉTODO

### 3.1. Área de Estudo

A bacia hidrográfica do rio Paraíba apresenta quatro sub-regiões, a saber: Alto, Médio e Baixo Paraíba e a região do rio Taperoá (Figura 1), localizada no semiárido paraibano, integra as mesorregiões da Borborema, do Agreste e do Litoral, abrangendo uma área de 20.127,17 km<sup>2</sup>, compreendida entre as latitudes 6°51'31" e 8°26'21" Sul e as longitudes 34°48'35" e 37°2'15" Oeste de Greenwich. Esta bacia é considerada a segunda maior do Estado da Paraíba, pois abrange 38% do seu território, com 84 municípios, a qual abriga 1.885.655 habitantes que correspondem a 52% da sua população total (AESAs, 2007).

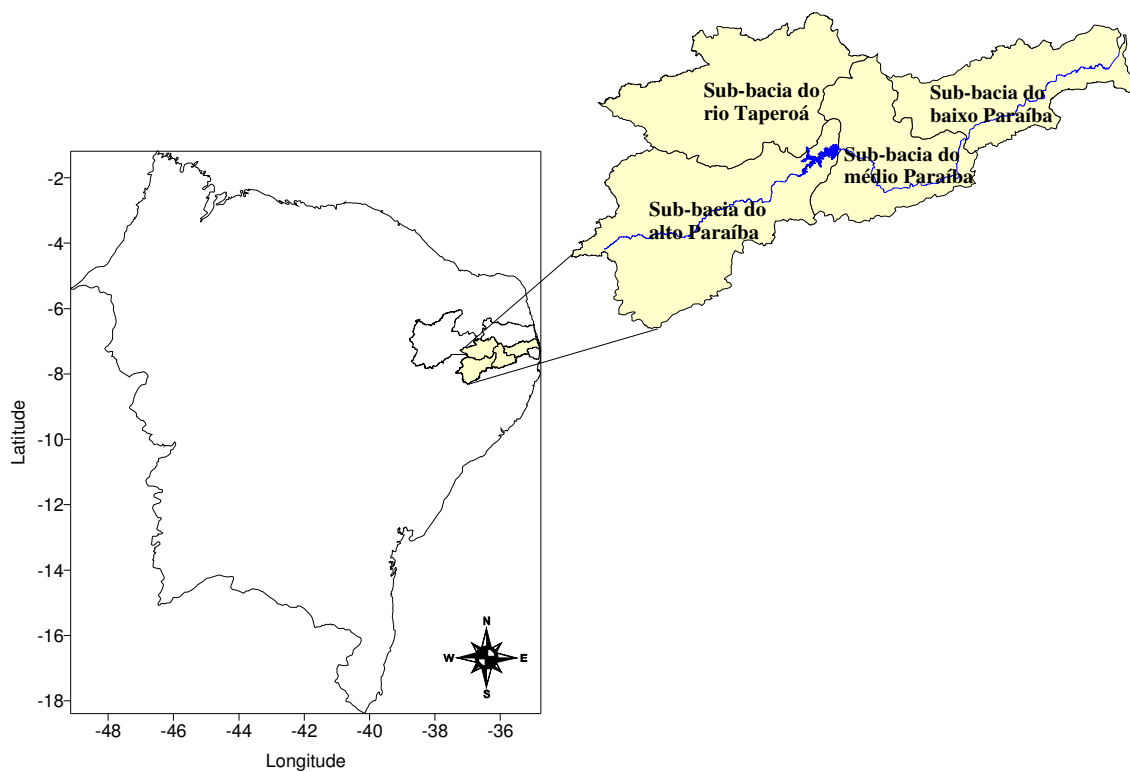


Figura 1 – Localização geográfica da bacia hidrográfica do rio Paraíba.

Atualmente, na bacia do rio Paraíba estão sendo monitorados pela AESA (Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba) 64 pluviômetros em toda bacia e existem cinco estações fluviométricas com dados de vazão. Caraúbas (Alto

Paraíba), Poço de Pedras (sub-bacia do rio Taperoá), Bodocongó (Médio Paraíba), Guarita (Baixo Paraíba) e Ponte da Batalha (rio Paraíba).

A Figura 2 representa a bacia do rio Paraíba, com ênfase de sua drenagem principal e o curso de todo o rio Paraíba. As sub-bacias do Alto Paraíba e Taperoá são responsáveis pelo aporte hídrico do açude Epitácio Pessoa, considerado de suma importância para o desenvolvimento social, econômico e ambiental da região.

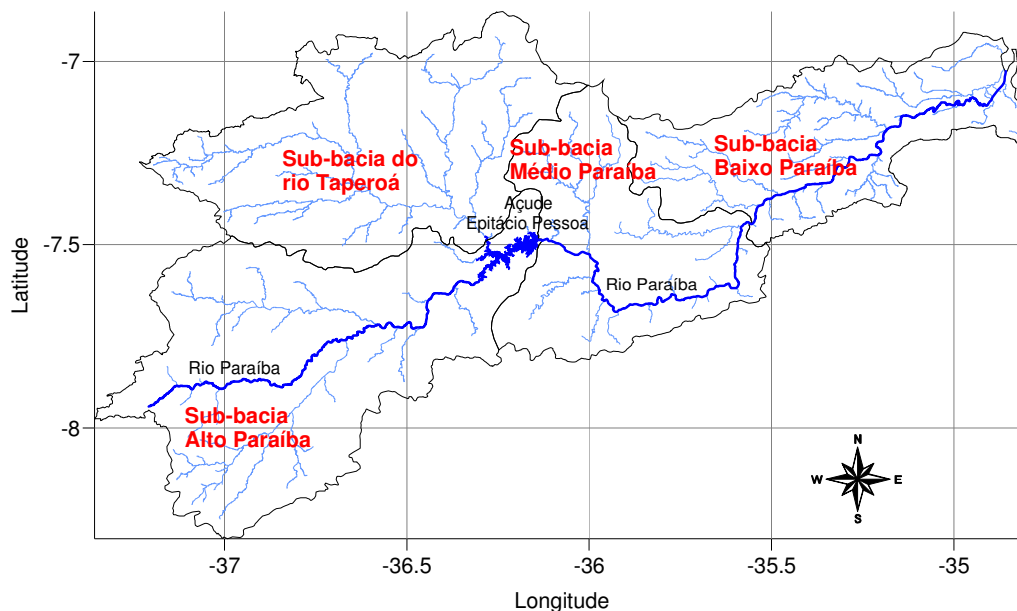


Figura 2 – Bacia do rio Paraíba com drenagem principal, rio Paraíba e açude Epitácio Pessoa.

### 3.1.1. Sub-bacia do rio Taperoá

A sub-bacia do rio Taperoá está localizada na parte central do Estado da Paraíba e drena uma área de 5.661,45 km<sup>2</sup> (Figura 3) (AESAs, 2007). Seu curso principal, o rio Taperoá, nasce na parte oriental da serra de Teixeira e desemboca no rio Paraíba, na região do manancial Epitácio Pessoa.

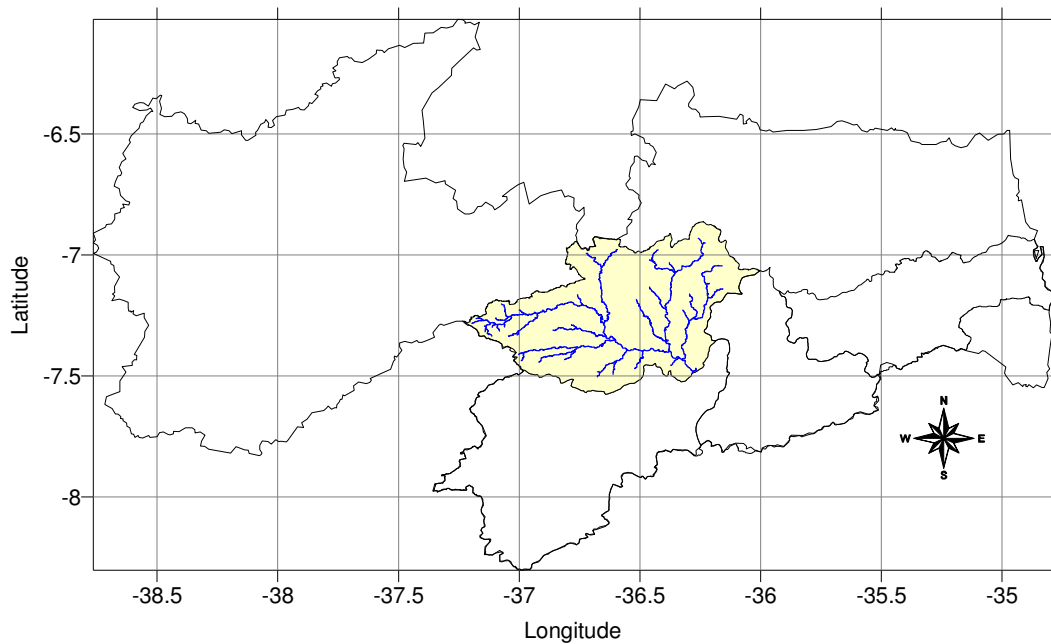


Figura 3 – Sub-bacia do rio Taperoá.

A precipitação média anual varia entre 400 e 600 mm. Observa-se que a maior concentração do total precipitado ocorre em um período aproximado de dois a quatro meses, correspondendo a 65% do total das chuvas anuais. A umidade relativa do ar registrada na região do rio Taperoá varia de 60% a 75%, onde os valores máximos ocorrem no mês de junho e os mínimos no mês de novembro (AESAs, 2007).

### 3.1.2. Sub-bacia do Alto Paraíba

Esta sub-bacia está localizada na parte sudoeste do Planalto da Borborema e faz fronteira ao norte com a bacia do rio Taperoá, ao sul e a oeste com o estado de Pernambuco e a leste com a sub-bacia do Médio Paraíba (Figura 4). Drena uma área de aproximadamente 6.727,69 km<sup>2</sup> e possui como principal rio o Paraíba (AESAs, 2007).

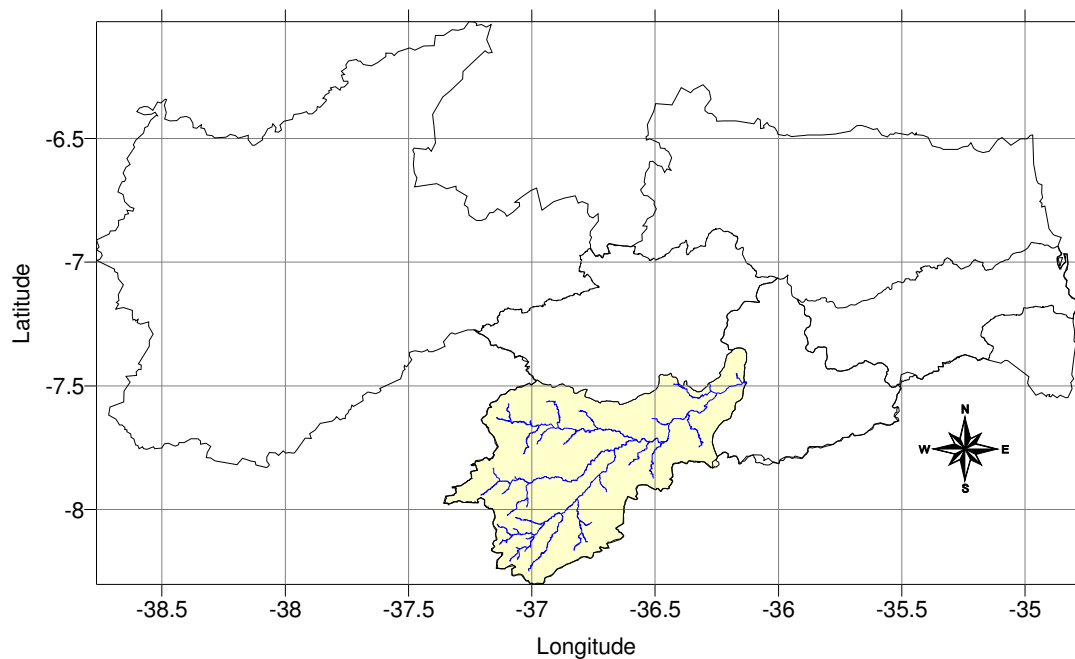


Figura 4 – Sub-bacia do Alto Paraíba.

O regime pluviométrico da sub-bacia do Alto Paraíba apresenta precipitações médias anuais que variam entre 350 a 600 mm, sendo que os totais anuais se concentram em um período de quatro meses e, geralmente, corresponde aos meses de fevereiro, março, abril e maio (AESAs, 2007)..

### *3.1.3. Sub-bacia do Médio Paraíba*

A sub-bacia do Médio Paraíba (Figura 5) abrange uma área aproximada de 3.797,58 km<sup>2</sup>, situada ao sul do Planalto da Borborema no Estado da Paraíba e limita-se, ao sul, com o Estado de Pernambuco, a oeste, com a sub-bacia do rio Taperoá e com a sub-bacia do Alto Paraíba, e a leste, com a sub-bacia do Baixo Paraíba (AESAs, 2007).

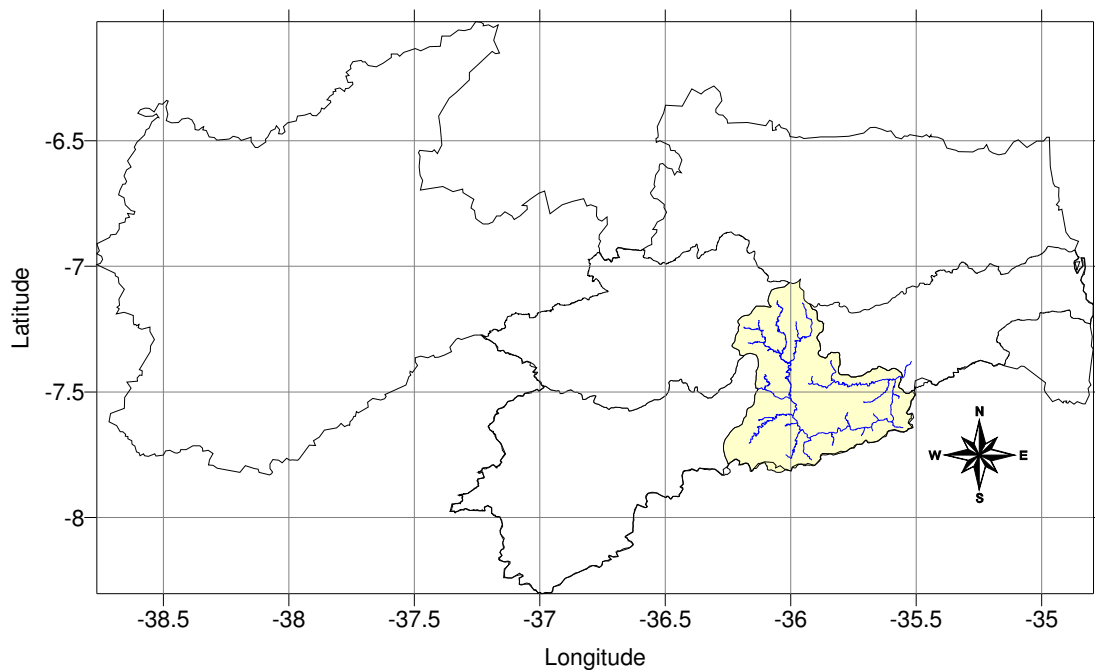


Figura 5 – Sub-bacia do Médio Paraíba.

Os dados pluviométricos indicam que a região apresenta precipitação média anual variando entre 600 e 1.100 mm, com valores decrescentes de leste para oeste. A umidade relativa do ar na região varia de 68% a 85%, com os valores máximos ocorrendo entre os meses de junho a agosto, e os mínimos, de novembro a janeiro (AESAs, 2007).

#### 3.1.4. Sub-bacia do Baixo Paraíba

A sub-bacia do Baixo Paraíba está localizada na parte litorânea do estado da Paraíba, Figura 6. Limita-se ao sul com a sub-bacia do Gramame e com o estado de Pernambuco, ao norte com a bacia do Mamanguape e Miriri, a oeste com a sub-bacia do Médio Paraíba e a leste com o Oceano Atlântico. A região é drenada pelo Baixo Paraíba, que deságua no Oceano Atlântico na cidade de Cabedelo, e tem como principal afluente o rio Paraibinha, possuindo uma área de 3.940,45 km<sup>2</sup> (AESAs, 2007).

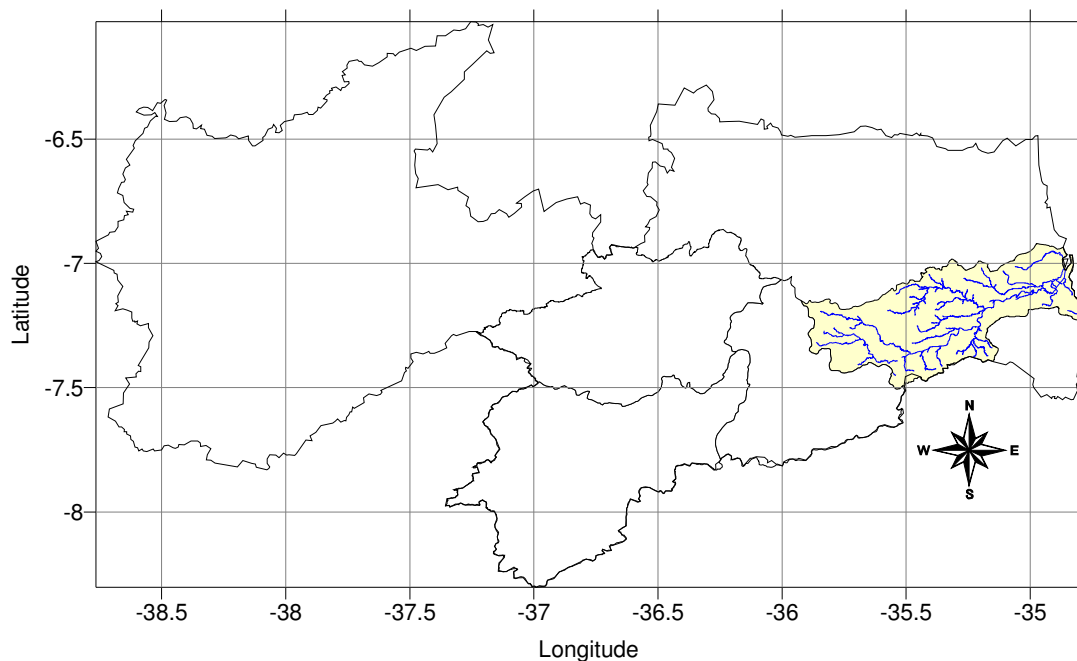


Figura 6 – Sub-bacia do Baixo Paraíba.

A pluviosidade (região litorânea) indica que a precipitação média anual varia 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. Com relação à umidade relativa do ar registrada nesta região, oscila de 68% a 85%, onde os valores máximos ocorrem entre os meses de julho e agosto e os mínimos entre os meses de novembro e janeiro (AESAs, 2007).

### 3.1.5. Rio Paraíba

O rio Paraíba (Figura 7), inserido totalmente no estado da Paraíba, desaparece parcialmente em épocas de seca, embora a partir de seu médio curso (sub-bacia do Médio Paraíba) seja perene. Tem sua nascente na Serra do Jabitacá, no município de Monteiro, região da sub-bacia do Alto Paraíba, ou seja, Cariri ocidental, a mais de mil metros de altitude, e percorre toda a região centro-sul do Estado. Ocupa o segundo lugar no posto de bacias hidrográficas do estado da Paraíba e abrange 38% do seu território, abrigoando mais de um milhão de habitantes, o que corresponde a 52% de sua população total (AESAs, 2007).

O rio Paraíba banha dezenas de municípios e cidades importantes, passando pela região mais urbanizada e industrializada do Estado. Em sua área de abrangência estão incluídas as cidades de João Pessoa, a capital, e Campina Grande, seu segundo maior centro urbano, como demais cidade importantes para desenvolvimento do Estado.

Compreende 380 km de curso no sentido sudoeste-leste, no alto curso recebe entre outros o rio Taperoá, antes de formar o açude Epitácio Pessoa (Boqueirão), no médio curso tem como principal afluente o rio Paraibinha, que forma o açude de Acauã, e a partir daí passa a correr em seu baixo curso, no qual seus principais tributários são o rio Paroeira e o rio Sanhauá, que separa as cidades de João Pessoa e Bayeux, até desaguar no oceano Atlântico, entre os municípios de Santa Rita, Bayeux, João Pessoa, Cabedelo e Lucena. Em seu leito são encontradas várias desembocaduras de outros rios, manguezais, ilhas (Ilha da Restinga, Ilha Stuart, Ilha Tiriri), o Porto de Cabedelo etc.

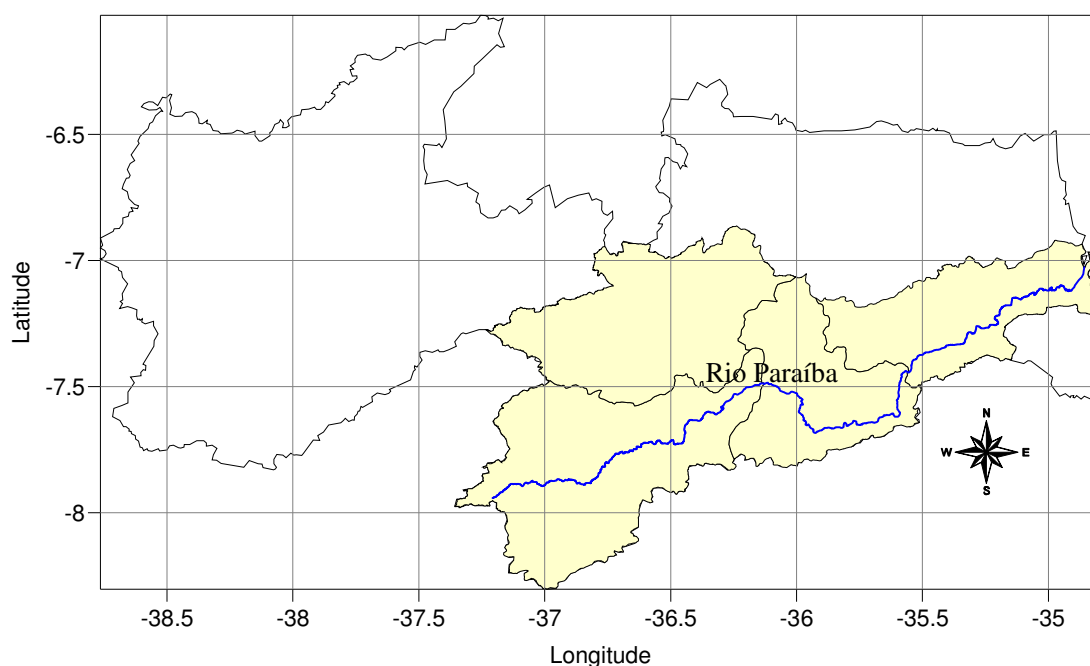


Figura 7 – Rio Paraíba.

Vários açudes públicos foram construídos na área da bacia do rio Paraíba, com verbas federais e estaduais, dentre eles o açude Epitácio Pessoa, que são utilizados no abastecimento da população e de rebanhos (bovinos, ovinos, caprinos e suínos), irrigação, pesca e em algumas atividades de lazer e de turismo regional. Tais reservatórios são fontes importantes de água para região, principalmente nos períodos de estiagem, pois muitos desses açudes entram em colapso em determinada época do ano, ocasionando conflitos pelo uso dos recursos hídricos e severos problemas de ordem sócio-econômica.

O Comitê da bacia hidrográfica do rio Paraíba, aprovado no pelo Conselho Estadual de Recursos Hídricos, como um órgão colegiado, de caráter consultivo e deliberativo compõe o Sistema Integrado de Planejamento e Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado, tal Comitê foi criado pelo Decreto Estadual nº. 27.560, de



04 de setembro de 2006, instalado oficialmente em 18 de junho de 2007. Esse comitê tem como função o diagnóstico da situação dos recursos hídricos na bacia, bem como a identificação dos conflitos entre usuários, além dos riscos de racionamento dos recursos hídricos ou de sua poluição e degradação ambiental em razão de sua má utilização.

### 3.1.6. Açude Epitácio Pessoa

O açude Epitácio Pessoa (Figura 8) localizado entre as coordenadas  $07^{\circ}28'04''$  e  $07^{\circ}33'32''$  de latitudes sul e entre  $36^{\circ}08'23''$  e  $36^{\circ}16'51''$  de longitude oeste, foi construído pelo Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS) nos anos de 1951 a 1956 e inaugurado em janeiro de 1957, pelo então governo de Juscelino Kubitschek. Tem capacidade de 535.680.000 milhões de metros cúbicos e profundidade máxima de 25 m, localizado entre os municípios de Boqueirão, Cabaceiras e Barra de São Miguel (AESAs, 2007).

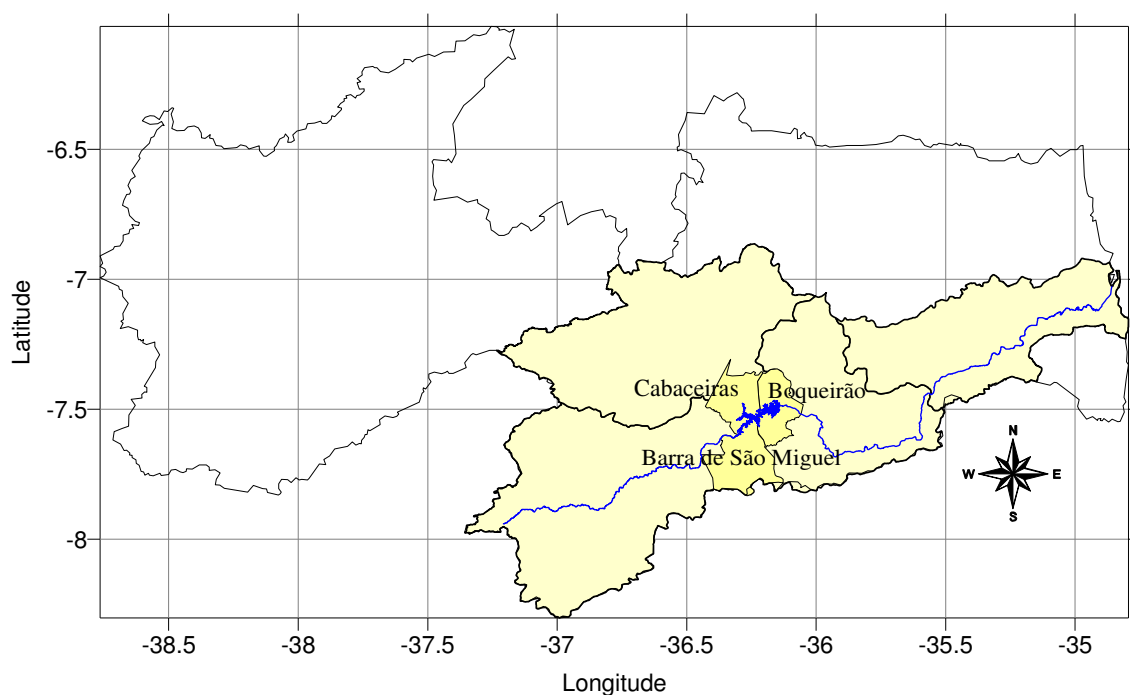


Figura 8 – Açude Epitácio Pessoa e Municípios fronteiriços.

Este manancial não foi construído para abastecimento e sim para geração de energia e irrigação, após um ano de sua inauguração, por causa de uma crise hídrica na cidade de Campina Grande, passou então a servir para o abastecimento público (DNOCS).

O nome Boqueirão foi dado ao açude Epitácio Pessoa pelo fato que o rio Paraíba fez, com o passar dos milhares de anos, um corte (uma abertura) na serra do Carnoió formando um “boqueirão”. O nome oficial do açude é uma homenagem ao único presidente do país nascido no estado da Paraíba, o qual, no seu governo, intensificou o programa de açudagem através do Ministério de Viação e Obras Públicas (SOUZA, 2001).

Na bacia do rio Paraíba, o açude Epitácio Pessoa é o principal reservatório. Em plena região semiárida, este manancial passou, nos últimos dez anos, por períodos de escassez que quase causaram colapso do sistema de abastecimento de Campina Grande e região. Segundo Guimarães et al (2005), a evolução temporal dos dados da água do açude de Boqueirão demonstram que a sua qualidade ainda não é problemática, mas que apresenta em processo gradativo de deterioração (com vista ao abastecimento urbano), que pode ser acelerado ou não com as crises quantitativas de água, sendo necessário, o quanto antes, a implantação de um sistema de gestão quali-quantitativa da água, (MELO, 2005).

Hoje, o açude após 52 anos de sua construção diminuiu sua capacidade de armazenamento, acumulando nos dias de hoje 411.686.287 milhões de metros cúbicos de água. Uma batimetria automatizada feita pela AESA no ano de 2004 mostrou que essa capacidade foi reduzida em 23,1%, correspondendo a uma perda de quase 124 milhões de metros cúbicos de água da capacidade inicial. Essa modificação no projeto original ocorreu, por causa do assoreamento, ou seja, pela sedimentação do solo causado pela devastação das matas ciliares nas margens de rios e do próprio açude, ou por erros iniciais no projeto de execução da construção do açude. No entanto, deve-se fazer uma ressalva para a tecnologia utilizada na época da construção do manancial, pois os instrumentos utilizados eram rudimentares e não podiam fornecer maiores precisões. Como visto na batimetria realizada em 2004, na qual utilizaram ferramentas bastante avançadas, como GPS, computadores, sondas e vários outros instrumentos de medição para avaliar a capacidade real e atual de armazenamento.

Desde a sua inauguração, em 1957, o açude Epitácio Pessoa só atingiu a sua capacidade máxima depois de 21 anos, exatamente no dia 07 de março de 1978. Ressalta-se que, de acordo com os dados da AESA, o manancial já sangrou onze vezes, conforme Tabela 3.

Tabela 3 – Anos em que o açude Epitácio Pessoa atingiu a capacidade máxima.

| Anos de sangria do Epitácio Pessoa | Monitoramento |
|------------------------------------|---------------|
| 7 de março de 1978                 | DNOCS         |
| 29 de março de 1981                | DNOCS         |
| 23 de abril de 1984                | DNOCS         |
| 12 de abril de 1985                | DNOCS         |
| 25 de março de 1986                | DNOCS         |
| 09 de abril de 1989                | DNOCS         |
| 01 de fevereiro de 2004            | AESA          |
| 27 de março de 2005                | AESA          |
| 15 de abril de 2006                | AESA          |
| 21 de março de 2008                | AESA          |
| 04 de março de 2009                | AESA          |

De acordo com a Figura 9, a qual demonstra os registros dos volumes anuais de aporte hídrico do açude Epitácio Pessoa pela AESA, verifica-se que o açude atingiu sua capacidade máxima seis vezes no período de 1994 a 2009.

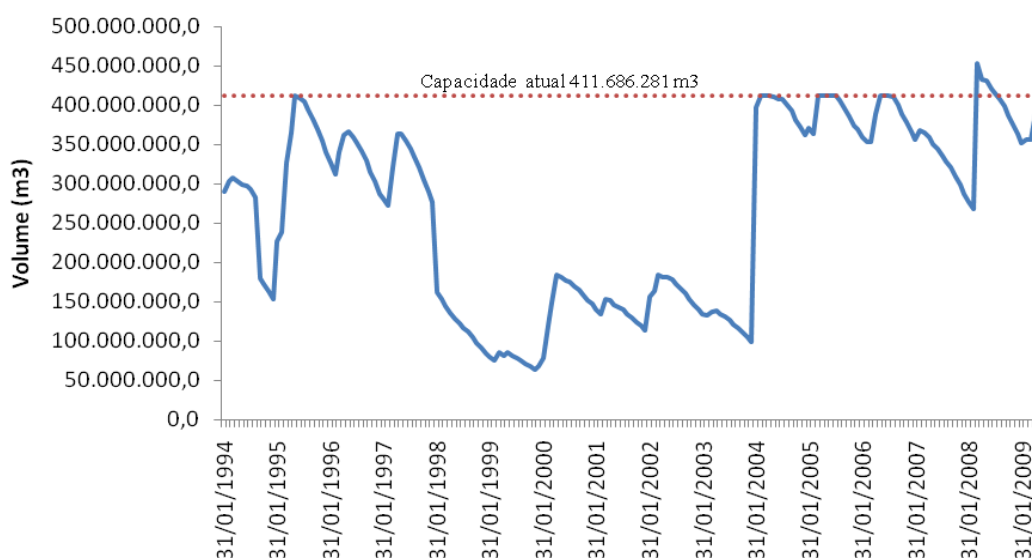


Figura 9 – Volume anual do açude Epitácio Pessoa. Fonte AESA.

Atualmente o açude Epitácio Pessoa abastece 17 municípios e três distritos (Tabela 4), através de duas adutoras.

Tabela 4 – Municípios e distritos abastecidos pelo açude Epitácio Pessoa.

| Municípios abastecidos por Boqueirão |                         |  |
|--------------------------------------|-------------------------|--|
| Adutora do Cariri<br>(Adutora nova)  | Adutor Campina Grande   | Distritos abastecidos por<br>Boqueirão |
| Boa Vista                            | Barra de Santana        | São José da Mata                       |
| Boqueirão                            | Campina Grande          | Galante                                |
| Cabaceiras                           | Caturité                | Marinho (Boqueirão)                    |
| Cubati                               | Queimadas               |  |
| Juazeirinho                          | Pocinhos                |  |
| Pedra Lavrada                        | Riacho de Santo Antônio |  |
| Olivedos                             | Lagoa Seca              |  |
| Seridó                               |                         |  |
| Soledade                             |                         |  |
| Dist. São Vicente do Seridó          |                         |  |

De acordo com a AESA em entrevista ao Diário da Borborema (2008), o açude Epitácio Pessoa perde cerca de um centímetro de lâmina de água por dia, no inverno e no verão pode chegar a dois centímetros. No entanto, a água acumulada no açude é fonte de sobrevivência da população ribeirinha, garantido sustento de 258 famílias de pescadores, correspondendo a mais de 300 profissionais cadastrados pela colônia da cidade e do desenvolvimento das cidades por ele abastecido.

Outra preocupação que aflige os órgãos gestores do açude Epitácio Pessoa é a irrigação irregular, desde a crise no abastecimento de dezembro de 1999 quando chegou a ficar com apenas 14,9% de sua capacidade, algo em torno de 61.492.338 m<sup>3</sup> (AESA, 2007). O Ministério Público, com o apoio do Governo do Estado, do IBAMA e do DNOCS, proibiu a prática da irrigação de lavouras. A medida foi tomada para garantir o abastecimento humano de milhares de pessoas. Porém, hoje em dia não existe fiscalização e vários pequenos produtores estão subtraindo água do manancial para irrigação clandestina.

### 3.2. Dados da área de estudo

#### 3.2.1. Dados climáticos

Segundo a classificação de Köppen o clima da região do entorno do açude Epitácio Pessoa é do tipo Bsh (semiárido quente), com grande irregularidade na precipitação. Os meses mais chuvosos concentram-se no período de fevereiro a julho e

os mais secos nos meses de agosto a janeiro conforme a Figura 10. A temperatura média é inferior a 24,1°C, com mínima de 18°C e máxima de 32°C.

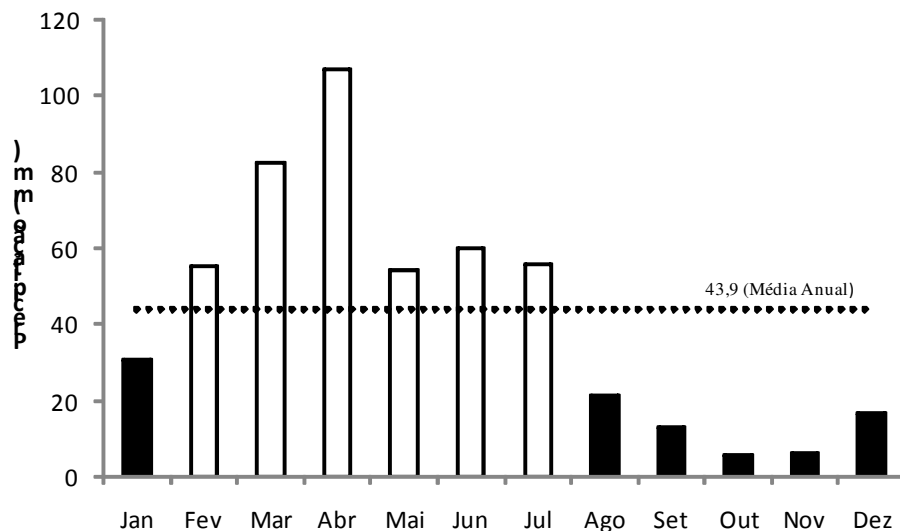


Figura 10 – Climatologia mensal da precipitação (mm) do açude Epitácio Pessoa (Boqueirão).

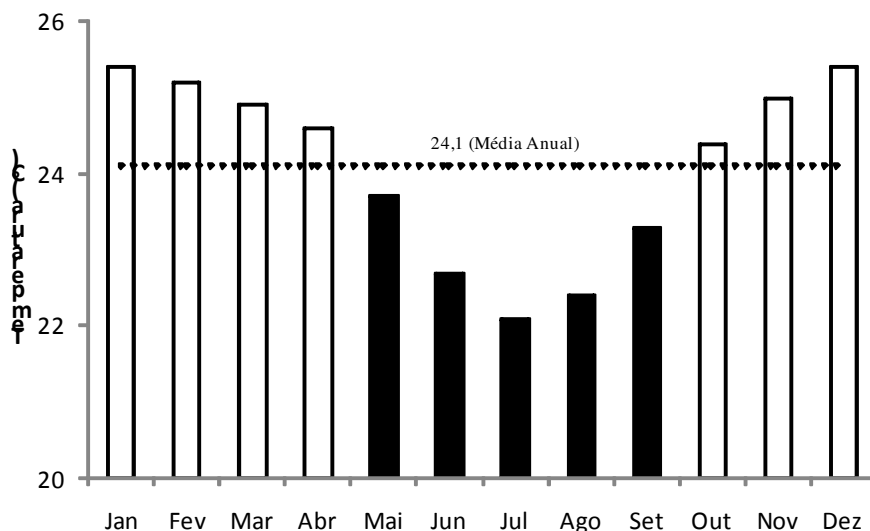


Figura 11 – Climatologia mensal da temperatura (°C) do açude Epitácio Pessoa (Boqueirão).

### 3.2.2. Solos

A região do entorno do açude Epitácio Pessoa tem solos do tipo: Vertissolos Cromados, Neossolos Litólicos, Luvisolo Crômico, Planossolo Háplico e Planossolo Nátrico (EMBRAPA, 1999).

### 3.2.3. Agricultura

A agricultura na região do açude Epitácio Pessoa é produtiva em anos considerados normais (com precipitação em torno da média e com chuvas bem distribuídas), onde se pode plantar vários tipos de culturas, principalmente vegetais e frutíferas que contribuem para melhoria da renda do agricultor familiar.

### 3.2.4. Relevo

O relevo da região do açude Epitácio Pessoa encontra-se inserido no Planalto da Borborema, apresentando as seguintes unidades morfológicas descritas na Tabela 5 (BRASIL, 1981):

Tabela 5 – Unidades morfológicas da região do açude Epitácio Pessoa.

|  |  |
|--|--|
| Superfície tabular erosiva e de dissecação | relevo residual de topo plano testemunho de superfície de erosão, geralmente limitada por escarpas erosivas, com diferentes níveis altimétricos;                 |
| Formas aguçadas                            | relevo de topo contínuo e aguçado, com diferentes ordens de grandezas e de aprofundamento de drenagem, separados geralmente por vales em “V”;                    |
| Formas conversas                           | relevo de topo convexo com diferentes ordens de grandezas e de aprofundamento de drenagem separados por vales em “V” e, eventualmente, por vales de fundo plano; |
| Formas tabulares                           | relevo de topo plano, com diferentes ordens de grandezas e de aprofundamento de drenagem, separados, geralmente, por vales de fundo plano.                       |

### 3.2.5. Vegetação

A cobertura vegetal da Região Nordeste do Brasil é caracterizada por diversos padrões morfológicos que dependem da localização geográfica e das condições climáticas. A porção mais semiárida se destaca pela presença de caatinga arbustiva, densa ou aberta, que perde sua folhagem no período de estiagem, tornando a florescer

no período chuvoso. Além dessa vegetação, destacam-se ainda a Mata Atlântica, a vegetação de praias, dunas e restingas, os cerrados, as matas ribeirinhas, vegetação de mangues, vegetação rupestre, etc. (IBGE, 1992).

### 3.3. Material

Para o desenvolvimento da pesquisa, utilizou-se dados pluviométricos mensais para o cálculo do Índice de Anomalia de Chuva (IAC) adaptado por Freitas (2004 e 2005) e da confecção da climatologia da bacia do rio Paraíba; produtos cartográficos e de sensores remotos, material fotográfico e questionários para a pesquisa de campo.

#### 3.3.1. Dados pluviométricos

Neste trabalho foram utilizados dados mensais de precipitação, no período de 1910 a 2004, de 58 postos pluviométricos oriundos da extinta rede da SUDENE (1985) e complementados por dados da AESA (2007), Figura 12.

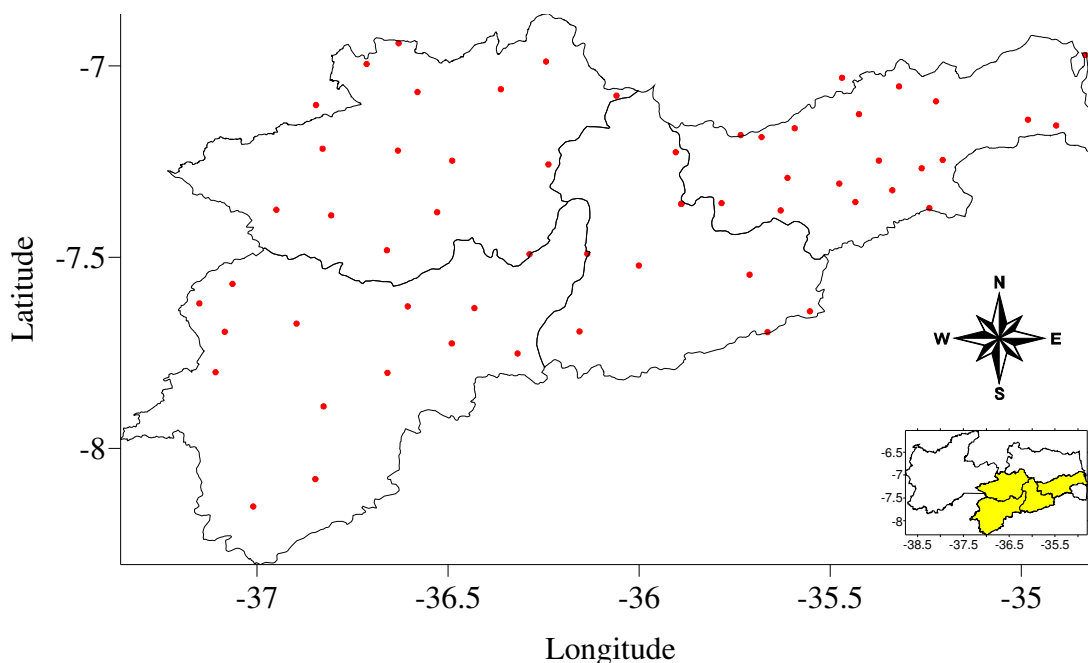


Figura 12 – Distribuição espacial dos postos pluviométricos na bacia do rio Paraíba.

#### 3.3.2. Suporte computacional

Foram utilizados os softwares AutoCAD 2007, planilha eletrônica e Surf 8.0.

### *3.3.3. Diagnóstico Sócio-econômico e Ambiental*

Os questionários do Diagnóstico Socio-econômico e Ambiental foram aplicados a 102 moradores do entorno do açude Epitácio Pessoa pelos ACS (Agentes Comunitários de Saúde).

### *3.4. Métodos*

Através do diagnóstico gerado por essa pesquisa, avaliou-se a relação do homem com o meio ambiente, levando em consideração as condições sócio-econômicas da população ribeirinha inserida na região de estudo, enfatizando desta forma, a sustentabilidade da bacia do rio Paraíba e do entorno do açude Epitácio Pessoa.

Assim, para caracterizar e subsidiar uma análise das vulnerabilidades que acometem a população do entorno do açude Epitácio Pessoa, foram realizadas as seguintes atividades:

#### *3.4.1. Mapas da climatologia*

Os mapas mensais e anuais da climatologia temporal e espacial da bacia do rio Paraíba e das suas sub-bacias foram gerados através de planilhas eletrônicas e do Surf 8.0.

#### *3.4.2. Cálculo do IAC*

A partir da metodologia de Rooy (1965) adaptada por Freitas (2004) para classificar o ano como seco, normal ou chuvoso, foram confeccionados os índices climáticos para a bacia do rio Paraíba.

As séries de precipitações mensais foram utilizadas para avaliar o comportamento sazonal da chuva, e detectar períodos considerados “excessivamente” úmidos ou secos.

A avaliação do grau de severidade e duração dos períodos secos e úmidos foi realizada através do cálculo do índice IAC (Freitas 2004 e 2005), obtido a partir das equações:



$$IAC = 3 \left[ \frac{(N - \bar{N})}{(\bar{M} - \bar{N})} \right], \text{ para anomalias positivas;} \quad (2)$$

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

Em que:

$N$  = precipitação mensal observada (mm);

$\bar{N}$  = climatologia da precipitação mensal (mm);

$\bar{M}$  = média das dez maiores precipitações mensais da série histórica (mm);

$\bar{X}$  = média das dez menores precipitações mensais da série histórica (mm).

A partir da metodologia de Freitas (2004 e 2005), adaptou-se neste trabalho uma nova classificação de anos secos e úmidos, com vista na Tabela 6, de acordo com ARAÚJO (2009).

Tabela 6 – Classes de Intensidade do Índice de Anomalia de Chuva da bacia do rio Paraíba.

|                                      | Faixa do IAC | Classe de Intensidade |
|--------------------------------------|--------------|-----------------------|
|                                      | De 4 acima   | Extremamente Úmido    |
| Índice de Anomalia de Chuva<br>(IAC) | 2 a 4        | Muito Úmido           |
|                                      | 0 a 2        | Úmido                 |
|                                      | 0 a -2       | Seco                  |
|                                      | -2 a -4      | Muito Seco            |
|                                      | De -4 abaixo | Extremamente Seco     |

### 3.4.3. Pesquisa de campo

Para um reconhecimento geral da área de estudo foi realizada uma pesquisa de campo, seguindo um roteiro pré-determinado. Nesta fase, foram levantadas informações sobre relevo, vegetação natural, erosão, declividade, uso das terras, aspectos sociais e econômicos, realizando um diagnóstico geral de seus elementos para subsidiar a foto-interpretção.

Para avaliar as vulnerabilidades foram aplicados questionários (ANEXO I), calculados (ANEXO II), considerando os valores de referência (ANEXO III) à população ribeirinha da área de estudo, 102 no total (62 em Boqueirão / 40 em Cabaceiras / Barra de São Miguel – desconsiderada na pesquisa), com a participação

dos Agentes Comunitários de Saúde devidamente treinados, orientados e supervisionados.

Rocha et al. (1997) comentam que de acordo com os diagnósticos, são elaborados prognósticos, que são indicadores para a melhoria de vida dos habitantes da área em estudo. O diagnóstico é definido como a arte de se conhecer os problemas que afetam uma população, através de observações, questionamentos, análises e interpretações dos recursos naturais renováveis com relação à qualidade de vida. O prognóstico é a previsão ou a suposição sobre o que deve acontecer em uma comunidade se esta se submeter às recomendações técnicas de melhoria de vida, as quais são formuladas pela interpretação dos diagnósticos.

A metodologia utilizada no diagnóstico sócio-econômico e ambiental é advinda de Rocha (1997) para o Rio Grande do Sul e adaptada por Araújo (2002), Morais Neto (2003), Alencar (2004), Sousa (2007), Duarte (2008) dentre outros, para o semiárido paraibano.

Foram levantados e analisados vários elementos, todos relacionados ao núcleo familiar, conforme a Tabela 7, a seguir:

Tabela 7 – Fator vulnerabilidade.

| Fator Vulnerabilidade       | Variável  |
|-----------------------------|---|
| Vulnerabilidade social      | demográfica, habitação, consumo de alimentos, participação em organizações associativas, salubridade rural.   |
| Vulnerabilidade econômica   | produção vegetal, animais de trabalho, animais de produção, verticalização de matéria prima, comercialização, crédito e rendimento.   |
| Vulnerabilidade tecnológica | uso de tecnologias, propriedades das máquinas e equipamentos.   |
| Vulnerabilidade a seca      | recursos hídricos, produção, manejo da caatinga, exploração de espécies nativas, armazenamento, redução de rebanho, observação das previsões de chuva, ocupação nas estiagens, educação, administração rural, histórico das secas, sugestões, migração. |

A tabulação consistiu em agrupar os dados, utilizando planilha eletrônica, os códigos encontrados em cada item das variáveis. Cada questionário foi tabulado

individualmente e posteriormente foi feito os gráficos da vulnerabilidade correspondente.

O Valor Significativo Encontrado (y) foi determinado, somando-se o valor da Moda, encontrada em cada item das variáveis.

O Valor Mínimo (x) foi determinado, somando-se o valor encontrado (codificação significativa de maior frequência) de cada item que compõe a variável do Fator de Vulnerabilidade.

O parâmetro de determinação dos fatores de vulnerabilidade foi calculado utilizando a equação (2), ou seja, a equação da reta apresentada é de primeiro grau, do tipo e apresentado no ANEXO II:

$$V = ax + b \quad (2)$$

onde:

V = Fator Vulnerabilidade;

a e b = constantes para cada variável;

x = valor significativo encontrado.

Na determinação das vulnerabilidades foi utilizada a classificação sugerida por Barbosa (1997), dividida em quatro classes, as quais variam de zero (vulnerabilidade nula) até 100% (vulnerabilidade máxima), conforme Tabela 7.

Tabela 8 – Classes de vulnerabilidade.

| Baixa | Moderada | Alta  | Muito alta |
|-------|----------|-------|------------|
| 0-15  | 16-30    | 31-45 | >45        |

Fonte: Barbosa (1997).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Climatologia da bacia do rio Paraíba

Para analisar a variabilidade espaço-temporal da precipitação na bacia do rio Paraíba construiu-se gráficos e figuras para melhor ilustrar as peculiaridades do clima em toda região de estudo. Desta forma, dividiu-se o ano em quadrimestres mensais, o primeiro entre os meses de janeiro a abril (Quadra 1), com início do quadrimestre com um mês seco, passando a chuvoso até o segundo quadrimestre, abrangendo os meses de maio a agosto (Quadra 2), que tem sua transição diferente do quadrimestre anterior, de meses chuvosos a secos; e o terceiro, mais seco, de setembro a dezembro (Quadra 3), período crítico para a bacia do rio Paraíba.

Tendo em vista essa variabilidade, a climatologia temporal da precipitação da bacia do rio Paraíba (Figura 13), concentra metade dos meses do ano acima da média e a outra metade abaixo, com meses mais úmidos e mais propícios a precipitação, os meses de fevereiro, março, abril, maio, junho e julho, (Quadra 1 e 2), com ênfase para o mês de março, que mostra valor acima de 100 mm em média para toda região de estudo.

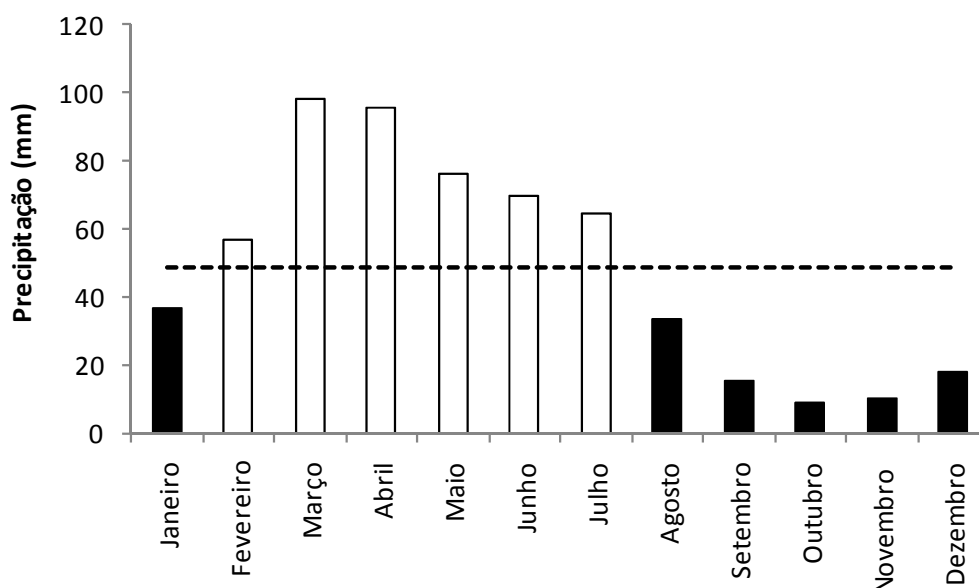


Figura 13 – Climatologia mensal da bacia hidrográfica do rio Paraíba.

Os meses mais secos são: agosto, setembro, outubro, novembro, dezembro e janeiro, o qual envolve o 3º quadrimestre, com valor mais representativo de 10 mm em média, para o mês de outubro, caracterizando-o como mês mais seco da bacia do rio Paraíba.

Os meses mais propícios ao armazenamento de água nos mananciais são os meses mais efetivos dentro da estação chuvosa (de março a junho), que envolvem a quadra 1 e 2, propiciando desta forma, um maior aporte hídrico na região, principalmente aos reservatórios da bacia do rio Paraíba.

A climatologia anual da bacia do rio Paraíba (Figura 14) demonstra que os menores valores de precipitação ocorrem na região do rio Taperoá e Alto Paraíba, com valores mais elevados na parte sul do Taperoá e norte do Alto Paraíba, seguido do leste do Médio Paraíba e oeste do Baixo Paraíba, até atingir os maiores valores de precipitação no Baixo Paraíba, próximo do litoral. Evidencia-se que as sub-bacias do Taperoá e Alto Paraíba são as áreas que mais contribuem para o aporte hídrico do açude Epitácio Pessoa, porém, climatologicamente são as regiões que mais sofrem com a escassez da chuva.

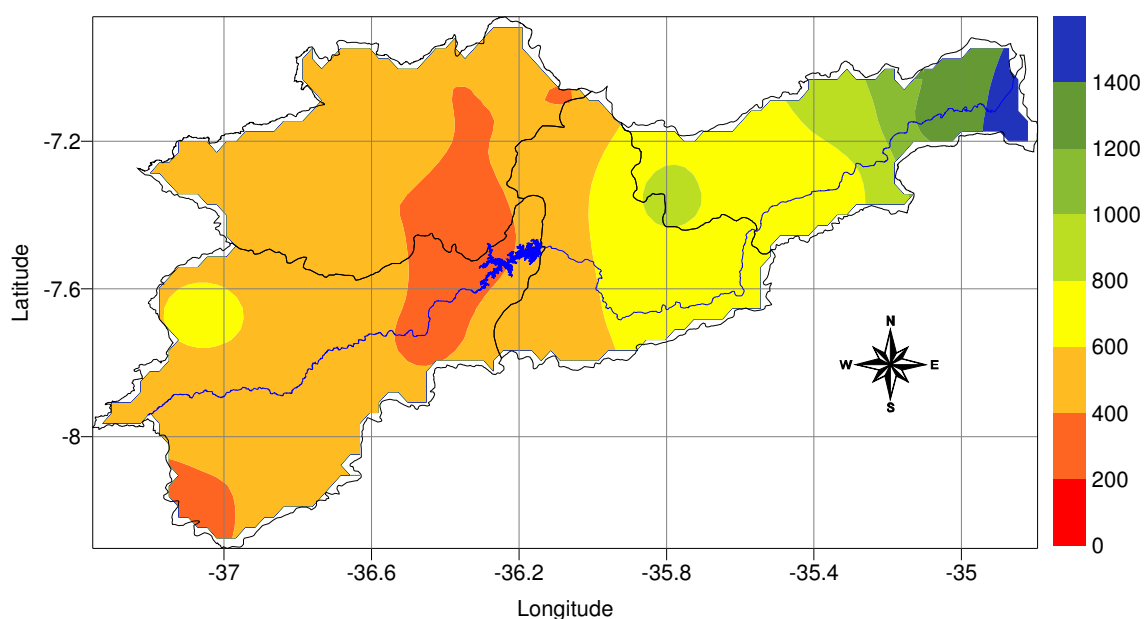


Figura 14 – Climatologia espacial da bacia hidrográfica do rio Paraíba.

A climatologia mensal da precipitação da bacia do rio Paraíba é observada nas isoietas médias mensais da região estudada, como demonstrada nas Figuras de 15 a 26.

A Figura 15 mostra a transição da estação mais seca para a estação mais chuvosa da bacia do rio Paraíba e início da estação mais chuvosa da região (Quadra 1), com valores máximos de 70 mm na região noroeste da sub-bacia do Alto Paraíba, sudoeste do Médio Paraíba e leste do Baixo Paraíba. De forma similar, o mês de fevereiro (Figura 16), tem sua distribuição mais abrangente e com maior intensificação em todas as sub-bacias do rio Paraíba, dando início aos meses mais chuvosos do 1º quadrimestre, que se estende, de acordo com a Figura 13, de fevereiro a julho.

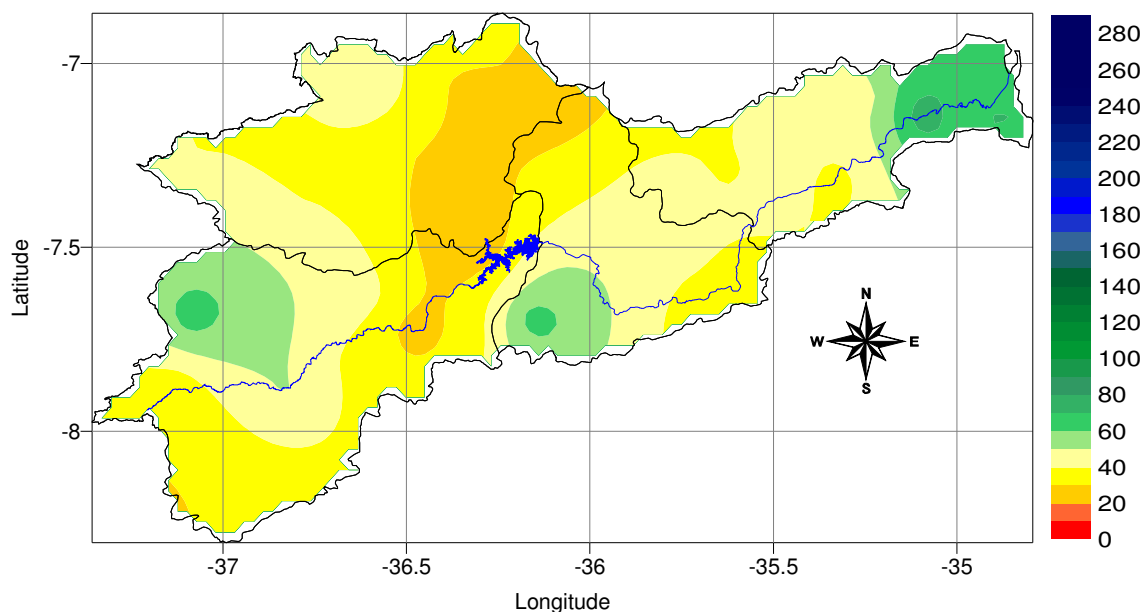


Figura 15 – Isoietas médias mensais da bacia do rio Paraíba para o mês de janeiro.

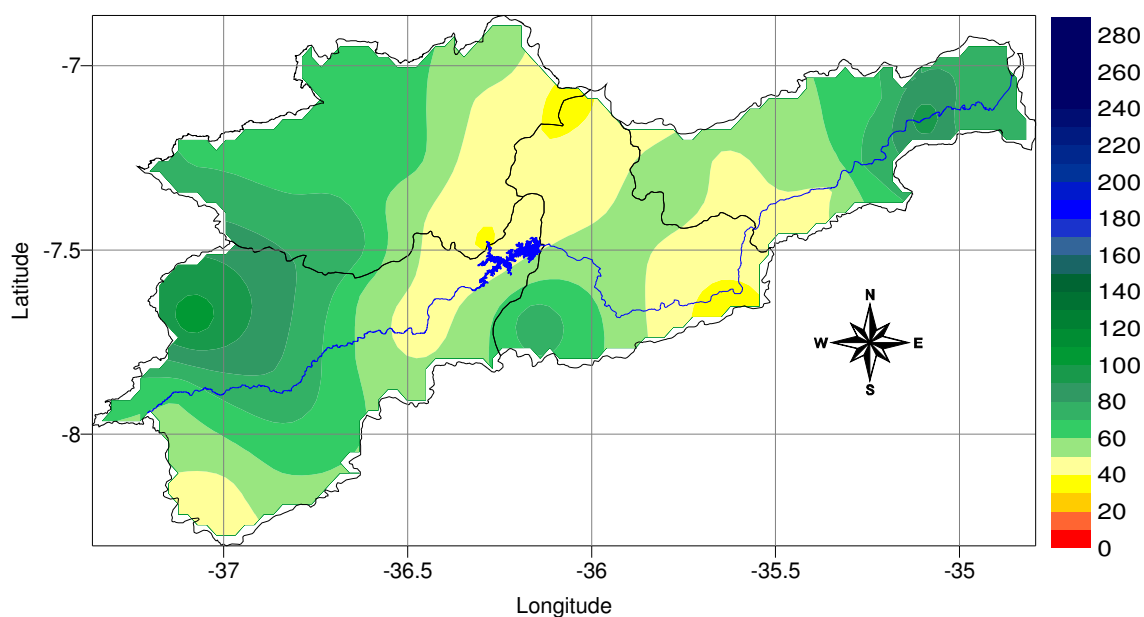


Figura 16 – Isoietas médias mensais da bacia do rio Paraíba para o mês de fevereiro.

O mês de março foi considerado o maior representante em termos de aporte hídrico na região (Figura 17), pois os maiores valores de precipitação concentram-se nas sub-bacias do Taperoá e Alto Paraíba, as quais são consideradas as áreas que mais contribuem para o armazenamento de água no açude Epitácio Pessoa. Para o mês de abril os valores máximos de precipitação concentram-se na parte leste, oeste e centro-sul da bacia do rio Paraíba (Figura 18), que de acordo com ARAÚJO (2006 e 2008), é nesse quadrimestre que as maiores chuvas se centralizam por causa da atuação dos principais sistemas meteorológicos atuantes nesses meses, como os Vórtices Ciclônicos de Ar Superior (VCAS) e a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), sendo o período de maior atuação dos VCAS, segundo Kousky e Gan (1981), os meses de verão, enquanto a atuação da ZCIT acontece nos meses de março e abril (UVO, 1989).

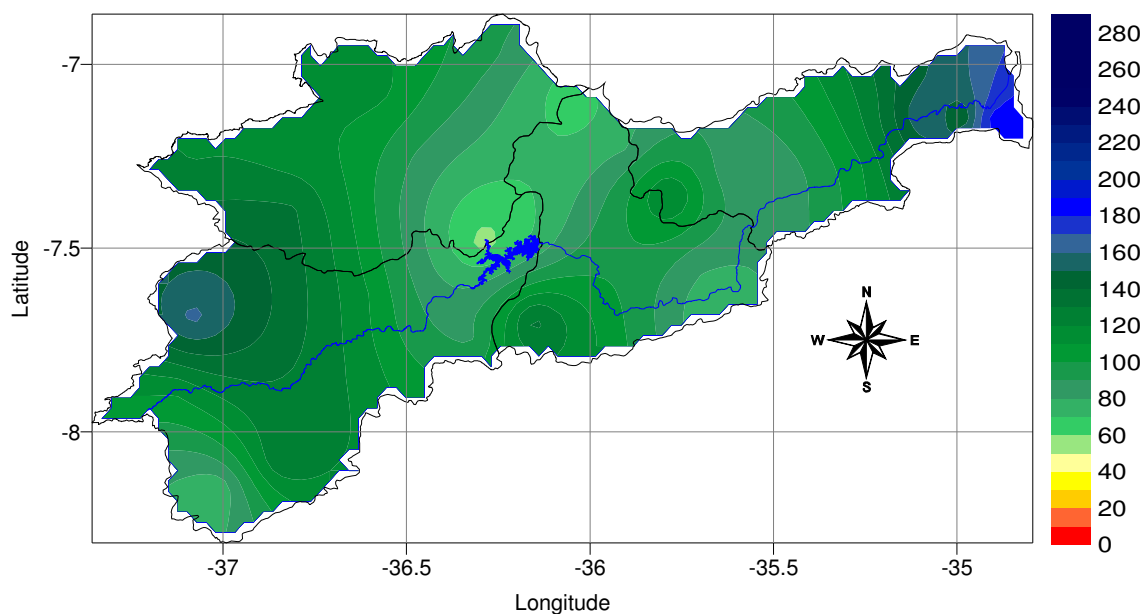


Figura 17 – Isoietas médias mensais da bacia do rio Paraíba para o mês de março.

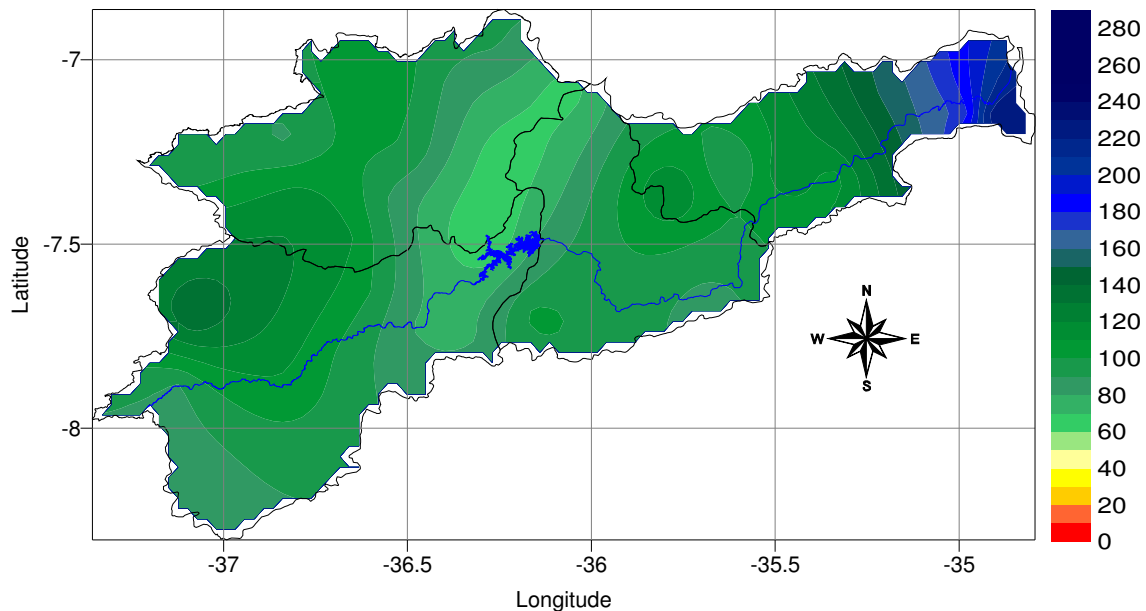


Figura 18 – Isoietas médias mensais da bacia do rio Paraíba para o mês de abril.

As Figuras 19 e 20 representam a climatologia da precipitação para os meses de maio e junho (início da Quadra 2), respectivamente. Percebe-se que, através destas Figuras, a variabilidade da chuva apresenta um novo padrão de distribuição espacial na bacia do rio Paraíba, com os valores mais elevados a leste da sub-bacia do Médio Paraíba, apresentando máximos de precipitação em torno de 280 mm no litoral. Os menores valores são observados na região das sub-bacias do rio Taperoá e Alto Paraíba, com valores abaixo de 60 mm em média. Evidencia-se que para esse segundo quadrimestre, os maiores valores de precipitação são observados no setor leste da bacia do rio Paraíba, devido à atuação dos Distúrbios de Leste (DL), como visto por YAMAZAKI E RAO (1977).



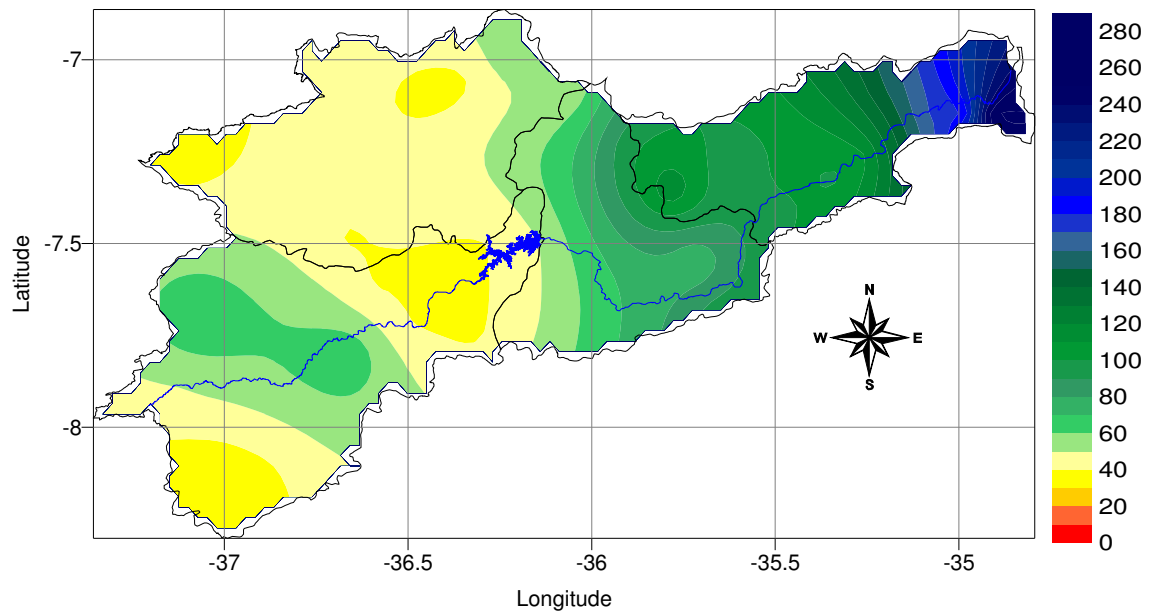


Figura 19 – Isoietas médias mensais da bacia do rio Paraíba para o mês de maio.

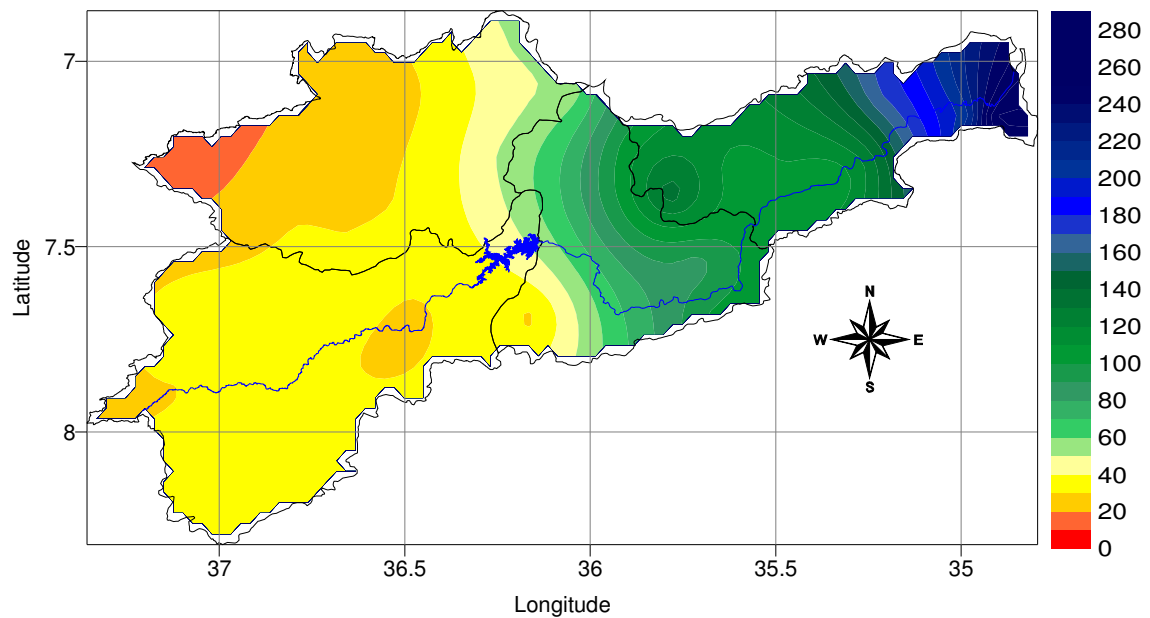


Figura 20 – Isoietas médias mensais da bacia do rio Paraíba para o mês de junho.

Similarmente aos dois meses anteriores, o mês de julho (Figuras 21) apresenta maior valor de precipitação a leste da bacia do rio Paraíba, com máximos de 200 mm e mínimo abaixo de 50 mm a oeste. Na Figura 22 observa-se uma redução significativa da precipitação em toda a área da bacia. Ressalta-se que a região da sub-bacia do rio Taperoá e Alto Paraíba, acumulam precipitação abaixo da média.

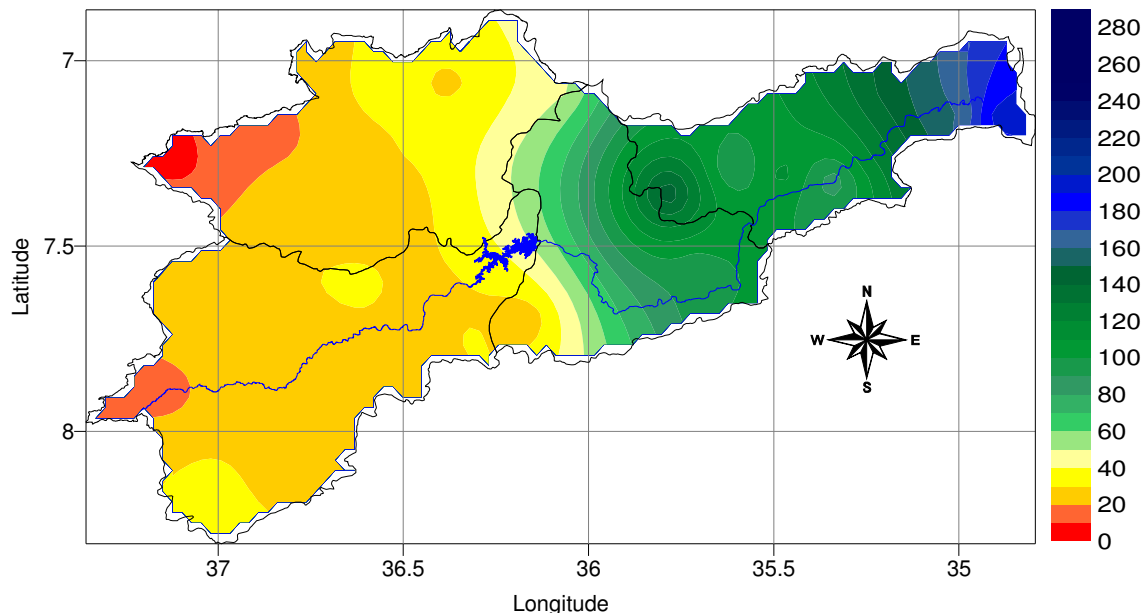


Figura 21 – Isoietas médias mensais da bacia do rio Paraíba para o mês de julho.

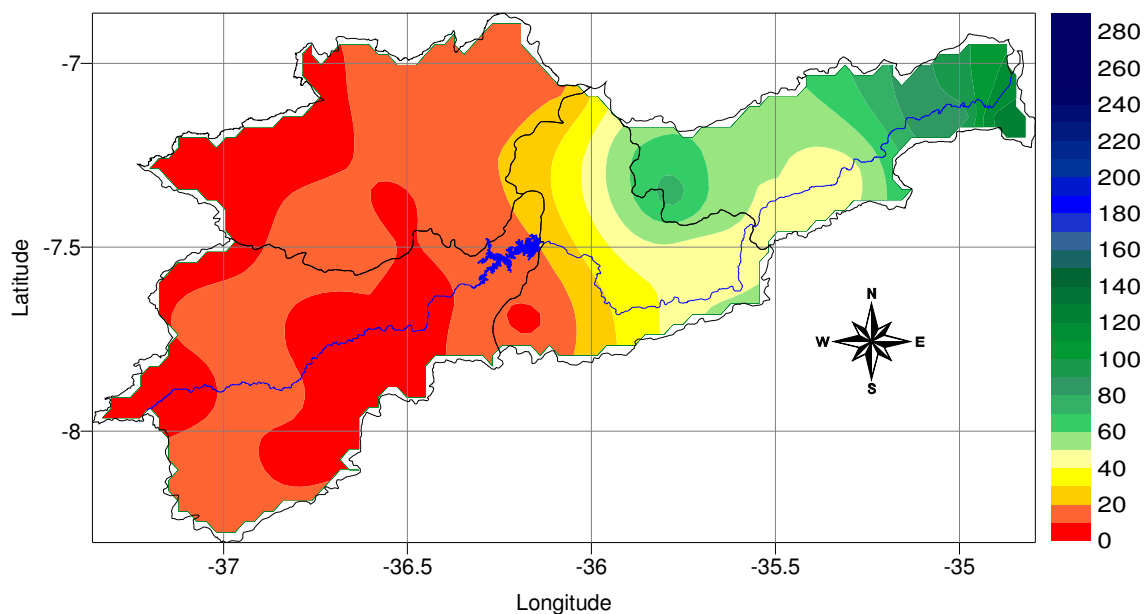


Figura 22 – Isoietas médias mensais da bacia do rio Paraíba para o mês de agosto.

O mês de setembro (Figura 23) dá início ao 3º quadrimestre, o mais seco da bacia do rio Paraíba, com valores abaixo de 50 mm nas sub-bacias do Médio e Baixo Paraíba. Mais drasticamente, observa-se o mês de outubro (Figura 24), mês mais seco da região, com valores mínimos de precipitação em relação aos demais meses do ano, o qual atinge máximo de precipitação de 40 mm a leste da bacia do rio Paraíba e a oeste valores abaixo de 10 mm, tornando esse período de trinta e um dias, o mais peculiar de todo o ano, com menor precipitação, gerando maior atenção para as reservas hídricas e os desperdícios em toda área de estudo.

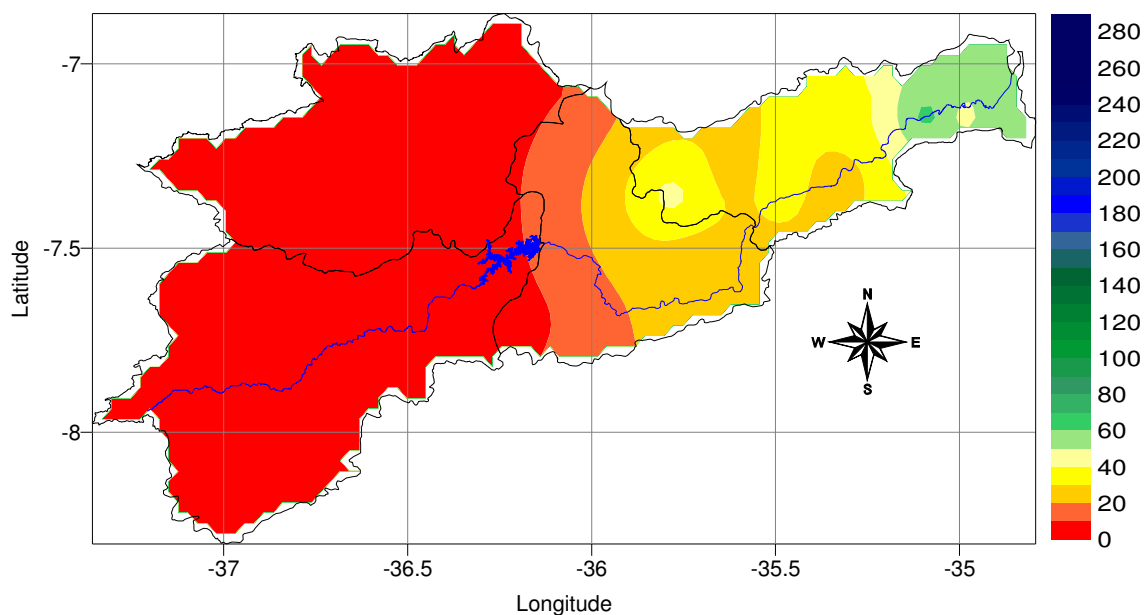


Figura 23 – Isoietas médias mensais da bacia do rio Paraíba para o mês de setembro.

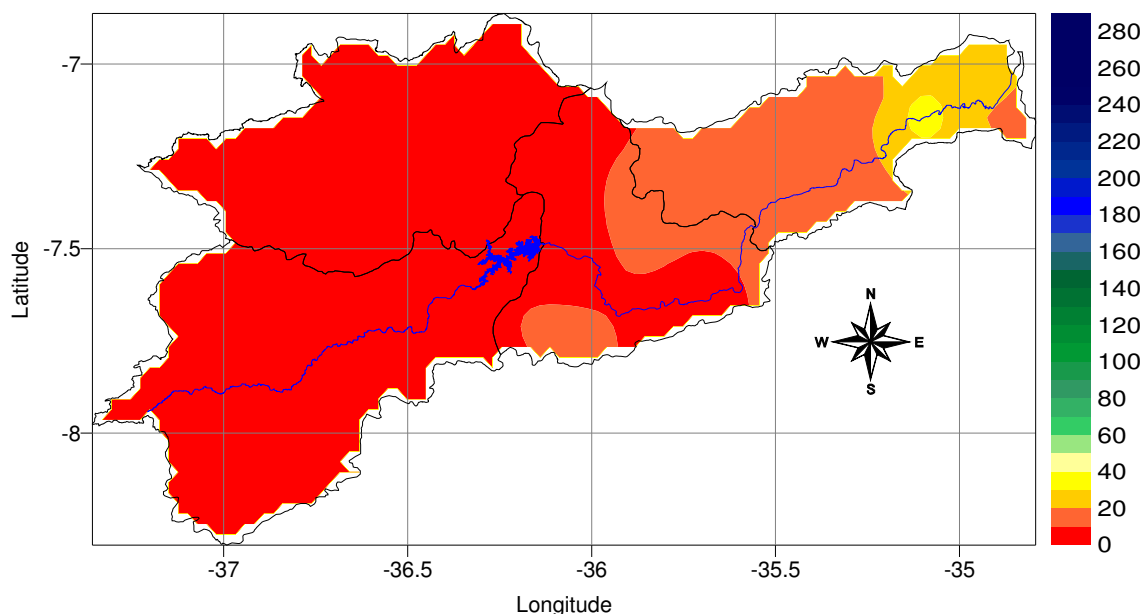


Figura 24 – Isoietas médias mensais da bacia do rio Paraíba para o mês de outubro.

Os meses de novembro e dezembro (Figuras 25 e 26) fecham o 3º quadrimestre e seguem a tendência do período mais seco do ano, com precipitações inferiores aos meses mais chuvosos da região. No entanto, as chuvas do início de verão favorecem o leste da bacia do rio Paraíba, por causa do contraste oceano-continente e nas regiões mais a oeste as chuvas ocorrem associadas aos resquícios das Frentes Frias oriundas da região sul em direção ao Nordeste do Brasil, SOUZA (2005).

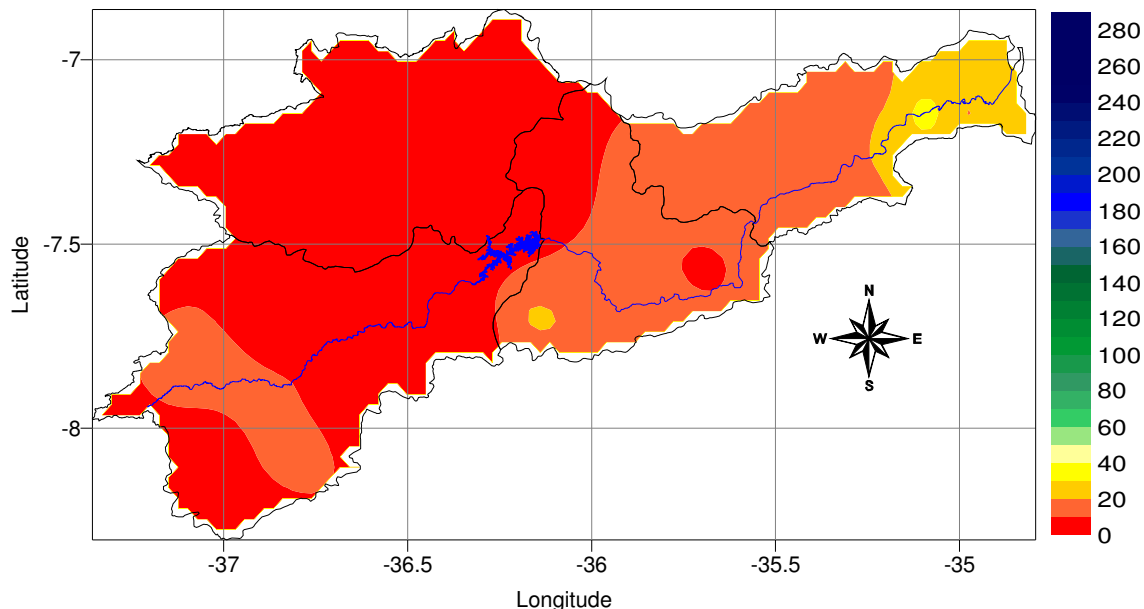


Figura 25 – Isoietas médias mensais da bacia do rio Paraíba para o mês de novembro.

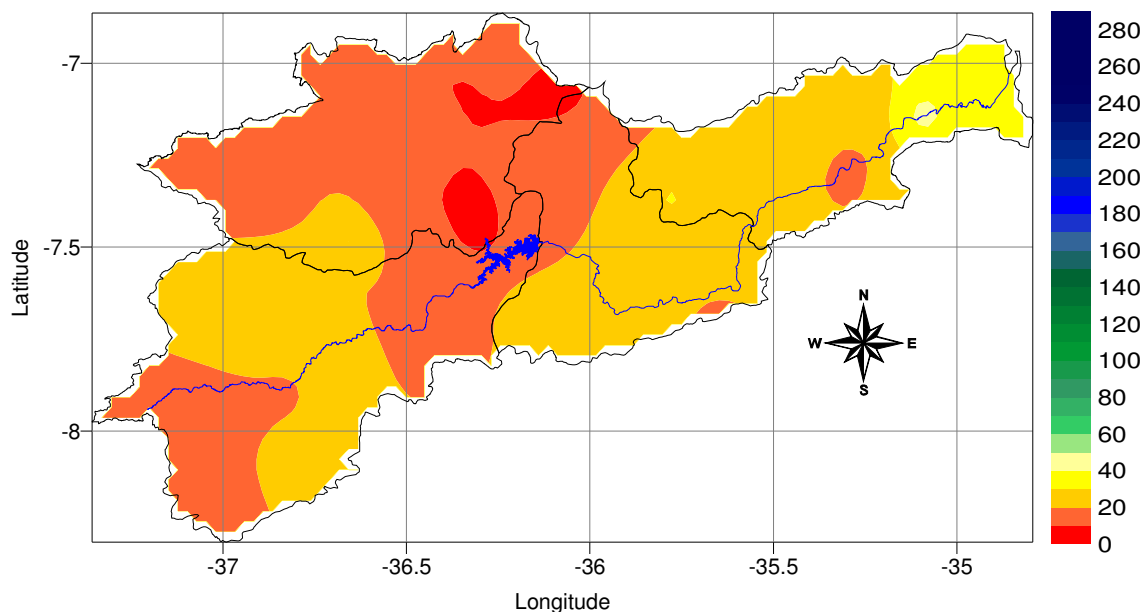


Figura 26 – Isoietas médias mensais da bacia do rio Paraíba para o mês de dezembro.

Diante destas análises, constatou-se que março foi o mês que mais contribuiu climatologicamente através da precipitação, com 16,2% da precipitação. Porém o mês de abril foi o mês que mais contribuiu com aporte hídrico do açude Epitácio Pessoa, responsável por 21% de precipitação, especialmente nas sub-bacias do Taperoá e Alto Paraíba, consideradas as regiões que mais favorecem ao armazenamento de água na região de estudo. Em contrapartida, os meses de setembro (2,6%) e outubro (1,2%) foram considerados os mais secos do período analisado, contribuindo com um déficit das reservas hídricas da bacia. Destaca-se também, a mudança no padrão da distribuição espacial da precipitação na bacia do rio Paraíba, na transição entre os meses de abril e

maio, apresentando uma redução das chuvas no setor oeste e aumento no setor leste da bacia, concordando com ARAÚJO (2006 e 2008) que verificou dois regimes distintos de precipitação nesta.

## *4.2. Índice de Anomalia de Chuva*

### *4.2.1 Variação Temporal do Índice de Anomalia de Chuva (IAC)*

O índice de Anomalia de Chuva (IAC) da bacia do rio Paraíba mostra grande variabilidade interanual das anomalias de chuvas, apresentando evidências de vários ciclos positivos e negativos no decorrer do tempo (Figura 27). Cabe ressaltar que até a década de 50 os valores positivos e negativos apresentaram alternância entre anos chuvosos e secos dentro do padrão. No entanto, a partir do início da década de 50 até o início dos anos 60, ocorreu uma modificação na variação da precipitação da bacia do rio Paraíba, mostrando claramente um “ponto de inflexão”, evidenciando uma possível variação climática no padrão da precipitação com anos cada vez mais extremos na região. Esse “ponto de inflexão” também foi observado em Da Silva et al. (2005), que encontraram um semelhante na vazão do rio Mundaú e por ARAÚJO et al. (2007) na precipitação da bacia do rio Paraíba.

Após esse período de modificação no padrão da precipitação da região, ocorre o inverso, no início da década de 60, valores positivos de IAC tornam-se mais comuns, ou seja, há ocorrência de mais anos úmidos. Destaca-se que essa década foi bem chuvosa para toda área da bacia. Logo após essas duas “janelas de variação climática” da precipitação na bacia do rio Paraíba, ou seja, dois períodos distintos, um bem seco e outro bem chuvoso, o padrão da precipitação volta a sua normalidade, com anos secos decorrentes de anos úmidos, ou vice e versa, mas com uma ressalva, os anos positivos passaram a ocorrer em menor número do que os anos mais secos, diferentemente do observado antes da década de 50, a qual tinha anos úmidos em maior quantidade do que secos. Desta forma, vale ressaltar que ocorreu uma modificação importante no padrão da precipitação média da bacia do rio Paraíba, ocorrendo mais períodos de anos secos do que chuvosos.

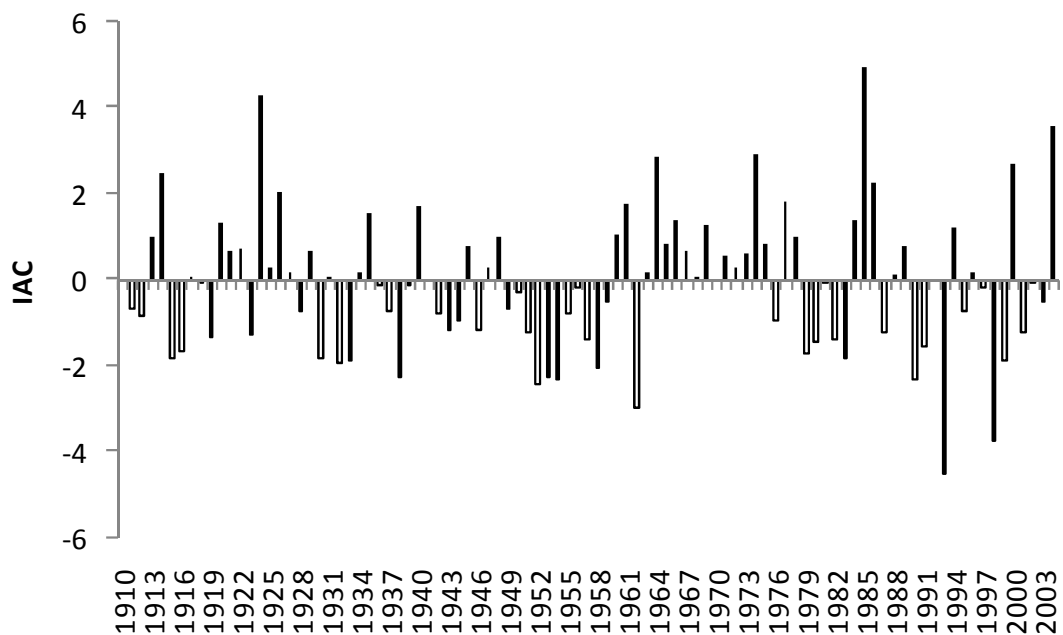


Figura 27 – Índice de Anomalia de Chuva da bacia do rio Paraíba.

Como visto anteriormente, a espacialização da precipitação na bacia do rio Paraíba é bem diferenciada quando analisada individualmente, ou seja, necessita-se analisar com maior rigor a área de estudo. Tendo em vista essa característica, decidiu-se avaliar a variabilidade temporal climatológica de cada sub-bacia da bacia do rio Paraíba nas Figuras 28 a 47.

A espacialização temporal da precipitação na sub-bacia do rio Taperoá (Figura 28) mostra que a média mensal da região é de aproximadamente 30 mm, e que o período chuvoso tem início no mês de fevereiro e termina no mês de maio, quadra mais chuvosa, com valores máximos de precipitação de 90 mm em média no mês de março. Valores mais baixos da precipitação encontram-se nos meses de agosto a dezembro, o qual caracteriza como período mais seco do ano, com valores de precipitação abaixo de 10 mm, em média, para o mês de setembro.

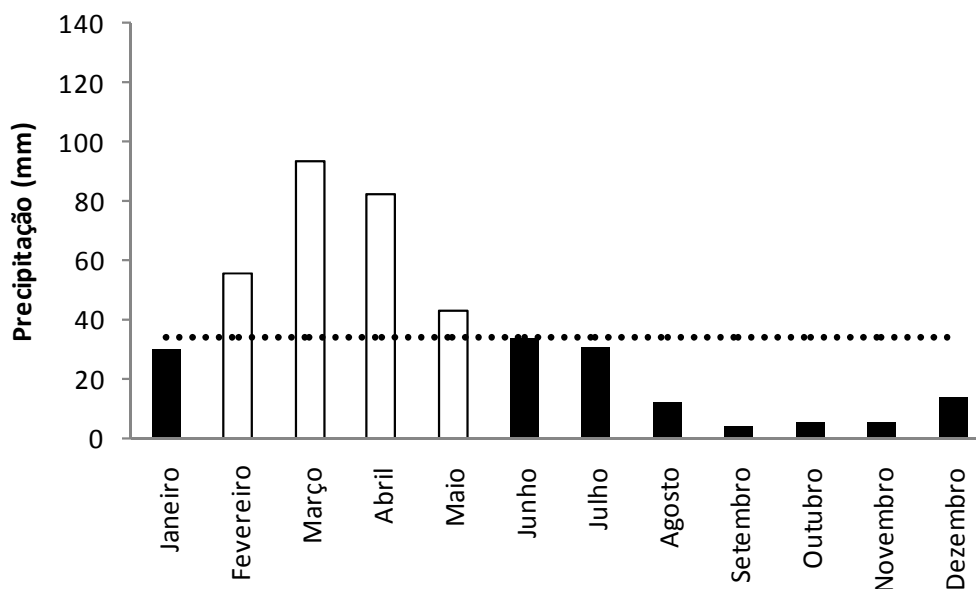


Figura 28 – Climatologia mensal da sub-bacia do Taperoá.

A Figura 29 mostra que o IAC da sub-bacia do rio Taperoá apresentou semelhança ao índice geral da bacia do rio Paraíba (Figura 27), com alternância nos valores positivos e negativos, com incidência de anos mais secos até o início da década de 50. Após esse período, também verificou um “ponto de inflexão”, o qual ocorre nos anos 50, com uma sequência de anos secos em toda área da sub-bacia do rio Taperoá.

Após esse período de modificação da precipitação na sub-bacia do rio Taperoá, ocorre o inverso, na década de 60, os valores positivos de IAC tornam-se mais comuns, destaca-se esse período como chuvoso para toda região. Ao término desta década, verifica-se a alternância de anos chuvosos seguidos por anos secos dentro do padrão, mas com maior incidência de extremos.

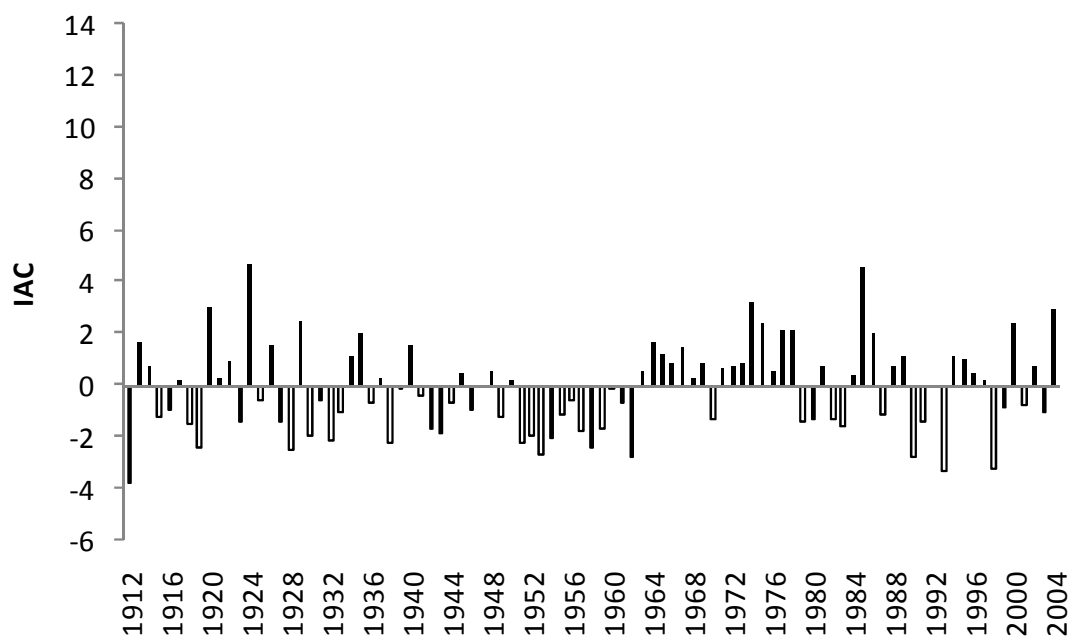


Figura 29 – IAC sub-bacia do Taperoá.

Para melhor avaliar a variabilidade temporal da precipitação e observar as diferenças entre as quadras chuvosas na sub-bacia do rio Taperoá, analisou-se anos específicos da série de IAC. Foram selecionados dois anos secos, 1987 que foi classificado como um ano com atuação de El Niño Moderado e 1990 com El Niño Forte e dois anos úmidos, 1984 com atuação de uma La Niña Fraca e 2004 com classificação de El Niño Fraco, classificação está estabelecida pelo CPTEC/INPE (2009).

A Figura 30 apresenta o IAC da sub-bacia do rio Taperoá para os anos de 1987 e 1990, anos os quais o IAC apresentou-se negativo. Ao longo desses anos, poucos meses apresentaram valores positivos de IAC, destacando-se o início da Quadra 1, com a menor variação entre os dois anos secos, com diferença para os meses de janeiro e março de 1987, que obtiveram valores positivos de IAC.

Esses anos secos, de acordo com Da Silva et al. (2005) estão associados ao posicionamento desfavorável dos Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCANS), associado a atuação do ano El Niño em 1987. O total de precipitação na quadra chuvosa desses anos foi de 247,8 mm em 1987 e de 78,7 mm em 1990, equivalendo a 81,8 % e 47,8 % do total anual, respectivamente.



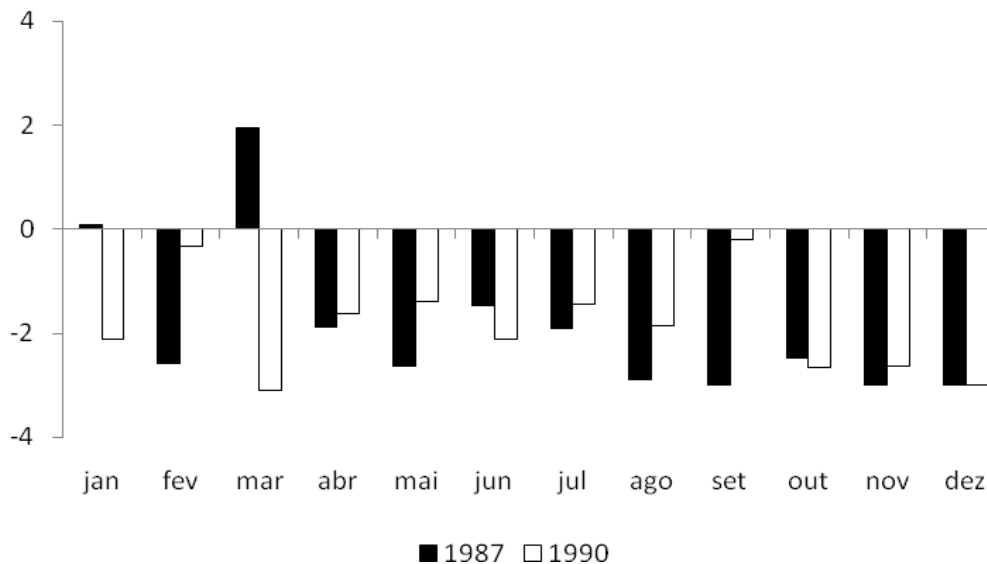


Figura 30 – IAC mensais de anos secos da sub-bacia do rio Taperoá.

A Figura 31 apresenta IAC mensal para os anos de 1984 e 2004, anos os quais o IAC anual apresentou-se positivo, ou seja, anos chuvosos. Percebe-se que nesses anos úmidos a contribuição da quadra chuvosa foi muito significativa, principalmente em 2004, considerado bastante chuvoso os meses de janeiro e fevereiro na região.

De acordo com Brito & Braga (2005), as fortes chuvas ocorridas no estado da Paraíba em 2004 foram as mais intensas dos últimos 50 anos, produzidas pela interação da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), pelas atividades convectivas oriundas do Vórtice Ciclônico de Altos Níveis (VCANS) e pela Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). E 1984 foi considerado um ano chuvoso por causa da atuação de uma La Niña fraca que durou todo o ano (CPTEC/INPE, 2009), favorecendo a precipitação na Quadra 2.

A quadra chuvosa nos anos de 1984 e 2004 contribuiu com 358,8 mm e 162,7 mm, respectivamente, o que equivale a 79,8 % do total anual do primeiro ano e 22 % do total anual do segundo ano citado anteriormente.

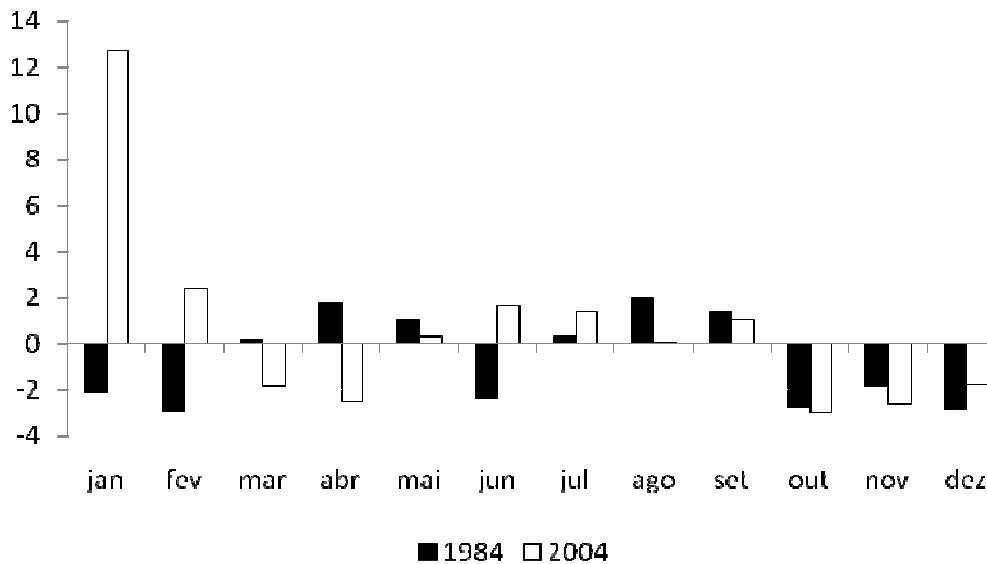


Figura 31 – IAC mensais de anos úmidos da sub-bacia do rio Taperoá.

A Figura 32 representa a distribuição espacial do IAC mensal em relação aos anos de ocorrência de El Niño e La Niña observados no período de 1930 a 2004. De maneira geral, verifica-se um padrão de normalidade com alternância de anos com IAC positivos e negativos até o início da década de 50, destacando-se os meses de fevereiro a maio como os mais chuvosos na distribuição espacial da precipitação na sub-bacia do rio Taperoá. Entre as décadas de 50 e 60 observou-se duas “janelas de variação climática” distintas, a primeira considerada seca a extremamente seca, podendo estar associada a atuação de dois episódios de El Niño moderados e dois fortes; e a segunda úmida a extremamente úmida com atuação de dois El Niños moderados e dois fracos, evidenciando que um evento de El Niño, mesmo sendo considerado forte, não implica necessariamente que um determinado ano seja seco, pois há outros fatores que contribuem para determinação de anos chuvosos, como exemplo, a influência dos dipolo do Atlântico. É digno de nota que as décadas de 50 e 60 ilustram uma mudança no padrão da precipitação da região, cuja variação torna-se mais anômala, com incidência de anos extremamente úmidos a extremamente secos.

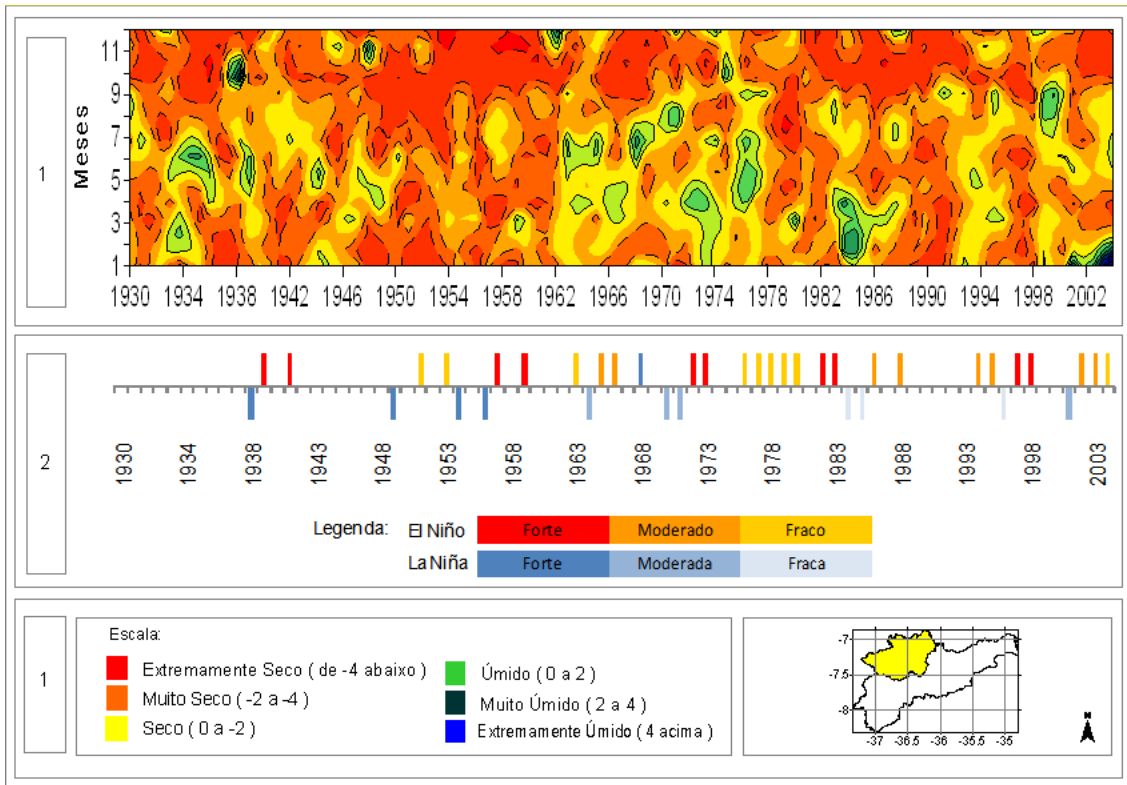


Figura 32 – IAC mensal da sub-bacia do rio Taperoá em relação ao El Niño e La Niña.

Continuando a análise da espacialização temporal da precipitação, evidencia-se neste momento a sub-bacia do Alto Paraíba que se caracteriza semelhantemente com a sub-bacia anteriormente citada.

A Figura 33 mostra a variação da precipitação mensal do Alto Paraíba, cuja quadra chuvosa se estende entre os meses de fevereiro a maio, com média mensal em torno de 40 mm, apresentando valores máximos de precipitação acima de 114 mm em média, no mês de março, o qual é mais eficiente em termos de precipitação por causa da atuação da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) que atinge seu máximo neste mês, de acordo com a Figura 28. Ressalta-se que este mês devido intensa precipitação é o mais importante para o aporte hídrico dos mananciais nas regiões da sub-bacia do rio Taperoá e Alto Paraíba.

Os menores valores de precipitação são encontrados nos meses de agosto a dezembro, caracterizando como o período mais seco do ano, com valores de precipitação abaixo de 10 mm em média para o mês de setembro, mês mais seco para toda região da sub-bacia do rio Taperoá e Alto Paraíba.

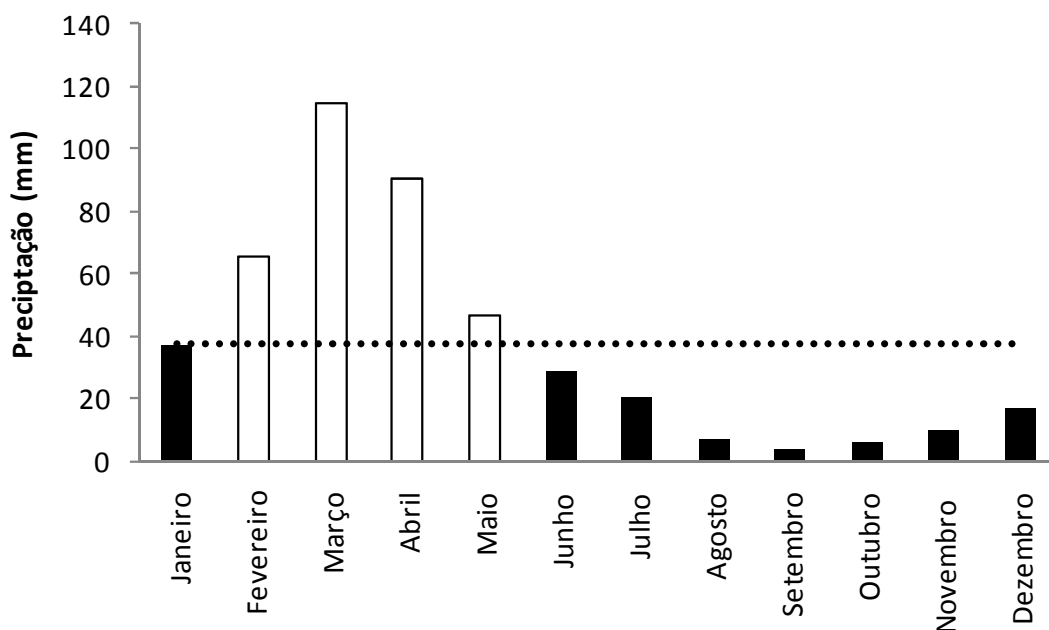


Figura 33 – Climatologia mensal da sub-bacia do Alto Paraíba.

O IAC da sub bacia do Alto Paraíba está representado na Figura 34, a qual ocorre alternância de anos secos e úmidos, com maior quantidade de anos secos até o início da década de 50, similar ao observado na sub-bacia do rio Taperoá. Após esse período ocorre a modificação no padrão da precipitação (ponto de inflexão), com anos secos consecutivos em todo o período até o final da década 50.

Nos meados da década de 60 esse padrão modifica, com atuação de anos úmidos consecutivos durante todo o período, diferente da década passada. No início dos anos 80, os valores voltam a sua normalidade com a mesma alternância vista antes da década de 50, ou seja, a variabilidade climática a qual a sub-bacia do Alto Paraíba estava submetida, voltando a normalidade, mas com maior ocorrência de anos extremos para toda região.

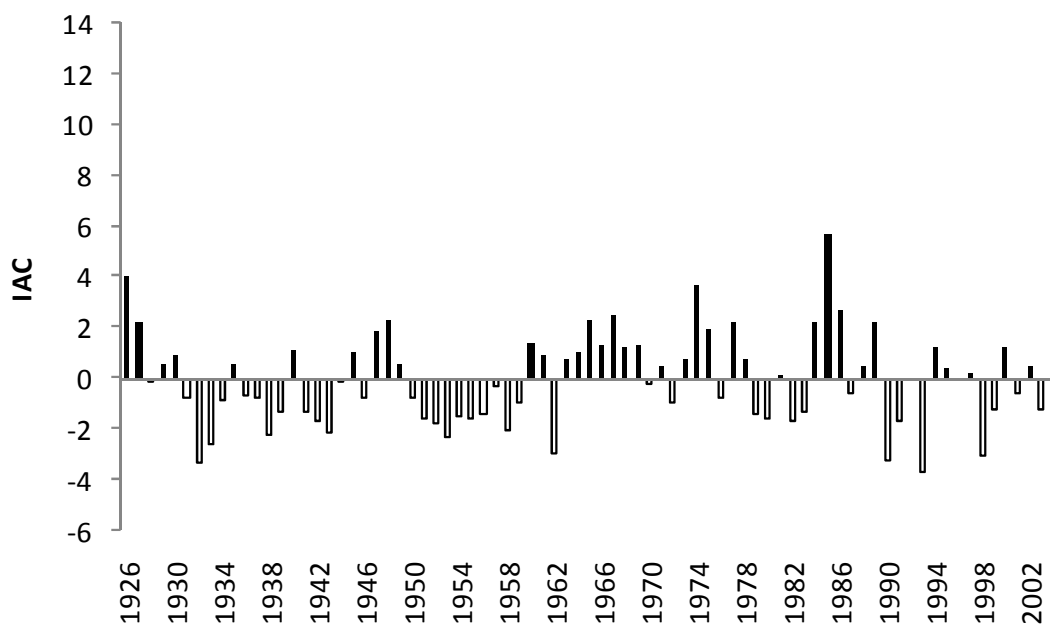


Figura 34 – IAC da sub-bacia do Alto Paraíba.

A Figura 35 mostra a variabilidade dos anos secos de 1987 e 1990 para a sub-bacia do Alto Paraíba, os quais apresentaram IAC negativos para todos os meses, com exceção de março de 1987, cujo IAC foi positivo, ou seja, um mês chuvoso dentro de um ano seco.

A precipitação total da quadra chuvosa desses anos foi de 284 mm em 1987 e de 52,4 mm em 1990, equivalendo a 72,8 % e 40,3 % do total anual, respectivamente.

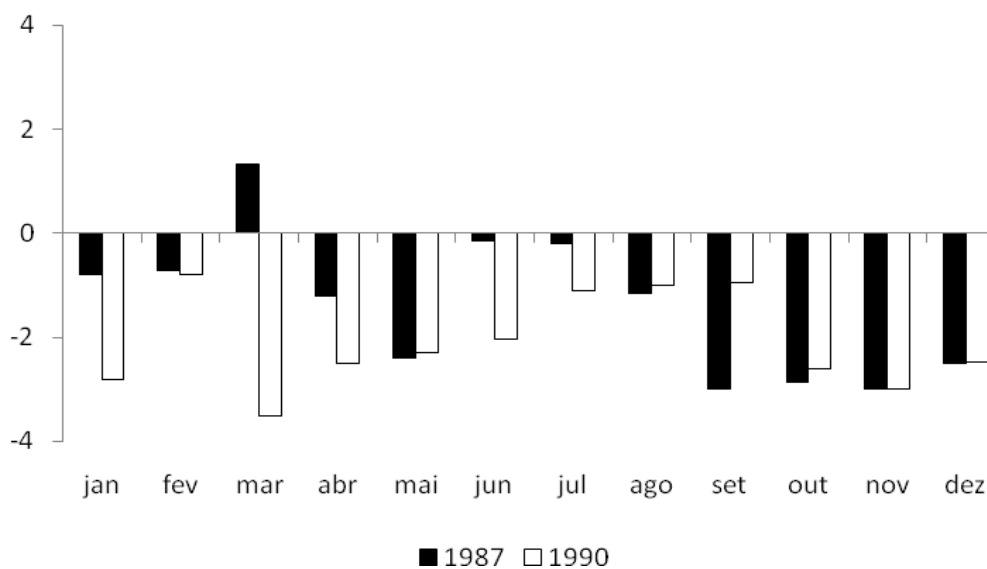


Figura 35 – IAC mensais de anos secos da sub-bacia do Alto Paraíba.

O IAC mensal dos anos úmidos de 1984 e 2004 (Figura 36) da sub-bacia do Alto Paraíba apresentou valores positivos na quadra chuvosa em sua maioria do ano de 1984, e negativos em sua maioria no ano de 2004. Evidencia-se que os sistemas que geraram intensa precipitação no ano de 2004 na região ocorreram apenas no início do ano, como citado por Brito & Braga (2004), favorecendo uma quadra chuvosa abaixo da média histórica da sub-bacia do Alto Paraíba, mas com valores superiores nos meses de janeiro e fevereiro do mesmo ano.

Outro ponto importante é que a quadra mais seca iniciou-se com uma variação em 1987 nos seus primeiro dois meses, com valores positivos de IAC, logo após valores negativos, e para 2004 o padrão seguiu a normalidade, de uma quadra seca com todos os meses com valores negativos de IAC. Desta forma, a quadra chuvosa contribuiu com 514,5 mm para o ano de 1984 e 178,9 mm para o ano de 2004, que representa 74,9 % e 25,2 %, respectivamente.

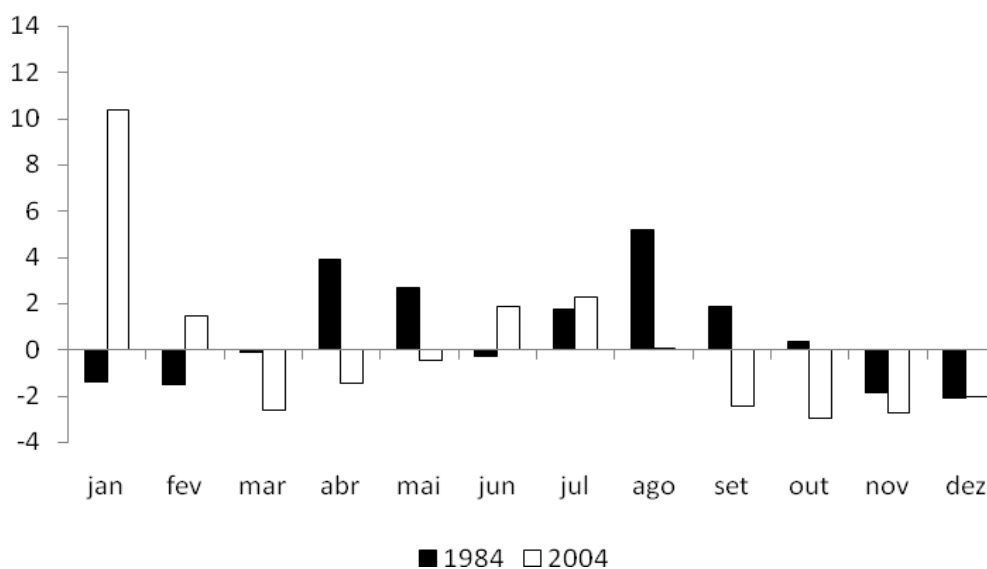


Figura 36 – IAC mensais de anos úmidos da sub-bacia do Alto Paraíba.

A distribuição espacial do IAC mensal da sub-bacia do Alto Paraíba em relação aos anos de ocorrência de El Niño e La Niña, observados no período de 1930 a 2004, está demonstrada na Figura 37. Observou-se, de forma geral, um padrão de normalidade com anos de IAC positivos e negativos até o início da década de 50. As “janelas de variação climática” distintas, também foram verificadas com o mesmo grau de atuação na análise da sub-bacia do rio Taperoá, similarmente identificou-se uma intensificação dos extremos.

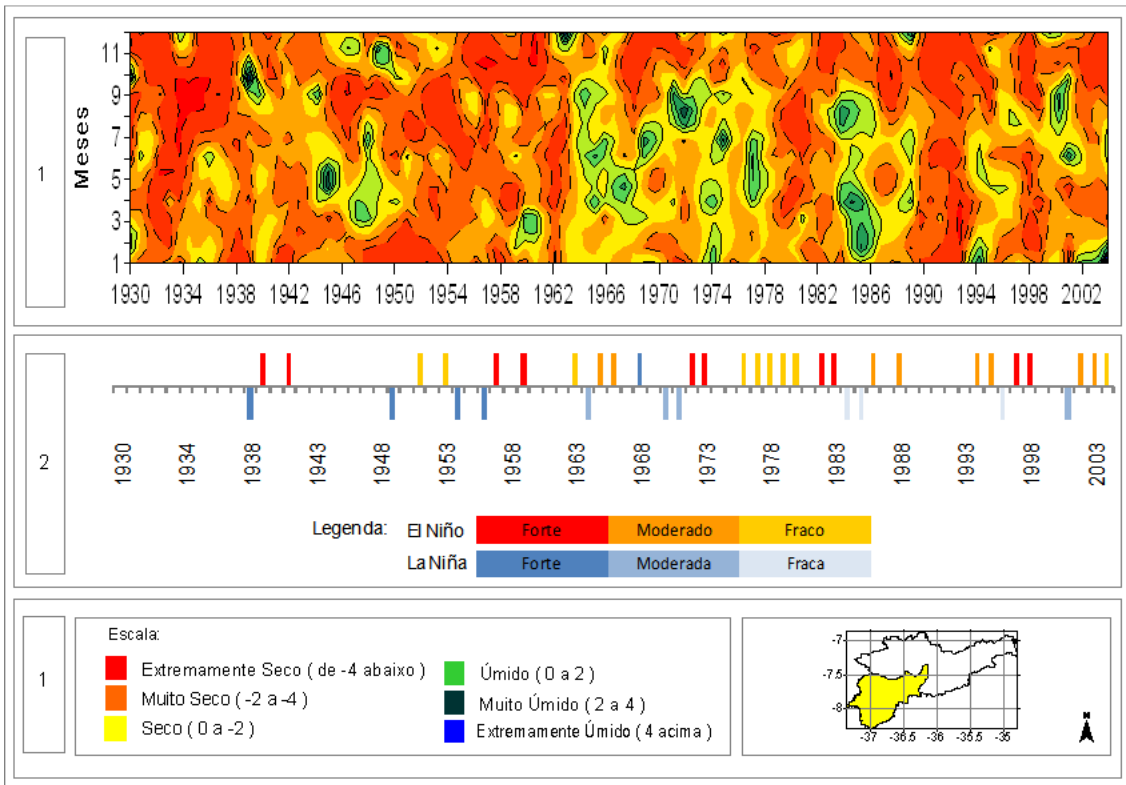


Figura 37 – IAC mensal da sub-bacia do Alto Paraíba em relação ao El Niño e La Niña.

A Figura 38 mostra a evolução temporal da precipitação da sub-bacia do Médio Paraíba com média mensal em torno de 50 mm, e período chuvoso entre os meses de março a julho, diferentemente das sub-bacias citadas anteriormente, que tem seu período chuvoso de fevereiro a maio. A quadra chuvosa da região é bem definida em todos os meses que a compõem, apresentando, em média, valores acima de 70 mm, e seus menores valores nos meses de setembro a dezembro, abaixo de 20 mm.

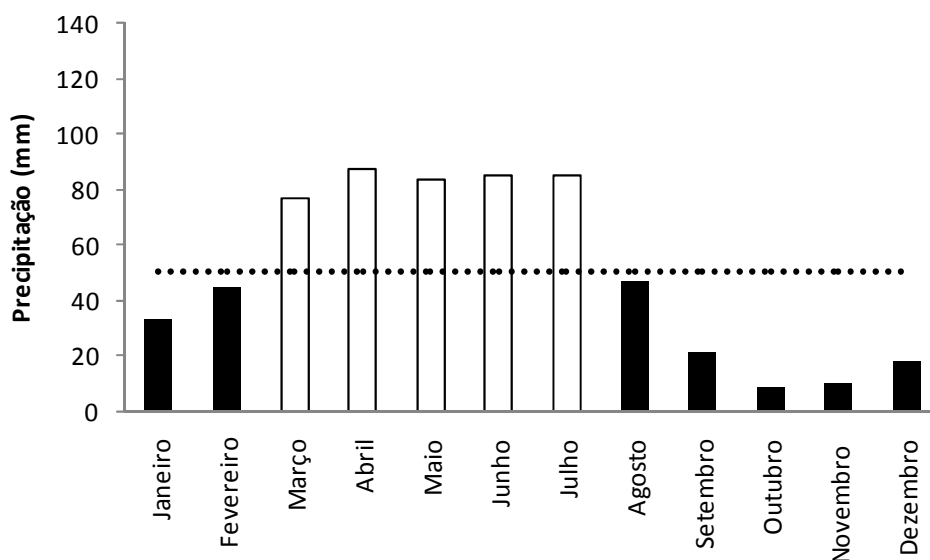


Figura 38 – Climatologia mensal da sub-bacia do Médio Paraíba.

O IAC da sub-bacia do Médio Paraíba (Figura 39) apresenta a mesma variação de anos secos e úmidos até o início da década de 50, como visto nas sub-bacias do rio Taperoá e Alto Paraíba. Essa semelhança também ocorre com o surgimento do “ponto de inflexão” na década de 50, mostrando que o período foi demasiadamente seco para a sub-bacia do Médio Paraíba.

O diferencial do Médio Paraíba é que logo após a modificação do padrão da precipitação na década de 50, volta a normalidade, sem a ocorrência de um grande período úmido observados nas sub-bacias já citadas, com alternância de anos secos e úmidos como visto anteriormente da modificação do padrão.

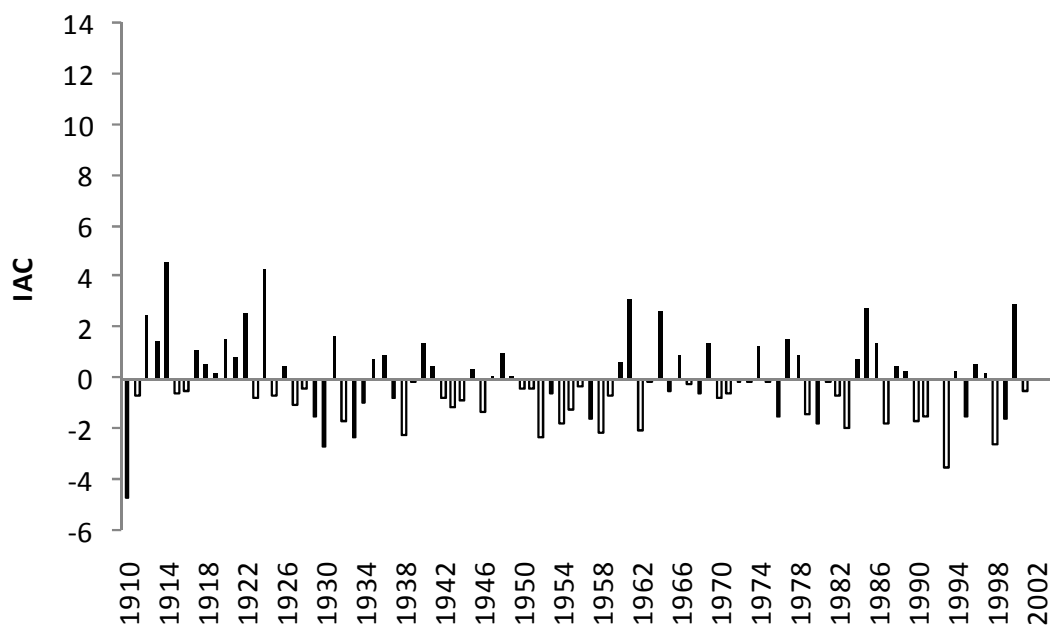


Figura 39 – IAC sub-bacia do Médio Paraíba.

Os anos secos de 1987 e 1990 para a sub-bacia do Médio Paraíba (Figura 40) mostram IACs negativos na maioria dos meses dos anos, exceto nos meses de março e abril de 1987, que dentro da estação chuvosa de um ano seco, obtiveram valores positivos de IAC, assim como nos meses de junho a agosto de 1990.

A quadra chuvosa apresentou totais pluviométricos de 291,6 mm em 1987 e de 226,5 mm em 1990, equivalendo a 70,8 % e 54,2 % do total anual, respectivamente.



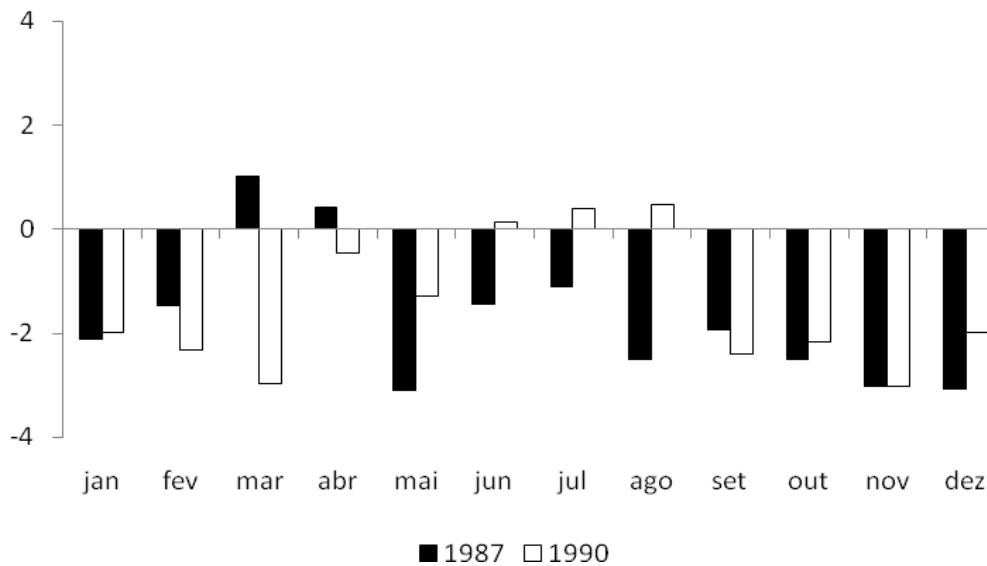


Figura 40 – IAC mensais de anos secos da sub-bacia do Médio Paraíba.

Para os anos úmidos de 1984 e 2004 da sub-bacia do Médio Paraíba (Figura 41), observou-se valores positivos na quadra chuvosa nos meses de abril, maio e julho de 1984, e nos meses de maio a julho de 2004. Salienta-se que essa região apresentou meses mais úmidos em relação às demais regiões, o qual está associada atuação de sistemas meteorológicos oriundos do oceano Atlântico, como os Distúrbios de Leste (DL), que atuam principalmente entre os meses de maio a julho (SOUZA, 2001).

A quadra chuvosa representou 411,8 mm para o ano de 1984 e 377,9 mm para o ano de 2004, equivalente a 58 % e 37,2 % respectivamente.

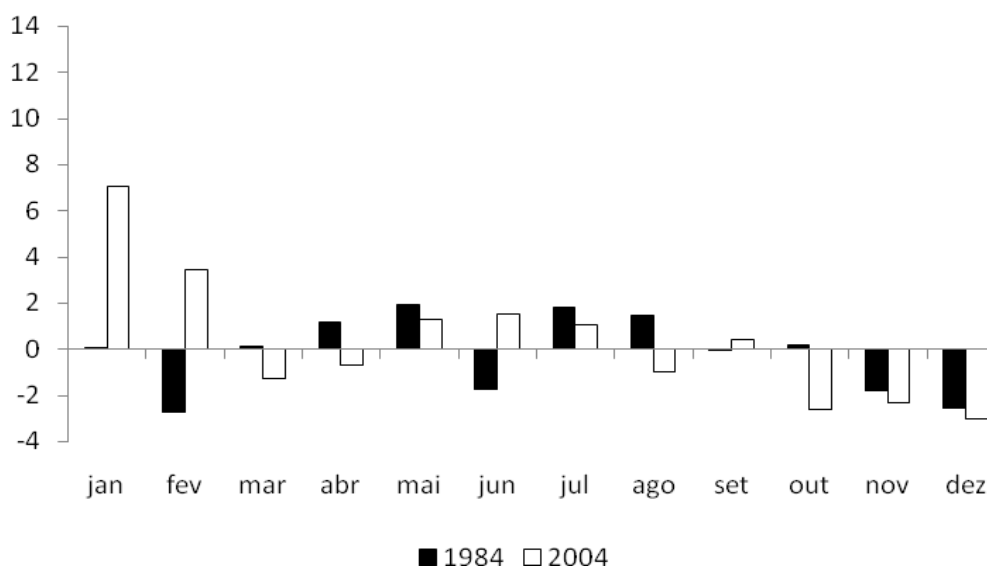


Figura 41 – IAC mensais de anos úmidos da sub-bacia do Médio Paraíba.

A Figura 42 representa a distribuição espacial do IAC mensal em relação aos anos de ocorrência de El Niño e La Niña, observados no período de 1930 a 2004, sub-bacia do Médio Paraíba. Constatou-se o mesmo padrão de normalidade até o início da década de 50, em relação às sub-bacias analisadas anteriormente, com anos de IAC positivos e negativos alternando em si. A década de 50 consolidou-se como extremamente seca a seca, enquanto a década de 60 apresentou-se dentro da normalidade, diferentemente das sub-bacias estudadas, que apresentaram neste período anos extremamente chuvosos a chuvosos.

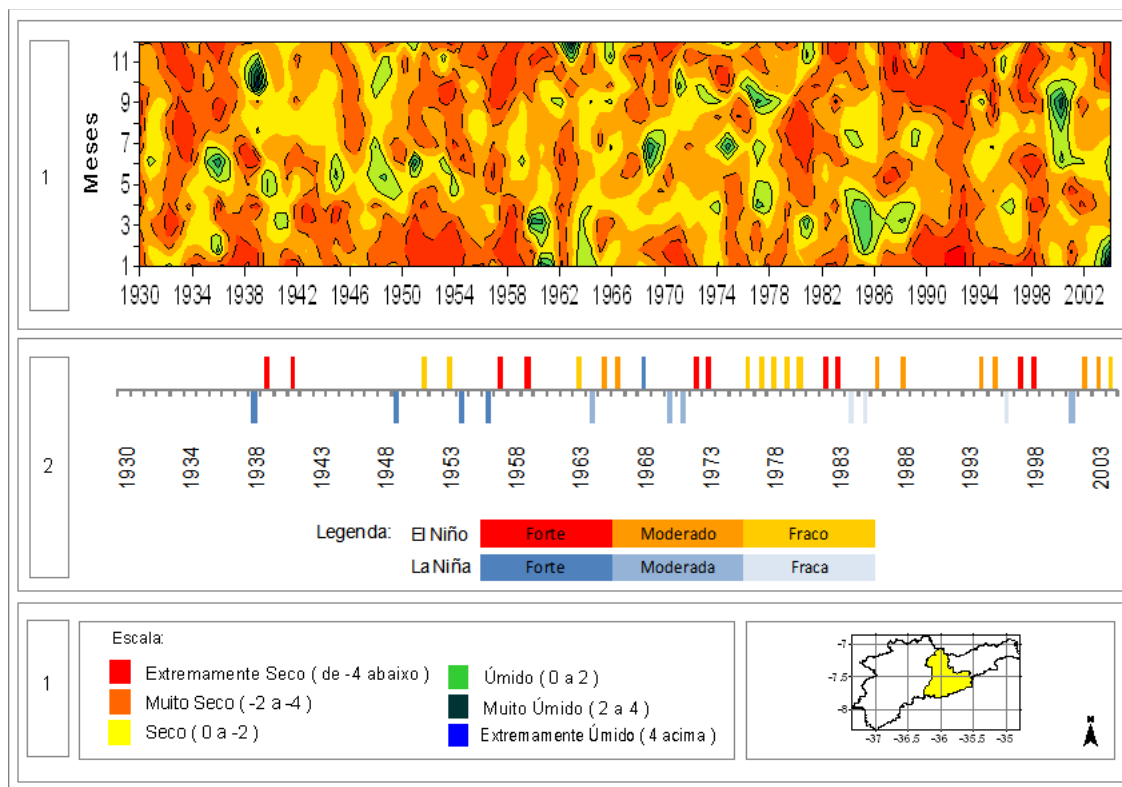


Figura 42 – IAC mensal da sub-bacia do Médio Paraíba em relação ao El Niño e La Niña.

A climatologia mensal da sub-bacia do Baixo Paraíba (Figura 43) mostra que a quadra chuvosa compreende os meses de março a julho, semelhante à sub-bacia do Médio Paraíba. Ressalta-se que o padrão climático de precipitação das sub-bacias do Médio e Baixo Paraíba são idênticos, com a atuação dos mesmos sistemas meteorológicos responsáveis pelas chuvas na região.

A sub-bacia do Baixo Paraíba tem média mensal de 70 mm, com valores máximos em toda estação chuvosa acima de 100 mm, demonstrando a influência das Ondas de Leste e sistemas de brisa, associados ao contraste térmico entre o continente e oceano. A quadra mais seca da região se estende de setembro a dezembro, com o mês mais seco, outubro, com valor em torno de 20 mm.

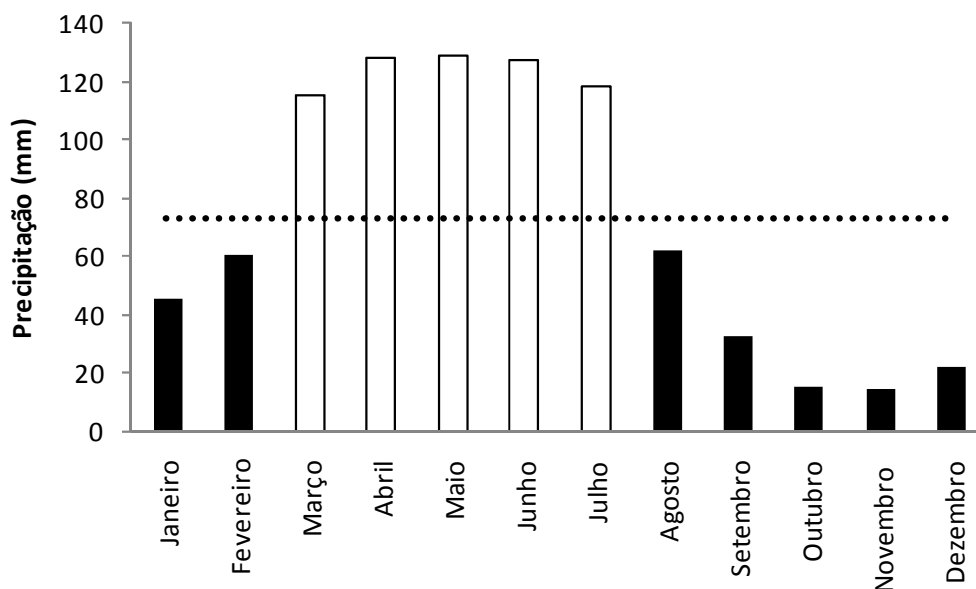


Figura 43 – Climatologia temporal mensal da sub-bacia do Baixo Paraíba.

O IAC da sub-bacia do Baixo Paraíba (Figura 44) apresentou grande variabilidade interanual, sem definição do “ponto de inflexão”, mostrando que a variabilidade temporal climática é bem mais intensa do que as demais sub-bacias, podendo estar relacionado à proximidade do continente ao oceano, ou seja, aos contrastes térmicos, contribuindo para o aumento da umidade do oceano em direção ao continente, favorecendo ao aumento da formação de nuvens, e conseqüentemente de chuvas na região.

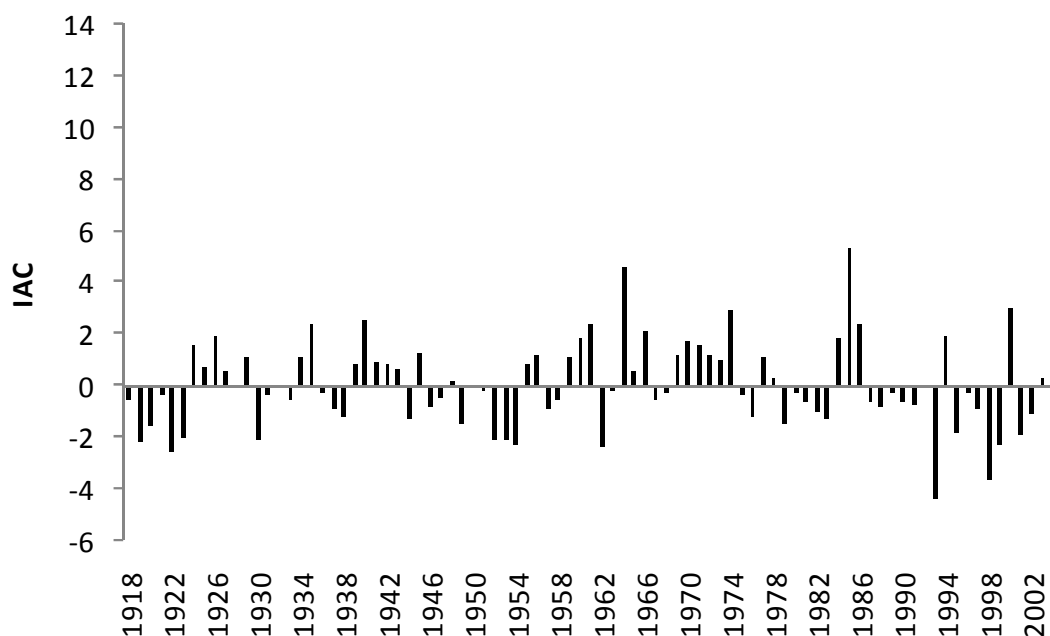


Figura 44 – IAC sub-bacia do Baixo Paraíba.

Os anos secos de 1987 e 1990 da sub-bacia do Baixo Paraíba (Figura 45) mostraram grande variabilidade temporal dentro da estação chuvosa (março a julho), sendo os meses de março, abril e junho de 1987 e os meses de março e julho de 1990 os que apresentaram IAC positivos.

A quadra chuvosa apresentou totais pluviométricos de 516,6 mm em 1987 e de 379,9 mm em 1990, equivalendo a 66 % e 48,8 % do total anual, respectivamente.

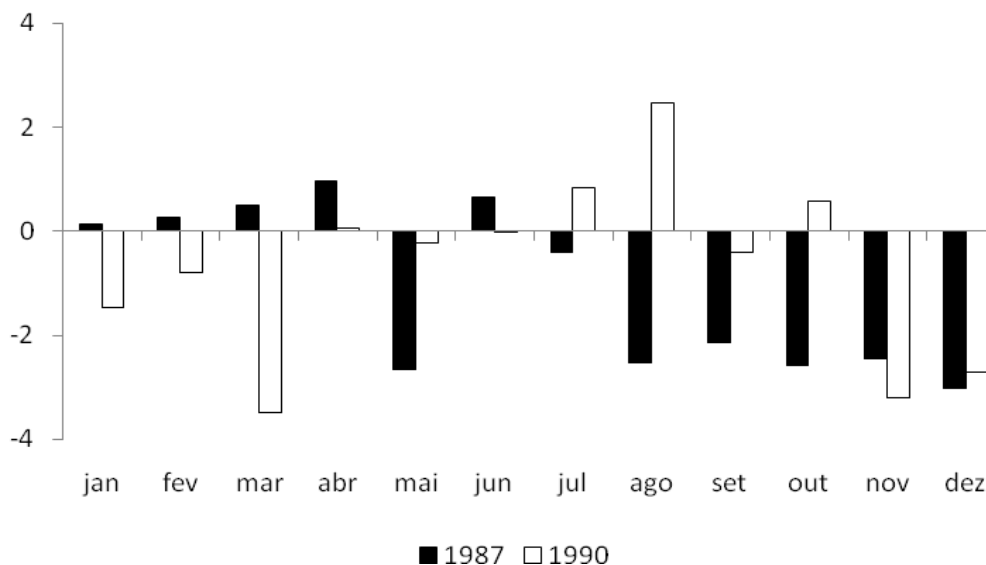


Figura 45 – IAC mensais de anos secos da sub-bacia do Baixo Paraíba.

Os anos úmidos de 1984 e 2004 da sub-bacia do Baixo Paraíba estão representados na Figura 46, evidenciando um padrão indefinido em relação à estação chuvosa, ou seja, com ocorrência de chuvas ao longo do ano. Os meses dentro da estação chuvosa que apresentaram IAC positivo foram os meses de abril, maio e julho de 1984 e para o ano de 2004 o período de maio a julho.

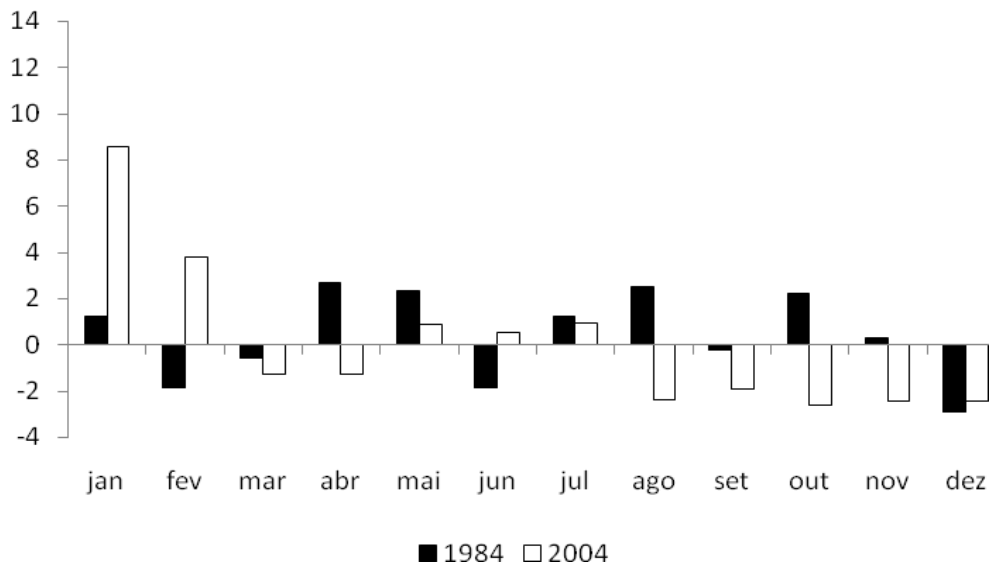


Figura 46 – IAC mensais de anos úmidos da sub-bacia do Baixo Paraíba.

A Figura 47 representa a distribuição espacial do IAC mensal em relação aos anos de ocorrência de El Niño e La Nina, observados no período de 1930 a 2004, na sub-bacia do Baixo Paraíba. Constatou-se grande variabilidade interanual das chuvas, com alternância de anos com IAC positivos e negativos durante todo o período estudado, evidenciando um padrão indefinido no comportamento mensal do índice. A exceção para a década de 90, indicando a atuação de dois episódios intensos do fenômeno EL Nino, comprometendo as reservas de água da região, especialmente nos anos de 1993 e 1997/1998, anos estes com intensidade forte do El Niño. Cabe lembrar, que não se detectou as janelas de variação climática observadas nas sub-bacias anteriormente citadas.

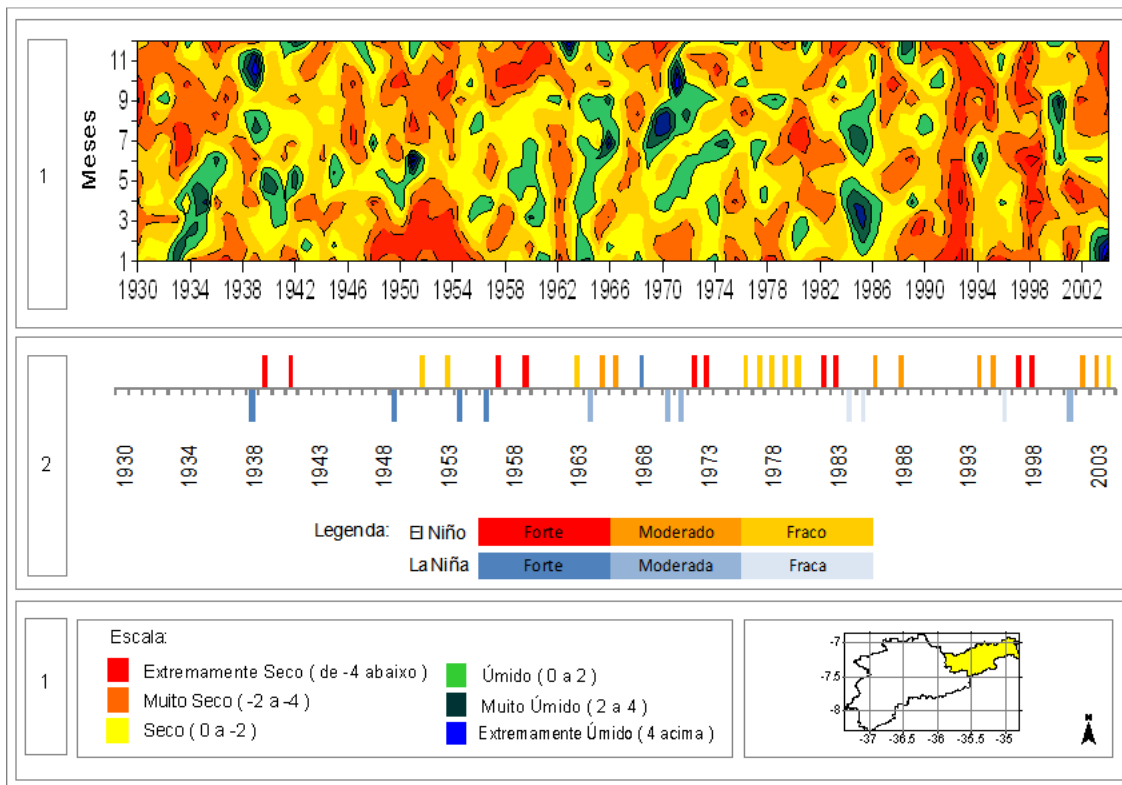


Figura 47 - IAC mensal da sub-bacia do Baixo Paraíba em relação ao El Niño e La Niña.

A Figura 48 representa a evolução temporal do vertedouro do açude Epitácio Pessoa, no período de 1957 a 2009, em relação aos anos de El Niño e La Niña. Durante o período analisado, observa-se claramente que o referido açude sangrou 11 vezes, das quais o ano de 1981 foi classificado como neutro; 1984, 1985 e 2006 com atuação de La Niña fraca; 1989 e 2008 como La Niña Forte. Por outro lado, verificou-se a atuação de El Niño fraco nos anos de 1978, 2004, 2005 e 2009, e moderado em 1986, mostrando que um evento de El Niño ou La Niña não implica dizer que determinado ano, seja necessariamente seco ou chuvoso, ou seja, não influencia diretamente no aporte hídrico dos mananciais da bacia do rio Paraíba, principalmente no açude Epitácio Pessoa.

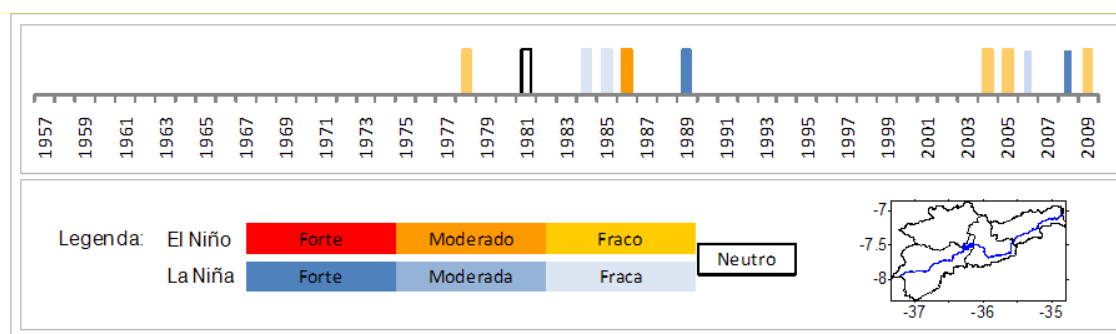


Figura 48 – Vertedouro do açude Epitácio Pessoa em relação aos anos de El Niño e La Niña.

Finalmente, percebeu-se que há dois regimes distintos de precipitação na bacia do rio Paraíba, o primeiro envolvendo as sub-bacias do Taperoá e Alto Paraíba e o segundo o Médio e Baixo Paraíba. As sub-bacias do Taperoá e Alto Paraíba são essenciais ao aporte hídrico dos mananciais da área de estudo. De acordo com os valores de IAC, constatou-se que as sub-bacias do Taperoá, Alto e Médio Paraíba apresentaram modificação no padrão da precipitação a partir da década de 50, evidenciando uma sequência de anos secos seguidos de anos úmidos, e maior incidência de extremos climáticos observados a partir desta janela climática, com exceção do Baixo Paraíba que apresentou um padrão indefinido da precipitação. É digno de nota que os fenômenos El Niño e La Niña não estão relacionados diretamente com a ocorrência de anos secos e chuvosos, e nem tão pouco se o açude Epiácio Pessoa atingirá sua capacidade de armazenamento máxima.

#### *4.2.2 Variação Espacial do Índice de Anomalia de Chuva (IAC)*

Com a espacialização temporal do IAC já analisada, faz-se necessário verificar a variabilidade espacial deste índice na área da bacia hidrográfica do rio Paraíba. Essa espacialização segue a classificação de intensidade do IAC estabelecida na Tabela 6. Assim, a partir do cálculo do IAC, determinou-se para análise os anos de 1987 e 1990 como secos, e 1984 e 2004 como úmidos.

O ano seco de 1987 está representado na Figura 49. De maneira geral, a classificação do ano como Seco foi evidente em toda região da bacia, com exceção do extremo oeste da sub-bacia do rio Taperoá e norte do Baixo Paraíba que apresentaram núcleos isolados de IAC positivos, ou seja, Úmidos. Destaca-se o sudeste da sub-bacia do Alto Paraíba e leste do Baixo Paraíba que foram classificados como Muito Seco. Tal classificação foi atribuída à atuação de um sistema de grande escala, o moderado El Niño ocorrido neste ano (Da Silva, 2008), que foi responsável por estes valores de IAC negativos. Ressalta-se que este fenômeno climático associado à atuação desfavorável de sistemas meteorológicos de tempo contribuíram para uma redução dos índices de precipitação.

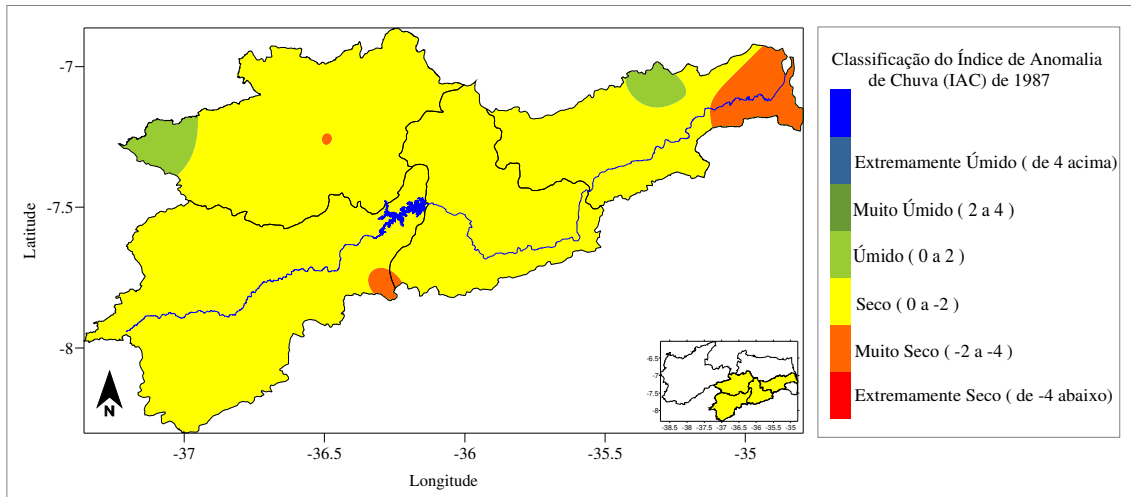


Figura 49 – Classificação do Índice de Anomalia de Chuva da bacia hidrográfica do rio Paraíba para o ano de 1987.

A Figura 50 mostra o ano de 1990, que similarmente ao ano de 1987 foi seco, mas com maior intensidade em suas classificações espaciais do IAC. As sub-bacias do rio Taperoá e Alto Paraíba foram classificadas na categoria Muito Seco, com exceção de núcleos isolados no oeste do Alto Paraíba, e noroeste do Taperoá, além de um núcleo Seco localizado próximo ao açude Epitácio Pessoa. As demais sub-bacias foram classificadas como Seco, com exceção do oeste e leste destas sub-bacias classificadas como Muito Seco e apenas um núcleo a oeste no Baixo Paraíba apresentou-se Úmido. Evidencia-se desta forma que o ano de 1990 foi um ano Muito Seco, por causa da atuação de um El Niño forte que teve início entre os anos de 1990 e 1993 (CPTEC/INPE, 2009), causando pouca precipitação na região de estudo.

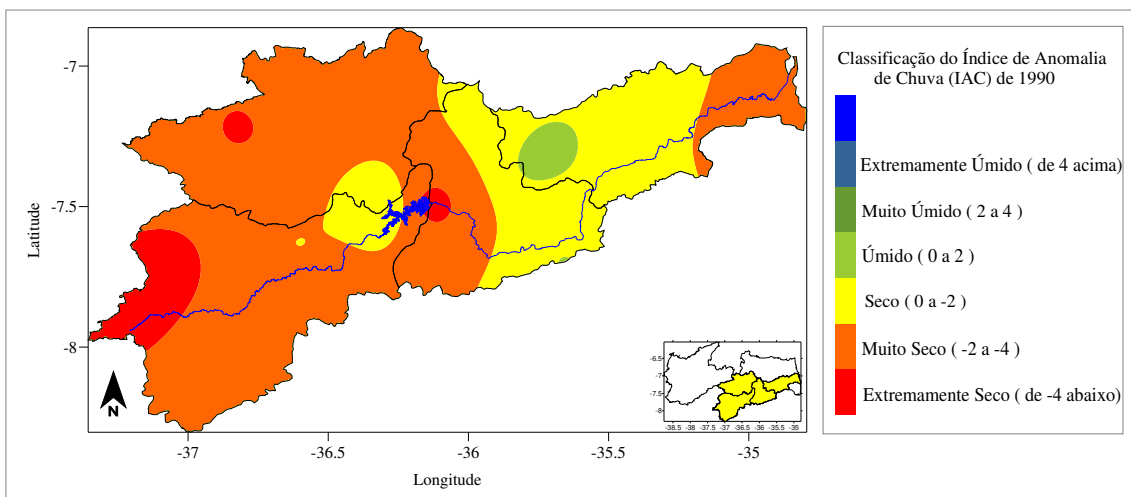


Figura 50 – Classificação do Índice de Anomalia de Chuva da bacia hidrográfica do rio Paraíba para o ano de 1990.



Como um dos representantes de ano úmido (Figura 51), o ano de 1984 mostra que foi um ano Chuvoso em toda região da bacia hidrográfica do rio Paraíba, com exceção no sudoeste da região da sub-bacia do rio Paraíba, centro-norte da sub-bacia do Alto Paraíba e com classificação de Muito Chuvoso no oeste da mesma. Esses valores positivos de IAC são oriundos da precipitação favorecida pela atuação de uma La Niña fraca na região.

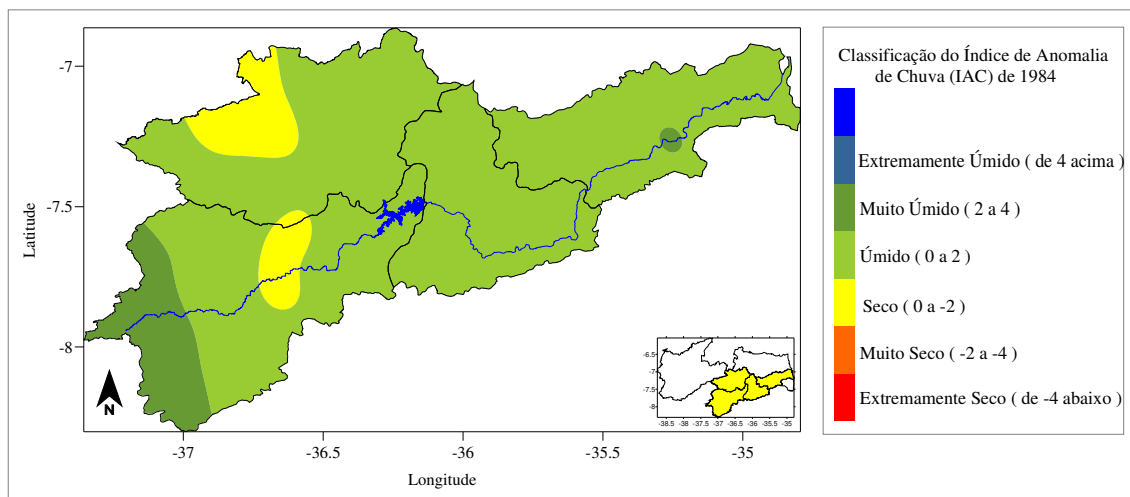


Figura 51 – Classificação do Índice de Anomalia de Chuva da bacia hidrográfica do rio Paraíba para o ano de 1984.

De maneira geral, o ano de 2004 (Figura 52) na bacia hidrográfica do rio Paraíba foi classificado dentro da categoria Úmido a Muito Úmido, apresentando na sua parte central, próximo ao açude Epitácio Pessoa, um núcleo com IAC Extremamente Úmido. Cabe ressaltar que este ano considerado chuvoso, esteve associado às chuvas intensas registradas nos meses de janeiro e fevereiro (Figuras 31, 36, 41 e 46) por causa da atuação da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), dos Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN) e resquícios das Frentes Frias (BRITO & BRAGA, 2005; ARAÚJO, 2008; e SOUZA & LACERDA, 2005).

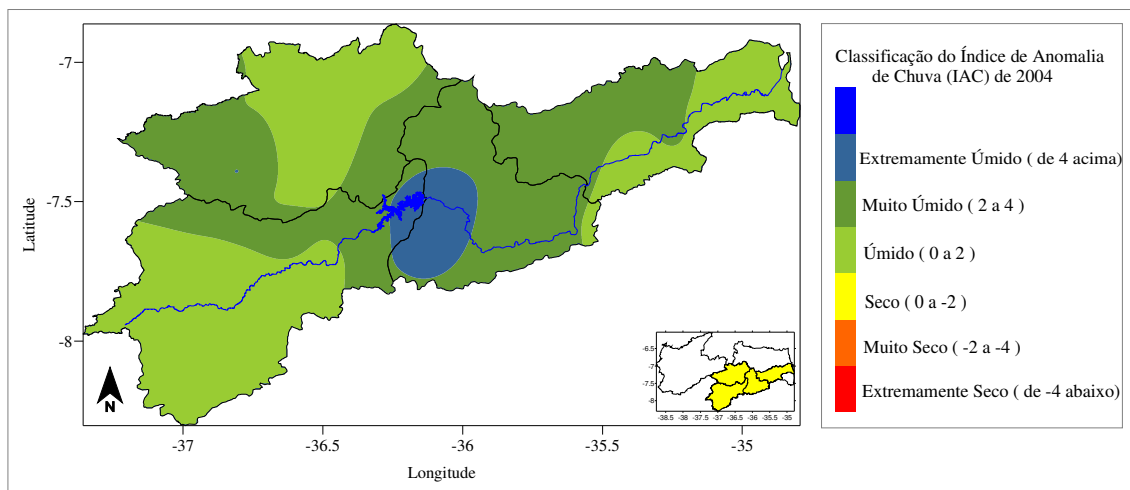


Figura 52 – Classificação do Índice de Anomalia de Chuva da bacia hidrográfica do rio Paraíba para o ano de 2004.

Finalmente, constatou-se que os anos secos realmente não favorecem ao aporte hídrico na bacia do rio Paraíba, principalmente no açude Epitácio Pessoa, devido às poucas chuvas ocorridas na região das sub-bacias do Taperoá e Alto Paraíba. Em contrapartida, os anos úmidos associados à atuação favorável de sistemas meteorológicos possibilitam armazenamento de água nos reservatórios de toda a bacia. A redução/aumento da precipitação de uma área não está diretamente associada a atuação de episódio El Niño/La Niña, mais sim a influência do Dipolo do Atlântico juntamente com sistemas meteorológicos, que podem contribuir para que um ano seja chuvoso ou seco.

#### 4.3. Vulnerabilidade Global

Os resultados obtidos referem-se às principais vulnerabilidades a que estão expostas às comunidades circunvizinhas do açude Epitácio Pessoa (Boqueirão e Cabaceiras) na bacia do rio Paraíba. Foram avaliadas, através das Figuras de 53 a 95, as vulnerabilidades sociais, econômicas, tecnológicas e as secas ocorridas nesta região transfronteiriça entre o manancial e a população residente. Tais vulnerabilidades foram classificadas de acordo com a Tabela 8.

##### 4.3.1. Vulnerabilidade Social

O valor da vulnerabilidade social determinado para a comunidade circunvizinha do açude Epitácio Pessoa foi de 17,3% (Figura 53), indicando que a população encontra-se

exposta a uma Moderada Vulnerabilidade Social. Este resultado remete as condições que são impostas as comunidades que vivem no entorno do açude Epitácio Pessoa.

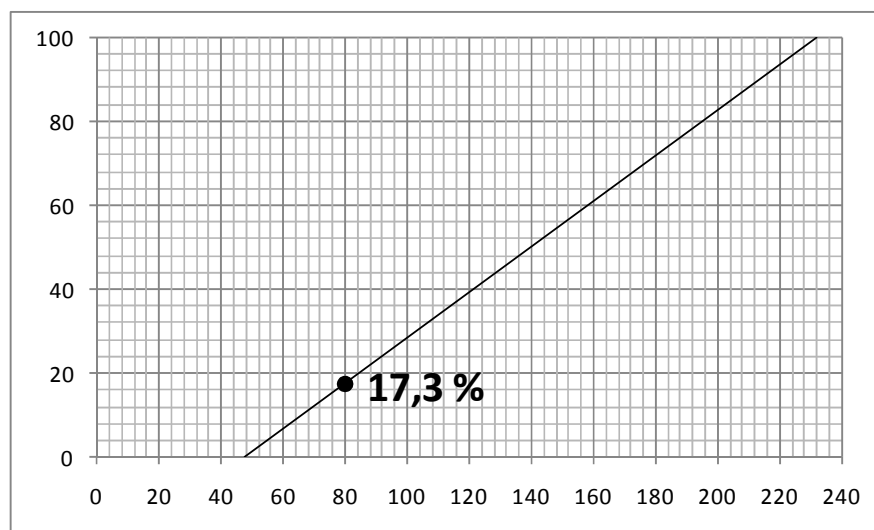


Figura 53 – Vulnerabilidade Social Global.

Outro fator importante em relação ao aspecto social desta comunidade é sua distribuição entre a região urbana e rural (Figura 54), com 64 % da população residente do meio urbano e 36 % no meio rural. Em relação a sua distribuição por gênero (Figura 55), observou-se que 49,2 % da população são do sexo masculino e 50,8 % do sexo feminino.

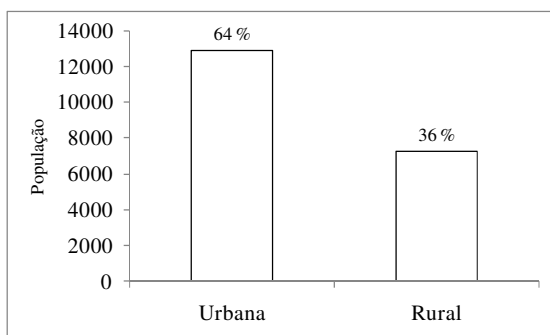


Figura 54 – População ribeirinha do açude Epitácio Pessoa.

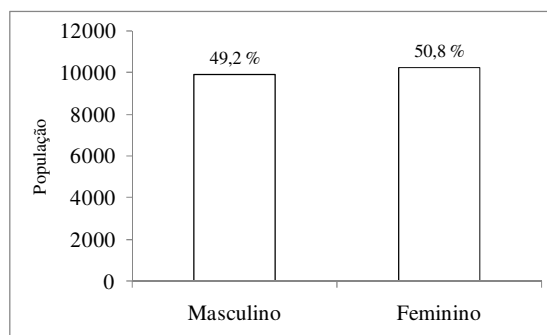


Figura 55 – Gênero da população ribeirinha do açude Epitácio Pessoa.

Informações adicionais são necessárias para melhor entendimento da Moderada Vulnerabilidade Social a qual é acometida a comunidade circunvizinha do açude Epitácio Pessoa como: faixa etária, escolaridade, residência, tipo de habitação, fogão, água consumida, esgoto, eliminação do lixo, tipo de piso, tipo de teto, salubridade rural e eletrodomésticos.

A Figura 56 mostra as faixas etárias a qual pertencem os moradores do entorno do manancial, cujo maior percentual de 45,2 % encontra-se com idades entre 26 a 64 (faixa mais produtiva) e menores valores com percentual de 8,6 % para a faixa etária de 15 a 18 anos (adolescentes). Outro ponto importante em relação à idade da comunidade é o percentual dos idosos, que chegam a atingir 11,8 % da população, os quais asseguram as famílias com suas aposentadorias. A escolaridade da comunidade é bem diversificada (Figura 57) com 9,1 % de analfabetos; 42,1% até a 4ª série; 22,3 % até a 8ª série; 18,8 % para o ensino médio incompleto; e 1,3 % para o superior completo. Tal resultado mostra um grau de escolaridade muito baixo para os habitantes da comunidade do entorno do açude Epitácio Pessoa, revelando que apenas 6,5% desta região possuem o ensino médio completo. Evidencia-se assim um problema social grave, pois a população não possui conhecimento e nem informação necessária para tomadas de decisão e gerenciamento local.

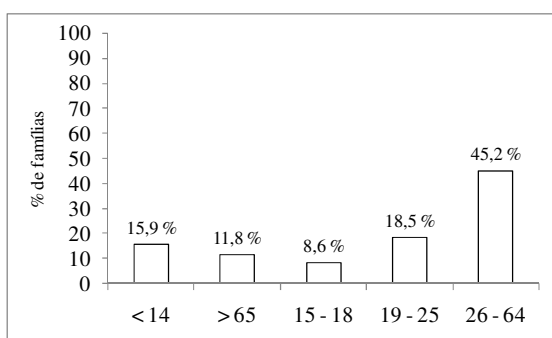


Figura 56 – Faixa etária.

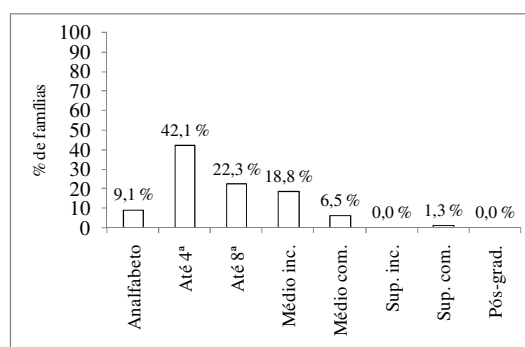


Figura 57 – Escolaridade.

A residência é basicamente rural correspondendo a 86 % das habitações nesta comunidade (Figura 58) e o tipo de habitação (Figura 59) predominante é de casas de alvenaria em bom estado (83,3%). Tais valores indicam que a comunidade possui habitações consideradas no padrão em sua maioria, evidenciando boa habitação para uma população rural.

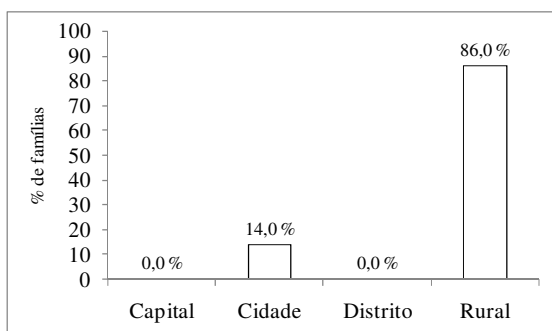


Figura 58 – Residência.

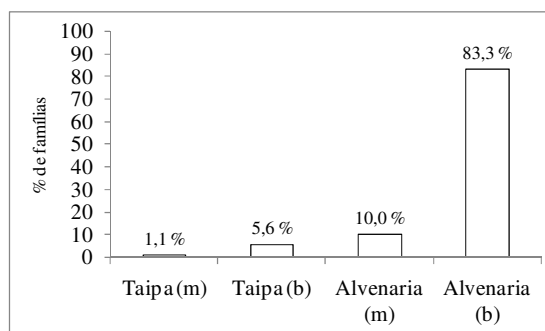


Figura 59 – Tipo de habitação.

Dentre as famílias pesquisadas, 56% utilizam lenha, carvão e gás para cozinhar; 14,3% usam lenha e carvão; e apenas 4,4% usam somente gás (Figura 60). Segundo os entrevistados, 86,6% da água consumida é potável (Figura 61), demonstrando preocupação, pois o consumo da água não potável (13,4%) pode acarretar riscos de contaminação no manancial, e conseqüentemente doenças na população.

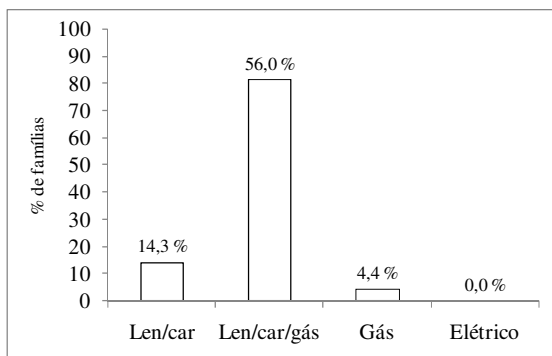


Figura 60 – Fogão.

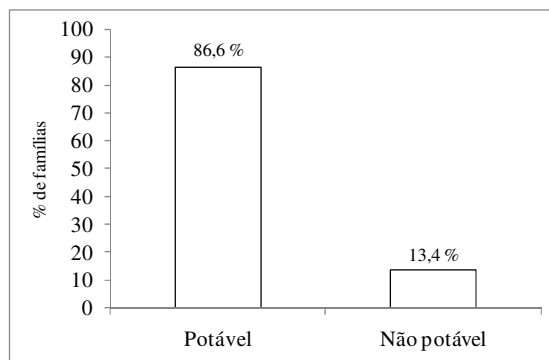


Figura 61 – Água consumida.

Quanto ao esgoto (Figura 62), as condições são preocupantes, pois 69,5% da comunidade utilizam fossa e 30,5% fazem eliminação livre, que podem causar sérios danos a saúde humana e animal, poluindo o meio, cuja conseqüência causará danos irreparáveis ao açude Epitácio Pessoa. De forma similar, a Figura 63 mostra a eliminação do lixo gerado pela população circunvizinha do manancial, onde 90,2% é enterrado e/ou queimado; 5,4% tem a eliminação livre e 4,3% possuem coleta. Daí, a necessidade de conscientizar a população frente aos riscos a que estão expostos, em função da forma de esgotamento e eliminação do lixo, pois além de causar sérios danos à saúde, de uma forma geral causa impactos permanentes ao meio ambiente (MENINO et al, 2005).

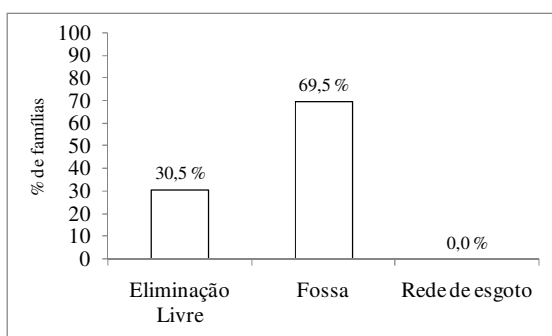


Figura 62 – Esgoto.

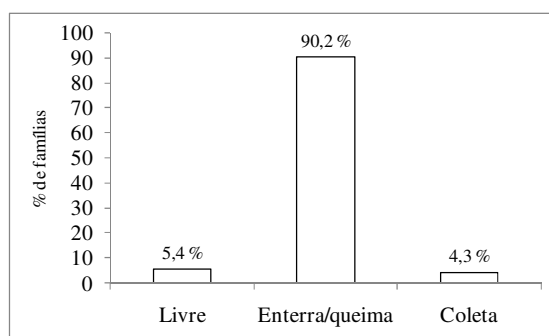


Figura 63 – Eliminação do lixo.

Diretamente ligada ao o esgotamento sanitário e a eliminação do lixo está a salubridade rural (Tabela 9), a qual mostra a infestação por nematóides, cupins,

formigas, vermes, doenças em animais (principais doenças: diarreias, verminoses, calazar) e mosca do chifre varia de inexistente a alta; enquanto que as doenças nas pessoas (principais doenças: pressão alta, doença no coração, gripe, verminose, anemia, dengue, sinusite) variam de inexistente a baixa; os piolhos e fungos variam de inexistente a média infestação. Não foi verificado na região surto de febre aftosa, e o combate às pragas domésticas sempre é realizado pela maioria das famílias, cujas principais pragas são: ratos, baratas, aranhas e demais insetos.

Tabela 9 – Salubridade rural da comunidade ribeirinha do açude Epitácio Pessoa.

| Salubridade rural   | Geral       |       |       |      |
|---------------------|-------------|-------|-------|------|
|                     | Inexistente | Baixa | Média | Alta |
| Nematóides          | 36          | 55    | 4     | 0    |
| Cupins              | 10          | 59    | 14    | 12   |
| Formigas            | 4           | 43    | 25    | 21   |
| Doenças vegetais    | 18          | 55    | 18    | 9    |
| Vermes / carrapatos | 23          | 53    | 15    | 4    |
| Mosca do chifre     | 28          | 53    | 7     | 6    |
| Doenças nos animais | 17          | 58    | 19    | 0    |
| Doenças nas pessoas | 52          | 32    | 0     | 0    |
| Piolho / fungos     | 66          | 27    | 1     | 0    |
|                     | Sim         |       | Não   |      |
| Pragas domésticas   | 69          |       | 26    |      |
| Febre aftosa        | 0           |       | 95    |      |

O piso de cimento (Figura 64) está presente em 84,2% das moradias, seguido de cerâmica com 7,4% das casas e em igual quantidade as residências de chão batido e tijolo com 4,2%. No caso do tipo de teto (Figura 65) a maioria das residências possui telha cerâmica (84%), palha (4%) e outras coberturas em torno de 12%. Vale salientar ainda que 98% da população possuem energia elétrica em suas casas.

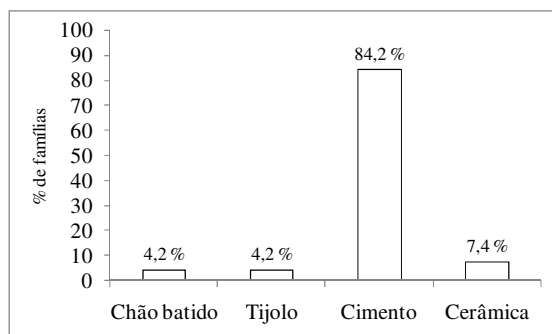


Figura 64 – Tipo de piso.

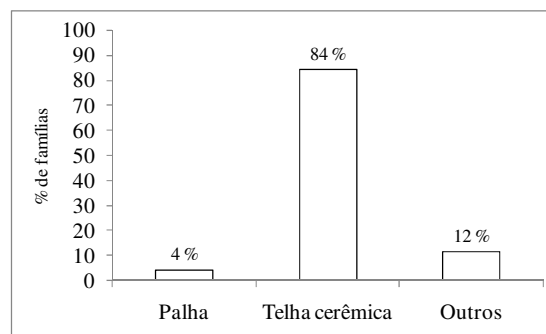


Figura 65 – Tipo de teto.

Outro ponto importante em relação ao Moderado aspecto da população é em relação ao uso de eletrodomésticos (Figura 66), pois 84,2% da população possui geladeira, 95,8% televisão, 42,1% DVD/vídeo cassete e 90,5% rádio, revelando que a população rural da atualidade vive em melhores condições em relação a décadas passadas.

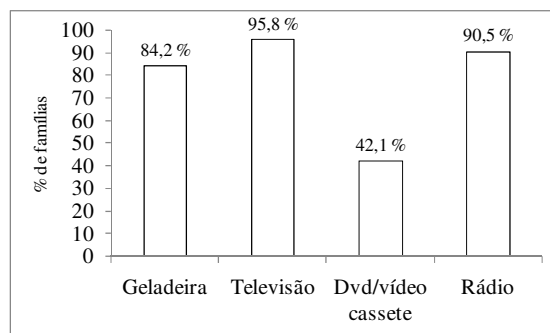


Figura 66 – Eletrodomésticos.

Tendo em vista todas essas considerações, as quais estabeleceram a Moderada situação da Vulnerabilidade Social da população circunvizinha do entorno do açude Epitácio Pessoa, faz necessário a implementação de políticas públicas mais adequadas à fixação do homem no campo, com todas as condições possíveis de sobrevivência nas áreas da saúde, educação e assistência social, vislumbrando uma melhor qualidade de vida. Haja vista que a situação social da comunidade circunvizinha é relativamente boa, por causa dos programas assistenciais do governo Federal como: bolsa família, bolsa escola, seguro safra, dentre outros.

#### 4.3.2. Vulnerabilidade Econômica

Para a vulnerabilidade econômica o valor determinado para a comunidade circunvizinha do açude Epitácio Pessoa foi de 45,5% (Figura 67), indicando que a população encontra-se exposta a uma Vulnerabilidade Econômica Muito Alta (Tabela 8). De acordo com MENINO et al (2005), o pequeno produtor necessita de condições dignas de subsistência, com ações efetivas que visem superar os vários pontos de exclusão a que estão expostos e os coloquem a margem do processo de desenvolvimento econômico. Esse fator tão alto deve estar diretamente relacionado à suspensão da irrigação desde 1999, associado ao El Niño 1997/1998 que afetou bruscamente as reservas hídricas da região, estagnando a economia local, o qual trouxe transtornos severos à estruturação familiar que dependem desta para se manter na atividade.

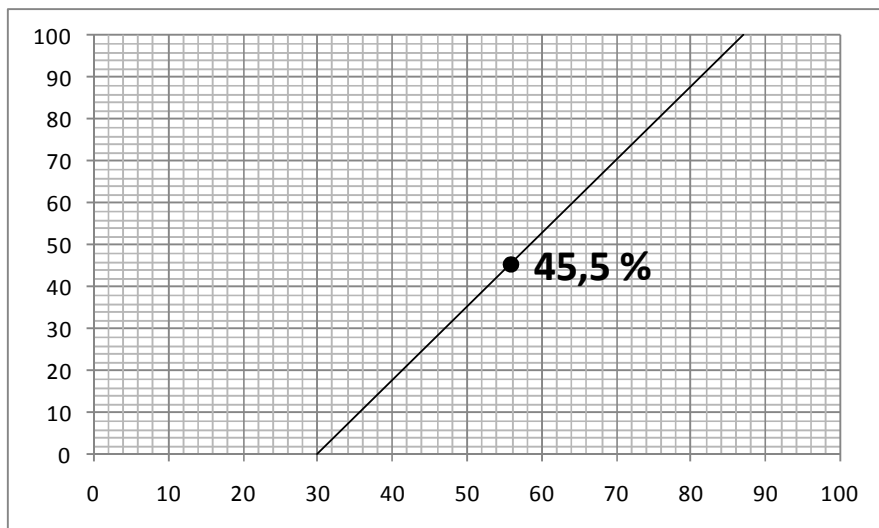


Figura 67 – Vulnerabilidade Econômica Global.

Para um melhor entendimento são necessárias informações adicionais a respeito da Vulnerabilidade Econômica Muito Alta, como: produção vegetal, animais de trabalho, animais de produção, venda da produção agrícola, venda da produção pecuária, fonte principal de crédito e fonte de renda.

A Figura 68 mostra que a maioria das famílias não possuem animais de trabalho, ou seja, 31,6% são bois, 30,5% jumentos, 25,3% cavalos e 4,2% são de muares. De forma similar, os animais de produção (Figura 69) são em sua maioria de vacas (62,1%), aves (52,6%), garrotes (48,4%), ovelhas (33,7%), bodes e/ou carneiros (22,1%), cabras (20%), porcos (15,8%) e peixes (1,1%), demonstrando a grande diversidade de espécies que o homem do campo, independentemente de suas dificuldades consegue assegurar a sua sobrevivência e permanência no meio.

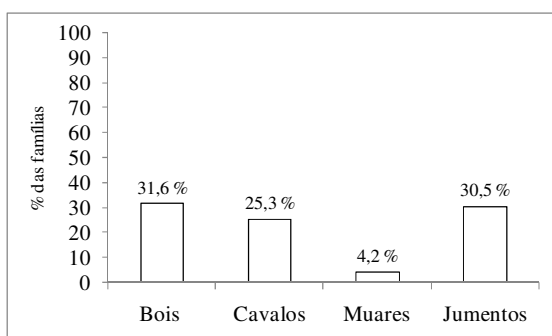


Figura 68 – Animais de trabalho.

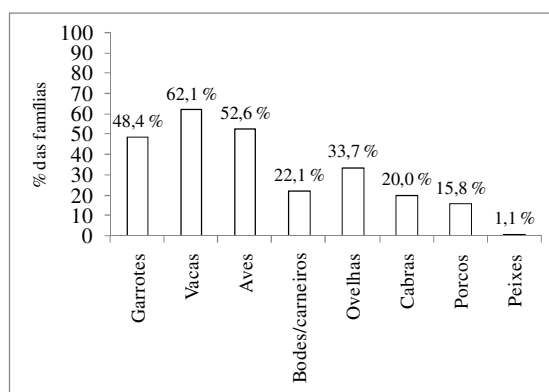


Figura 69 – Animais de produção.

As principais culturas temporárias e permanentes cultivadas na região do entorno do açude Epitácio Pessoa estão descritas na Tabela 10. Tal produção vegetal mostra-se



bem diversificada, com a maioria dos produtores locais produzindo feijão (48,4%), milho (47,4%), banana (25,3%), dentre outros produtos vegetais.

Tabela 10 – Produção vegetal da comunidade ribeirinha do açude Epitácio Pessoa.

| Produção vegetal | %    |
|------------------|------|
| Banana           | 25,3 |
| Batata           | 11,6 |
| Caju             | 1,1  |
| Capim            | 15,8 |
| Cebola           | 2,1  |
| Coco             | 2,1  |
| Fava             | 5,3  |
| Feijão           | 48,4 |
| Goiaba           | 4,2  |
| Graviola         | 1,1  |
| Laranja          | 1,1  |
| Limão            | 1,1  |
| Macaxeira        | 3,2  |
| Mamão            | 1,1  |
| Manga            | 3,2  |
| Maracujá         | 5,3  |
| Milho            | 47,4 |
| Palma            | 9,5  |
| Pimentão         | 6,3  |
| Repolho          | 1,1  |
| Tomate           | 14,7 |

O maior percentual da população vende a produção agrícola ao atravessador (37,9%), em seguida ao varejista (27,4%), ao consumidor (2,1%) e cerca de 32,6% não faz venda de produtos agrícolas (Figura 70). Em relação à venda de produtos da pecuária, a maioria da população usa o atravessador (30,5%), varejista (23,2%), consumidor (4,2%), cooperativa (1,1%) e cerca de 41,1% não faz venda de produtos da pecuária (Figura 71).

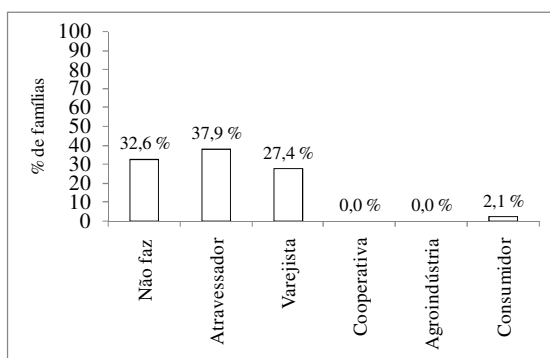


Figura 70 – Venda da produção agrícola.

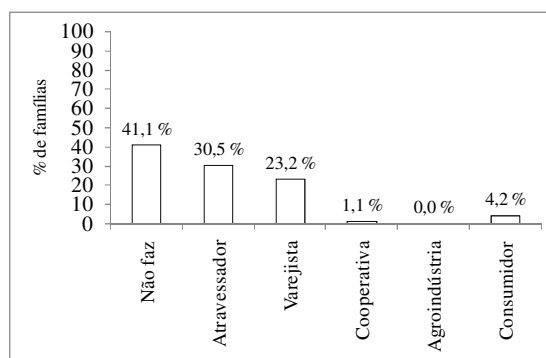


Figura 71 – Venda da produção pecuária.

Grande parte da população não utiliza crédito bancário (64,7%), banco oficial (21,2%), particular (10,6%) e poucos utilizam os agiotas (3,5%) (Figura 72). Tal resultado indica a utilização de políticas voltadas para o apoio dos pequenos produtores, através de empréstimos, incentivos e treinamentos, na tentativa de eliminar a presença do atravessador e a agiotagem, dando possibilidades concretas do pequeno produtor de competir de igual para igual no comércio local e/ou regional. A Figura 73 mostra as fontes de renda as quais o produtor depende diretamente para sua sobrevivência. Em sua maioria, cerca de 52,6% depende diretamente da propriedade, 28,6% das aposentadorias, 6% dos programas de assistência sociais do governo federal, como a bolsa família, 10,5% tira o sustento de outras atividades e 2,2% dependem só do salário mínimo recebido.

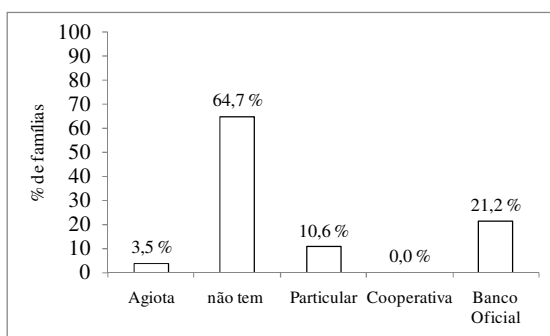


Figura 72 – Fonte principal de crédito.

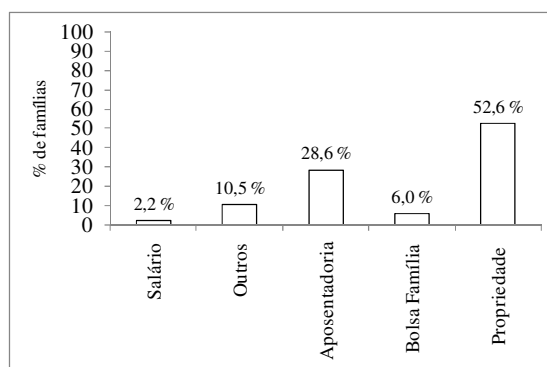


Figura 73 – Fonte da renda.

Com base nas análises acima, a vulnerabilidade econômica da comunidade estudada foi classificada como Muito Alta, devido mais de 50% da população ribeirinha não possuírem estrutura econômica, apesar do assistencialismo constante do Governo Federal. Um dos principais fatores da atualidade que impossibilitam esse crescimento econômico é proibição da irrigação na área desde 1999, cuja população depende diretamente da irrigação para exercer as atividades agrícolas e pecuárias. Vale ressaltar, que mesmo com a proibição, a irrigação continua clandestinamente.

#### 4.3.3. Vulnerabilidade Tecnológica

A vulnerabilidade tecnológica da comunidade circunvizinha do açude Epitácio Pessoa foi de 60% (Figura 74), considerada uma Vulnerabilidade Muito Alta. Para um melhor embasamento são necessárias algumas informações a respeito de tal grau de

vulnerabilidade tecnológica, como: tipo de posse, tração de ferramentas, uso do solo, práticas de conservação, conflitos ambientais, irrigação, assistência técnica e obras de contenção.

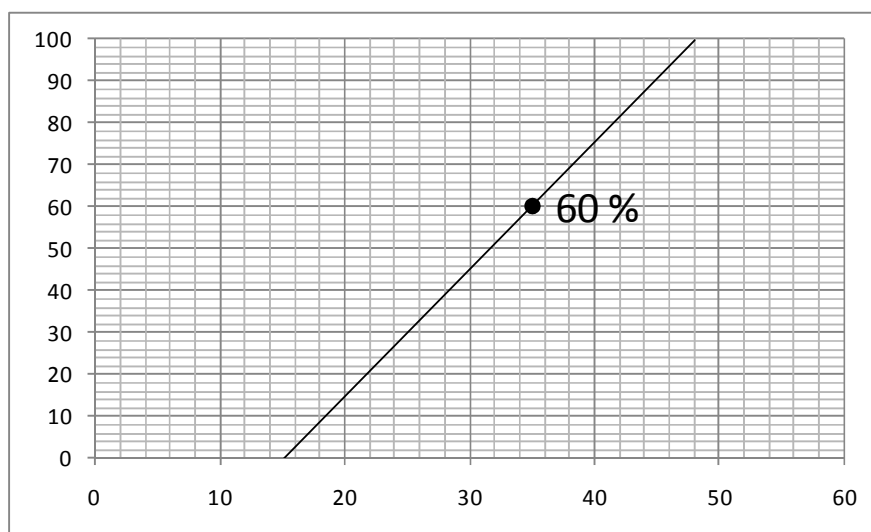


Figura 74 – Vulnerabilidade Tecnológica Global

Em relação ao tipo de posse são avaliadas as condições dos produtos em quatro categorias distintas, a saber: proprietário, é o dono da terra e explora livremente sua propriedade; o arrendatário, é um explorador da terra alheia, o qual paga essa utilização em forma de trabalho ou dinheiro; o meeiro, é aquele que tem direito da metade da produtividade da terra cultivada, utiliza a parceria entre ele o proprietário para explorar a terra alheia; e o ocupante, aquele que explora a terra mesmo que está não esteja apropriada juridicamente (Menino et al, 2005). Desta forma, verificou-se que 80% dos entrevistados são proprietários de suas terras, 10,5% são ocupantes, 7,4% referem-se a arrendatários, e 2,1% são meeiros como mostra a Figura 75.

Um dos fatos importantes para um valor muito alto da vulnerabilidade tecnológica é o tipo de preparo rudimentar do solo que ainda nos dias de hoje é utilizado, pois de acordo com a Figura 76, em sua maioria é manual com 68,4%; 11,6% utilizam máquinas; 7,4% animais, e outros proprietários se utilizam de duas formas de tração como máquina e manual (4,2%); máquina e animal (4,2%); manual e animal (3,2%) e propriedades que utilizam todas as formas de tração (1,1%).

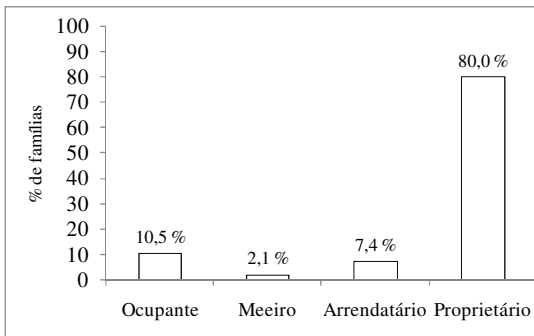


Figura 75 – Tipo de posse.

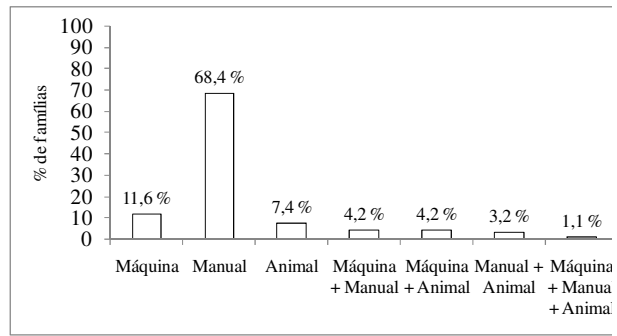


Figura 76 – Tração de ferramentas.

Outro fato relevante é o plantio na comunidade que em sua maioria segue o declive (43,2%), disponibilizando grandes quantidades de sedimentos para o açude Epitácio Pessoa quando chove, através do escoamento superficial; em nível (41,1%); enquanto que outras propriedades se utilizam de quase toda área da propriedade para plantar, utilizando o plantio no declive e em nível, que equivale cerca de 10,5% (Figura 77). Para reforçar este resultado, grande parte da comunidade não pratica a conservação do solo como deveria, cerca de 63,3% não faz nenhum uso de alguma prática de conservação, enquanto 36,7% utiliza de forma rudimentar (Figura 78).

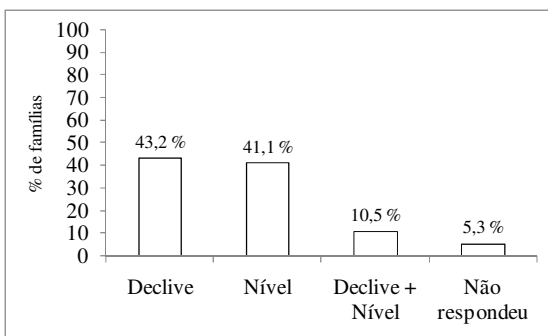


Figura 77 – Uso do solo.

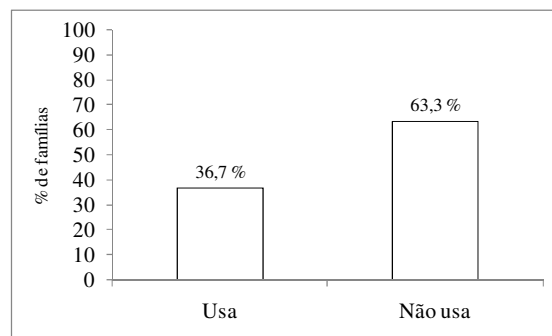


Figura 78 – Prática de conservação.

A maioria dos proprietários declararam conviver com conflitos ambientais (55,6%), dos quais os mais citados foram: queimadas, erosão, falta d'água (irrigação), corte da mata nativa, dentre outros. E o restante 44,4% afirma não ter nenhum conflito ambiental (Figura 79). Em relação à irrigação (Figura 80), os entrevistados abordaram que a desativação da prática em 1999 prejudicou drasticamente todos os ribeirinhos que dependiam diretamente desta para continuar na atividade, gerando graves problemas sociais e econômicos na região. Cerca de 52,2% utilizam a irrigação de forma regular, independente da proibição; 32,2% afirma que não usam; e cerca de 15,6% usam ocasionalmente.

Em virtude destes fatos observa-se que tais conflitos associados aos impactos ambientais sofridos pela comunidade ribeirinha do açude Epitácio Pessoa se associa de

forma negativa com a prática de irrigação irregular, as quais ocasionam prejuízos severos ao manancial e a própria população residente.

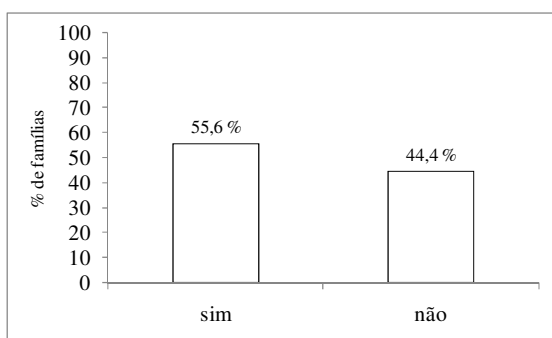


Figura 79 – Conflitos ambientais.

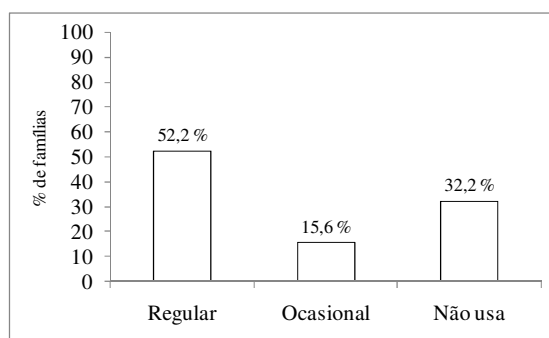


Figura 80 – Irrigação.

Ainda em relação aos levantamentos obtidos, observa-se que 68,5% da comunidade não têm assistência técnica na propriedade; 23,9% têm ocasionalmente, só quando precisa e não tem como resolver tal problema sozinho; e 7,6% apresentam assistência técnica regular (Figura 81). Para agravar mais ainda está Vulnerabilidade Muito Alta, 67,5% dos proprietários não apresentam obras de contenção e os que fazem, cerca de 32,5%, realiza de forma rudimentar (Figura 82).

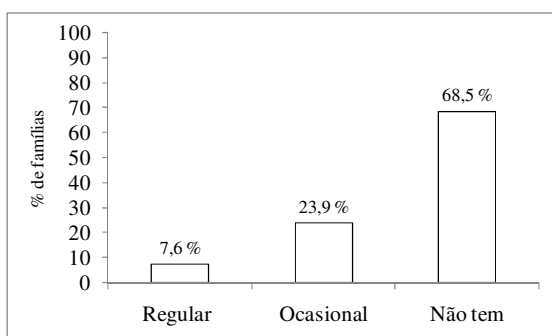


Figura 81 – Assistência técnica.

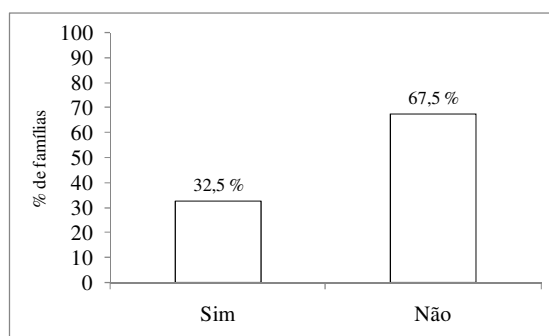


Figura 82 – Obras de contenção.

Tendo em vista estas indagações, as quais estabeleceram a Vulnerabilidade Tecnológica Muito Alta para a população circunvizinha do entorno do açude Epitácio Pessoa, evidenciou-se que a falta de práticas de conservação do solo e técnicas rudimentares de cultivo acentuam o processo erosivo, aumentando o risco ambiental para própria população ribeirinha.

#### 4.3.4. Vulnerabilidade à Secas

A vulnerabilidade à secas da comunidade circunvizinha do açude Epitácio Pessoa foi de 59,4%, (Figura 83), considerada uma Vulnerabilidade Muito Alta. Para

avaliar tal gravidade foram abordadas algumas variáveis, são elas: armazenamento d'água; captação da água da chuva; se as águas das fontes permitem abastecimento humano, animal e irrigação; abastecimento domiciliar; racionamento; aproveitamento da água residual; manejo; previsão do tempo; ocupação nas estiagens; planejamento da produção; comercialização e fonte da renda da propriedade.

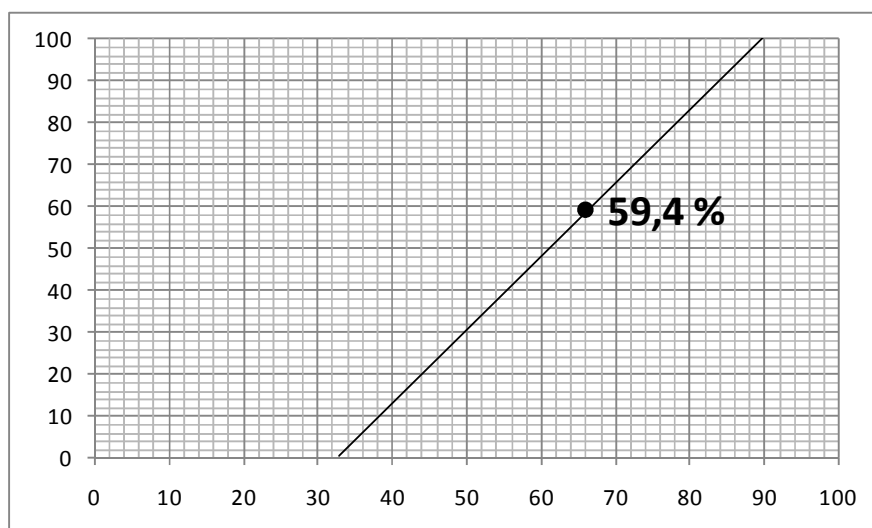


Figura 83 – Vulnerabilidade à Secas Global.

A Tabela 11 apresenta as formas de armazenamento mais comuns na região analisada, cerca de 21,1% da população utiliza a caixa d'água como principal forma de armazenamento; seguido da cisternas com 16,8%; caixa d'água e cisternas com 13,7%; cisternas e barreiros 8,4%; açudes 7,4%; caixa d'água, cisterna e barreiro 5,3%; caixa d'água e barreiros 1,1%.

Tabela 11 – Armazenamento de água da comunidade ribeirinha do açude Epitácio Pessoa.

| Forma de armazenamento de água       | %    |
|--------------------------------------|------|
| Caixa d'água                         | 21,1 |
| Cisternas                            | 16,8 |
| Barreiros                            | 0,0  |
| Açudes                               | 7,4  |
| Caixa d'água + Barreiros             | 1,1  |
| Caixa d'água + Cisternas             | 13,7 |
| Caixa d'água + Cisternas + Barreiros | 5,3  |
| Cisternas + Barreiros                | 8,4  |
| Não faz                              | 26,3 |

A Figura 84 revela que cerca de 51,6% das famílias fazem captação da água da chuva via telhado e 48,4% não utilizam essa prática, revelando o total descomprometimento com o armazenamento de água na região. Isso pode ser justificado a proximidade de um manancial, concluindo que não há a necessidade de tal prática. De

acordo com a Figura 85, as fontes de água permitem abastecimento humano em cerca de 82,1% das famílias entrevistadas; 13,7% afirmaram que essas fontes não permitem abastecimento em todo ano.

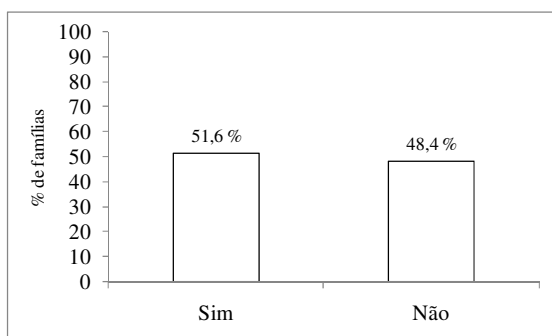


Figura 84 – Captação da água da chuva.

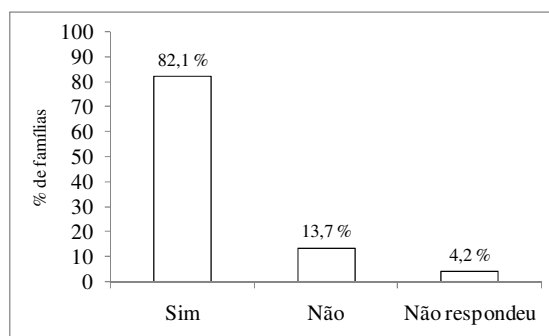


Figura 85 – Água das fontes permite abastecimento humano.

A Figura 86 mostra que em sua maioria as fontes permitem abastecimento animal durante todo ano com cerca de 91,6%; e 4,2% não permitem. Já para irrigação, a Figura 87 demonstra que 69,5% utilizam as fontes de água durante todo ano; 27,4% afirmam que tal fonte não permite irrigação para todo ano.

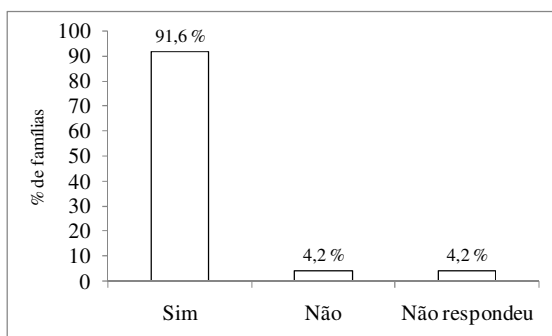


Figura 86 – Água das fontes permite abastecimento animal.

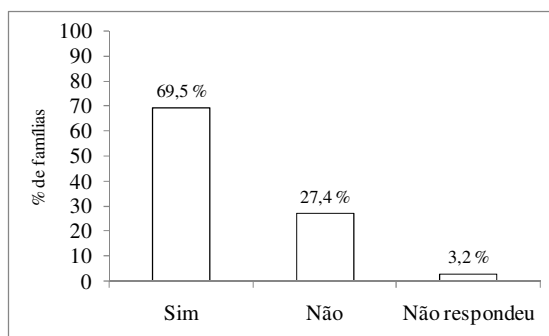


Figura 87 – Água das fontes permite irrigação.

A Tabela 12 mostra o meio de transporte da água ao domicílio das famílias, cerca de 37,9% possuem água encanada, um dos fatores de fixação e desenvolvimento do homem no campo; 32% são abastecidos por carros pipas; 13,7% possuem água encanada e também utilizam os carros pipas; 13,6% utilizam bomba para obter a água; 10,7% utilizam animais para fazer o transporte desta água; 5,8% utilizam lata pra transporta.

Tabela 12 - Abastecimento domiciliar da população ribeirinha do açude Epitácio Pessoa.

| Forma de armazenamento de água | %    |
|--------------------------------|------|
| Lata                           | 5,8  |
| Animais                        | 10,7 |
| Carro pipa                     | 32,0 |
| Bomba                          | 13,6 |
| Encanada                       | 37,9 |
| Lata + Animais                 | 0,0  |
| Animais + Carro pipa           | 0,0  |
| Lata + Carro pipa              | 0,0  |
| Lata + Carro pipa + Animais    | 0,0  |
| Carro pipa + Encanada          | 13,7 |
| Não respondeu                  | 7,4  |

Os resultados revelaram que 29,3% das famílias não fazem racionamento; que 54,9% faz durante as estiagens e 15,9% sempre faz (Figura 88). De acordo com a Figura 89, a maioria das famílias entrevistadas não utilizam as águas residuais (78,2%); e só 21,8% fazem esse reuso. Daí a importância de uma orientação técnica no que se refere ao armazenamento de água e seu racionamento.

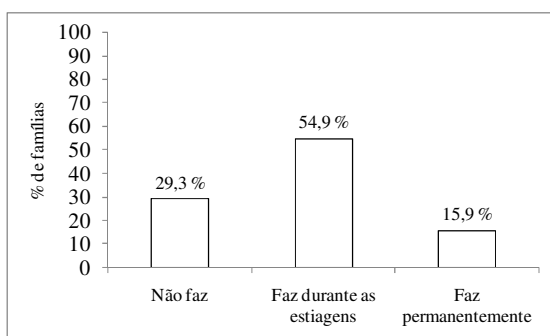


Figura 88 – Racionamento.

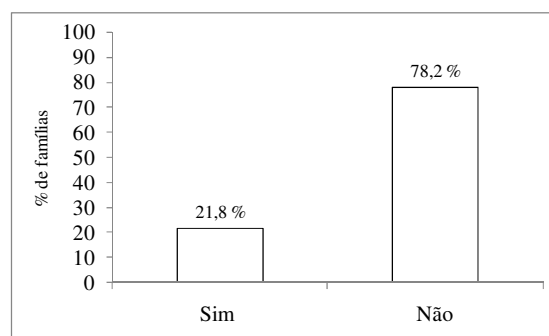


Figura 89 – Aproveitamento das águas residuais.

A Figura 90 apresenta que as famílias não fazem o manejo da região (85,2%); e que 14,8% faz ocasionalmente. De acordo com a Figura 91, 64,5% não utilizam a previsão do tempo para se orientar; 34,4% utilizam a experiência adquirida com a prática; e 1,1% utilizam algum tipo de instituição ou órgão meteorológico, como: AESA e Clima Tempo.



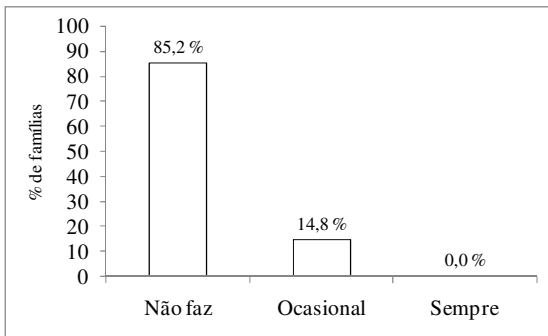


Figura 90 – Manejo.

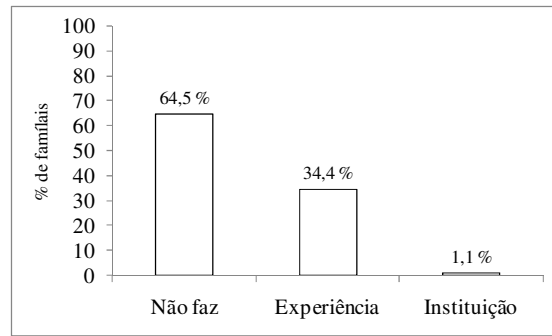


Figura 91 – Previsão do tempo.

Os resultados também revelam que 91,7% das famílias se mantêm na atividade independentemente do que aconteça; 6 % presta serviço a outros e 2,4% abandonam a propriedade, retornando com a volta das chuvas na região (Figura 92). Outro fator agravante da Vulnerabilidade Muito Alta em relação às Secas é a falta de planejamento da produção em cerca de 83% das famílias; algumas fazem empiricamente (12,8%) e 4,3% utilizam o acompanhamento técnico (Figura 93).

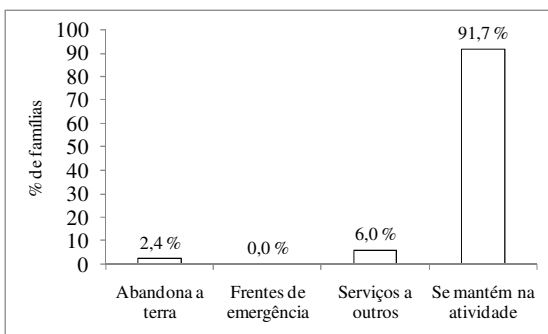


Figura 92 – Ocupação nas estiagens.

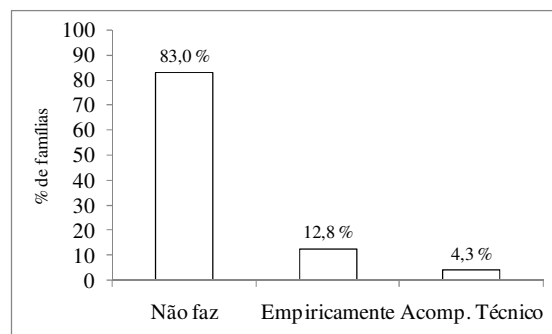


Figura 93 – Planejamento da produção.

Em relação à comercialização (Figura 94), 46,5% das famílias não comercializam os seus produtos gerados na propriedade, utilizando para consumo próprio; 27,9% produzem para comercializar; e cerca de 25,6% comercializa só o excedente. Assim, pode-se afirmar que a comercialização na região é praticamente inexistente, pois os produtos comercializados são produzidos em pequena escala. Para se manter na região as famílias utilizam para complementar a renda familiar, na maioria das vezes outras fontes de renda (Figura 95), cerca de 56,9% das famílias utilizam outras formas de adquirir dinheiro para seu sustento, enquanto 43,1% tem como única e principal fonte de renda a propriedade.

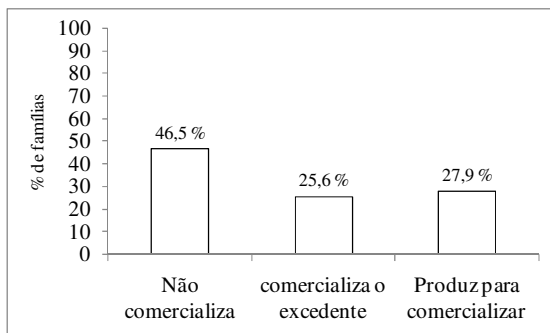


Figura 94 – Comercialização.

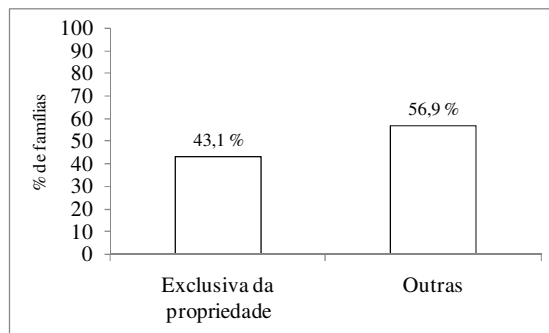


Figura 95 – Fonte de renda.

Percebeu-se que a Vulnerabilidade às Secas foi Muito Alta, fato este justificado, principalmente, devido à falta de racionamento e reúso da água, além da irrigação irregular, pois apesar da seca ser um fenômeno recorrente, através de práticas de convívio eficaz, ligada diretamente a políticas públicas e gestão adequada dos recursos escassos na época de atuação deste advento é possível uma convivência sustentável do homem com o meio ambiente.

A partir da análise das vulnerabilidades explicitadas acima, é de fundamental importância fazer um reconhecimento dos valores das mesmas em relação a outros municípios da região, com vista a verificar se realmente esta comunidade está se desenvolvendo ou não em relação as demais áreas. Assim, de acordo com a Tabela 13 os resultados obtidos com a comunidade circunvizinha do açude Epitácio Pessoa estão demonstrados em relação a outras localidades, mostrando que os valores estão abaixo dos resultados encontrados na bibliografia científica, apontando o desenvolvimento da comunidade em todos os aspectos.

Em relação à Vulnerabilidade Social Global classificada como Moderada, verificou-se que este valor encontrado é bem diferenciado de outras localidades da Paraíba que foram pesquisadas, apresentando uma evolução considerável deste indicador em relação às demais. Tal variação pode ser justificada pela grande quantidade de programas sociais e das variáveis sociais analisadas nos questionamentos.

No caso da Vulnerabilidade Econômica Global, o valor encontrado se assemelha aos demais, considerado um valor Muito Alto. Tal valor pode estar associado aos aspectos econômicos indesejáveis acometidos pela comunidade, pela falta de oportunidades e políticas públicas adequadas ao desenvolvimento local, pois as atividades agrícola e pecuárias depende diretamente da irrigação para o crescimento econômico da região, a qual foi afetada desde 1999 pela proibição da irrigação, contribuindo para a não fixação do homem no campo.

Encontrou-se um valor considerado Muito Alto para a Vulnerabilidade Tecnológica Global, semelhante às outras áreas de estudo. Este valor elevado pode ser explicado pela grande mutação das variáveis que compõem tal vulnerabilidade, ou seja, impossibilitando a dinâmica e a desenvoltura do homem do campo que se torna inviável por falta de condições de trabalho, convivência com o meio e por inexistência de tecnologia que assegure o desenvolvimento local.

Por fim, a Vulnerabilidade às Secas Global considerado Muito Alto em relação aos outros municípios estudados. Tal valor estar associado, principalmente, a falta de racionamento e reúso da água na região, desfavorecendo a fixação do homem no campo e sua sobrevivência, de forma a assegurar seu sustento e sua manutenção, desencadeando outro problema, que é o êxodo rural.

Tabela 13 – Comparação entre as vulnerabilidades encontradas com a bibliografia existente.

|   | Social (%) | Econômica (%) | Tecnológica (%) | À Seca (%) |
|---|------------|---------------|-----------------|------------|
| Entorno do açude Epitácio Pessoa (2009) | 17,3       | 45,5          | 60,0            | 59,4       |
| Boqueirão (2005)*                       | 34,0       | 86,0          | 81,0            | 80,0       |
| Cabaceiras (2007)**                     | 40,0       | 82,0          | 76,0            | 71,0       |
| Picuí (2002)***                         | 47,8       | 89,6          | 75,8            | 82,2       |

\* MENINO, I. B.; MACEDO, L. S.; SOUSA, M. R.; FERREIRA, E. G.; FREIRE, A. L.; LIMA, I. X.; FERNANDES, M. F. Diagnóstico dos pólos de Esperança e Boqueirão – Uso potencial e manejo do solo – Análise de vulnerabilidades. EMEPA/PB. Documento 51. João Pessoa. 2005;

\*\* SOUSA, R. F. Terras agrícolas e o processo de desertificação em municípios do semiárido paraibano. 2007. 203p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Departamento de Engenharia Agrícola. Universidade Federal de Campina Grande. 2007;

\*\*\* SILVA, E. P. Estudo Sócio-Econômico-Ambiental e dos Riscos a Desastre ENOS (El Niño Oscilação Sul) no Município de Picuí – Paraíba. Um estudo de caso. 2002. 140p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Departamento de Engenharia Agrícola. Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, 2002.

# Capítulo 5

---

## CONCLUSÕES

Constatou-se que março e abril são considerados os meses que mais contribuíram para o aporte hídrico do açude Epitácio Pessoa, especialmente nas sub-bacias do Taperoá e Alto Paraíba. Em contrapartida, os meses de setembro e outubro foram considerados os mais secos do período analisado;

Destaca-se também, a mudança no padrão da distribuição espacial da precipitação na bacia do rio Paraíba, na transição entre os meses de abril e maio, apresentando uma redução das chuvas a oeste e aumento no setor leste da bacia.

Percebeu-se que há dois regimes distintos de precipitação na bacia do rio Paraíba, o primeiro envolvendo as sub-bacias do Taperoá e Alto Paraíba e o segundo abrangendo o Médio e Baixo Paraíba. De acordo com os valores de IAC, constatou-se que as sub-bacias do Taperoá, Alto e Médio Paraíba apresentaram modificação no padrão da precipitação, com exceção do Baixo Paraíba que apresentou um padrão indefinido da precipitação;

Os anos secos realmente não favorecem ao aporte hídrico ao açude Epitácio Pessoa, devido às poucas chuvas ocorridas na região das sub-bacias do Taperoá e Alto Paraíba. Em contrapartida, os anos úmidos associados à atuação favorável de sistemas meteorológicos possibilitam armazenamento de água nos reservatórios de toda a bacia;

A redução/aumento da precipitação de uma área não está diretamente associada à atuação de episódio El Niño/La Niña, mais sim a influência do Dipolo do Atlântico juntamente com sistemas meteorológicos, que podem contribuir para que um ano seja chuvoso ou seco.

A vulnerabilidade Social da população circunvizinha do entorno do açude Epitácio Pessoa foi considerada Moderada. No entanto para as demais vulnerabilidades Econômica, Tecnológica e Às Secas foi considerada Muito Alta.

---

# Capítulo 6

---

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACEITUNO, P. On the Functioning of the Southern Oscillation in the South American Sector. Parte II: Upper-air Circulation. *Journal of Climate*, 4 (2): 341-355, 1989.

ALENCAR, M. L. S. El Niño de 1997/1998: Sistemas Hídricos, degradação ambiental e vulnerabilidades socioeconômica no Cariri Paraibano. 2004. 170p. il. Dissertação (Mestrado em engenharia agrícola). Departamento de Engenharia Agrícola. Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, 2004.

AESA – Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. Disponível em: <<http://www2.aesa.pb.gov.br/hidrico/relacude.shtml>>. Acesso em 22/08/2007.

ANDRADE, Manoel Correia de. A seca: realidade e mito. Recife: ASA Pernambuco, 81p. 1985.

ALVES, J. M. B.; SOUZA, B. E. A. A relação entre os fenômenos El Niño e La Niña e a distribuição interanual da precipitação no Estado do Ceará. Notas técnicas, Monitor Climático, vol.11, nº127, 1997.

ARAÚJO, L. E.; BECKER, C. T.; PONTES, A. L. Periodicidade da precipitação pluviométrica no estado da Paraíba. In: XIII CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 2003, Rio Grande do Sul. Anais II. Santa Maria: RS, 2003. p. 947 - 948. 2003.

ARAÚJO, A. E. de. Construção Social dos Riscos e Degradação Ambiental: Município de Souza, um estudo de caso. 2002. 122p. Dissertação (mestrado em engenharia agrícola). Departamento de Engenharia Agrícola. Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande. 2002.

ARAUJO, L. E.; MORAES NETO, J. M.; & SOUSA, F. A. S. Classificação da precipitação anual e da quadra chuvosa da bacia do rio Paraíba utilizando índice de Anomalia de Chuva (IAC). *Revista Ambiente e Água*. [online]. 2009, vol. 4, n. 3. ISSN 1980-993X. doi: 10.4136/ambi-agua.105. 2009.

ARAÚJO, L. E. Análise estatística de chuvas intensas na bacia hidrográfica do rio Paraíba. Dissertação de mestrado. UFCG. 2006.

ARAÚJO, L. E.; DA SILVA, D. F.; MOARES NETO, J. M.; SOUSA, F. A. S. Análise da Variabilidade Espaço-temporal da precipitação na bacia do rio Paraíba usando IAC, *Revista de Geografia da UFPE*, v. 24, p 47 a 59. 2007.

ARAUJO, L. E. et al. Análise estatística de chuvas intensas na bacia hidrográfica do Rio Paraíba. *Rev. bras. meteorol.* [online]. 2008, vol.23, n.2, pp. 162-169. ISSN 0102-7786. doi: 10.1590/S0102-77862008000200005. 2008.

ASSAD, E. D; SANO, E. E. Sistemas de Informações Geográficas. Aplicações na Agricultura. 2 ed., e ampl.- Brasília: Embrapa-SPI/Embrapa-CPAC, 434p. 1998.

BARBOSA, M. P. Vulnerabilidade de risco a desastre. Campina Grande: Departamento de Engenharia Agrícola/UFPB. 87p. 1997.

BARACUHY, G. V. Manejo integrado de microbacias hidrográficas no semiárido nordestino: um estudo de caso. 2002. Tese (Doutorado em Recursos Naturais) – Universidade Federal de Campina Grande, UFCG. 2002.

BID (Banco Interamericano de Desenvolvimento). Risco de desastre-Disponível: < F:\RISCOS\Riscos de desastres.htm> Acesso em: 9 novembro 2006.

BJERKNES, J. Atmospheric Teleconnections from the Equatorial Pacific. Monthly Weather Review, v. 97, p. 163-172, 1969.

BLAIKIE, P. et al. Vulnerabilidad: el entorno social, político y económico de los desastres. Colombia: ITDG/LA RED, 1996.

BLAIKIE, P., Cannon, T., Davis, I e Wisner, B.: At Risk: Natural Hazards, People's Vulnerability, and Disasters, Routledge, Londres. 1994.

BORSATO, F. H. & MARTONI, A. M. Estudo da fisiografia das bacias hidrográficas urbanas no Município de Maringá, Estado do Paraná. Acta Scientiarum. Human and Social Sciences Maringá, v. 26, n. 2, p. 273-285, 2004.

BRASIL. MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA - Secretaria Geral. Projeto RADAMBRASIL. Folhas SB-24/25, Jaguaribe/Natal; Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Vegetação e Uso Potencial da Terra. Rio de Janeiro, 744p. 1981.

BRIGANTE, J. & ESPÍNDOLA, E. L. G. Limnologia Fluvial: Um Estudo no Rio Mogi-Guaçu. São Carlos: Editora RiMa. 278p. 2003.

BRITO, J. I. B & BRAGA, C. C. Chuvas no Estado da Paraíba em 2004. Boletim da Sociedade Brasileira de Meteorologia. Vol. 28, p. 27 a 32. 2005.

CARVALHO, F. A. F. & CARVALHO, M. G. F. Vegetação. In: Governo do Estado da Paraíba (ed.). Atlas Geográfico do Estado da Paraíba. Secretaria da Educação. João Pessoa, Ed. Grafset. P. 34-43. 1985

CARDONA, O. DARIO. A. Evaluación de la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo. Taller Regional de Capacitación para la Administración de desastres ONAD/PNUD/OPS/UNDRO, Bogotá, p.3. 1991.

CARDONA, OMAR DARIO A., La necesidad de repensar de manera hilística los conceptos de vulnerabilidad y riesgo “Una crítica y una revisión para la gestión”. Internacional Work Conference on Vulnerability in Disaster Theory and Practice. Disaster Studies of Wegening University and Research Centre, Wegening, Holanda. 2001.

CHAGNON, S.A. Removing the Confusion over Droughts and Floods: The Interface between Scientists and Policy Makers, *Water International*, 10-18, 1980.

CHITALE, M.A. Development of India's river basins. *Water Resources Development*. v.8, n.1, p.30-44. 1992.

CHUNG, J. C. Correlations between the tropical Atlantic trade winds and precipitation in Northeastern Brazil. *Journal of Climatology of Northeast Brazil*. *Journal of Climatology*, 2: 35-46, 1982.

CHU, P. S. Diagnostic studies of rainfall anomalies in Northeast Brazil. *Monthly Weather Review*, 111: 1655-1664, 1983.

CONFALONIERI, Ulisses E. C. Global environmental change and health in Brazil: review of the present situation and proposal for indicators for monitoring these effects in: Hogan, H.J and M.T. Tolmasquim. *Human Dimensions of Global Environmental Change – Brazilian Perspectives*. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 2001.

CPTEC/INPE. El Niño e La Niña. Informativo do Instituto Nacional de Pesquisas Especiais, 2009. Disponível em: <http://enos.cptec.inpe.br/>. Acesso em: 12 de Setembro, 2009.

DA SILVA, D. F. Influência da Variabilidade Climática Interanual na Hidrologia da Bacia do rio São Francisco, Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Meteorologia), Universidade Federal de Alagoas – UFAL, 2003.

DA SILVA, D. F.; BORBA, J. C. C.; ALMEIDA, H. R. R. C.; LOPES, Z. F. Influência do Clima na Variabilidade Espaço-Temporal da bacia do rio Mundaú (localidades de Pernambuco). I Simpósio Internacional de Climatologia, Fortaleza-Brasil, Outubro de 2005.

DA SILVA, D. F. Análise de aspectos climatológicos, agroeconômicos, ambientais e de seus efeitos sobre a bacia hidrográfica do rio Mundaú (AL e PE), (Tese de doutorado em Recursos Naturais). Universidade Federal de Campina Grande. 2009.

DIÁRIO DA BORBOREMA. Boqueirão passa a abastecer mais três municípios a partir de julho. Entrevista publicada em maio de 2008.

DUARTE, S. M. O desastre da desertificação do município de Taperoá do Estado da Paraíba – Brasil. 2008. Tese (Doutorado em Recursos Naturais) – Universidade Federal de Campina Grande, UFCG. 2008.

ESPINOSA, H. R. M. Desenvolvimento e meio ambiente sob nova ótica. *Ambiente*, Vol. 7, n. 1, p. 40-44, 1993.

ESPINOZA, E. S. Distúrbios nos ventos de leste no Atlântico tropical. Dissertação de Mestrado. São José dos Campos, INPE, 1996.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. xxvi, 412p. il. CDD 631.44.1999.

FREITAS, M. A. S. A Previsão de Secas e a Gestão Hidroenergética: O Caso da Bacia do Rio Paraíba no Nordeste do Brasil. In: Seminário Internacional sobre Represas y Operación de Embalses, 2004, Puerto Iguazú. Anais do Seminário Internacional sobre Represas y Operación de Embalses. Puerto Iguazú : CACIER, v. 1. p. 1-1. 2004.

FREITAS, M. A. S. Um Sistema de Suporte à Decisão para o Monitoramento de Secas Meteorológicas em Regiões Semiáridas. Revista Tecnologia, Fortaleza, v. Suplem, p. 84-95, 2005.

GARCIA M. A. DE M. O Homem-Ser na Construção Social dos Riscos no Semiárido Paraíba: Tese de Doutorado em Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande/CCT. 168p. 2004.

GHOSE, S.K. Hyrometeorological Studies in Northeastern Brazil, Report n. 2, SUDENE/DEMET/WMO, 1971.

GOMES, A. R. **Projeção de crescimento urbano utilizando imagens de satélite**. Rio Claro, 1995. 89 p. Monografia (Trabalho de Formatura em Ecologia) – Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista. 1995.

GOMES FILHO, M. F. Inter-relações entre TSMs Globais, Sistemas Atmosféricos de Meso e Grande escalas e Anomalias de Volume dos Principais Reservatórios de Água da Paraíba. Campina Grande, PB, 2000. 117 p. Tese de Doutorado. Departamento de Meteorologia, Universidade Federal da Paraíba, 2000.

GONÇALVES, W.A.; CORREIA, M.F.; ARAÚJO, L.E.; DA SILVA, D.F.; ARAÚJO, H.A. Vulnerabilidade Climática do Nordeste Brasileiro: Uma análise de eventos extremos na Zona Semiárida da bacia hidrográfica do São Francisco. XIV Congresso Brasileiro de Meteorologia, Anais....., Florianópolis, 2006.

GUIMARÃES, A. O.; MELO, A. D.; CEBALLOS, B. S.; GALVÃO, C. O.; RIBEIRO, M. M. R. Aspectos de gestão do açude Epitácio Pessoa (PB) e variação da qualidade da água. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 23, 2005, Campo Grande: ABES. 2005.

IBGE. Manual Técnico da Vegetação Brasileira. Série Manuais Técnicos em Geociências, nº1. Rio de Janeiro, IBGE, 1992.

IPCC - INTERGOVERNMENTAL PANEL IN CLIMATE CHANGE. Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Genebra, Suíça, 2001.

HASTENRATH, S. Predictability of Northeast Brazil Drought. Nature, 307: 531-533, 1984.

KOUSKY, V. E.; Frontal influences on northeast Brazil, Monthly Weather Review, v.107, nº 9, p. 1140-1153, 1979.



KOUSKY, V. E.; GAN M.A. Upper tropospheric cyclones vórtices in the tropical south atlantic. *Tellus*, 33: 538-551. 1981.

KOUSKY, V.; KAYANO, M.; CAVALCANTI, I. F. A. A review of the Southern Oscillation: oceanic-atmospheric circulation changes and related rainfall anomalies, *Tellus*, 36A, p. 490-504, 1984.

LAVELL, A. Marco Conceptual; Una Visión de Futuro: La Gestión del Riesgo. SNET / Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales de El Salvador. 2001.

LEMOS, J. J. S. Níveis de Degradação no Nordeste Brasileiro. *Revista Econômica do Nordeste*, Fortaleza, v. 32, n. 3. p. 406-429, jul-set. 2001.

MARIN, F. R.; SENTELHAS, P. C. Análise da Influência dos fenômenos El Niño e La Niña no clima de Piracicaba. In: X CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, Anais Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, Piracicaba, 1997.

MARINO JUNIOR, E. O uso do sensoriamento remoto orbital na pesquisa socioeconômica. *Revista Científica Eletrônica de Agronomia*. Ano V, n. 10. 2006.

MARTINS, R. C. & VALENCIO, N. F. L. da. Uso e gestão dos recursos hídricos no Brasil: desafios teóricos e político-institucionais/organizado – São Carlos, SP: RiMa, 307p. 2003.

MASKREY, A. Comunidad y desastres en América Latina: estrategias de intervención. In: LAVELL, A. (comp.). *Viviendo en riesgo: comunidades vulnerables y prevención de desastres en América Latina*. Colombia: La Red/FLACSO, p. 27-58, 1994.

MASKREY, A. El manejo popular de los desastres naturales: Estudios de vulnerabilidades y mitigación. Lima: ITDG, 1989.

MENINO, I. B.; MACEDO, L. S.; SOUSA, M. R.; FERREIRA, E. G.; FREIRE, A. L.; LIMA, I. X.; FERNANDES, M. F. Diagnóstico dos pólos de Esperança e Boqueirão – Uso potencial e manejo do solo – Análise de vulnerabilidades. EMEPA/PB. Documento 51. João Pessoa. 2005.

MORAIS NETO, J. M. de. Gestão de Riscos a Desastres ENOS (El Niño Oscilação Sul) no Semiárido Paraibano: uma análise comparativa. 2003. Tese (Doutorado em Recursos Naturais) – Universidade Federal de Campina Grande, 2003.

MORAIN, S.A. A Brief History of Remote Sensing Applications, with Emphasis on Landsat. In *People and Pixels: Linking Remote Sensing and Social Science*. D. Liverman, E.F. Moran, R.R. Rindfuss, and P.C. Stern, (Eds). Nacional Academy Press, Washington, D.C. pp 70-93, 1998.

MORAN, E.F., BRONDIZIO, E. Land-Use Change After Deforestation in Amazon. In: *People and Pixels: Linking Remote Sensing and Social Science*. D. Liverman, E.F. Moran, R.R. Rindfuss, and P.C. Stern, Editors. Nacional Academy Press, Washington, D.C. pp 94-120, 1998.

MOTA, G. V. Estudo observacional de distúrbios ondulatórios de leste no Nordeste brasileiro. Dissertação de Mestrado. São Paulo, USP, 1997.

PALMER, C. E. On high-level cyclones originating in the tropics. Transaction of American Geophysics Union, 32 (5), 683-695, 1951.

PARKINSON, C. L. "Earth from above". University Sciences Books, Sansalito. Land vegetation, 107-111, 1997.

PHILANDER, S. G. El Niño, La Niña and the Southern Oscillation. Academic San Diego, 1990.

PNUD (Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento). Redução do risco de desastre - Disponível: < [http://www.pnud.org.br/unv/projeto.php?id\\_unv=23](http://www.pnud.org.br/unv/projeto.php?id_unv=23)> Acesso em: 8 novembro 2006.

RATISBONA, C. R. The climate of Brazil. In: Climates of Central and South America. World Survey of Climatology, Elsevier, 12: 219-293, 1976.

RAO, V. B.; BONATTI, J. P. On the origin of upper tropospheric cyclonic vórtice in the south atlantic ocean and adjoining Brazil during the summer. Meteorol. Atmos. Phys., 37, 11-16, 1987.

RINDFUSS R.R; STERN, P.C. Linking Remote Sensing and Social Science: The Need and The Challenges. In People and Pixels: Linking Remote Sensing and Social Science. D. Liverman, E.F. Moran, R.R. Rindfuss, and P.C. Stern, (Eds). Nacional Academy Press, Washington, D.C. pp 70-93, 1998.

ROCHA, J. S. M. Manual de Projetos Ambientais. Livraria Universitária. Santa Maria – RS. 423p.: il. 1997.

ROCHA, J. S. M. Manual de manejo integrado de bacias hidrográficas. 2 ed. Santa Maria: UFSM, 181 p. 1991.

ROCHA, J. S. M. Manual de Projetos Ambientais. Santa Maria: UFSM, 423 p. 1997.

ROCHA, J. S. M. da & KURTZ, S. M. de J. M.. Manual de manejo integrado de bacias hidrográficas. 4 ed. Santa Maria: Edições UFSM/CCR, 2001.

ROOY, M.P. VAN. A Rainfall Anomaly Index Independent of Time and Space, Notes, 14, 43, 1965.

SILVA, E. P. Estudo Sócio-Econômico-Ambiental e dos Riscos a Desastre ENOS (El Niño Oscilação Sul) no Município de Picuí – Paraíba. Um estudo de caso. 140p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Departamento de Engenharia Agrícola. Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, 2002.

SOUSA, E. A. Projeto Áridas – uma estratégia de desenvolvimento sustentável para o Nordeste. Brasília: 42p. 1994.

SOUZA, W. M. Alterações dos Elementos Climáticos no Estado de Pernambuco. Dissertação de Mestrado em Meteorologia. DCA/UFPB/Campus II, 104p, 2001.

SOUZA, W. M.; LACERDA, F. F. Análise das Precipitações Observadas no período de 1912 a 2004 no Alto Sertão Pernambucano. In: IX Congreso Argentino de Meteorología, 2005, Buenos Aires. Tiempo, Clima, Agua y Desarrollo Sostenible, 2005.

SOUZA, R. F. Terras agrícolas e o processo de desertificação em municípios do semiárido paraibano. 2007. 203P. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Departamento de Engenharia Agrícola. Universidade Federal de Campina Grande. 2007.

SOUZA FILHO, F. A.; COSTA, A. A.; ALVES, J. M. B. Sobre o impacto do fenômeno El Niño-Oscilação Sul na afluência de reservatório do sistema hidroelétrico brasileiro, In: XII CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, Anais Sociedade Brasileira de Meteorologia, Foz do Iguaçu, PR, 1 CD-ROM. 2002.

SOUZA, C. A. F. Águas: legislação e políticas para uma utilização racional, o caso dos irrigantes do açude Eptácio Pessoa – Boqueirão – Paraíba – Brasil. 2001. 145 f. Dissertação (Mestrado Interdisciplinar em Ciências da Sociedade). Campina Grande. UEPB. 2001.

TUCCI, C.E.M. (Org.) Hidrologia: ciência e aplicação. 2. ed. Porto Alegre: Editora da Universidade: ABRH, (Coleção ABRH de Recursos Hídricos; v.4). 1997.

UVO, C. R. B. A zona de convergência intertropical (ZCIT) e sua relação com a precipitação na região norte e nordeste brasileiro. Dissertação de Mestrado em Meteorologia. INPE. São José dos Campos, 1989.

UVO, B. C.; REPELLI, C. C. A study on the Pacific and Atlantic SST on the northeast Brazil monthly precipitation using singular value decomposition, participant report of the first international training course on practical and theoretical aspects of short term climate predictions. IRICP Pilot Project, 49, 1994.

VISHER, S. S. Tropical cyclones of the Pacific. Honolulu, Bernice T. Bissop Museum. Bulletin nº 20, 163, 1925.

VENEZIANI, P. E ANJOS, C. E. dos. Metodologia de Interpretação de Dados de Sensoriamento Remoto e Aplicações em Geologia. INPE. São José dos Campos. 61 p. 1992.

YAMAZAKI, Y.; RAO, V. B. Tropical cloudiness south Atlantic ocean. Journal of Meteorological Society of Japan, 55: 205-207, 1977.

WILCHES-CHAUX, G. La vulnerabilidad global. In: MASKREY, A. (comp.). Los desastres no son naturales. Colombia: LA RED/ITDG. 1993.

## Anexo I - Diagnóstico Sócio-Econômico e Ambiental

Açude Epitácio Pessoa – Bacia do rio Paraíba – Estado da Paraíba.

### Fator Vulnerabilidade Social

#### **a) Variável Demográfica**

- 1.1. Número total de pessoas na família \_\_\_ sexo masculino \_\_\_ sexo feminino \_\_\_
- 1.2. Número total de pessoas economicamente ativa na família \_\_\_ sexo masculino \_\_\_ sexo feminino \_\_\_
- 1.3. Faixa etária 0-7 \_\_\_ 8-14 \_\_\_ 15-18 \_\_\_ 19-25 \_\_\_ 26-35 \_\_\_ 36-45 \_\_\_ 46-55 \_\_\_ >65 \_\_\_
- 1.4. Escolaridade até a 4ª série \_\_\_ até a 8ª série \_\_\_ ensino médio incompleto \_\_\_ ensino médio completo \_\_\_ analfabeto \_\_\_ superior incompleto \_\_\_ superior completo \_\_\_ escolaridade do produtor \_\_\_
- 1.5. Residência do produtor casa rural \_\_\_ cidade \_\_\_ distrito \_\_\_ capital \_\_\_
- 1.6. Área da propriedade \_\_\_\_\_
- 1.7. Número de famílias/pessoas na propriedade \_\_\_\_\_

#### **b) Variável Habitação**

- 2.1. Tipo de habitação: taipa em mau estado \_\_\_ bom estado \_\_\_ alvenaria em mau estado \_\_\_ bom estado \_\_\_
- 2.2. Fogão lenha/carvão \_\_\_ lenha/carvão + gás \_\_\_ gás \_\_\_ elétrico \_\_\_
- 2.3. Água consumida: potável (filtro, poço tubular ou encanada) \_\_\_ não potável \_\_\_
- 2.4. Esgotos: rede de esgotos \_\_\_ fossa \_\_\_ eliminação livre \_\_\_
- 2.5. Eliminação de lixo: coleta \_\_\_ enterra ou queima \_\_\_ livre \_\_\_
- 2.6. Eliminação de embalagens de agrotóxicos: comercialização com as próprias firmas \_\_\_ devolução aos revendedores \_\_\_ reutilização para o mesmo fim \_\_\_ colocada em fossa especial \_\_\_ queimada \_\_\_ reaproveitada para outros fins ou deixada em qualquer lugar \_\_\_
- 2.7. Tipo de piso: chão batido \_\_\_ tijolo \_\_\_ cimento \_\_\_ cerâmica \_\_\_
- 2.8. Tipo de teto: palha \_\_\_ telha cerâmica \_\_\_ outros \_\_\_\_\_
- 2.9. Energia: não tem \_\_\_ elétrica monofásica \_\_\_ elétrica bifase \_\_\_ elétrica trifásica \_\_\_ solar \_\_\_ eólica \_\_\_
- 2.10. Geladeira: tem \_\_\_ não tem \_\_\_
- 2.11. Televisão tem \_\_\_ não tem \_\_\_ Antena Parabólica: Sim \_\_\_\_\_ Não: \_\_\_\_\_
- 2.12. Vídeo cassete tem \_\_\_ não tem \_\_\_
- 2.13. Rádio: tem \_\_\_ não tem \_\_\_
- 2.14. Periódicos: tem \_\_\_ não tem \_\_\_ Qual (is) \_\_\_\_\_

#### **c) Variável Consumo de Alimentos**

- 3.1. Consumo de leite em dias da semana \_\_\_\_\_
- 3.2. Consumo de carne bovina em dias da semana \_\_\_\_\_
- 3.3. Consumo de carne caprina/ovina em dias da semana \_\_\_\_\_
- 3.4. Consumo de carne de porco em dias da semana \_\_\_\_\_
- 3.5. Consumo de legumes em dias da semana \_\_\_\_\_
- 3.6. Consumo de verduras em dias da semana \_\_\_\_\_
- 3.7. Consumo de frutas em dias da semana \_\_\_\_\_
- 3.8. Consumo de batata-doce em dias da semana \_\_\_\_\_
- 3.9. Consumo de ovos em dias da semana \_\_\_\_\_
- 3.10. Consumo de café em dias da semana \_\_\_\_\_
- 3.11. Consumo de massas em dias da semana \_\_\_\_\_
- 3.12. Consumo de feijão em dias da semana \_\_\_\_\_
- 3.13. Consumo de aves (guiné, galinha, peru, pato) em dias da semana \_\_\_\_\_
- 3.14. Consumo de peixe em dias da semana \_\_\_\_\_
- 3.15. Consumo de caça em dias da semana \_\_\_\_\_
- 3.16. Consumo de derivados do milho (cuscuz, angu, polenta, mugunzá) em dias da semana \_\_\_\_\_
- 3.17. Consumo de farinha de mandioca em dias da semana \_\_\_\_\_

#### **d) Variável Participação em Organização**

4.1. Pertence sim\_\_ não \_\_ qual \_\_\_\_\_

**e) Variável Salubridade Rural**

5.1. Infestação de nematóides: inexistente\_baixa\_\_ média\_\_ alta\_\_

5.2. Infestação de cupins: inexistente\_baixa\_\_ média\_\_ alta\_\_

5.3. Infestação de formigas: inexistente\_baixa\_\_ média\_\_ alta\_\_

5.4. Infestação de doenças vegetais: inexistente\_baixa\_\_ média\_\_ alta\_\_ qual (is) \_\_\_\_\_

5.5. Infestação de vermes/carrapato nos animais: inexistente\_\_ baixa\_\_ média\_\_ alta\_\_

5.6. Infestação de mosca do chifre: inexistente\_\_ baixa\_\_ média\_\_ alta\_\_

5.7. Infestação de doenças nos animais: inexistente\_\_ baixa\_\_ média\_\_ alta\_\_ qual (is) \_\_\_\_\_

5.8. Surtos de febre aftosa sim\_\_ não\_\_

5.9. Infestação de doenças nas pessoas: inexistente\_\_ baixa\_\_ média\_\_ alta\_\_ qual (is) \_\_\_\_\_

5.10. Infestação de piolhos/fungos nas pessoas: inexistente\_\_ baixa\_\_ média\_\_ alta\_\_ qual (is) \_\_\_\_\_

5.11. Combate às pragas domésticas sim\_\_ não\_\_ qual (is) \_\_\_\_\_

### Fator Vulnerabilidade Econômica

**a) Variável Produção Vegetal**

6.1. Cultivo \_\_\_\_\_ produção \_\_\_\_\_ área \_\_\_\_\_ produtividade \_\_\_\_\_

6.2. Cultivo \_\_\_\_\_ produção \_\_\_\_\_ área \_\_\_\_\_ produtividade \_\_\_\_\_

6.3. Cultivo \_\_\_\_\_ produção \_\_\_\_\_ área \_\_\_\_\_ produtividade \_\_\_\_\_

6.4. Cultivo \_\_\_\_\_ produção \_\_\_\_\_ área \_\_\_\_\_ produtividade \_\_\_\_\_

6.5. Cultivo \_\_\_\_\_ produção \_\_\_\_\_ área \_\_\_\_\_ produtividade \_\_\_\_\_

6.6. Cultivo \_\_\_\_\_ produção \_\_\_\_\_ área \_\_\_\_\_ produtividade \_\_\_\_\_

6.7. Área de pastejo: não tem\_\_ abandonada\_\_ conservada\_\_

6.8. Florestamento/mata nativa não tem\_\_ <25% da área\_\_ 25% da área\_\_ > 25% da área\_\_

**b) Variável Animais de Trabalho**

7.1. Bois: tem\_\_ não tem\_\_

7.2. Cavalos: tem\_\_ não tem\_\_

7.3. Muares: tem\_\_ não tem\_\_

7.4. Jumentos: tem\_\_ não tem\_\_

**c) Variável Animais de Produção**

8.1. Garrotes: tem\_\_ não tem\_\_

8.2. Vacas: tem\_\_ não tem\_\_

8.3. Aves: tem\_\_ não tem\_\_

8.4. Bodes / carneiros: tem\_\_ não tem\_\_

8.5. Ovelhas: tem\_\_ não tem\_\_

8.6. Cabras: tem\_\_ não tem\_\_

8.7. Porcos: tem\_\_ não tem\_\_

8.8. Peixes: tem\_\_ não tem\_\_

**d) Variável Verticalização**

9.1. Matéria prima processada/melhorada na propriedade sim\_qual\_\_\_\_\_ fonte\_\_\_\_\_

9.2. Matéria prima processada/melhorada na propriedade sim\_qual\_\_\_\_\_ fonte\_\_\_\_\_

9.3. Matéria prima processada/melhorada na propriedade sim\_\_ qual\_\_ fonte \_\_\_\_\_

**e) Variável Comercialização, Crédito e Rendimento**

10.1. Venda da produção agrícola: não faz\_\_ atravessador\_\_ varejista\_\_ cooperativa\_\_ agroindústria\_\_ consumidor\_\_

10.2. Venda da produção pecuária: não faz\_\_ atravessador\_\_ varejista\_\_ cooperativa\_\_ agroindústria\_\_ consumidor\_\_

10.3. Venda da produção verticalizada: não faz\_\_ atravessador\_\_ varejista\_\_ cooperativa\_\_ agroindústria\_\_ consumidor\_\_

- 10.4 Fonte principal de crédito: não tem\_\_ agiota\_\_ banco particular\_\_ cooperativa\_\_ banco oficial\_\_
- 10.5 Renda bruta aproximada da propriedade por ano(R\$)\_\_\_\_\_
- 10.6 Outras rendas(R\$) \_\_\_\_\_ Qual \_\_\_\_\_
- 10.7 Renda total(R\$)\_\_\_\_\_

### **Fator Vulnerabilidade Tecnológica**

#### ***a) Variável Tecnologia***

- 11.1 Área da propriedade. (ha): <50 (aproveitamento de até 50%)\_\_ <50 (aproveitamento >50%)\_\_  
51-100 (aproveitamento de até 50%)\_\_ 51-100 (aproveitamento >50%)\_\_  
101-200 (aproveitamento de até 50%)\_\_ 101-200 (aproveitamento >50%)\_\_
- 11.2 Tipo de posse: proprietário\_\_ arrendatário\_\_ meeiro\_\_ ocupante\_\_
- 11.3 Uso de Biocidas (veneno caseiro): regular\_\_ ocasional\_\_ não usa\_\_ controle biológico\_\_
- 11.4 Uso de adubação/calagem: regular\_\_ ocasional\_\_ não usa\_\_ adubação orgânica\_\_
- 11.5 Tração das ferramentas: máquina\_\_ manual\_\_ animal\_\_
- 11.6 Uso do solo: segue o declive\_\_ em nível\_\_
- 11.7 Práticas de conservação: não usa\_\_ usa\_\_  
quais\_\_\_\_\_
- 11.8 Conflitos ambientais: sim\_\_ quais \_\_\_\_\_  
não\_\_
- 11.9 Irrigação: regular\_\_ ocasional\_\_ não usa\_\_
- 11.10 Assistência técnica: regular\_\_ ocasional\_\_ não tem\_\_ quem?\_\_\_\_\_
- 11.11 Exploração da terra: intensiva irracional\_\_ extensiva irracional\_\_ racional\_\_
- 11.12 Capacitação para exploração: instituições governamentais e/ou ONG\_\_ técnicos particulares\_\_  
sozinho\_\_ não faz\_\_ quais \_\_\_\_\_
- 11.13 Sabe executar obras de contenção: sim\_\_ quais \_\_\_\_\_ não\_\_

#### ***b) Variável Máquinas e Verticalização***

- 12.1 Possui máquinas agrícolas e/ou implementos: nenhum\_\_ alguns\_\_ principais\_\_ todos\_\_
- 12.2 Possui equipamentos adequados para transformação de matéria prima: sim\_\_ não\_\_

### **Fator Vulnerabilidade às Secas**

#### ***a) Variável Recursos Hídricos***

- 13.1 Armazenamento de água: não faz\_\_ caixa d'água\_\_ cisternas\_\_ barreiros\_\_ açudes (2 anos sem secar)\_\_ açudes (+ de 2 anos sem secar)\_\_ outras opções de armazenamento \_\_\_\_\_
- 13.2 Água armazenada seca nas pequenas estiagens: sim\_\_ não\_\_
- 13.3 Captação de água das chuvas (telhado): não faz\_\_ faz\_\_
- 13.4 Fonte de água: não possui\_\_ cacimba\_\_ poço amazonas\_\_ poço tubular\_\_  
outras \_\_\_\_\_
- 13.5 Fonte de água seca nas pequenas estiagens: sim\_\_ não\_\_
- 13.6 Periodicidade da oferta hídrica dos reservatórios e fontes: temporária\_\_ permanente\_\_
- 13.7 Água das fontes permite abastecimento humano todo o ano: sim\_\_ não\_\_
- 13.8 Água das fontes permite abastecimento animal todo o ano: sim\_\_ não\_\_
- 13.9 Água das fontes permite irrigação todo o ano: sim\_\_ não\_\_
- 13.10 Forma de abastecimento domiciliar: lata\_\_ animais\_\_ carros pipas\_\_ encanada\_\_
- 13.11 Racionamento: não faz\_\_ faz durante as estiagens\_\_ faz permanentemente\_\_
- 13.12 Aproveitamento das águas residuais: não\_\_ sim\_\_  
como \_\_\_\_\_
- 13.13 Observação de alguma fonte/barragem que não secava e passou a secar: sim\_\_ não\_\_  
qual \_\_\_\_\_

|  |
|--|
| <p><b>b) Variável Produção</b></p> <p>14.1 Orientação técnica para as secas: tem__ não tem _____</p> <p>14.2 Pecuária: não explora__ explora raças não adaptadas_____ explora raças adaptadas_____</p> <p>14.3 Agricultura de sequeiro: não faz__ faz sempre__ faz com chuvas suficientes__</p> <p>14.4 Cultivo de vazantes: não faz__ faz ocasionalmente__ faz sempre__ Espécies_____</p> <p>14.5 Irrigação: não faz__ faz ocasionalmente__ faz sempre__ Espécies _____<br/>Método_____</p> |
| <p><b>c) Variável Manejo da Caatinga</b></p> <p>15.1 Não faz__ faz ocasionalmente__ faz sempre__ Como_____</p>   |
| <p><b>d) Variável Exploração de Espécies Nativas</b></p> <p>16.1 faz sem replantio__ não faz__ faz com replantio__<br/>Espécies/Finalidades_____</p>   |
| <p><b>e) Variável Armazenamento</b></p> <p>17.1 Alimentação humana: não faz__ faz (estoque para um ano)__ faz (para mais de um ano)__<br/>Forma_____</p> <p>17.2 Armazenamento da alimentação animal: não faz__ faz (estoque para um ano)__ faz (para mais de um ano) _____<br/>Forma_____</p>   |
| <p><b>f) Variável Redução do Rebanho</b></p> <p>18.1 não faz__ faz antes das estiagens__ faz durante as estiagens__<br/>Critérios de descarte_____</p>   |
| <p><b>g) Variável Observação das Previsões De Chuvas</b></p> <p>19.1 não faz__ faz pela experiência__ faz por instituições__<br/>Quais_____</p>  |
| <p><b>h) Variável Ocupação nas Estiagens</b></p> <p>20.1 abandona a terra__ frentes de emergência__ presta serviços a outros produtores__<br/>se mantém na atividade_____</p>  |
| <p><b>j) Variável Educação</b></p> <p>21.1 Disciplinas contextuais no ensino básico: não possui__ até a 4ª série__ da 5ª à 8ª série__ em todas__ Qual (is)_____</p> <p>21.2 Disciplinas contextuais no ensino médio: não possui__ possui em uma série__ mais de uma série_____</p>   |
| <p><b>l) Variável Administração Rural</b></p> <p>22.1 Planejamento da produção: não faz__ faz empiricamente__ acompanhamento técnico__</p> <p>22.2 Oferta contínua dos produtos: não__ sim__ por que_____<br/>não comercializa__ comercializa o excedente__ produz para comercialização__</p> <p>22.3 Comercialização: não comercializa____ comercializa o excedente____ produz para comercialização____</p> <p>22.4 Fontes de renda: exclusivamente da propriedade__ outras _____</p>       |

### Histórico das Secas

23.1 Secas acontecidas: ano\_\_\_\_\_ duração\_\_\_\_\_ (meses)  
Perdas e impactos (comentários e quantificações)

---



---



---

23.2 Secas acontecidas: ano\_\_\_\_\_ duração\_\_\_\_\_ (meses)  
Perdas e impactos (comentários e quantificações)

---



---



---

23.3 Secas acontecidas: ano \_\_\_\_\_ duração \_\_\_\_\_(meses)

Perdas e impactos(comentários e quantificações)

---

---

---

### ***Fator Migração***

24.1 A família reside a quantos anos? \_\_\_\_\_

24.2 Quantas pessoas da família deixaram a propriedade nos últimos anos? \_\_\_\_\_

a dois anos \_\_\_\_\_ a quatro anos \_\_\_\_\_ a seis anos \_\_\_\_\_ a oito anos \_\_\_\_\_ a dez anos \_\_\_\_\_ ou  
mais \_\_\_\_\_

24.3 Quantas pessoas da família regressaram e se fixaram? \_\_\_\_\_

24.4 Quantas famílias regressaram e se fixaram na: própria propriedade \_\_\_\_\_ em outra propriedade \_\_\_\_\_

24.5 Destino dos que saíram: zona urbana do município \_\_\_\_\_ outras localidades na Paraíba \_\_\_\_\_ outros  
Estados \_\_\_\_\_

### **Exploração de Minérios**

Sim \_\_\_\_\_ Tipo \_\_\_\_\_ Qual(is) minérios \_\_\_\_\_ Não \_\_\_\_\_

#### **Observações.**

---

---

---

---

**Nome do agente comunitário:** \_\_\_\_\_

**Local da entrevista:** \_\_\_\_\_

**Data da entrevista:** \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_



ANEXO II - Tabulação de Dados e Valores Máximos, Mínimos e Valor Significativo Encontrado

Valores encontrados:

|                                   | Valor Encontrado (y) | Valor Mínimo (x) | Valor Máximo (x') |
|-----------------------------------|----------------------|------------------|-------------------|
| Fator Vulnerabilidade Social      | 80                   | 48               | 232               |
| Fator Vulnerabilidade Econômica   | 56                   | 30               | 87                |
| Fator Vulnerabilidade Tecnológica | 35                   | 15               | 48                |
| Fator Vulnerabilidade às Secas    | 66                   | 33               | 90                |

Cálculos das Vulnerabilidades:

| Cálculo da Vulnerabilidade Social Global      |                               | Cálculo da Vulnerabilidade Econômica Global |                               |
|---|-------------------------------|---|-------------------------------|
| $y = ax + b$ (1)                              | $x = 48$                      | $y = ax + b$ (1)                            | $x = 30$                      |
| $ax + b = 0$                                  | $x' = 232$                    | $ax + b = 0$                                | $x' = 87$                     |
| $ax' + b = 100$                               | $y = 80$                      | $ax' + b = 100$                             | $y = 56$                      |
| $48 a + b = 0$ (-1)                           |                               | $30 a + b = 0$ (-1)                         |                               |
| <u><math>232 a + b = 100</math></u>           |                               | <u><math>87 a + b = 100</math></u>          |                               |
| $184 a = 100$                                 | , logo:                       | $57 a = 100$                                | , logo:                       |
| $a = 0,54$                                    |                               | $a = 1,75$                                  |                               |
| $48 * 0,54 + b = 0$                           |                               | $30 * 1,75 + b = 0$                         |                               |
| $b = - 25,9$                                  | , assim, substituindo em (1): | $b = - 52,5$                                | , assim, substituindo em (1): |
| $Y = 0,54 x - 25,9$ (2)                       |                               | $Y = 1,75 x - 52,5$ (2)                     |                               |
| $Y = 0,54 * 80 - 25,9$                        |                               | $Y = 1,75 * 56 - 52,5$                      |                               |
| <b>Y = 17,3</b>                               |                               | <b>Y = 45,5</b>                             |                               |
| Cálculo da Vulnerabilidade Tecnológica Global |                               | Cálculo da Vulnerabilidade à Seca Global    |                               |
| $y = ax + b$ (1)                              | $x = 15$                      | $y = ax + b$ (1)                            | $x = 33$                      |
| $ax + b = 0$                                  | $x' = 48$                     | $ax + b = 0$                                | $x' = 90$                     |
| $ax' + b = 100$                               | $y = 35$                      | $ax' + b = 100$                             | $y = 66$                      |
| $15 a + b = 0$ (-1)                           |                               | $33 a + b = 0$ (-1)                         |                               |
| <u><math>48 a + b = 100</math></u>            |                               | <u><math>90 a + b = 100</math></u>          |                               |
| $33 a = 100$                                  | , logo:                       | $27 a = 100$                                | , logo:                       |
| $a = 3$                                       |                               | $a = 1,8$                                   |                               |
| $15 * 3 + b = 0$                              |                               | $33 * 1,8 + b = 0$                          |                               |
| $b = -45$                                     | , assim, substituindo em (1): | $b = -59,4$                                 | , assim, substituindo em (1): |
| $Y = 3 x - 45$ (2)                            |                               | $Y = 1,8 x - 59,4$ (2)                      |                               |
| $Y = 3 * 35 - 45$                             |                               | $Y = 1,8 * 66 - 59,4$                       |                               |
| <b>Y = 60</b>                                 |                               | <b>Y = 59,4</b>                             |                               |

Para cada Fator de Vulnerabilidade, foi calculada uma reta de vulnerabilidade, utilizando-se os valores encontrados:

| Social |      | Econômica |      | Tecnológica |     | Às Secas |      |
|--------|------|-----------|------|-------------|-----|----------|------|
| x      | y    | x         | y    | x           | y   | x        | y    |
| 48     | 0    | 30        | 0    | 15          | 0   | 33       | 0    |
| 232    | 100  | 87        | 100  | 48          | 100 | 90       | 100  |
| 80     | 17,3 | 56        | 45,5 | 35          | 60  | 66       | 59,4 |



Anexo III - Valores de referência do diagnóstico sócio-econômico e ambiental

| Fator Vulnerabilidade Social     |                      |    |               |    |             |    |               |    |            |    |           |    |           |    |           |
|----------------------------------|----------------------|----|---------------|----|-------------|----|---------------|----|------------|----|-----------|----|-----------|----|-----------|
| a) Variável demografia           |                      |    |               |    |             |    |               |    |            |    |           |    |           |    |           |
| Item                             | Opção                |    | Opção         |    | Opção       |    | Opção         |    | Opção      |    | Opção     |    | Opção     |    | Opção     |
| 1.1*                             | ≥ 7                  | 07 | < 7           | 06 | < 6         | 05 | < 5           | 04 | < 4        | 03 | < 3       | 02 | < 2       | 01 |           |
| 1.2*                             | 1 pessoa             | 03 | 2 pessoas     | 02 | > 2 pessoas | 01 |               |    |            |    |           |    |           |    |           |
| 1.3*                             | < 14                 | 05 | > 65          | 04 | 15-18       | 03 | 19-25         | 02 | 26-64      | 01 |           |    |           |    |           |
| 1.4                              | Analfabeto           | 08 | Até 4ª        | 07 | Até 8ª      | 06 | Médio inc.    | 05 | Médio com. | 04 | Sup. Inc. | 03 | Sup. Com. | 02 | Pós-grad. |
| 1.5                              | Capital              | 04 | Cidade        | 03 | Distrito    | 02 | Rural         | 1  |            |    |           |    |           |    |           |
| b) Variável habitação            |                      |    |               |    |             |    |               |    |            |    |           |    |           |    |           |
| 2.1                              | Taipa (m)            | 04 | Alvenaria (m) | 03 | Taipa (b)   | 02 | Alvenaria (b) | 01 |            |    |           |    |           |    |           |
| 2.2                              | Len/car              | 04 | Len/car/gás   | 03 | Gás         | 02 | Elétrico      | 01 |            |    |           |    |           |    |           |
| 2.3                              | Não potável          | 02 | Potável       | 01 |             |    |               |    |            |    |           |    |           |    |           |
| 2.4                              | Elim. livre          | 03 | Fossa         | 02 | Rede esgoto | 01 |               |    |            |    |           |    |           |    |           |
| 2.5                              | Livre                | 03 | Ent/quei.     | 02 | Coleta      | 01 |               |    |            |    |           |    |           |    |           |
| 2.6                              | Reaproveita (outros) | 06 | Queima        | 05 | Reutiliza   | 04 | Fossa         | 03 | Devolução  | 02 | Comerc.   | 01 |           |    |           |
| 2.7                              | Chão bat.            | 03 | Cimento       | 02 | Cerâmica    | 01 |               |    |            |    |           |    |           |    |           |
| 2.8                              | Palha                | 02 | Cerâmica      | 01 |             |    |               |    |            |    |           |    |           |    |           |
| 2.9*                             | Não tem              | 06 | Monofásica    | 05 | Bifásica    | 04 | Trifásica     | 03 | Solar      | 02 | Eólica    | 01 |           |    |           |
| 2.10                             | Não tem              | 02 | Tem           | 01 |             |    |               |    |            |    |           |    |           |    |           |
| 2.11                             | Não tem              | 02 | Tem           | 01 |             |    |               |    |            |    |           |    |           |    |           |
| 2.12                             | Não tem              | 02 | Tem           | 01 |             |    |               |    |            |    |           |    |           |    |           |
| 2.13                             | Não tem              | 02 | Tem           | 01 |             |    |               |    |            |    |           |    |           |    |           |
| 2.14                             | Não tem              | 02 | Tem           | 01 |             |    |               |    |            |    |           |    |           |    |           |
| c) Variável consumo de alimentos |                      |    |               |    |             |    |               |    |            |    |           |    |           |    |           |
| 3.1                              | 1                    | 07 | 2             | 06 | 3           | 05 | 4             | 04 | 5          | 03 | 6         | 02 | 7         | 01 |           |
| 3.2                              | 1                    | 07 | 2             | 06 | 3           | 05 | 4             | 04 | 5          | 03 | 6         | 02 | 7         | 01 |           |
| 3.4                              | 1                    | 07 | 2             | 06 | 3           | 05 | 4             | 04 | 5          | 03 | 6         | 02 | 7         | 01 |           |
| 3.5                              | 1                    | 07 | 2             | 06 | 3           | 05 | 4             | 04 | 5          | 03 | 6         | 02 | 7         | 01 |           |
| 3.6                              | 1                    | 07 | 2             | 06 | 3           | 05 | 4             | 04 | 5          | 03 | 6         | 02 | 7         | 01 |           |
| 3.7                              | 1                    | 07 | 2             | 06 | 3           | 05 | 4             | 04 | 5          | 03 | 6         | 02 | 7         | 01 |           |







|  |            |    |             |    |              |    |           |    |  |  |  |  |  |  |  |
|--|------------|----|-------------|----|--------------|----|-----------|----|--|--|--|--|--|--|--|
| g) Variável observação das previsões de chuvas |            |    |             |    |              |    |           |    |  |  |  |  |  |  |  |
| 19.1   | Não faz    | 03 | Experiência | 02 | Instituições | 01 |           |    |  |  |  |  |  |  |  |
| h) Variável ocupação nas estiagens             |            |    |             |    |              |    |           |    |  |  |  |  |  |  |  |
| 20.1   | Abandona   | 04 | Frentes     | 03 | Prest. Serv. | 02 | Se mantém | 01 |  |  |  |  |  |  |  |
| i) Variável educação                           |            |    |             |    |              |    |           |    |  |  |  |  |  |  |  |
| 21.1   | Não possui | 02 | Possui      | 01 |              |    |           |    |  |  |  |  |  |  |  |
| 21.2   | Não possui | 02 | Possui      | 01 |              |    |           |    |  |  |  |  |  |  |  |
| j) Variável administração rural                |            |    |             |    |              |    |           |    |  |  |  |  |  |  |  |
| 22.1   | Não faz    | 03 | Empiric.    | 02 | Acompanham.  | 01 |           |    |  |  |  |  |  |  |  |
| 22.2   | Não        | 02 | Sim         | 01 |              |    |           |    |  |  |  |  |  |  |  |
| 22.3   | Não        | 03 | Excedente.  | 02 | Comercializa | 01 |           |    |  |  |  |  |  |  |  |
| 22.4   | Exclusiva  | 02 | Outras      | 01 |              |    |           |    |  |  |  |  |  |  |  |
| Variável histórico das secas                   |            |    |             |    |              |    |           |    |  |  |  |  |  |  |  |
| 23.1*  | Sim        | 02 | Não         | 01 |              |    |           |    |  |  |  |  |  |  |  |
| Variável residência                            |            |    |             |    |              |    |           |    |  |  |  |  |  |  |  |
| 24.1*  | < 10 anos  | 03 | 11-20 anos  | 02 | > 21         | 01 |           |    |  |  |  |  |  |  |  |

\*Modificado pelo autor desta pesquisa.