

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA HIDRÁULICA E AMBIENTAL  
MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL  
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM RECURSOS HÍDRICOS

ITARCIA NE PAIVA SOMBRA

**CARACTERIZAÇÃO ATRAVÉS DE INDICADORES DOS IMPACTOS DA SECA  
NA BACIA DO ALTO JAGUARIBE**

FORTALEZA

2008

ITARCIANE PAIVA SOMBRA

CARACTERIZAÇÃO ATRAVÉS DE INDICADORES DOS IMPACTOS DA SECA NA  
BACIA DO ALTO JAGUARIBE

Dissertação apresentada ao Curso de  
Mestrado em Recursos Hídricos da  
Universidade Federal do Ceará como requisito  
parcial para a obtenção de grau de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Vicente de P. P. B. Vieira

FORTALEZA – CE

2008

ITARCIA NE PAIVA SOMBRA

CARACTERIZAÇÃO ATRAVÉS DE INDICADORES DOS IMPACTOS DA SECA NA  
BACIA DO ALTO JAGUARIBE

Dissertação submetida como parte dos requisitos necessários para a obtenção do Grau de Mestre em Recursos Hídricos, outorgado pela Universidade Federal do Ceará, e encontra-se à disposição dos interessados na Biblioteca Central da referida Universidade.

A citação de qualquer trecho desta Dissertação é permitida, desde que seja feita de acordo com as normas da ética científica.

Dissertação aprovada em 04 de Novembro de 2008

---

Prof. Dr. Vicente P.P.B.Vieira (orientador)  
Universidade Federal do Ceará

---

Prof<sup>a</sup>. Dra. Ticiania M. de Carvalho Studart  
Universidade Federal do Ceará

---

Dra. Ana Bárbara de Araújo Nunes  
Companhia de Água e Esgoto do Ceará - CAGECE

Dedico este trabalho à minha família, que esteve sempre do meu lado, muito obrigada.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço em primeiro lugar a Deus, por ter me dado saúde, paciência e determinação para que eu chegasse até aqui. Sem Ele nada disso seria possível.

Ao professor doutor Vicente Vieira, .cuja orientação foi fundamental para o término deste trabalho.

Ao professor doutor José Carlos de Araújo, por todo ensinamento e pelas orientações iniciais.

À professora doutora Ticiane Studart e a doutora Ana Bárbara pela participação nesta banca.

Ao professor doutor Raimundo de Oliveira Souza, pelas palavras de incentivo e conforto.

À coordenação do Curso de Pós-Graduação em Recursos Hídricos, na pessoa do professor doutor Horst Frischkorn.

À Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico – FUNCAP, pelo suporte financeiro que possibilitou a efetivação desta pesquisa.

A todos os funcionários do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental.

Aos meus companheiros do curso de mestrado, Alexandre, Magno, Eloneide, Tereza, Silvia, Danilo, Charles, Marcus, Andréa, Fernando Peroba.

À todos da RW Engenheiros Consultores, em especial ao Ribamar, pelos empréstimos de livros e incentivo ao estudo, e ao Henrique, pela sua colaboração essencial na edição deste trabalho.

Aos meus amigos do curso de Engenharia Civil, Adryanna, Gladstone, Igor, Jurislene, Lucieuda, Renata, Thalles e Uinne, por me proporcionarem o privilégio da sua convivência.

Aos meus amigos de toda a vida, Michelle, Michelinne, Sandra e Michele Tatiana, por acompanharem minhas batalhas e por torcerem sempre por mim.

Sou extremamente grata à minha família. Aos meus amados pais, Tarciso e Iracy, por me ensinarem a lutar pelos meus objetivos e pelo exemplo de honestidade e determinação. À minha irmã Itala Tarciana, pelo carinho de sempre e por ter me dado dois presentes maravilhosos, Thales e Thaís. Ao meu irmão Enio Tarsom, pela sua ajuda e palavras de força sempre que eu precisei. Ao Eliel, pelo amor, compreensão e paciência, e por não me deixar desistir nos momentos mais difíceis.

A todos vocês, muito obrigada.

## RESUMO

A água é o insumo básico da sobrevivência de todas as espécies e indicador do desenvolvimento de uma região, sendo necessária atenção especial no seu manejo visando sua conservação em qualidade e quantidade. É fato certo que o Nordeste está sujeito a secas periódicas. Essas irregularidades climáticas afetam principalmente as famílias pobres das áreas atingidas. Devido aos problemas ambientais e sócio-econômicos causados pelas estiagens que ocorrem no semi-árido, e em particular no Estado do Ceará, se faz necessário uma caracterização técnico-científica, através de indicadores hidrológicos, e sócio-econômicos, que permitam, ao longo do tempo, um monitoramento permanente e consistente desses desastres naturais. Este trabalho tem como objetivo principal a caracterização dos impactos hidrológicos e sócio-econômicos na bacia do Alto Jaguaribe . Para a caracterização das secas foram selecionados como indicadores hidrológicos a precipitação média e o índice de aridez, e como indicadores econômicos a produção de grãos e PIB. Foi proposto a determinação de índices experimentais de secas hidroclimatológicas e de secas econômicas. A análise desses índices indica uma tendência a menor vulnerabilidade econômica dos municípios em estudo, em relação às variações climáticas.

## ABSTRACT

Water is the basic input of the survival of all species and indicator of the development of a region which needs special attention in its management aimed at them in quality and quantity. It is indeed true that the Northeast is subject to periodic droughts. These climatic irregularities mainly affect the poor families of the affected areas. Due to environmental problems and socio-economic caused by droughts that have occurred in the semi-arid, and particularly in the state of Ceara, is a necessary technical and scientific characterization, through indicators hydrological and socio-economic, enabling over the time, a continuous and consistent monitoring of these natural disasters. This work has as main goal the characterization of hydrological impacts and socio-economic basin in the High Jaguaribe. For the characterization of drought indicators have been selected as the hydrological and rainfall average index of aridity, and socio-economic indicators such as the production of grain, GDP and IDM. It proposed the establishment of experimental indexes of drought and hydrological drought socioeconomic status. The analysis of these indices indicates a lower socio-economic vulnerability of the municipalities under study.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 4.1 Posição Geográfica. Fonte:IPECE, 2008 .....	26
Figura 4.2 Bacias Hidrográficas. Fonte:IPECE.....	29
Figura 6.1 Índice de Aridez nos municípios do Alto Jaguaribe no período de 1982 a 2006 .....	45
Figura 6.2 Precipitação média dos municípios da Bacia do Alto Jaguaribe. (1961 - 2007) .....	57
Figura 6.3 Produção anual de milho e feijão nos municípios do Alto Jaguaribe. (1990 – 2006) .....	63
Figura 6.4 Produto Interno Bruto Municipal – 1997 a 2004.....	67
Figura 6.5 Índice de Desenvolvimento Municipal, região do Alto Jaguaribe. ....	69

## LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1 Situação Atual dos Açudes da Bacia do Alto Jaguaribe Monitorado pela COGERH.....	34
Tabela 6.1 Índice de Aridez municípios do Alto Jaguaribe (1982 – 2006).....	41
Tabela 6.2 Precipitação Média Anual – Método de Thiessen (1961 – 2007) .....	47
Tabela 6.3 Produção Anual de Grãos 1990-2006 .....	59
Tabela 6.4 PIB municipal na região do Alto Jaguaribe (1997-2004) .....	65
Tabela 6.5 IDM dos municípios da bacia do Alto Jaguaribe.....	68

## LISTA DE SIGLAS E SÍMBOLOS

ANA - Agência Nacional de Águas

ASA - Articulação no Semi-Árido Brasileiro

COGERH – Companhia de Gestão de Recursos Hídricos

DNOCS – Departamento Nacional de Obras Contra as Secas

FUNCEME – Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos

GEJV – Grupo de Estudos do Vale do Rio Jaguaribe

GTDN – Grupo de Trabalho para o Desenvolvimento do Nordeste

HSI – Herbst Severity Index

IA – Índice de Aridez

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IFOCS – Inspetoria Federal de Obras Contra as Secas

IDH – Índice de Desenvolvimento Humano

IMA – Índice Municipal de Alerta

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

IOCS – Inspetoria de Obras Contra as Secas

IPECE – Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará

IPH – Índice de Pobreza Hídrica

ISE – Índice Experimental de Secas “ Sócio – Econômicas”

ISH - Índice Experimental de Secas “ Hidrológicas”

LRDI – Lamb Rainfall Departure Index

NoWUM – Modelo de Uso da Água no Nordeste

PDSI – Palm Drought Severity Index

PLANERH – Plano Estadual dos Recursos Hídricos

RAI – Rainfall Anomaly Index

SESAM – Transporte de Sedimentos de Grandes Áreas Semi-Áridas

SRH – Secretaria dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará

SUDENE – Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste

WASA – Modelo de Disponibilidade Hídrica em Ambientes Semi-Áridos

WAVES – Programa de Disponibilidade de Água e Vulnerabilidade dos Ecossistemas e da Sociedade no Nordeste do Brasil

## ÍNDICE

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>13</b>
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	<b>15</b>
2.1 OBJETIVO GERAL.....	15
2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	15
<b>3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>16</b>
3.1 SECAS: DEFINIÇÕES E HISTÓRICO .....	16
3.1.1 <i>Definições</i> .....	16
3.1.2 <i>Histórico</i> .....	17
3.2 ÍNDICES E INDICADORES .....	20
3.2.1 <i>Os Indicadores de Sustentabilidade dos Recursos Hídricos</i> .....	21
3.2.2 <i>O Índice de Vulnerabilidade Global (IVG)</i> .....	21
3.2.3 <i>Índice de Estresse Hídrico</i> .....	21
3.2.4 <i>Índice de Pobreza Hídrica</i> .....	22
3.3 MONITORAMENTO DE SECAS ATRAVÉS DE ÍNDICES CLIMATOLÓGICOS .....	22
<b>4. ÁREA DE ESTUDO</b> .....	<b>25</b>
4.1 O SEMI-ÁRIDO .....	25
4.2 CEARÁ.....	25
4.2.1 <i>Localização</i> .....	25
4.2.2 <i>Clima</i> .....	27
4.2.3 <i>Solos e Vegetação</i> .....	27
4.2.4 <i>Recursos Hídricos</i> .....	28
4.2.5 <i>População</i> .....	30
4.3 BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JAGUARIBE .....	30
4.4 ALTO JAGUARIBE .....	32
4.5 PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DOS MUNICÍPIOS.....	34
<b>5. METODOLOGIA</b> .....	<b>37</b>
5.1 SELEÇÃO DE INDICADORES.....	37
5.2 DETERMINAÇÃO DE ÍNDICES EXPERIMENTAIS DE SECAS.....	39
<b>6 – RESULTADOS</b> .....	<b>40</b>
6.1 APLICAÇÃO À ÁREA DE ESTUDO.....	40
6.1.1 <i>Os indicadores hidrológicos</i> .....	40
6.1.2 <i>Indicadores Sócio-Econômicos</i> .....	58
6.2 ÍNDICES EXPERIMENTAIS DE SECAS HIDROCLIMATOLÓGICAS E SECAS ECONÔMICAS.....	69
<b>7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES</b> .....	<b>94</b>
<b>8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>97</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A água é o insumo básico da sobrevivência de todas as espécies e indicador do desenvolvimento de uma região, sendo necessária atenção especial no seu manejo visando sua conservação em qualidade e quantidade. Isso é alcançado por meio da gestão dos recursos hídricos, que se refere aos procedimentos relativos à tentativa de equacionar e resolver as questões da água e otimizar o seu uso (ANEEL, p.60, 2001).

O semi-árido Nordeste brasileiro, caracterizado pelo estigma da seca, apresenta-se como um cenário crítico no que se refere à questão hídrica, necessitando de subsídios para que se tenha uma gestão visando otimizar o uso de suas águas com base nessa realidade. O Estado do Ceará está no fulcro da problemática da seca, e teve sua ocupação e desenvolvimento condicionado pela questão da escassez hídrica.

Uma seca pode caracterizar-se tanto pelo baixo nível da precipitação anual em relação à média de um ano de chuvas normais quanto pela sua distribuição irregular durante o período chuvoso – que dura de quatro a seis meses, entre janeiro e abril, ou maio, ou junho, dependendo da área – ou, como freqüentemente acontece, as duas coisas. Quando da ocorrência de uma seca rigorosa, os níveis de precipitação anual e os padrões de distribuição durante o período chuvoso distanciam-se muito dos índices registrados em anos de inverno normal (DUARTE, 2002).

É fato certo que o Nordeste está sujeito a secas periódicas que podem ser consideradas inevitáveis. Essas irregularidades climáticas afetam principalmente as famílias pobres das áreas atingidas. Os trabalhadores rurais de baixa renda e os minifundiários, por terem vínculos muito frágeis com a economia de mercado, tornam-se bastante vulneráveis aos efeitos das secas. Como não dispõem de excedentes agrícolas comercializáveis e não contam com uma infra-estrutura de armazenagem, os pequenos produtores rurais do sertão nordestino, dificilmente conseguem acumular reservas, seja em dinheiro, seja em espécie, durante os anos de inverno normal.

Dessa forma a seca desencadeia uma crise de desemprego e de desocupação nas zonas rurais, reduzindo a produção agrícola e diminuindo o poder aquisitivo das populações.

Além dos prejuízos agrícolas, uma seca de grandes proporções pode provocar perdas consideráveis dos rebanhos do nordeste semi-árido, principalmente do gado bovino. As perdas, nessas situações de seca, se dão por vários meios: por abate, venda, transferência para outras áreas menos atingidas pela estiagem, redução de peso, ou mesmo morte dos animais por inanição.

É importante considerar que, para os sertanejos, as perdas dos seus rebanhos representam grandes prejuízos, seja pelo valor patrimonial, seja como fonte de alimentos, ou ainda como meio de troca em momentos de extrema necessidade.

Devido aos problemas ambientais e sócio-econômicos causados pelas estiagens que ocorrem no semi-árido, e em particular no Estado do Ceará, se faz necessário uma caracterização técnico-científica, através de indicadores hidrológicos, e sócio-econômicos, que permitam, ao longo do tempo, um monitoramento permanente e consistente desses desastres naturais.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

- Caracterizar através de indicadores os impactos hidrológicos e sócio-econômicos das secas na sub-bacia do Alto Jaguaribe, de forma clara e de fácil entendimento.

### **2.1 Objetivos Específicos**

- Selecionar indicadores hidroclimatológicos e econômicos na caracterização das secas;
- Propor índices experimentais de secas “hidroclimatológicas” e secas “econômicas”.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Secas: Definições e Histórico

##### 3.1.1 Definições

A seca pode ser considerada como uma característica climática normal e recorrente do semi-árido nordestino. Diferencia-se de outras catástrofes naturais por se tratar de um fenômeno gradual, sendo difícil determinar com precisão seu início e fim. Os efeitos da seca se acumulam lentamente e podem perdurar por anos após sua finalização.

Os efeitos da seca são menos evidentes do que outras catástrofes naturais, raramente provocando prejuízos na infra-estrutura. Em contrapartida, esses efeitos se espalham por uma maior área geográfica, dificultando a quantificação dos impactos e da gravidade da seca.

Segundo CAMPOS e STUDART (2001), é possível definir os tipos mais comuns de secas: a *seca climatológica*, a *seca edáfica*, a *seca social* e *seca hidrológica*.

A *seca climatológica* refere-se à ocorrência de uma deficiência no total de chuvas em relação aos padrões normais que determinaram suas necessidades. Esse tipo de seca tem como causa natural a circulação global da atmosfera e pode resultar em redução na produção agrícola e no fornecimento de água, seja para abastecimento, seja para outros usos.

A *seca edáfica* tem como causas básicas a insuficiência ou distribuição irregular das chuvas e pode ser identificada como uma deficiência da umidade, que resulta em considerável redução da produção agrícola. Esse tipo de seca, associado à agricultura de sequeiro, é a que causa maiores impactos no Nordeste Semi-Árido. Os efeitos são conhecidos: severas perdas econômicas e grandes transtornos sociais como fome, migração e desagregação familiar. É a *seca social*.

A *seca hidrológica* (ou de suprimento de águas), por sua vez, pode ser entendida como a insuficiência de águas nos rios ou reservatórios para atendimento



das demandas de águas já estabelecidas em uma dada região. Essa seca pode ser causada por uma seqüência de anos com deficiência no escoamento superficial ou, também, por um mal gerenciamento dos recursos hídricos acumulados nos açudes. O resultado desse tipo de seca é o racionamento, ou colapso, em sistemas de abastecimento d'água das cidades ou das áreas de irrigação.

Wilhite e Glantz (1985) afirmam que as secas tem sido classificadas por tipos, como: secas meteorológicas, hidrológicas e sócio-econômicas.

A seca meteorológica é expressa no grau de sequidão (em comparação a algum volume "normal" ou médio) e ao tempo de duração do período seco. Devido as variações inter-regionais das condições atmosféricas, as definições de secas meteorológicas devem ser específicas de uma região.

As secas hidrológicas estão mais relacionadas com as vazões de escoamento, níveis de reservatórios e água subterrânea, que com a diminuição da precipitação. Por esse motivo, as secas hidrológicas geralmente acontecem após a ocorrência de uma seca meteorológica.

A seca sócio-econômica associa a demanda de um bem econômico com elementos da seca meteorológica e hidrológica, podendo ser definida como um evento que ocorre quando a demanda supera a oferta, como produto de uma insuficiência na oferta em função do clima.

### 3.1.2 Histórico

As secas há muito tempo assolam o Nordeste Semi-Árido. E por serem recorrentes, tornaram difíceis, no período de colonização do Brasil, a ocupação e o crescimento das populações dos sertões.

Joaquim Alves no livro "História das Secas", comenta que a primeira notícia sobre as secas no Nordeste se deve ao padre Fernão Cardim, que estando em Pernambuco escreveu:

"No ano de 1583 houve tão grande seca e esterilidade nesta província que os engenhos d'água não moeram durante muito tempo. As fazendas de

canaviais e mandioca muitas se secaram, por onde houve grande fome, principalmente no Sertão de Pernambuco, pelo que desceram do sertão, apertados pela fome, socorrendo-se aos brancos, quatro a cinco mil índios.”

Devido às condições adversas, a ocupação do sertão Nordeste foi demorada e, em consequência deste fato, os registros das crises climáticas eram escassos. Porém, apesar dessa carência de registros, no século XVII podem ser identificados seis períodos de secas: 1603, 1608, 1614, 1645, 1652 e 1692.

No século XVIII, os rebanhos cresceram e os núcleos de população branca ocupavam cada vez mais as regiões interioranas. Nessa época, as maiores crises do Nordeste foram provocadas pelas intensas irregularidades pluviométricas ocorridas no período de 1721 à 1730, durante o qual alternarem-se estiagens e cheias catastróficas. (Otamar et al, 1973)

Entretanto, no final do século, ocorre uma forte crise climática.

Joaquim Catunda, em “Estudos da História do Ceará”, oferece vívida e horrível visão desta primeira grande seca, comentando:

“Uma grande seca, a de mais extenso efeito de que há tradição, flagelou à Capitania por quase quatro anos. Chuvas finas e muito escassas nos anos de 1790 e 1791, nenhuma absolutamente em 1792 e poucas no ano seguinte. Nos anos de 1792, as águas desapareceram completamente em grande parte da Capitania. Morreram os gados, os vaqueiros, muitos fazendeiros e os animais domésticos e bravos. As estradas, juncadas de cadáveres, famílias inteiras mortas de fome e de sede, e envolvidas no pó dos campos; o interior deserto, a população esfaimada e dizimada pela peste nos povoados do litoral; atulhada de retirantes as Capitânicas vizinhas. Esmolando uns, furtando outros, trabalhando poucos.”

Mesmo considerando algum exagero usado pelo autor do texto, as estatísticas oficiais da época podem quantificar o tamanho do desastre: segundo Alvargonzalez (1984), aproximadamente um terço da população morreu no decurso da seca.

Durante o século XIX existem registros de várias secas; em 1804, 1809-10, 1824-25, 1844-45, 1877-79. Dentre elas destaca-se, pela sua severidade e devastação, a de 1877-79.

A seca de 1877-79 foi tão terrível que determinou a morte de 500.000 pessoas no Ceará e nas suas vizinhanças. O primeiro diretor da IOCS, engenheiro Miguel Arrojado Lisboa, estimou que 150.000 teriam morrido de fome, 100.000 de febres e outras doenças, 80.000 de varíola e 180.000 “da alimentação venenosa ou nociva, de inanição ou mesmo exclusivamente de sede” (ALVARGONZALEZ, 1984).

Desde então, devido às enormes proporções desse desastre, o problema das secas no Nordeste passou a ser considerado de âmbito nacional.

O Governo Imperial nomeou uma comissão encarregada de “percorrer a Província do Ceará e estudar os meios práticos de abastecimento, durante as estiagens, da quantidade de água suficiente para as necessidades da população, manutenção do gado e estabelecimento de um sistema de irrigação que tornasse sempre possível a cultura de terras” (ALVARGONZALEZ, 1984).

No ano de 1888, decorridos então dez anos da última grande seca, uma nova calamidade assola o Nordeste; e as obras que foram planejadas nem sequer tinham sido iniciadas.

No início do século XX, passou a constar na Lei Orçamentária uma parcela destinada às obras contra as secas e, dessa forma, as primeiras comissões de combate aos efeitos da seca foram criadas. Em 1906 as comissões se uniram e foi criada a Superintendência dos Estudos e Obras Contra os Efeitos das Secas.

No ano seguinte realizou-se uma análise das obras do Governo que haviam sido executadas para o combate às secas. O resultado foi bastante insatisfatório e com base nisso foi criada, no ano de 1909, a Inspetoria de Obras Contra as Secas (IOCS).

Em 1919 a IOCS teve sua designação modificada para Inspetoria Federal de Obras Contra as Secas (IFOCS). No ano de 1945, a Inspetoria foi transformada no Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS).

As duas grandes secas de 1951-1953 e 1958 favoreceram o estabelecimento de uma nova compreensão da realidade Nordestina. Chegou-se a conclusão de que a acumulação de bilhões de metros cúbicos de água de pouco valia se não houvesse o seu aproveitamento racional (MINTER, 1973).

Surge a compreensão de que é necessário prevenir-se contra os efeitos da seca, fenômeno inevitável e presentemente irremovível (MINTER, 1973).

### **3.2 Índices e Indicadores**

O desenvolvimento de indicadores remonta a década de 1920, quando nos Estados Unidos, em 1929, foi criado um comitê presidencial chamado *Tendências Sociais Recentes*, nascido da idéia de se coletar e armazenar dados que permitissem representar a sociedade e suas mudanças (RUA, 2007).

O indicador corresponde a uma tentativa de mensuração de fenômenos de natureza diversa cuja função é auxiliar no acompanhamento de realidades mais complexas. Tem como principal característica o poder de sintetizar um conjunto de informações diversas, retendo apenas o significado essencial dos aspectos analisados (HATCHUEL e POQUET, 1992; BOUNI, 1996; MITCHELL, 1996 apud Luna 2007).

A principal característica de um bom indicador, quando comparado a outros tipos de informação, é a sua importância para a política e para a tomada de decisão. Para ser representativo neste sentido o indicador tem de ser considerado importante tanto pelos tomadores de decisão quanto pelo público (GALLOPIN, 1996 apud Luna 2007).

Na área de gestão de águas, foram feitos estudos sobre escassez, vulnerabilidade e sustentabilidade dos recursos hídricos em regiões semi-áridas. Desses estudos foram determinados alguns indicadores e índices, dentre eles os quais é possível mencionar: os Indicadores de Sustentabilidade dos Recursos Hídricos; o Índice de Vulnerabilidade Global; o Índice de Estresse Hídrico e o Índice de Pobreza Hídrica.

### 3.2.1 Os Indicadores de Sustentabilidade dos Recursos Hídricos

Desenvolvidos no âmbito do Projeto Áridas, objetivam retratar a situação dos recursos hídricos e, para tanto, utilizam como variáveis o potencial hídrico das unidades de planejamento e a disponibilidade hídrica de cada uma delas (GONDIM FILHO, 1994).

Entende-se por potencial hídrico a quantificação dos recursos hídricos sem a intervenção humana, e por disponibilidade a parcela da potencialidade que é ativada pela ação do homem, através de poços e barragens.

### 3.2.2 O Índice de Vulnerabilidade Global (IVG)

Índice desenvolvido dentro do Projeto Áridas. É utilizado para classificação das Unidades de Planejamento (UP's), identificando, sob o ponto de vista do seu atual aproveitamento hídrico, as áreas mais críticas.

### 3.2.3 Índice de Estresse Hídrico

Índice desenvolvido no âmbito do Projeto Waves, analisa a escassez hídrica para quatro cenários de mudanças globais construídos segundo diferentes características de desenvolvimento regional e mudanças climáticas globais (ARAÚJO et al, 2004).

O Índice de Estresse Hídrico é calculado pelo balanço entre demanda e oferta de água. A simulação do uso é realizada através do Modelo de Uso da Água no Nordeste – NoWUM (DÖLL et al, 2002, considerando o impacto das mudanças globais e das medidas de gestão. O programa computa a quantidade de água retirada de suas fontes naturais e o uso consutivo (LUNA, 2007).

### 3.2.4 Índice de Pobreza Hídrica

Segundo Luna (2007), o Índice de Pobreza Hídrica (IPH) é uma ferramenta que expressa medida interdisciplinar, a qual conecta o bem-estar doméstico à disponibilidade de água, indicando o quanto o grau de escassez de água impacta na população humana. É importante ressaltar que a ocorrência da pobreza reflete as condições sob as quais as pessoas vivem e a existência de vários fatores que influenciam a capacidade de um indivíduo se desenvolver. O IPH procura abranger grande número desses fatores.

O IPH, aplicado no âmbito local, pode ajudar os responsáveis pela gestão das águas a avaliar o andamento das atividades e a priorizar os gastos de acordo com o item que mostrar mais necessidade. Quando falha o sistema de alocação de água, as pessoas pobres, freqüentemente, não tem a garantia da água ou usam fontes poluídas iniciando os conflitos pela água (SULLIVAN, 2002).

### **3.3 Monitoramento de secas através de índices climatológicos**

O monitoramento de períodos de secas pode ser efetuado através de índices climatológicos, apresentando-se muito útil na gestão de recursos hídricos de regiões semi-áridas.

O mais usual dos índices de seca é expressar o total precipitado em determinada região em termos de percentagem do valor médio dos dados conhecidos (LI & MAKARAU, 1994).

Segundo Freitas (1999), um ponto crucial no emprego de um índice climatológico, reside na escolha do patamar a ser estabelecido para a definição de um período de seca. A escolha do patamar para a separação entre anos secos e úmidos não deve ser arbitrária, mas sim escolhido com base no conhecimento climático da região, na análise das características dos períodos históricos de secas e das correspondentes conseqüências à população e meio atingidos.

Diversos índices climatológicos foram desenvolvidos e adaptados de acordo com as condições regionais. Dentre eles destacam-se: o Palmer Drought Severity Index – PSDI, (Palmer, 1965); Bhalme & Mooley Drought Index – BMDI, (BHALME et MOOLEY, 1979); Rainfall Anomaly Index – RAI, (ROOY, 1965) e o Índice de Aridez – IA (Thornwaite, 1948).

O Palmer Drought Severity Index – PSDI, (Palmer, 1965) avalia a disponibilidade de água em dada região, comparando-a com o valor climaticamente requerido ou apropriado para essa região, levando-se em conta as médias históricas de precipitação, evapotranspiração, recarga de água no solo e escoamento superficial. É um dos índices mais utilizados e mundialmente reconhecidos para quantificação de secas, voltado principalmente para as secas agrícolas (RÊGO, 2008).

Apresenta a desvantagem de ser necessário um longo período de observação e coleta de dados para o cálculo do índice de Palmer, por esse motivo alguns autores elaboraram adaptações a esse índice, como Bhalme & Mooley Drought Index – BMDI, (BHALME et MOOLEY, 1979).

O BMDI é uma variação do índice de PALMER e baseia-se no cálculo do índice de umidade, calculado levando-se em conta a precipitação atual do mês, a precipitação média e o desvio padrão da precipitação. A média dos valores mais elevados do índice de umidade negativo é agrupada em categorias permitindo a classificação da intensidade de escassez hídrica.

O Rainfall Anomaly Index – RAI, (ROOY, 1965) é um índice que possibilita a comparação das atuais condições de precipitação com os valores das séries históricas, e serve para avaliar a distribuição espacial de uma seca de acordo com a sua intensidade.

Índice de Aridez – IA (Thornwaite, 1948) é calculado pela Fundação Cearense de Meteorologia – FUNCEME, em 119 estações pluviométricas do Estado do Ceará, com base na série histórica de precipitação de 1975 a 2002, nas estações que apresentam pelo menos 20 anos de dados. Segundo definição das Nações Unidas, o índice de aridez (*IA*) pode ser escrito como:

$$IA = 100 \times \frac{Pr}{Eto}$$

Onde:

*Pr* = precipitação (mm);

*Eto* = evapotranspiração potencial (mm).

A evapotranspiração potencial em cada posto foi estimada como sendo 70% da evaporação média do tanque classe A, fornecida pelo INMET, em sete estações meteorológicas. Para cada posto foram utilizados os valores da estação mais próxima à cada um deles. As estações do INMET utilizadas foram: Fortaleza, Acaraú, Morada Nova, Barbalha, Campos Sales, Juazeiro do Norte e Tauá. Os valores são mostrados agrupados pelas classes sugeridas pela ONU.

**Quadro 01 – Classificação climatológica segundo o Índice de Aridez**

<b>Índice de Aridez (IA)</b>	<b>Classificação</b>
< 0,20	Árido
0,20 < IA < 0,50	Semi-árido
0,50 < IA < 0,65	Sub-úmido seco
0,65 < IA < 1,00	Sub-úmido úmido
> 1,00	Úmido

Fonte: Adaptado FUNCEME, 2008.



## **4. ÁREA DE ESTUDO**

### **4.1 O Semi-Árido**

O semi-árido Brasileiro se estende por uma área que abrange a maior parte de todos os Estados da Região Nordeste (86,48%), a região setentrional do Estado de Minas Gerais (11,01%) e o norte do Espírito Santo (2,51%), ocupando uma área total de 974.752 Km<sup>2</sup> (ASA, 2000).

A área de semi-árido do Brasil compreende o conjunto de suas unidades geo-ambientais, onde ocorre vegetação dos diferentes tipos de Caatinga para outros ecossistemas. A região apresenta um revestimento baixo de vegetação arbustivo-arbórea ou arbóreo-arbustiva, e muito raramente, arbórea, comportando folhas miúdas e hastes espinhentas adaptadas para conter os efeitos de uma evapotranspiração muito intensa.

### **4.2 Ceará**

#### **4.2.1 Localização**

Localizado na Região Nordeste do Brasil, o Estado do Ceará possui uma área de 148,83 mil km<sup>2</sup>, correspondendo a 1,74% da área do Brasil e 9,57% da nordestina. Assim, em termos de extensão, ocupa a 17<sup>a</sup> posição dentre os estados brasileiros e a 4<sup>a</sup> posição em relação aos estados do Nordeste. A dimensão do seu território permitiu estabelecer fronteiras ao Norte, com o Oceano Atlântico; ao Sul com Pernambuco, a leste com Rio Grande do Norte e a Paraíba e a Oeste com o Piauí. (Ceará em números, 2005)

A posição geográfica do estado é a seguinte: tem uma Latitude de 2° 46' no extremo Norte (Ponta de Jericoacoara) e de 7° 52' no extremo Sul (BR-116 – Penaforte) e uma Longitude de 37° 14' (Praia de Manibu – Timbaú – Icapuí) e 41° 24' (Serra da Ibiapaba – CE/PI). Apresenta ainda uma extensão litorânea de 573 km que corresponde a, aproximadamente, 2,48% do litoral brasileiro.

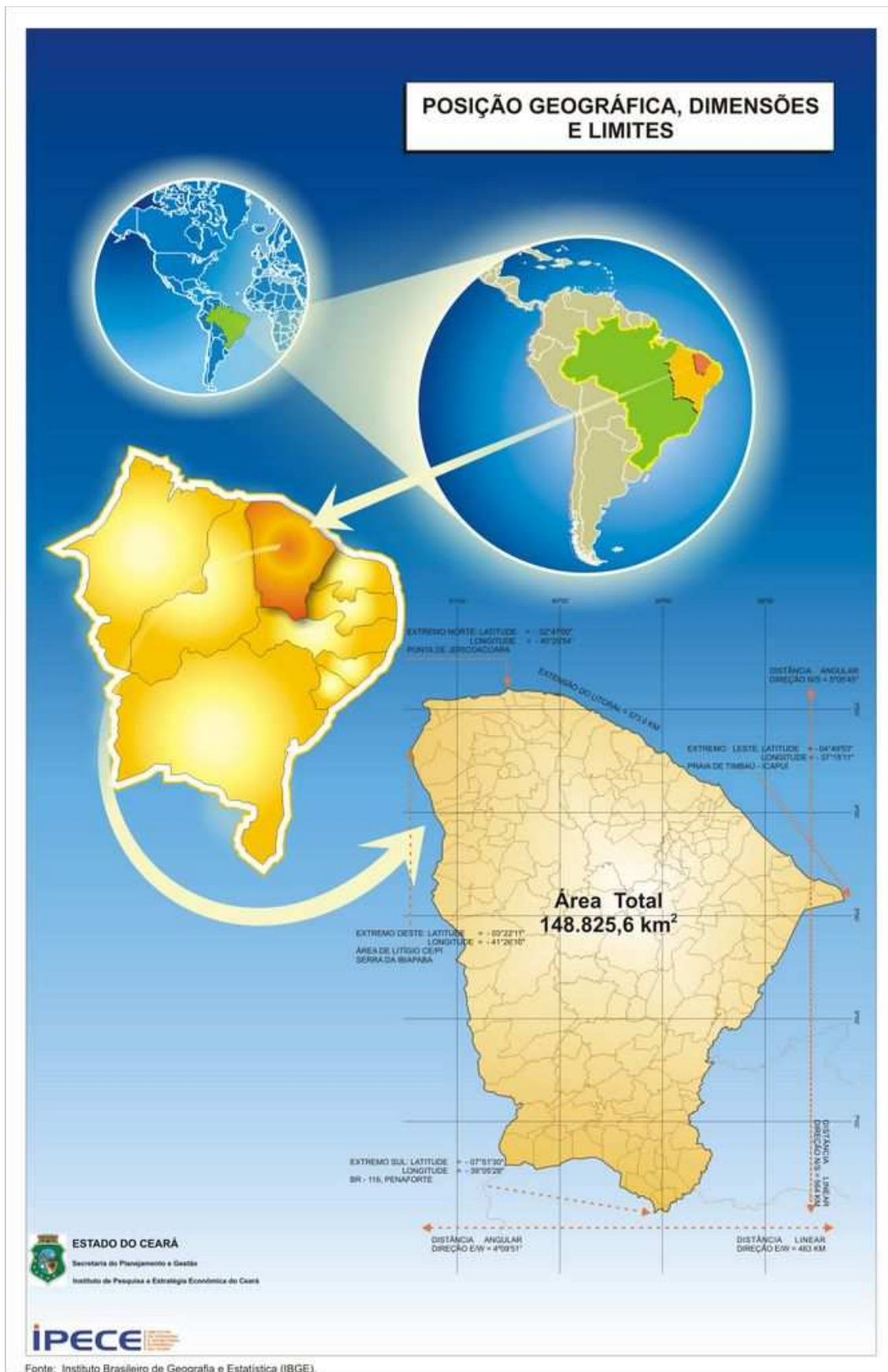


Figura 4.1 Posição Geográfica. Fonte: IPECE, 2008

#### 4.2.2 Clima

O Estado do Ceará acha-se imerso no Semi-Árido Nordestino, exceção feita a algumas áreas sub-úmidas situadas em maciços montanhosos; e áreas litorâneas. As condições climáticas do Estado se expressam por elevadas temperaturas, baixos índices de nebulosidade, forte insolação, elevadas taxas de evaporação e pela marcante irregularidade das chuvas no tempo e no espaço. Conforme a classificação de Köppen, o Ceará possui o clima do tipo BSw.h., clima quente e semi-árido com chuvas de outono e temperatura média sempre superior a 18°C (M. M. Porto et al, 2004).

As chuvas do Estado do Ceará podem ser caracterizadas principalmente pela má distribuição temporal e espacial, fenômeno que se agrava bastante durante os anos de secos. Vale destacar que a precipitação costuma concentrar-se em alguns meses do ano hidrológico, entre janeiro e junho. Os meses restantes constituem um período praticamente seco, representando um pequeno percentual de toda a precipitação pluviométrica anual. Segundo o Iplance (1998), a precipitação média do Estado do Ceará é de 775 mm (M. M. Porto et al, 2004).

Dentre os estados do Nordeste, o Ceará é aquele onde se apresenta maior extensão do semi-árido, tendo cerca de 70% do seu território inserido no Polígono da Seca.

#### 4.2.3 Solos e Vegetação

No que concerne aos tipos de solo, o Estado apresenta três tipos preponderantes de solos. São eles: os Neossolos (53.525,5 km<sup>2</sup>), os Argissolos (36.720,6 km<sup>2</sup>) e os Luvisolos (24.885,6 km<sup>2</sup>), os quais representam 78,12% do território cearense. O Estado dispõe de solos férteis, embora, em geral, apresentem-se com pouca profundidade, deficiências hídricas, pedregosidade e, principalmente, susceptibilidade à erosão, o que exige a prática de ações conservacionistas para melhor aproveitamento de suas potencialidades.

Sua vegetação predominante é a Caatinga (que ocupa 45,91% de todo o território cearense), típica do Semi-Árido, muito embora existam outros tipos de vegetação como, por exemplo, as Matas Úmidas, as Matas Secas, a Mata Ciliar, a Vegetação de Tabuleiros e o Complexo Vegetacional da zona litorânea (Ceará em números, 2005).

#### 4.2.4 Recursos Hídricos

O Ceará não conta com rios naturalmente perenizados e suas bacias hidrográficas dependem primordialmente das águas provenientes das chuvas. Como os períodos chuvosos no Estado são bastante irregulares temporal e espacialmente, a história dos recursos hídricos no Ceará foi sempre marcado por construções de açudes e barragens que visam armazenar água no período chuvoso para ser utilizado durante o longo período de falta de chuvas.

Para efeito de planejamento e gestão dos recursos hídricos o Estado do Ceará foi dividido em 11 bacias hidrográficas: Alto Jaguaribe, Salgado, Banabuiú, Médio Jaguaribe, Baixo Jaguaribe, Acaraú, Coreaú, Curu, Parnaíba, Metropolitana e Litoral.

O volume d'água, resultante do escoamento superficial nas 11 bacias, escoam rapidamente nos sistemas das bacias hidrográficas acumulando-se nos açudes públicos e particulares, lagoas ou abastecendo os mananciais subterrâneos, enquanto em alguns rios litorâneos a água escoam para o mar. A rapidez desse escoamento se verifica face às características geológicas dos solos que são, predominantemente cristalinos (70%), e o restante (30%) são formados por áreas sedimentares (PROÁGUA, 2005).

Estas bacias hidrográficas permitiram a existência de, aproximadamente, 8 mil açudes (do total 123 são monitorados pelo Programa de Gerenciamento das Águas Territoriais) no Estado. A capacidade de acumulação de águas nesses açudes, é de 18 bilhões de metros cúbicos de água.

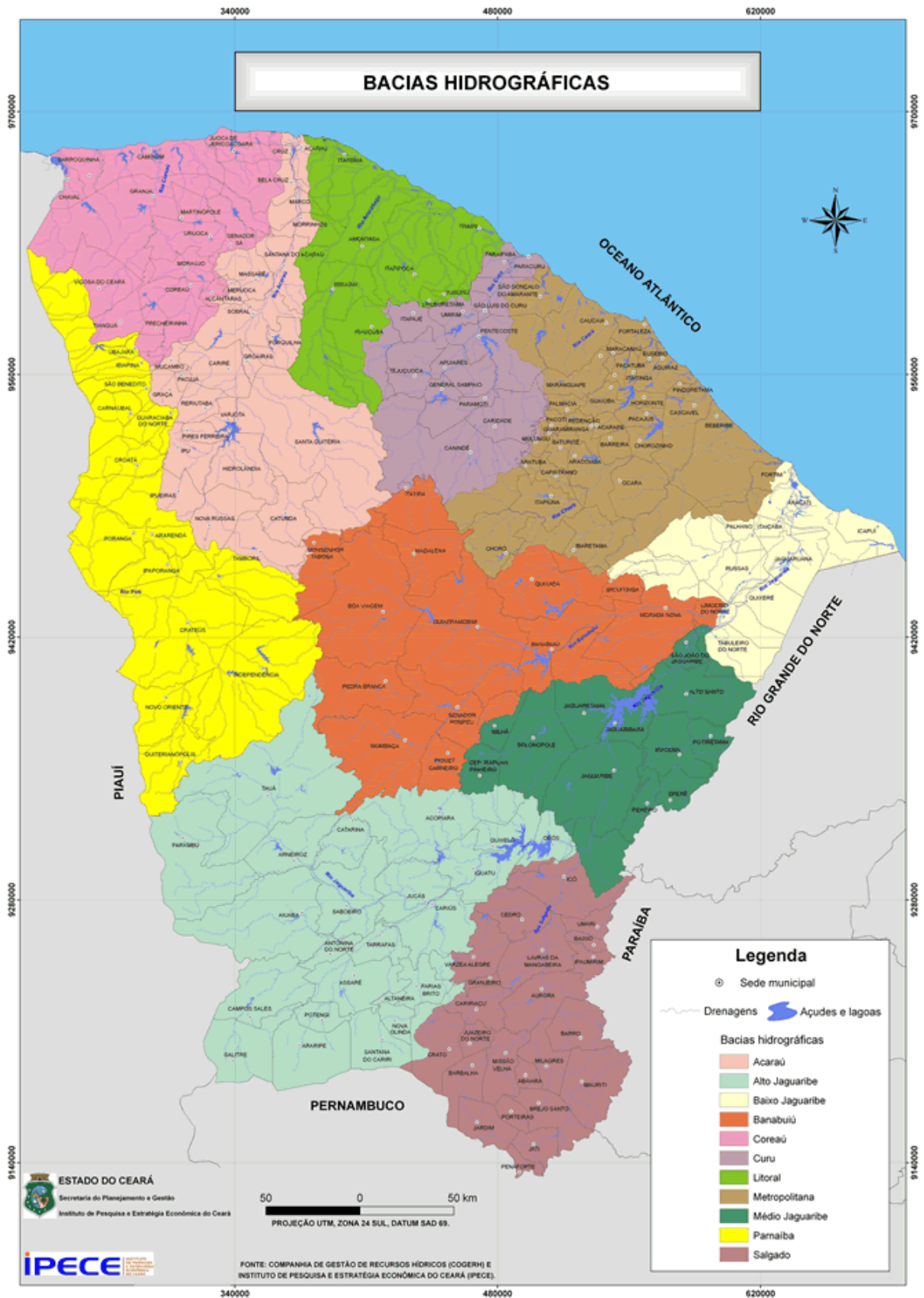


Figura 4.2 Bacias Hidrográficas. Fonte: IPECE.

#### 4.2.5 População

Em 2004, o Estado do Ceará abrigava uma população de 7.998.849 viventes, correspondendo naquele ano por 4,39% da população brasileira.

Segundo dados do IPECE (Ceará em Números, 2005) alguns fenômenos da população merecem destaque. A taxa de crescimento populacional nos anos cinquenta era da ordem de 2,6% anual, ao passar dos anos esta taxa declinou para 1,70% na década de 1989-1991. no período de 1991-2000, esta taxa foi de 1,73%, mantendo-se praticamente constante, evidenciando-se uma nítida tendência de crescimento moderado da população do Estado.

Outro fenômeno que merece destaque, ainda segundo o IPECE, é o comportamento da taxa de urbanização, que mostra uma tendência ascendente bastante acentuada. Essa taxa era em 1940 de 22,7%, alcançando 71,5% em 2000 e 76,54% em 2004.

#### 4.3 Bacia hidrográfica do rio Jaguaribe

O rio Jaguaribe nasce na Serra da Joanhina, no município de Tauá, e drena uma área de aproximadamente 75.669 km<sup>2</sup>, correspondendo a praticamente 51,9% do Estado do Ceará. O rio percorre um trajeto aproximado de 610 km desde sua nascente até sua desembocadura no oceano Atlântico, na cidade de Fortim. (GATTO, 1999 )

A bacia tem uma forma bastante irregular, apresentando nos altos e médios cursos uma largura média de 220 km, enquanto que no baixo curso passa a ter uma largura de 80 km, diminuindo gradativamente até sua foz. Grosseiramente, poderia ser considerada como sendo triangular (CHRISTOFOLETTI, 1974).

A bacia do Jaguaribe possui baixa perspectiva em reserva de águas subterrâneas, pois a quase totalidade de sua área situa-se em rochas cristalinas de baixo potencial hídrico. A exceção são os aquíferos da Chapada do Araripe, que formam sistemas livres, com potencial relativamente alto (GATTO, 1999).

Como principais afluentes destacam-se os rios Banabuiú, Palhano e Riacho do Sangue na margem esquerda. Na margem direita, os principais são os rios Salgado e Cariús, todos os demais são de pequena a média extensão (GATTO, 1999).

A bacia do rio Jaguaribe é a maior e mais importante bacia hidrográfica do Estado do Ceará e apresenta uma elevada importância econômica para o desenvolvimento regional, em função, principalmente, da disponibilidade de recursos hídricos. Por causa da sua importância, existem alguns trabalhos técnicos institucionais e técnicos-científicos realizados sobre a bacia do Jaguaribe.

O primeiro estudo de grande envergadura realizado sobre o vale do rio Jaguaribe foi o “Estudo Geral de Base do Vale do Jaguaribe”, desenvolvido no período de 1962/1965, editado em 1967 e que ficou posteriormente conhecido por “Estudos do Grupo do Vale Jaguaribe (GVJ)”.

O objetivo do estudo foi fazer um inventário dos recursos naturais da bacia e o balanço das águas disponíveis. Esse estudo forneceu o mais completo conjunto de informações e avaliações sobre a bacia do Jaguaribe, antes do Plano Estadual de Recursos Hídricos.

O Plano Estadual dos Recursos Hídricos do Ceará busca o desenvolvimento de setores estratégicos organizando um planejamento global para cada bacia hidrográfica, levando em consideração as condições físico-climáticas desfavoráveis de cada uma, contando de diagnóstico, estudo de base e estudos de planejamento das bacias hidrográficas do estado.

Um importante documento no estudo da bacia do Jaguaribe, e que está inserido no contexto do Plano Estadual dos Recursos Hídricos, é o Plano de Gerenciamento das Águas da Bacia do Rio Jaguaribe, elaborado pela Cogeh (Companhia da Gestão dos Recursos Hídricos do Ceará). Nele buscou-se planejar e gerenciar, de forma integrada, descentralizada e participativa, o uso múltiplo, a conservação, o controle, a proteção e a preservação dos recursos hídricos do rio Jaguaribe e de seus tributários.

O Plano apresenta os estudos divididos em 3 fases: a) Diagnóstico, contendo os estudos de base de hidrologia, estudos de demanda, os balanços entre a oferta e a demanda, os estudos ambientais e complementares; b) Planejamento,

que aborda a definição das demandas para os diversos setores, medidas de proteção ambiental e gestão de águas; c) Programas de Ação, que estabelecem as intervenções para a conservação da água e o programa de estudos e projetos.

Além dos estudos supracitados, vale destacar o Programa de Gerenciamento e Integração dos Recursos Hídricos (Progerirh), desenvolvido pela Secretaria dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará em 1995. Esse Programa objetiva promover a integração das bacias hidrográficas do estado através da transposição de águas intra e interbacias, visando a regularização do abastecimento hídrico durante períodos de seca nos pontos que sejam carentes de recursos hídricos, bem como promover o gerenciamento da oferta hídrica no estado.

Quatro dos oito principais eixos de integração hídrica do Progerirh se localizam na bacia do Jaguaribe: Eixo Jaguaribe – Icapuí; Eixo Médio Jaguaribe – Banabuiú (Sertão Central) - Bacias Metropolitanas de Fortaleza; Eixo Figueiredo – Sistema Lacustre de Tabuleiro do Norte; e Eixo Cariús/Bastiões – Alto Jaguaribe (Inhamuns) – Várzeas de Iguatu.

Para efeitos de planejamento e segundo características locais, optou-se por dividir a bacia em cinco sub-bacias: bacia do Alto Jaguaribe, do Salgado, do Banabuiú, do Médio Jaguaribe e do Baixo Jaguaribe.

#### **4.4 Alto Jaguaribe**

A escolha da bacia do Alto Jaguaribe como área de estudo se deve não só ao fato da sua importância hídrica e econômica para o estado, mas também por sua vulnerabilidade aos efeitos das secas.

Campos (BRASIL, 1995b apud Rêgo, 2008) classificou os indicadores de vulnerabilidade para as bacias hidrográficas do estado do Ceará, tanto com relação ao potencial hídrico móvel (insuficiência na capacidade de armazenamento, crescimento da demanda por água, sobre exploração de águas subterrâneas, coeficiente de variação dos deflúvios anuais, atendimento às demandas em anos secos, sustentabilidade no atendimento às secas), quanto com relação ao potencial hídrico localizado (ciclo máximo anual contínuo de umidade do solo). Desse estudo,



a bacia do Alto Jaguaribe foi identificada como a bacia de maior vulnerabilidade às secas no Ceará.

A bacia do Alto Jaguaribe localiza-se a montante do açude Orós, e drena uma área de cerca de 24.500 km<sup>2</sup>. O rio Jaguaribe, nessa região, possui uma extensão de 325 km, e tem declividades que variam de 0,03% a 2,5%, sendo a declividade média de 0,06%. (Atlas SRH, 2005).

O relevo da região é composto por serras baixas, apresentando-se acidentado em certos trechos e suavemente acidentado ou aplainado em outros. A vegetação é caracterizada principalmente pela presença da caatinga arbórea densa e caatinga herbácea arbustiva. Ao longo dos cursos de água encontra-se mata ciliar ou de galeria (RÊGO, 2008).

De acordo com a SRH (2005), em termos de acumulação de águas superficiais, a região do Alto Jaguaribe apresenta uma capacidade monitorada em 15 (quinze) reservatórios, da ordem de 2.544,98 hm<sup>3</sup> que regulariza uma vazão com 90% de garantia (Q90) de cerca de 19,83 m<sup>3</sup>/s. Destes reservatórios, os principais são: Orós com 1.940,00 hm<sup>3</sup>, Trussu com 260,57 hm<sup>3</sup> e Canoas com 69,25 hm<sup>3</sup>, registrando-se um grande número de pequenos açudes de usos particulares ou comunitários.

A tabela 1 apresenta os principais açudes da região do Alto Jaguaribe. A tabela apresenta dados como a capacidade de projeto, a cota e o volume no início do mês de abril de 2008. Dos dezoito açudes apresentados, verifica-se que oito estão sangrando e dois (Orós e Forquilha II) estão com mais de 90% da capacidade, o que representa 88,1% da capacidade total da Bacia. Vale ressaltar que durante o mês em questão choveu mais do que a média histórica para esse mesmo período.

**Tabela 4.1 Situação Atual dos Açudes da Bacia do Alto Jaguaribe Monitorado pela COGERH**

<b>Açude</b>	<b>Município</b>	<b>Capacidade (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Volume atual (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Volume atual (%)</b>	<b>Situação</b>
Arneiroz II	Arneiroz	197.060.000	197.060.000	100,0	Sangrando
Bengüê	Aiuaba	19.560.000	19.560.000	100,0	Sangrando
Canoas	Assaré	69.250.000	69.250.000	100,0	Sangrando
Do Coronel	Antonina do Norte	1.770.000	340.000	19,2	
Favelas	Tauá	30.100.000	18.760.000	62,3	
Faé	Quixelô	23.400.000	830.000	3,5	
Forquilha II	Tauá	3.400.000	3.340.000	98,2	
Muquém	Cariús	47.643.000	42.380.000	88,9	
Orós	Orós	1.940.000.000	1.832.750.000	94,4	
Parambu	Parambu	8.530.000	8.530.000	100,0	Sangrando
Pau Preto	Potengi	1.770.000	1.770.000	100,0	Sangrando
Poço da Pedra	Campos Sales	52.000.000	30.010.000	57,7	
Quincoé	Acopiara	7.130.000	4.450.000	62,4	
Rivaldo de Carvalho	Catarina	19.520.000	5.260.000	26,9	
Trici	Tauá	16.500.000	16.500.000	100,0	Sangrando
Trussu	Iguatu	301.000.000	155.530.000	51,6	
Valério	Altaneira	2.020.000	2.020.000	100,0	Sangrando
Várzea do Boi	Tauá	51.910.000	51.910.000	100,0	Sangrando
<b>18 açudes</b>		<b>2.792.563.000</b>	<b>2.460.250.000</b>		

Fonte: Cogeh (acesso em 5/4/2008). Última atualização: 4/4/2008.

Vale ressaltar que os açudes Do Coronel, em Antonina do Norte, Faé, em Quixelô e Rivaldo de Carvalho, em Catarina, apresentavam, no período, um volume de acumulação bem abaixo das capacidades de volume.

#### **4.5 Principais características dos municípios**

Os municípios compõem a unidade espacial básica para o levantamento dos dados estatísticos, a fim de caracterizar os aspectos hidrológicos, econômicos e sociais da área. A região do alto Jaguaribe é formada pelos municípios de Acopiara, Aiuaba, Altaneira, Antonina do Norte, Araripe, Arneiroz, Assaré, Campos Sales, Cariús, Catarina, Farias Brito, Icó, Iguatu, Jucás, Nova Olinda, Orós, Parambu, Potengi, Quixelô, Saboeiro, Salitre, Santana do Cariri, Tarrafas, Tauá, Várzea Alegre, num total de 25 municípios.

A população é predominantemente rural, destacando-se como atividades econômicas a agricultura e a pecuária. A participação do PIB do setor industrial sobre o PIB total no ano 2003, em termos médios, foi de apenas 18%. A demanda hídrica de abastecimento humano na região foi estimada para o ano 2000 na ordem de 0,353 m<sup>3</sup>/s (CEARÁ, 2004b).

A prática da agricultura de subsistência é bastante comum, bem como a agricultura de sequeiro nas margens dos grandes reservatórios. Com relação à agricultura irrigada, destacam-se na região as áreas irrigadas públicas de Barro Alto (945 ha), em Iguatu e Jucás, Várzea do Boi (326 ha) e Cachoeirinha (31 ha), no município de Tauá, Jucás I e II (90 ha), em Jucás. A irrigação privada soma 1.235 ha (CEARÁ, 2004b).

O Quadro 4.2 apresenta as principais características socioeconômicas da região do alto Jaguaribe.

**Quadro 4.2 Características socioeconômicas da região do alto Jaguaribe**

Município	População 2000 (*)	Taxa Escolarização Ensino médio	Tx de mortal. Infantil/1000 Nascidos Vivos	Médicos/1000 Hab	Tx Cobertura Abastec. de Água	% Bolsa família p/famílias cadastradas (**)	PIB per Capita 2003	PIB Setor Industrial/ PIB Total (%) 2003
Acopiara	47.137	21,37	28,35	1,50	44,15	79,70	1.619,71	15,33
Aiuaba	14.452	21,12	26,87	1,06	18,38	82,13	1.335,48	17,50
Altaneira	5.687	24,37	15,21	1,63	59,38	76,90	1.439,17	11,83
Ant. do Norte	6.509	27,53	15,87	0,83	69,82	63,37	1.560,88	24,05
Araripe	19.606	17,18	28,20	1,78	38,16	76,19	1.473,70	8,18
Arneiroz	7.538	36,12	43,01	1,44	33,18	33,83	1.559,42	17,97
Assaré	20.882	16,67	25,81	1,44	42,69	72,90	1.684,51	22,89
Campos Sales	25.566	30,12	25,25	2,47	56,66	74,67	1.743,00	20,19
Cariús	18.444	23,31	33,46	2,22	24,03	69,77	1.437,64	17,80
Catarina	15.547	15,21	18,52	0,29	40,74	75,45	1.112,26	14,42
Farias Brito	20.315	29,69	19,51	1,38	27,83	59,35	1.469,89	20,97
Icó	62.521	20,94	34,56	1,23	46,18	60,54	1.673,95	21,58
Iguatu	85.615	46,91	25,52	2,57	69,31	61,16	3.166,64	25,4
Jucás	22.632	31,62	24,54	1,84	50,50	81,40	1.671,25	25,76
Nova Olinda	12.077	27,78	29,81	2,09	56,99	49,49	1.759,77	31,11
Orós	22.023	21,07	24,91	1,45	57,88	70,83	3.444,32	10,08
Parambu	32.302	12,92	19,93	0,54	41,63	78,77	1.545,17	13,94
Potengi	9.138	6,90	8,20	1,14	49,51	53,55	1.431,04	17,03
Quixelô	15.596	34,78	30,93	2,12	32,03	58,77	1.844,40	13,33
Saboeiro	16.226	21,31	21,13	1,75	28,51	74,04	1.287,02	13,50
Salitre	13.925	0,00	33,43	0,96	24,59	78,71	1.547,88	12,92
Santana do Cariri	16.847	12,91	30,86	1,02	35,66	72,73	2.176,22	29,72
Tarrafas	9.213	19,69	16,95	0,80	26,01	6,18	1.401,33	11,33
Tauá	51.948	32,30	25,47	1,21	51,61	64,55	1.780,33	15,10

Fonte: RÊGO (2008).

## 5. METODOLOGIA

### 5.1 Seleção de indicadores

Para caracterização de períodos de secas na bacia do alto Jaguaribe foram coletados indicadores hidrológicos (índice de aridez e precipitação média) e sócio-econômicos (PIB municipal e produção agrícola e IDM).

Segundo BELL and MORSE (2003), um bom indicador deve ser:

- específico;
- mensurável;
- prático;
- sensível;
- disponível e
- barato.

Os indicadores escolhidos apresentam algumas dessas características, pois apresentam disponibilidade na obtenção dos dados (importante para a continuidade dos estudos), práticos e por serem de fácil interpretação e entendimento.

Esses indicadores deverão caracterizar os anos em que comprovadamente ocorreram secas no estado do Ceará. A série Estudos sobre as Secas no Nordeste (DUARTE, 2002) determina como anos de secas os de 1958, 1970, 1979 – 1980, 1993 e 1998 – 1999.

Segundo Alves et. al, foram considerados como anos de seca, aqueles em que o desvio anual normalizado pela média, em todo o Estado do Ceará, apresentou um valor inferior ou igual a - 40%. Segundo este valor os anos foram 1915, 1919, 1932, 1958, 1983 e 1998. Segundo os estudos de Avaliação dos Planos de Convivência com a Seca no Ceará, o ano de 2001 também foi considerado um ano de seca.

Para efeito de comparação e análise dos indicadores desse estudo, serão considerados anos de seca: 1958, 1970, 1979 – 1980, 1983, 1993, 1998 – 1999 e 2001.

Os indicadores hidroclimatológicos escolhidos para esse estudo foram Índice de Aridez e Precipitação média.

O índice de Aridez (IA) é determinado utilizando a seguinte metodologia: a precipitação histórica de determinado ponto dividida pela evapotranspiração potencial (máximo de evaporação que se pode ter em um determinado ponto). Valores acima de 1 ocorrem para precipitação histórica superior à evapotranspiração potencial, indicando menor grau de aridez. Assim, quanto menor o índice, mais árida é a região.

A precipitação pluviométrica média é um índice climatológico bastante usado para a determinação de períodos de secas. Para os municípios da região em estudo, o cálculo da precipitação média foi feito através dos estudos da FUNCEME (Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos) que utiliza o Método de Thiessen para todos os municípios do Ceará, e para regiões homogêneas específicas.

Os indicadores econômicos escolhidos foram Produção Anual de Grãos, PIB Municipal e IDM.

A atividade econômica predominante no Polígono das Secas é a agricultura, principalmente a de subsistência. A agricultura de sequeiro é uma atividade sujeita a grandes perdas de safra devido a grande variabilidade espacial e temporal das precipitações pluviométricas, por isso a Produção de Grãos é um indicador importante para o estudo dos efeitos da seca no Ceará.

As informações do PIB Municipal permitem, dentre outros aspectos, um maior nível de informação e detalhamento sobre a economia local, oferecendo, dessa forma, subsídios para orientar a tomada de decisão por parte dos setores público e privado.

O Índice de Desenvolvimento Municipal – IDM, tem como objetivo mensurar os níveis de desenvolvimento dos municípios do Estado do Ceará.

O IDM é calculado a cada dois anos e na sua elaboração são utilizados 30 indicadores abrangendo os seguintes grupos: i) Fisiográficos, fundiários e agrícolas; ii) Demográficos e econômicos; iii) Infra-estrutura de apoio; e iv) Sociais.

## 5.2 Determinação de índices experimentais de secas

Será proposta a determinação de índices experimentais de secas para a caracterização das secas hidroclimatológicas e econômica.

O índice experimental de seca hidroclimatológicas (ISH) será determinado a partir da média dos valores de precipitação média e índice de aridez, anualmente, para cada município. Quanto menor o valor do índice, mais severa terá sido a seca sob o ponto de vista hidroclimatológico, ou seja, naquele ano, os índices de precipitação e de aridez foram muito baixos.

$$ISH_{(1900)} = \text{média} \left( \frac{\text{Precip. Média (1900)}}{\text{Média Precip. Média}} + \frac{\text{Índice Aridez (1900)}}{\text{Média Índice Aridez}} \right)$$

O índice experimental de seca econômica (ISE) é determinado de modo análogo ao índice experimental de seca hidrológica, utilizando na sua composição os valores de produção anual de grãos e PIB municipal. Da mesma forma que o índice anterior, quanto mais baixo o valor do índice, mais severa foi a seca do ponto de vista sócio-econômico, indicando que naquele ano a produção de grãos foi pequena e o PIB municipal apresentou um baixo valor.

$$ISE_{(1900)} = \text{média} \left( \frac{\text{Produção Grãos (1900)}}{\text{Média Produção Grãos}} + \frac{\text{PIB (1900)}}{\text{Média PIB}} \right)$$

## **6 – RESULTADOS**

### **6.1 Aplicação à Área de Estudo**

#### 6.1.1 Os indicadores hidrológicos

- Índice de Aridez

A Tabela 6.1 e a figura 6.1 apresentam os valores do Índice de Aridez para os municípios da região do Alto Jaguaribe entre 1982 a 2006.

Observa-se que nos anos de secas (1983, 1993, 1998 e 2001) o índice de Aridez foi muito baixo na maioria dos municípios.

A falta de alguns valores indica a inexistência de dados para aquele município naquele período.



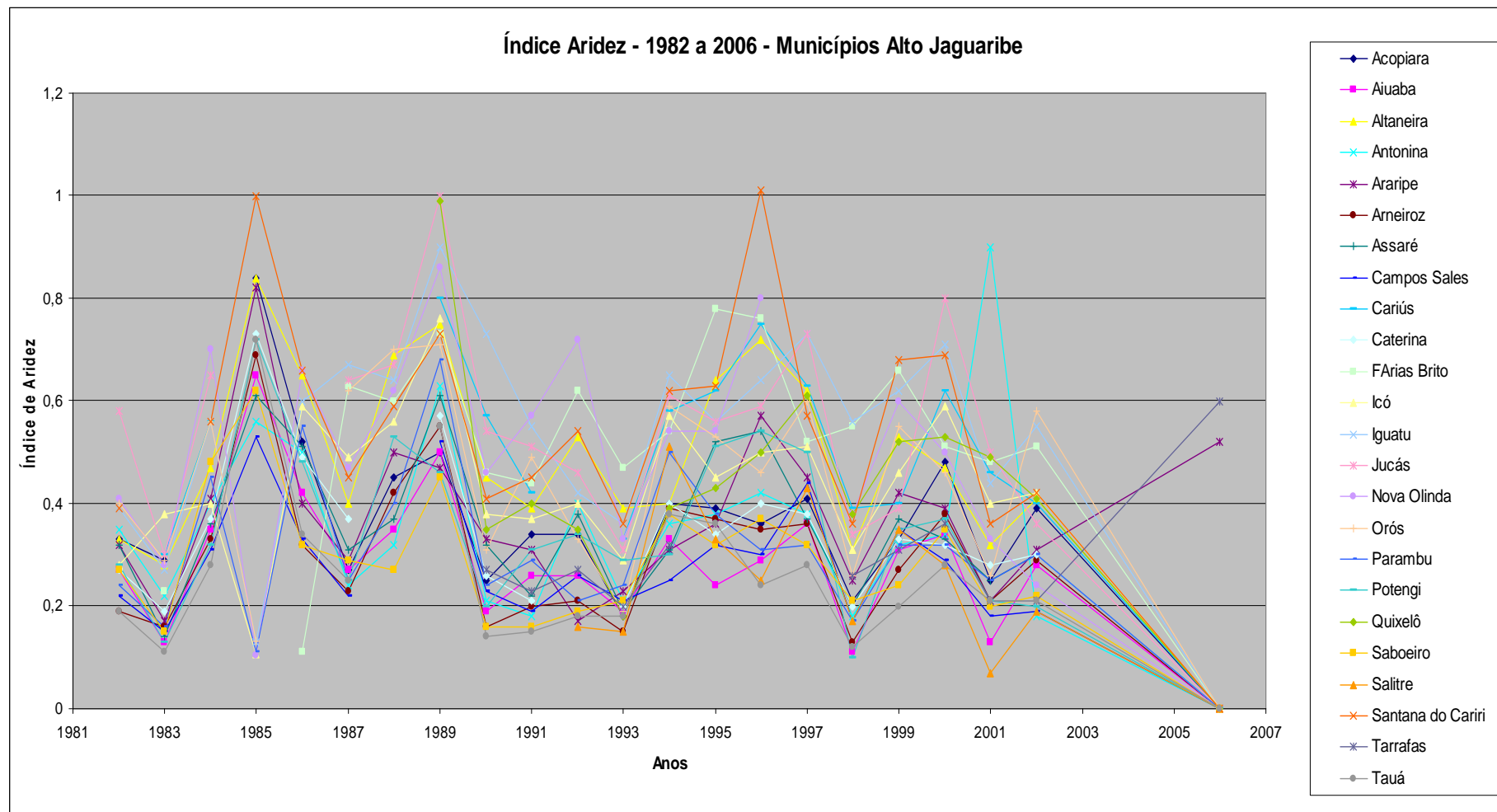
**Tabela 6.1 Índice de Aridez municípios do Alto Jaguaribe (1982 – 2006)**

Municípios do Alto Jaguaribe	Índice de Aridez - Anual																					
	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2006
<b>Acopiara</b>	0,33	0,29		0,84	0,52	0,27	0,45	0,50	0,25	0,34	0,34	0,18	0,40	0,39	0,36	0,41	0,21	0,33	0,48	0,25	0,39	0,47
<b>Aiuaba</b>	0,27	0,13	0,35	0,65	0,42	0,27	0,35	0,50	0,19	0,26	0,26	0,19	0,33	0,24	0,29	0,36	0,11	0,31	0,34	0,13	0,28	0,40
<b>Altaneira</b>	0,33	0,28	0,47	0,84	0,65	0,40	0,69	0,75	0,45	0,39	0,53	0,39	0,40	0,64	0,72	0,62	0,31	0,53	0,47	0,32	0,41	0,84
<b>Antonina do Norte</b>	0,35	0,22	0,40	0,56	0,50	0,24	0,32	0,63	0,21	0,18	0,40	0,21	0,36	0,38	0,42	0,38	0,18	0,32	0,34	0,9	0,18	0,64
<b>Araripe</b>	0,32	0,17	0,41	0,82	0,40	0,29	0,50	0,47	0,33	0,31	0,17	0,23	0,31	0,36	0,57	0,45	0,25	0,42	0,39	0,21	0,31	0,52
<b>Arneiroz</b>	0,19	0,16	0,33	0,69	0,32	0,23	0,42	0,55	0,16	0,20	0,21	0,15	0,39	0,37	0,35	0,36	0,13	0,27	0,38	0,21	0,29	0,37

Municípios do Alto Jaguaribe	Índice de Aridez - Anual						
	Assaré	Campos Sales	Cariús	Catarina	Farias Brito	Icó	
2006	0,49	0,53	0,51	0,51	0,56	0,60	
2002	0,30	0,19	0,40	0,30	0,51	0,42	
2001	0,25	0,18	0,46	0,28	0,48	0,40	
2000	0,33	0,29	0,62	0,32	0,51	0,59	
1999	0,37	0,35	0,40	0,33	0,66	0,46	
1998	0,20	0,17	0,39	0,20	0,55	0,31	
1997	0,37	0,44	0,63	0,38	0,52	0,51	
1996	0,54	0,30	0,75	0,40	0,76	0,50	
1995	0,52	0,32	0,62	0,34	0,78	0,45	
1994	0,31	0,25	0,58	0,40	0,54	0,57	
1993	0,19	0,21	0,33	0,20	0,47	0,29	
1992	0,38	0,26			0,62	0,40	
1991	0,22	0,19	0,42	0,21	0,44	0,37	
1990	0,32	0,23	0,57	0,26	0,46	0,38	
1989	0,61	0,52	0,80	0,57	0,73	0,76	
1988	0,37				0,60	0,56	
1987	0,31	0,22		0,37	0,63	0,49	
1986	0,51	0,33		0,49	0,112	0,59	
1985	0,61	0,53		0,73		0,107	
1984	0,36	0,31	0,56	0,37		0,40	
1983	0,14	0,15	0,30	0,19	0,23	0,38	
1982	0,32	0,22		0,27		0,28	

<b>Municípios do Alto Jaguaribe</b>	<b>Índice de Aridez - Anual</b>						
	<b>Iguatu</b>	<b>Jucás</b>	<b>Nova Olinda</b>	<b>Orós</b>	<b>Parambu</b>	<b>Potengi</b>	
<b>2006</b>	0,47	0,48	0,48	0,44	0,38	0,53	
<b>2002</b>	0,55	0,36	0,24	0,58	0,30	0,20	
<b>2001</b>	0,44	0,50	0,33	0,26	0,25	0,21	
<b>2000</b>	0,71	0,80	0,50	0,46	0,32	0,37	
<b>1999</b>	0,62	0,39	0,60	0,55	0,32	0,35	
<b>1998</b>	0,56	0,34	0,38	0,26	0,17	0,10	
<b>1997</b>	0,73	0,73		0,60	0,32	0,50	
<b>1996</b>	0,64	0,59	0,80	0,46	0,31	0,54	
<b>1995</b>	0,56	0,56	0,54	0,53	0,38	0,51	
<b>1994</b>	0,65	0,61	0,54	0,59	0,50	0,30	
<b>1993</b>	0,36	0,31	0,33	0,19	0,24	0,29	
<b>1992</b>	0,42	0,46	0,72	0,33	0,21	0,34	
<b>1991</b>	0,55	0,51	0,57	0,49	0,29	0,31	
<b>1990</b>	0,73	0,54	0,46	0,31	0,24	0,20	
<b>1989</b>	0,90	1,00	0,86	0,71	0,68	0,46	
<b>1988</b>	0,64	0,67	0,62	0,70	0,40	0,53	
<b>1987</b>	0,67	0,64	0,47	0,62	0,25	0,25	
<b>1986</b>	0,60		0,66		0,55	0,48	
<b>1985</b>	0,130		0,105	0,132	0,110	0,72	
<b>1984</b>	0,56	0,65	0,70	0,56	0,45	0,32	
<b>1983</b>	0,27	0,30	0,28	0,29	0,16	0,13	
<b>1982</b>	0,39	0,58	0,41	0,40	0,24	0,28	





**Figura 6.1 Índice de Aridez nos municípios do Alto Jaguaribe no período de 1982 a 2006**

## - Precipitação Média

A tabela 6.2 e a figura 6.2 apresentam a série histórica de precipitações médias para os municípios da região em estudo, entre 1961 – 2007.

A partir da análise da tabela e do gráfico de precipitação média, observa-se que os anos onde a precipitação média foi inferior a 400mm foram: 1970, 1972, 1983, 1993, 1998 e 2001. Esses anos também correspondem aos anos de seca declarados na literatura.

Tabela 6.2 Precipitação Média Anual – Método de Thiessen (1961 – 2007)

Precipitação Média (mm) – Municípios					
Tauá	577,9	577,1	694,5	837,5	
Tarrafas	752,6	704	924,1	926,7	
Santana do Cariri	917,5	941	1011,3	1129,9	
Salitre	706,1	955,6	1190,7	1012,5	
Saboeiro	603,5	647,6	822,7	897,4	
Quixelô	625,8	690,6	897,9	1101,4	
Potengi	487,3	820,2	810,6	1021,8	
Parambu	616,8	767,6	785,2	958,4	
Oros	795,4	847,9	1045,4	1295,1	
Nova Olinda	728,8	1237,8	1200,6	1248,3	
Jucás	752,6	682,2	1108	1119	
Iguatu	850,7	839	1236	1235	
Icó	774,3	793,7	1129,8	1082,4	
Farias Brito	374,4	1550,7	1371,7	1375,4	
Catarina	629,5	675,4	793,7	997,7	
Cariús	868,3	765,7	1227,9	1175,1	
Campos Sales	537,8	569,7	730,6	852,1	
Assaré	633,4	715,9	792,8	910,7	
Arneiroz	579,8	531,3	732,8	904,3	
Araripe	487,3	779,4	797	953,8	
Antonina	806,1	531	676,7	717,7	
Altaneira	496,6	1199,2	1021,9	1203	
Aiuaba	553	484	705,8	846,1	
Acopiara	784,60	848,70	1051,60	1086,70	
Ano	1961	1962	1963	1964	

Precipitação Média (mm) – Municípios						
<b>Tauá</b>	581,3	494,2	831,8	577	661,5	
<b>Tarratas</b>	846,8	587,7	1150,8	992,5	847,9	
<b>Santana do Cariri</b>	1019,2	826,2	1174,2	966,3	694,6	
<b>Salitre</b>	863,5	727,7	1244,5	996,5	546,4	
<b>Saboeiro</b>	723,9	584,5	760,6	785,5	852,6	
<b>Quixelô</b>	741,9	576,7	898,6	669,2	766,7	
<b>Potengi</b>	762,6	689	798,7	836,4	695,8	
<b>Parambu</b>	547,5	477,5	941,4	783,5	722,6	
<b>Orós</b>	741,4	639	1236,4	844,2	858,6	
<b>Nova Olinda</b>	1027,2	830,7	1371,4	1053,3	727,3	
<b>Jucás</b>	821,5	655	846,5	915,8	996,9	
<b>Iguatu</b>	706	766,9	988,9	912,5	927,7	
<b>Icó</b>	681,5	556,2	1024,8	773,4	770,5	
<b>Farias Brito</b>	931,2	791	1388,7	1046,4	731,8	
<b>Catarina</b>	578,3	731,8	909,2	665,9	847,7	
<b>Carriús</b>	973,9	711,1	1107,3	963,4	942,9	
<b>Campos Sales</b>	585,3	598,4	897,7	708,8	567,8	
<b>Assaré</b>	843,9	633,7	895,7	768,5	638,6	
<b>Arneiroz</b>	541,1	495,3	678	590	728	
<b>Araripe</b>	747,8	616,2	850,5	775,6	517,7	
<b>Antonina</b>	1126,2	368,9	714,6	773,6	575,2	
<b>Altaneira</b>	813,3	714,2	1101,6	820,1	658,8	
<b>Aiuaba</b>	558,3	453,1	700,8	590,7	580,2	
<b>Acopiara</b>	805,00	857,10	935,90	824,00	951,80	
<b>Ano</b>	<b>1965</b>	<b>1966</b>	<b>1967</b>	<b>1968</b>	<b>1969</b>	



<b>Precipitação Média (mm) – Municípios</b>						
<b>Tauá</b>	320,4	509,3	338,2	694,2	1194	
<b>Tarratas</b>	504,4	879,4	690,5	1059,5	1275,7	
<b>Santana do Cariri</b>	589,1	1014,7	797,7	1047,7	1472,5	
<b>Salitre</b>	755,9	811,3	420,1	886,3	1430,1	
<b>Saboeiro</b>	518,8	706,1	410	797,5	1248,1	
<b>Quixelô</b>	334,2	626,2	708,8	1044,3	1050	
<b>Potengi</b>	593,7	742,8	603,5	741,7	1280,7	
<b>Parambu</b>	419,7	669	295,1	700,4	1247,1	
<b>Orós</b>	514,8	742,8	938,6	1148,7	1347,9	
<b>Nova Olinda</b>	690,5	1076,2	798,8	1217	1583,2	
<b>Jucás</b>	498,5	879	552,8	1106	1527	
<b>Iguatu</b>	582,5	903,5	639,4	1261	1509	
<b>Icó</b>	563,8	690,3	753,3	1060,1	1199,4	
<b>Farias Brito</b>	818,7	1170,9	802,7	1397,9	1614,2	
<b>Catarina</b>	393,5	655,6	313,4	837,2	1582,5	
<b>Carriús</b>	609	944,4	686,6	1283,8	1695,5	
<b>Campos Sales</b>	566,6	624,9	415,7	746,7	1203,4	
<b>Assaré</b>	516,4	687,1	638,5	795,8	1187,8	
<b>Arneiroz</b>	358,5	557,2	330,1	694,3	1161,4	
<b>Araripe</b>	601,8	775	499,7	804,7	1057	
<b>Antonina</b>	588,4	760,3	631,6	1013	1342	
<b>Altaneira</b>	653,6	933,1	698,7	1257,6	1485,6	
<b>Aiuaba</b>	439,1	525,4	324	701,9	1220,6	
<b>Acopiara</b>	468,20	832,30	556,00	1028,40	1358,20	
<b>Ano</b>	<b>1970</b>	<b>1971</b>	<b>1972</b>	<b>1973</b>	<b>1974</b>	

<b>Precipitação Média (mm) – Municípios</b>						
<b>Tauá</b>	649,2	386,7	599,9	497,1	430,5	
<b>Tarratas</b>	908,3	764,4	1216,6	868	574,7	
<b>Santana do Cariri</b>	1091,6	874	951,2	964	879,6	
<b>Salitre</b>	729,9	789,7	742,2	583	536,3	
<b>Saboeiro</b>	745,6	577,2	853	568,8	689,5	
<b>Quixelô</b>	917,1	645,3	826	1014,3	636,8	
<b>Potengi</b>	805,5	776,9	856,7	648	549,2	
<b>Parambu</b>	779,6	570,6	626,9	489,7	532,6	
<b>Oros</b>	1153,3	582,2	1,215,4	1,003,2	756,8	
<b>Nova Olinda</b>	1137,8	989,7	1002,8	1040,8	834,5	
<b>Jucás</b>	1049	843,9	1,096,9	849,7	693,5	
<b>Iguatu</b>	1279	765,2	1053	1010	662,6	
<b>Icó</b>	1066,1	497,5	1117,1	864,9	629,7	
<b>Farias Brito</b>	937,2	761,4	1248,4	1012,3	638,8	
<b>Catarina</b>	857,3	592,2	844,3	702,8	583,8	
<b>Carriús</b>	1391,5	961,2	1251,7	1064,1	674,6	
<b>Campos Sales</b>	546,8	660,9	703,4	518,2	442,6	
<b>Assaré</b>	713,6	698	932,6	629,4	566,5	
<b>Arneiroz</b>	712,7	407,3	691,2	489,2	532	
<b>Araripe</b>	708,5	692,8	838	559	603,8	
<b>Antonina</b>	879,7	615,1	1159,7	733,4	518,1	
<b>Altaneira</b>	959,4	654,4	1164,3	896,6	780,5	
<b>Aiuaba</b>	643,9	526,3	649,7	425,7	488,6	
<b>Acopiara</b>	1049,80	668,60	979,10	767,00	712,00	
<b>Ano</b>	<b>1975</b>	<b>1976</b>	<b>1977</b>	<b>1978</b>	<b>1979</b>	

Precipitação Média (mm) – Municípios						
<b>Tauá</b>	449,3	595,1	330,6	268,1	616,7	
<b>Tarratas</b>	613,6	515,6	462,3	271,6	688,2	
<b>Santana do Cariri</b>	825,8	745,1	711,3	401,5	1074,2	
<b>Salitre</b>	743,7	751	515,8	321,3	753,2	
<b>Saboeiro</b>	653,6	564,4	523,8	295,7	766,4	
<b>Quixelô</b>	819	589,6	529,2	367,5	828,2	
<b>Potengi</b>	736,7	626,2	560,9	278,8	666,1	
<b>Parambu</b>	491,5	523,5	444,6	276,8	760,8	
<b>Oros</b>	857,5	580,8	642,1	467,3	871,5	
<b>Nova Olinda</b>	828	701,9	641	441	1037,1	
<b>Jucás</b>	906,6	732,1	772,5	436,6	954	
<b>Iguatu</b>	995,9	706,9	664,5	457,4	883,2	
<b>Icó</b>	820,2	664,5	554,7	479,1	757,4	
<b>Farias Brito</b>	991,5	694	681,1	399	920	
<b>Catarina</b>	657,6	542,5	437,1	296,6	663	
<b>Carriús</b>	872,8	781	792,9	441	944,2	
<b>Campos Sales</b>	524,2	539,6	484,6	247,2	622,2	
<b>Assaré</b>	607,1	610,4	577,7	351,1	727,6	
<b>Arneiroz</b>	457,3	647,8	373,8	205,7	623,3	
<b>Araripe</b>	620,8	639,2	582,4	282,9	720,1	
<b>Antonina</b>	610,4	685,2	641,2	406	694,7	
<b>Altaneira</b>	692	580,9	557,9	429,2	801,8	
<b>Aiuaba</b>	500,8	548,4	461,5	269,1	639,2	
<b>Acopiara</b>	950,60	602,50	592,00	438,40	848,10	
<b>Ano</b>	<b>1980</b>	<b>1981</b>	<b>1982</b>	<b>1983</b>	<b>1984</b>	

<b>Precipitação Média (mm) – Municípios</b>						
<b>Tauá</b>	1177	739,2	440,2	639,2	1127,1	
<b>Tarratas</b>	1364,8	1261,7	684,1	828,9	1186,4	
<b>Santana do Cariri</b>	1809	1064,1	675,8	912,6	1165,7	
<b>Salitre</b>	1889,6	1068,7	542,9	727,1	973,6	
<b>Saboeiro</b>	1303,2	756,4	632,8	621,4	979,2	
<b>Quixelô</b>	1789,5	1265,5	811,8	846,4	1458,6	
<b>Potengi</b>	1444,7	894,6	484,8	987,9	909,4	
<b>Parambu</b>	1770,7	944,9	508,3	800,4	1366,5	
<b>Orós</b>	2118,2	1209,4	926,4	1078,5	1190,3	
<b>Nova Olinda</b>	1636,6	1138	744,4	1006,5	1323,3	
<b>Jucás</b>	1716	1085	926,2	759	1468	
<b>Iguatu</b>	1957	1076	908,9	1075	1405	
<b>Icó</b>	1820,1	1034,9	741,6	870,2	1211,8	
<b>Farias Brito</b>	1770,3	1471,7	831,5	995,1	1175	
<b>Catarina</b>	1345,7	814,3	531,1	693	1156,3	
<b>Carriús</b>	1788,3	1159,8	919,4	982,4	1341,3	
<b>Campos Sales</b>	1126,2	764,5	520,5	763,9	1067,4	
<b>Assaré</b>	1308,6	991,7	568,6	856,7	1205,7	
<b>Arneiroz</b>	1269,2	623,7	466,5	742,2	1133	
<b>Araripe</b>	1411,7	787,7	537,8	935,7	912,3	
<b>Antonina</b>	1074,9	1015,4	514,3	652,4	1224,5	
<b>Altaneira</b>	1407,8	1142,7	648,4	1087	1190,5	
<b>Aiuaba</b>	1336,4	714,7	392,5	662,3	1004,3	
<b>Acopiara</b>	1727,20	1089,30	678,80	815,50	1092,40	
<b>Ano</b>	<b>1985</b>	<b>1986</b>	<b>1987</b>	<b>1988</b>	<b>1989</b>	

<b>Precipitação Média (mm) – Municípios</b>						
<b>Tauá</b>	358,6	433,7	407,1	383,5	793,6	
<b>Tarratas</b>	563,4	458,7	618,2	405,9	634,7	
<b>Santana do Cariri</b>	638,7	791,4	925,1	574,3	916,1	
<b>Salitre</b>	401,4	425,9	380,9	343,6	812,7	
<b>Saboeiro</b>	364,8	362,6	430	416,7	772,9	
<b>Quixelô</b>	553	684,6	542,4	308,8	713,9	
<b>Potengi</b>	414	611,6	645,7	560,7	583,2	
<b>Parambu</b>	488,2	594,1	433	479,9	991,6	
<b>Orós</b>	563,8	834,2	560	306,9	924,3	
<b>Nova Olinda</b>	731,1	844,5	1079,8	568,5	824,3	
<b>Jucás</b>	792,4	679,3	673,3	463,7	868,1	
<b>Iguatu</b>	965,6	852	963,3	452,6	879,2	
<b>Icó</b>	650,3	771,8	671,9	463,3	944,7	
<b>Farias Brito</b>	737,4	701,9	979	757,4	859,2	
<b>Catarina</b>	494,6	421,5	494,4	390,2	814,1	
<b>Carriús</b>	817,7	813	919,2	516	922,9	
<b>Campos Sales</b>	435,7	374,5	572	404,7	530,2	
<b>Assaré</b>	592,4	463,5	778	447,6	638,8	
<b>Arneiroz</b>	338,4	398,8	434,7	312,5	787	
<b>Araripe</b>	604,8	608,9	390	468,9	602,3	
<b>Antonina</b>	422,2	357,2	759,5	415,8	698,7	
<b>Altaneira</b>	728	658,9	914,9	684	739,8	
<b>Aiuaba</b>	371,8	494,9	424,6	365,5	656	
<b>Acopiara</b>	585,30	658,80	665,30	391,40	828,70	
<b>Ano</b>	<b>1990</b>	<b>1991</b>	<b>1992</b>	<b>1993</b>	<b>1994</b>	

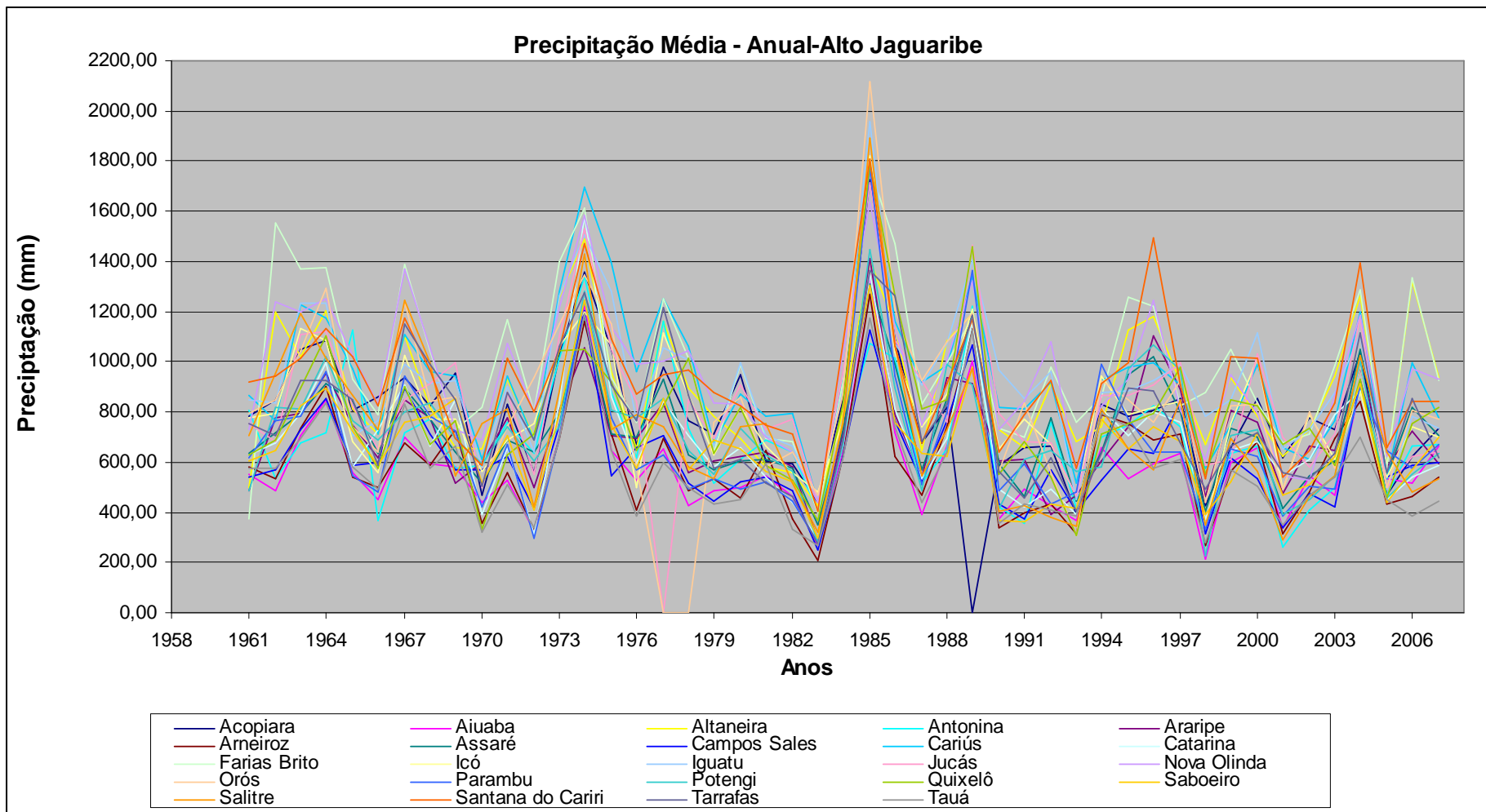
<b>Precipitação Média (mm) – Municípios</b>						
<b>Tauá</b>	739,3	574,6	608,6	278,7	570,9	
<b>Tarratas</b>	894,7	881,8	675,4	492,2	665,5	
<b>Santana do Cariri</b>	995,5	1494,7	906,6	531	1018,4	
<b>Salitre</b>	650,6	570,1	846,8	348,7	694,7	
<b>Saboeiro</b>	650,7	743,6	683,7	388,6	521,7	
<b>Quixelô</b>	751,8	792,5	979,6	552,8	847,3	
<b>Potengi</b>	971,9	1067,3	968,1	226,1	703,2	
<b>Parambu</b>	772,6	643,1	642,9	332,1	654,9	
<b>Oros</b>	848,2	761,7	924,7	440,8	825,3	
<b>Nova Olinda</b>	933,3	1247	806,5	611,4	949,7	
<b>Jucás</b>	868	907,3	994,8	588,6	613,7	
<b>Iguatu</b>	882,6	923,7	989,9	784	849,6	
<b>Icó</b>	787,2	820,2	844,8	351,5	755,2	
<b>Farias Brito</b>	1254,8	1224,3	824,6	880	1052	
<b>Catarina</b>	706,4	798,5	759,1	374,9	648,8	
<b>Carriús</b>	978,8	996,8	906,8	575,9	749,6	
<b>Campos Sales</b>	653,8	632,2	835,8	311,6	618,5	
<b>Assaré</b>	947,2	1018,1	802,4	401,2	736,2	
<b>Arneiroz</b>	750,4	688,2	713,5	264,9	566,1	
<b>Araripe</b>	740,5	1103,3	887	461,5	807,8	
<b>Antonina</b>	746,6	823,4	742,9	354,7	636	
<b>Altaneira</b>	1125,8	1181,7	917,3	673	938,1	
<b>Aiuaba</b>	534,6	591,2	637,3	214,4	597,1	
<b>Acopiara</b>	784,90	807,00	851,10	428,50	658,20	
<b>Ano</b>	<b>1995</b>	<b>1996</b>	<b>1997</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>	

<b>Precipitação Média (mm) – Municípios</b>						
<b>Tauá</b>	506,2	348,8	466,3	541,5	696,8	
<b>Tarratas</b>	715,4	558,7	533,4	637,4	1112,9	
<b>Santana do Cariri</b>	1012,5	536,7	648	837	1395,1	
<b>Salitre</b>	562	289,9	463,2	545,7	1024,1	
<b>Saboeiro</b>	715,8	465,6	512,7	625,3	910,5	
<b>Quixelô</b>	827,1	671,5	734,1	584,8	932,7	
<b>Potengi</b>	727,7	390,2	450,4	546,6	1004,4	
<b>Parambu</b>	621,1	386,2	501,6	494,3	902,7	
<b>Oros</b>	827,3	492,2	802,7	576,6	984,8	
<b>Nova Olinda</b>	793,9	544,4	526,6	867,3	1187	
<b>Jucás</b>	1031	701	583,2	710,6	1177	
<b>Iguatu</b>	1117	654,2	730,9	879,9	1109	
<b>Icó</b>	1012,7	492,6	786,3	610	878,3	
<b>Farias Brito</b>	834,1	673,5	710,6	982,8	1283,9	
<b>Catarina</b>	680	546	608,7	787	884,2	
<b>Carriús</b>	989,8	656	608,1	766,7	1199,2	
<b>Campos Sales</b>	534,4	336,2	473,1	418,7	925,3	
<b>Assaré</b>	696,9	414,7	547,9	607,2	1048,6	
<b>Arneiroz</b>	680,1	314,9	482,2	695,2	839,1	
<b>Araripe</b>	760,2	472	662,6	648,1	980,4	
<b>Antonina</b>	666,7	258,9	409,6	496,1	891,2	
<b>Altaneira</b>	783,1	624,1	731	941,3	1263	
<b>Aiuaba</b>	659	339,4	542,8	465,8	890,4	
<b>Acopiara</b>	852,50	614,70	775,90	727,30	1035,50	
<b>Ano</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	

<b>Precipitação Média (mm) – Municípios</b>			
<b>Tauá</b>	449,7	385,9	447,7
<b>Tarratas</b>	560	852,8	614,8
<b>Santana do Cariri</b>	657,5	843,9	843,6
<b>Salitre</b>	637,5	479,2	532,4
<b>Saboeiro</b>	440,8	572	699,4
<b>Quixelô</b>	458,1	752,6	821
<b>Potengi</b>	458,7	550,8	635
<b>Parambu</b>	645,6	577,2	670,8
<b>Orós</b>	495,4	808,5	769,7
<b>Nova Olinda</b>	622,1	973,9	931,4
<b>Jucás</b>	496,8	624,1	642,3
<b>Iguatu</b>	493,1	783,1	733,2
<b>Icó</b>	540	738,4	697,8
<b>Farias Brito</b>	581	1336,2	925,7
<b>Catarina</b>	451,4	540,3	584,4
<b>Cariús</b>	536,6	996,9	777
<b>Campos Sales</b>	539,1	586,8	600,9
<b>Assaré</b>	546,5	819,4	708,6
<b>Arneiroz</b>	431,6	460,4	539,7
<b>Araripe</b>	582,2	720,8	593,3
<b>Antonina</b>	470,1	666,9	672,2
<b>Altaneira</b>	584,5	1320,2	935,8
<b>Aiuaba</b>	536	515,1	665,4
<b>Acopiara</b>	470,10	622,10	735,20
<b>Ano</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>

Fonte: FUNCEME.





**Figura 6.2 Precipitação média dos municípios da Bacia do Alto Jaguaribe. (1961 - 2007)**

## 6.1.2 Indicadores Sócio-Econômicos

### - Produção de Grãos

A tabela 6.3 e a figura 6.3 apresentam a produção de milho e feijão nos municípios da bacia do Alto Jaguaribe no período de 1990-2006.

O gráfico da produção de grãos apresenta um declínio da produção nos anos de 1951, 1958, 1970, 1980-81, 1983, 1987, 1990, 1993, 1998 e 2001. Observa-se que a maioria desses anos correspondem aos anos de seca relatados na literatura, ou a anos subseqüentes a eles.

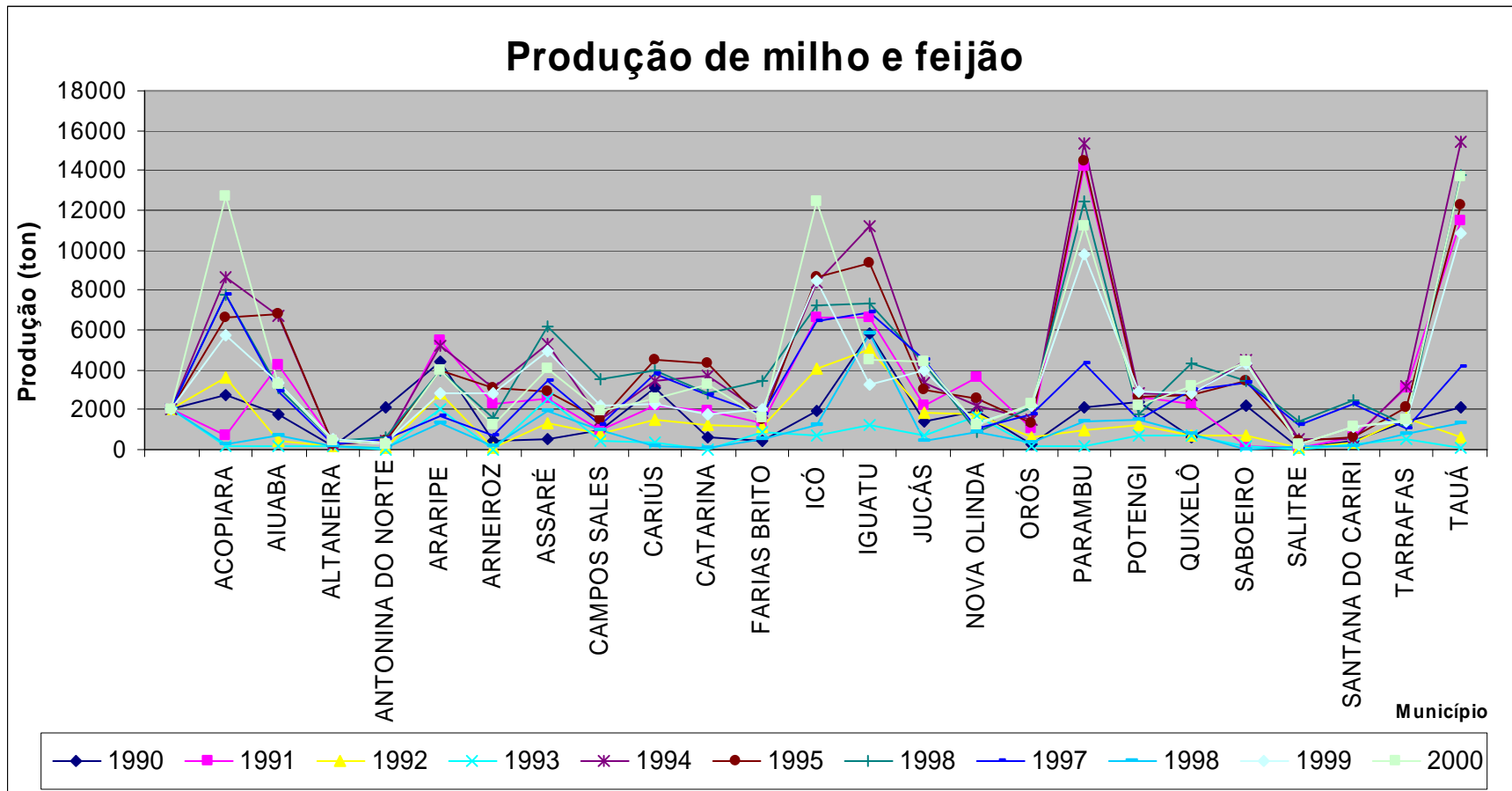
**Tabela 6.3 Produção Anual de Grãos 1990-2006**

MUNICÍPIO	Feijão e Milho - Produção (ton)																
	2006	2005	2004	2003	2002	2001	2000	1999	1998	1997	1996	1995	1994	1993	1992	1991	1990
<b>Acopiara</b>	11.640	1.135	10.206	9.083	10.357	970	12.665	5.745	304	7.780	7.742	6.622	8.660	187	3.610	700	2.757
<b>Aiuaba</b>	10.388	5.464	2.223	5.400	1.816	160	3.239	3.348	673	2.912	3.104	6.784	6.696	187	403	4.276	1.779
<b>Altaneira</b>	1.234	817	796	1.240	1.138	94	446	541	195	273	431	285	305	179	204	450	159
<b>Antonina do Norte</b>	2.253	464	537	1.349	918	44	287	383	106	566	612	399	455	35	107	224	2.088
<b>Araripe</b>	10.320	5.213	3.216	7.680	3.772	1.641	3.966	2.840	1.301	1.662	3.980	3.934	5.178	1.992	2.860	5.508	4.406
<b>Arneiroz</b>	1.756	1.263	1.008	1.803	1.836	137	1.218	2.820	212	670	1.627	3.111	3.108	16	111	2.336	473

<b>MUNICÍPIO</b>	<b>Feijão e Milho - Produção (ton)</b>																
	<b>2006</b>	<b>2005</b>	<b>2004</b>	<b>2003</b>	<b>2002</b>	<b>2001</b>	<b>2000</b>	<b>1999</b>	<b>1998</b>	<b>1997</b>	<b>1996</b>	<b>1995</b>	<b>1994</b>	<b>1993</b>	<b>1992</b>	<b>1991</b>	<b>1990</b>
<b>Assaré</b>	9.930	2.678	4.795	7.662	2.931	572	4.070	4.940	1.975	3.458	6.180	2.940	5.320	2.548	1.285	2.590	501
<b>Campos Sales</b>	8.129	3.165	2.923	8.698	7.793	654	1.943	2.220	1.008	1.192	3.496	1.514	1.467	412	804	972	946
<b>Cariús</b>	5.317	1.220	3.590	4.403	2.630	1.239	2.560	2.250	147	3.826	3.934	4.530	3.482	336	1.506	2.240	3.070
<b>Catarina</b>	1.738	261	2.806	2.546	2.778	199	3.272	1.803	48	2.736	2.820	4.346	3.696	3	1.218	1.933	575
<b>Farias Brito</b>	5.075	1.264	2.685	4.265	2.972	568	1.574	2.034	573	1.803	3.465	1.496	1.818	895	1.168	1.358	434
<b>Icó</b>	14.275	5.977	8.453	17.971	11.119	3.309	12.458	8.459	1.198	6.454	7.207	8.633	8.351	716	4.101	6.656	1.931

<b>MUNICÍPIO</b>	<b>Feijão e Milho - Produção (ton)</b>																
	<b>2006</b>	<b>2005</b>	<b>2004</b>	<b>2003</b>	<b>2002</b>	<b>2001</b>	<b>2000</b>	<b>1999</b>	<b>1998</b>	<b>1997</b>	<b>1996</b>	<b>1995</b>	<b>1994</b>	<b>1993</b>	<b>1992</b>	<b>1991</b>	<b>1990</b>
<b>Iguatu</b>	11.672	1.063	9.342	13.128	9.460	3.048	4.510	3.293	5.844	6.900	7.328	9.376	11.224	1.255	5.068	6.600	5.792
<b>Jucás</b>	5.504	1.039	6.925	7.392	3.028	3.371	4.380	3.988	410	4.460	4.307	3.000	3.348	680	1.842	2.190	1.445
<b>Nova Olinda</b>	4.013	1.017	973	1.813	2.110	143	1.274	1.297	860	1.035	881	2.590	2.216	1.682	1.729	3.609	1.936
<b>Orós</b>	5.245	1.728	1.935	4.515	2.421	739	2.318	2.235	361	1.774	2.144	1.354	1.477	212	632	1.057	260
<b>Parambu</b>	15.071	11.369	7.925	27.371	19.665	11.273	11.185	9.810	1.402	4.309	12.404	14.460	15.375	220	952	14.190	2.075
<b>Potengi</b>	4.532	3.740	2.585	6.440	4.171	464	2.236	2.869	1.481	1.516	1.798	2.689	2.785	735	1.255	2.648	2.426





**Figura 6.3 Produção anual de milho e feijão nos municípios do Alto Jaguaribe. (1990 – 2006)**

- PIB

A Tabela 6.4 e a figura 6.4 apresentam os valores do PIB municipal de 1997 até 2004, para a região do Alto Jaguaribe.

Apesar de apresentar poucos anos de série histórica, pode ser observado pelo gráfico do PIB municipal, que no período de 1997 a 2001 os valores de PIB permaneceram praticamente constantes, com um leve aumento em alguns municípios. Esse período corresponde ao período de secas de 1998-1999

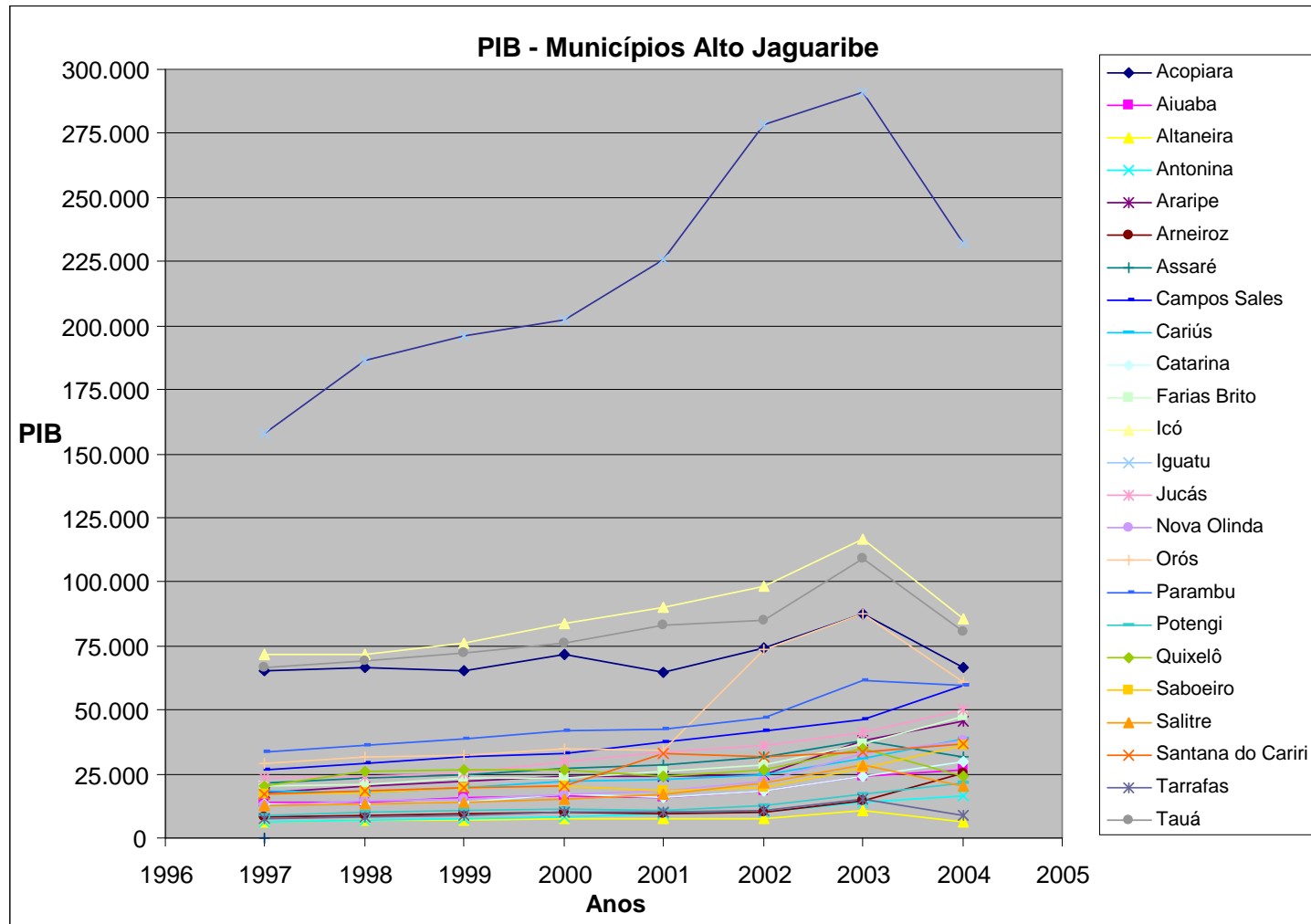


**Tabela 6.4 PIB municipal na região do Alto Jaguaribe (1997-2004)**

Municípios	PIB Municipal							
	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
<b>Acopiara</b>	65.028	66.584	65.451	71.916	64.911	74.008	87.442	66.556
<b>Aiuaba</b>	14.113	13.918	15.638	16.787	16.162	18.158	24.308	26.534
<b>Altaneira</b>	6.255	6.812	7.215	7.317	7.659	7.797	10.547	6.350
<b>Antonina do Norte</b>	6.384	6.874	7.530	8.059	9.460	10.312	13.682	16.452
<b>Araripe</b>	17.737	20.337	21.917	23.923	23.947	24.702	37.797	45.751
<b>Arneiroz</b>	8.126	8.862	9.501	10.022	9.563	10.429	14.716	25.540
<b>Assaré</b>	21.858	23.662	24.674	27.493	28.836	31.843	38.122	31.547
<b>Campos Sales</b>	26.890	29.437	31.629	33.247	37.592	42.135	46.125	59.516
<b>Cariús</b>	18.397	17.867	19.475	22.426	22.747	24.660	31.208	38.699
<b>Catarina</b>	13.243	13.257	14.045	17.398	16.117	18.270	23.903	29.998
<b>Farias Brito</b>	20.383	21.177	23.619	23.767	26.055	28.519	36.933	47.259
<b>Icó</b>	71.623	71.914	76.284	84.022	90.304	98.438	116.408	85.545
<b>Iguatu</b>	157.770	186.665	195.741	202.483	225.753	278.426	291.144	232.256
<b>Jucás</b>	23.493	23.851	25.653	29.572	33.492	36.455	41.152	50.387
<b>Nova Olinda</b>	12.951	14.750	15.311	17.140	18.401	22.372	33.149	37.769
<b>Orós</b>	29.010	31.565	32.584	35.091	34.098	73.778	87.805	60.798
<b>Parambu</b>	33.872	36.179	38.709	42.037	42.563	46.698	61.632	59.661
<b>Potengi</b>	9.067	10.179	10.558	11.355	10.961	12.712	17.080	21.631
<b>Quixelô</b>	20.001	25.857	26.559	26.885	24.401	26.637	35.093	24.260
<b>Saboeiro</b>	17.136	17.991	19.422	20.109	18.557	19.917	27.063	36.309
<b>Salitre</b>	12.515	13.429	13.937	15.194	17.093	21.574	28.683	20.130

Municípios	PIB Municipal							
	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
<b>Santana do Cariri</b>	16.999	18.151	19.962	20.540	33.065	31.497	33.321	36.495
<b>Tarrafas</b>	7.751	8.505	8.776	10.363	9.951	10.853	15.376	8.939
<b>Tauá</b>	66.392	69.287	72.327	76.198	82.803	84.691	109.152	80.568

Fonte: IPECE.



**Figura 6.4 Produto Interno Bruto Municipal – 1997 a 2004**

## -IDM

A Tabela 6.5 e a figura 6.5 apresentam os valores do IDM para os municípios da bacia do Alto Jaguaribe.

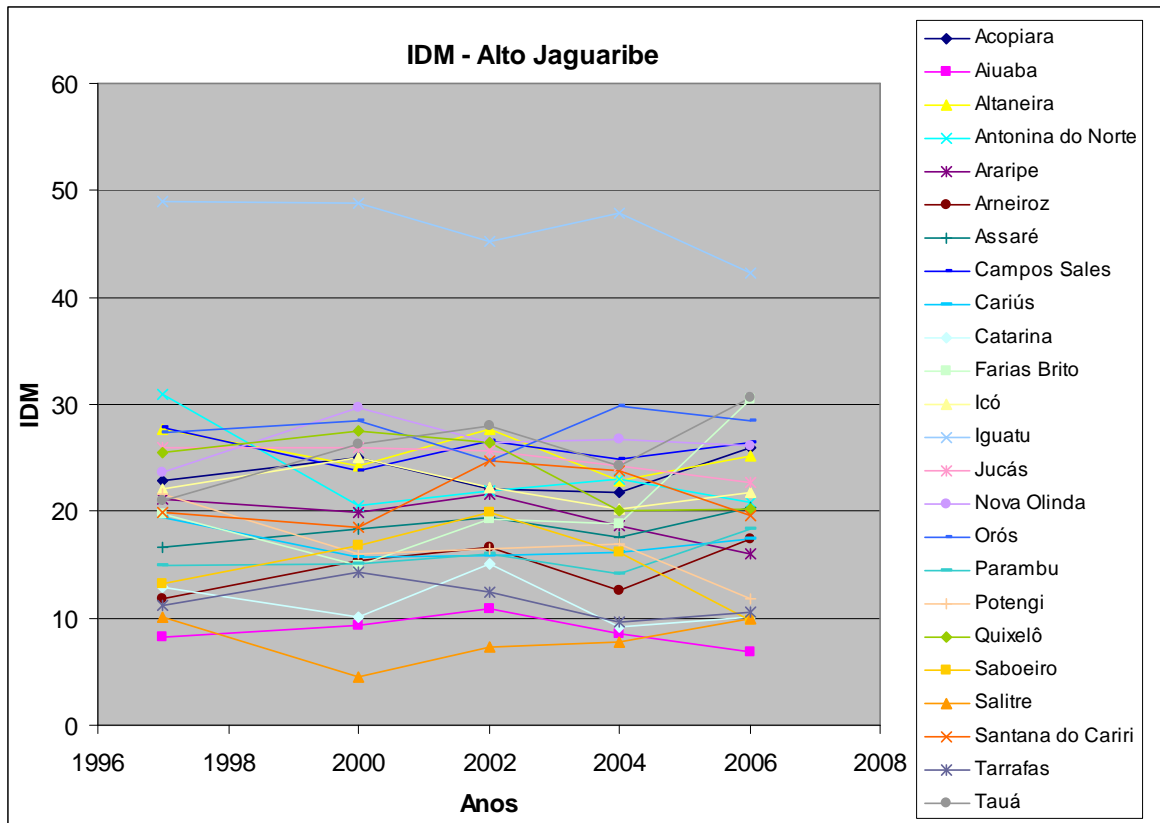
O cálculo do IDM é realizado de dois em dois anos, a partir de 1997. Esse índice não conseguiu caracterizar os períodos de seca, não sendo representativo da condição social e econômica da região em estudo para períodos de seca.

Por esse motivo, o IDM não entrou na composição do índice experimental de secas.

**Tabela 6.5 IDM dos municípios da bacia do Alto Jaguaribe.**

<b>Municípios</b>	<b>IDM 1997</b>	<b>IDM 2000</b>	<b>IDM 2002</b>	<b>IDM 2004</b>	<b>IDM 2006</b>
Acopiara	22,87	24,96	22,10	21,79	25,93
Aiuaba	8,23	9,40	10,88	8,57	6,87
Altaneira	27,63	24,30	27,62	22,80	25,20
Antonina do Norte	30,95	20,50	21,95	23,04	20,77
Araripe	21,18	19,94	21,57	18,70	16,03
Arneiroz	11,83	15,39	16,64	12,58	17,45
Assaré	16,58	18,32	19,44	17,61	20,30
Campos Sales	27,85	23,84	26,52	24,83	26,44
Cariús	19,46	15,64	15,91	16,12	17,41
Catarina	12,86	10,04	15,10	9,13	10,15
Farias Brito	19,74	14,86	19,30	18,78	30,52
Icó	22,05	25,10	22,19	20,18	21,71
Iguatu	48,99	48,77	45,19	47,95	42,34
Jucás	26,00	25,91	25,63	24,24	22,73
Nova Olinda	23,63	29,68	26,43	26,74	26,07
Orós	27,29	28,49	24,65	29,80	28,50
Parambu	15,00	15,04	16,02	14,15	18,29
Potengi	21,58	15,98	16,46	16,90	11,86
Quixelô	25,55	27,52	26,40	19,98	20,27
Saboeiro	13,27	16,72	19,88	16,14	9,79
Salitre	10,16	4,51	7,27	7,77	9,96
Santana do Cariri	19,95	18,48	24,66	23,80	19,61
Tarrafas	11,24	14,32	12,38	9,62	10,63
Tauá	20,98	26,33	28,04	24,32	30,65

Fonte: IPECE.



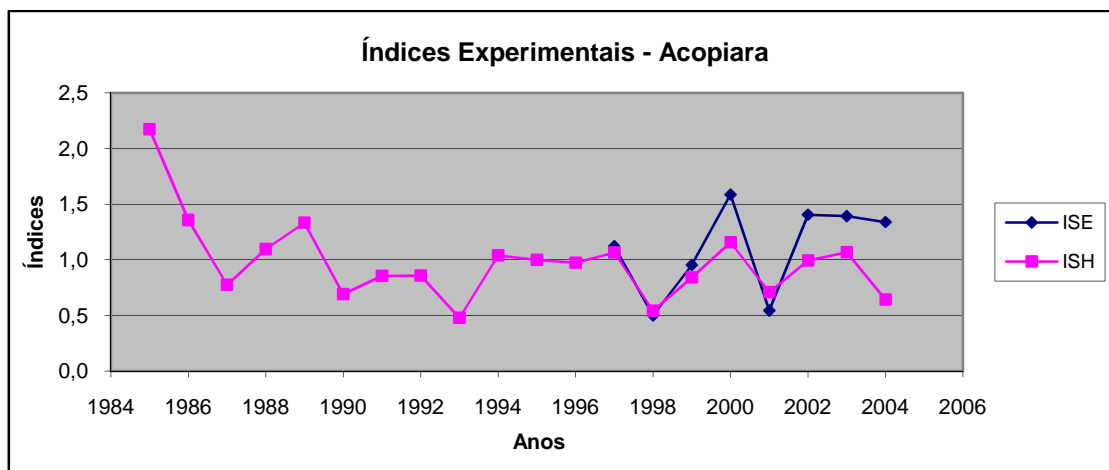
**Figura 6.5 Índice de Desenvolvimento Municipal, região do Alto Jaguaribe.**

## 6.2 Índices experimentais de secas hidroclimatólogicas e secas econômicas

Foram determinados os índices experimentais de secas hidroclimatológicas e econômicas para os municípios da região do Alto Jaguaribe. São apresentados os gráficos dos índices experimentais, gerados para cada município.

## Acopiara

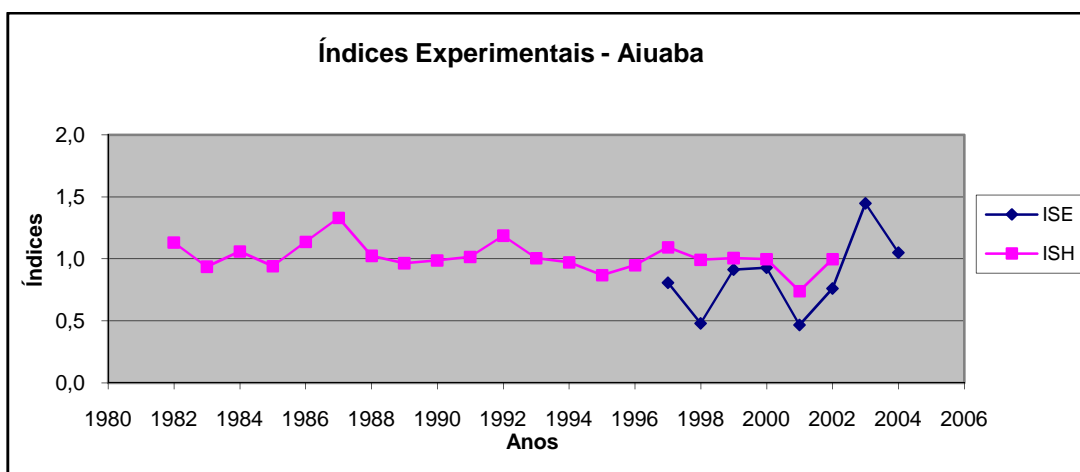
Anos	ISE	ISH
1985	-	2,2
1986	-	1,4
1987	-	0,8
1988	-	1,1
1989	-	1,3
1990	-	0,7
1991	-	0,9
1992	-	0,9
1993	-	0,5
1994	-	1
1995	-	1
1996	-	1
1997	1,1	1,1
1998	0,5	0,5
1999	1	0,8
2000	1,6	1,2
2001	0,5	0,7
2002	1,4	1
2003	1,4	1,1
2004	1,3	0,6



Para o município de Acopiara, os índices experimentais apresentam valores baixos nos anos de 1993, 1998 e 2001. A partir de 2002 houve um pequeno aumento no valor dos dois índices, mais expressivamente do índice experimental de seca econômica (ISE).

## Aiuaba

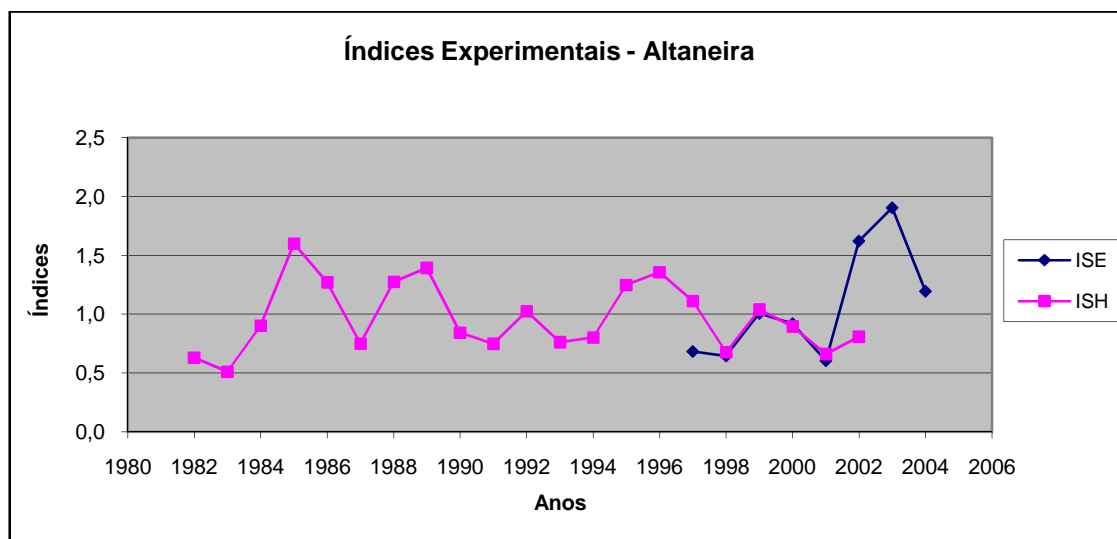
Anos	ISE	ISH
1982	-	1,1
1983	-	0,9
1984	-	1,1
1985	-	0,9
1986	-	1,1
1987	-	1,3
1988	-	1,0
1989	-	1,0
1990	-	1,0
1991	-	1,0
1992	-	1,2
1993	-	1,0
1994	-	1,0
1995	-	0,9
1996	-	1,0
1997	0,8	1,1
1998	0,5	1,0
1999	0,9	1,0
2000	0,9	1,0
2001	0,5	0,7
2002	0,8	1,0
2003	1,4	-
2004	1,0	-



No município de Aiuaba, o índice experimental de secas hidroclimatológicas (ISH) não apresentaram valores muito baixos nos anos de secas no Estado. Somente no ano de 2001, o ISH e o ISE apresentaram baixos valores, caracterizando um período de seca. A partir de 2002 existe um aumento dos valores do ISE para esse município.

## Altaneira

Anos	ISE	ISH
1982	-	0,6
1983	-	0,5
1984	-	0,9
1985	-	1,6
1986	-	1,3
1987	-	0,7
1988	-	1,3
1989	-	1,4
1990	-	0,8
1991	-	0,7
1992	-	1,0
1993	-	0,8
1994	-	0,8
1995	-	1,2
1996	-	1,4
1997	0,7	1,1
1998	0,6	0,7
1999	1,0	1,0
2000	0,9	0,9
2001	0,6	0,7
2002	1,6	0,8
2003	1,9	-
2004	1,2	-

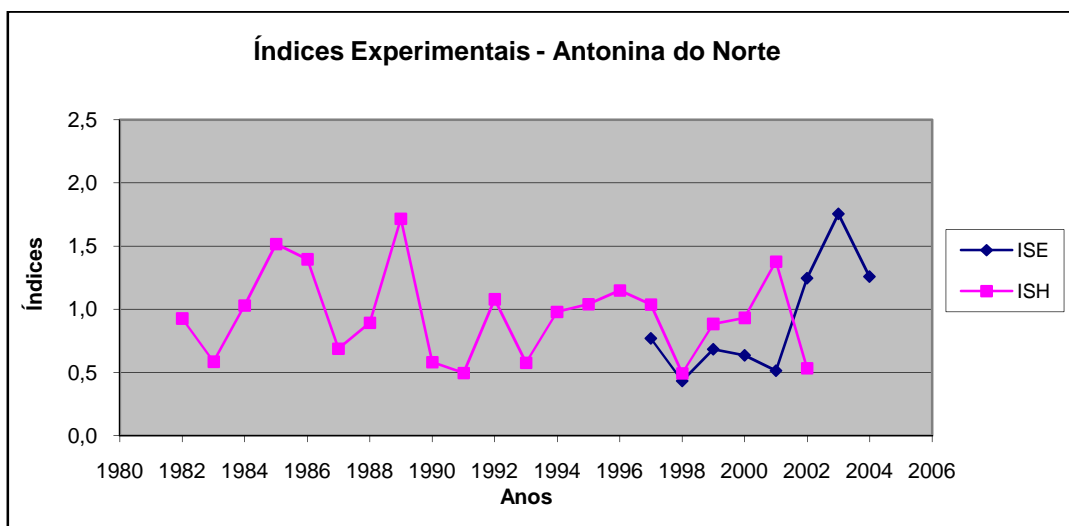


Para o município de Altaneira, os índices experimentais apresentaram baixos valores em 1998 e 2001, caracterizando bem esses dois anos de seca. Observa-se um aumento no valor do ISE a partir de 2001



## Antonina do Norte

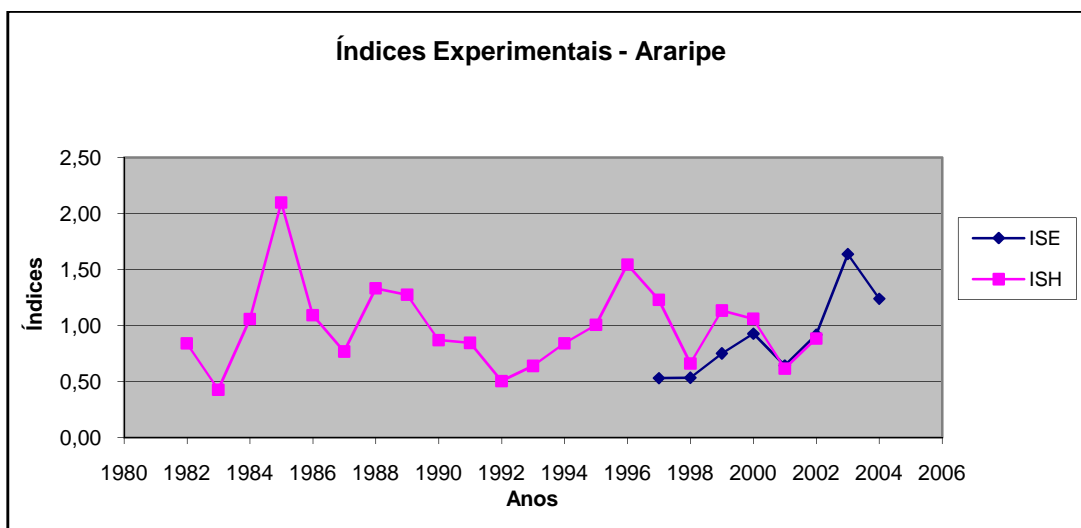
Anos	ISE	ISH
1982	-	0,9
1983	-	0,6
1984	-	1,0
1985	-	1,5
1986	-	1,4
1987	-	0,7
1988	-	0,9
1989	-	1,7
1990	-	0,6
1991	-	0,5
1992	-	1,1
1993	-	0,6
1994	-	1,0
1995	-	1,0
1996	-	1,1
1997	0,8	1,0
1998	0,4	0,5
1999	0,7	0,9
2000	0,6	0,9
2001	0,5	1,4
2002	1,2	0,5
2003	1,8	-
2004	1,3	-



Para o município de Antonina do Norte, o ISH baixo foi representativo das secas ocorridas em 1983, 1993, 1998 e 2001. Em 198 e 2001 o ISE também apresentou valores baixos, havendo um aumento desse índice depois de 2002.

## Araripe

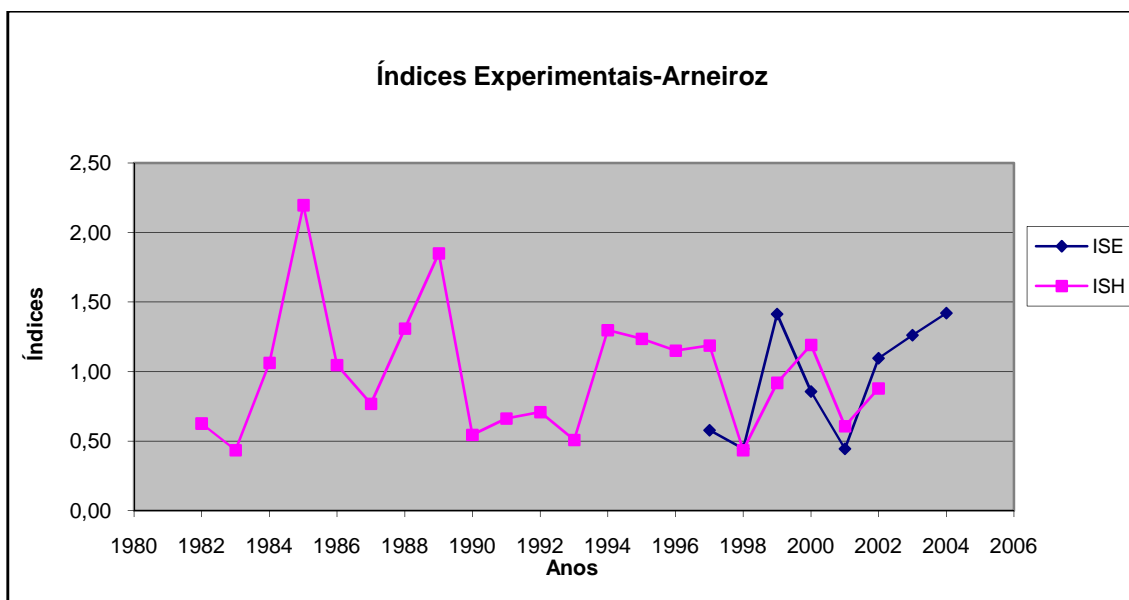
Anos	ISE	ISH
1982	-	0,84
1983	-	0,43
1984	-	1,06
1985	-	2,10
1986	-	1,09
1987	-	0,77
1988	-	1,33
1989	-	1,28
1990	-	0,87
1991	-	0,85
1992	-	0,50
1993	-	0,64
1994	-	0,84
1995	-	1,01
1996	-	1,54
1997	0,53	1,23
1998	0,54	0,66
1999	0,75	1,13
2000	0,93	1,06
2001	0,64	0,62
2002	0,92	0,88
2003	1,64	-
2004	1,24	-



No município de Araripe, os anos de 1983, 1992, 1998 e 2001 foram os que apresentaram menores valores dos dois índices (ISE e ISH)

## Arneiroz

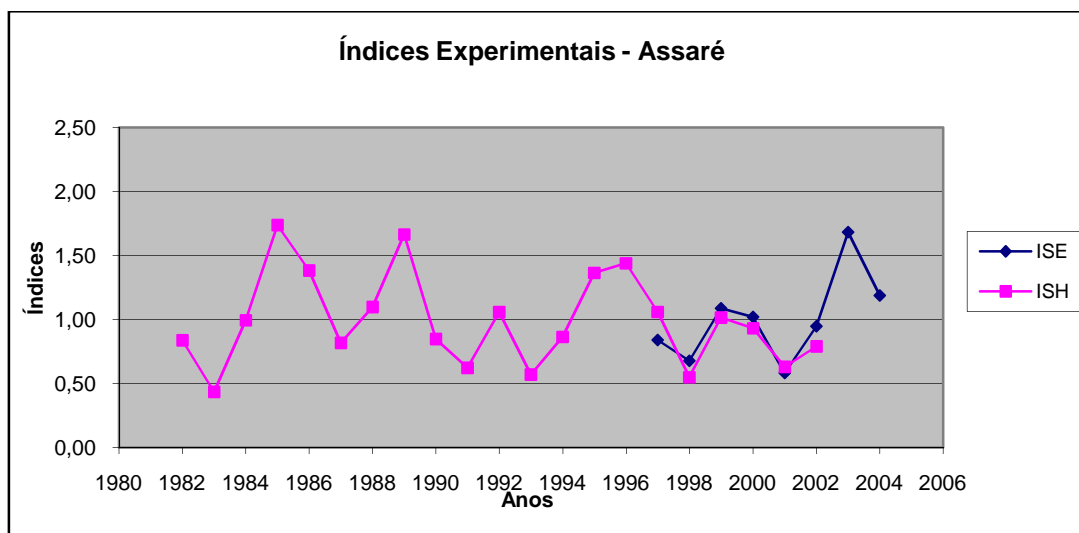
Anos	ISE	ISH
1982	-	0,62
1983	-	0,43
1984	-	1,06
1985	-	2,19
1986	-	1,05
1987	-	0,77
1988	-	1,31
1989	-	1,85
1990	-	0,55
1991	-	0,66
1992	-	0,71
1993	-	0,51
1994	-	1,30
1995	-	1,24
1996	-	1,15
1997	0,58	1,19
1998	0,44	0,44
1999	1,41	0,92
2000	0,85	1,19
2001	0,44	0,61
2002	1,10	0,88
2003	1,26	-
2004	1,42	-



Os índices experimentais no município de Arneiroz foram representativos das secas ocorridas em 1983, 1993, 1998 e 2001, na medida que apresentaram baixos valores nesses anos. há um aumento no valor do ISE a partir de 2002.

## Assaré

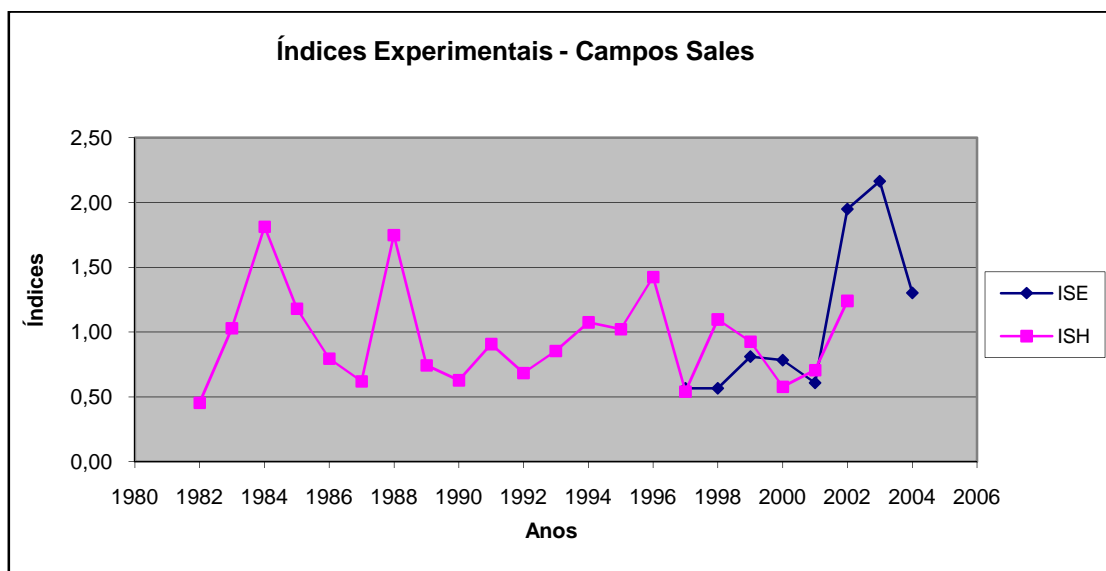
Anos	ISE	ISH
1982	-	0,84
1983	-	0,43
1984	-	0,99
1985	-	1,74
1986	-	1,38
1987	-	0,82
1988	-	1,10
1989	-	1,66
1990	-	0,85
1991	-	0,62
1992	-	1,06
1993	-	0,57
1994	-	0,86
1995	-	1,36
1996	-	1,44
1997	0,84	1,06
1998	0,68	0,55
1999	1,09	1,01
2000	1,02	0,93
2001	0,58	0,63
2002	0,95	0,79
2003	1,68	-
2004	1,19	-



Os índices experimentais no município de Assaré foram representativos das secas ocorridas em 1983, 1993, 1998 e 2001, na medida que apresentaram baixos valores nesses anos. há um aumento no valor do ISE a partir de 2002.

## Campos Sales

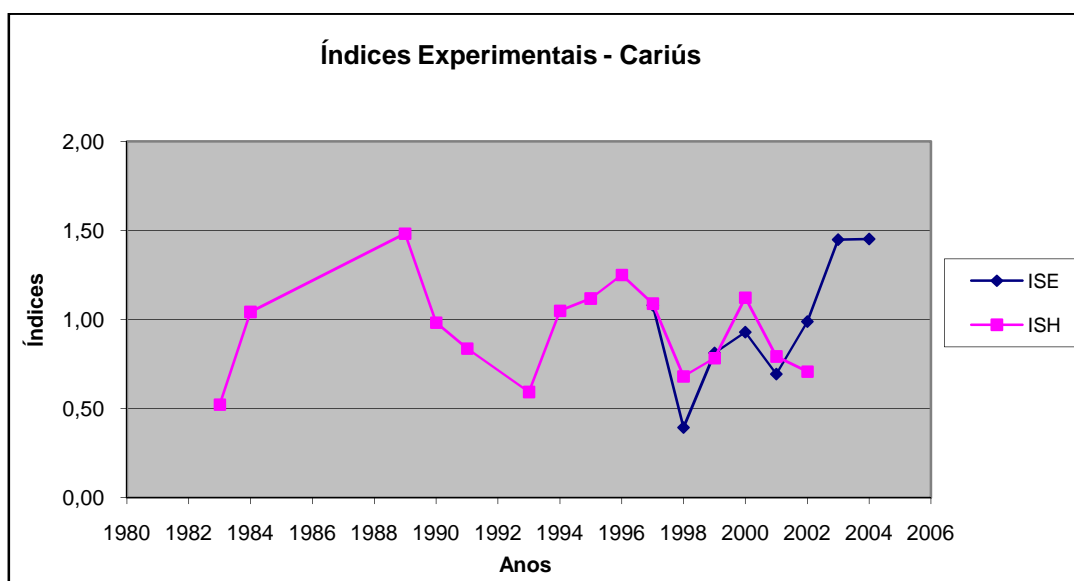
Anos	ISE	ISH
1982	-	0,46
1983	-	1,03
1984	-	1,81
1985	-	1,18
1986	-	0,80
1987	-	0,62
1988	-	1,75
1989	-	0,74
1990	-	0,63
1991	-	0,91
1992	-	0,69
1993	-	0,85
1994	-	1,07
1995	-	1,02
1996	-	1,43
1997	0,56	0,54
1998	0,57	1,10
1999	0,81	0,93
2000	0,78	0,58
2001	0,61	0,71
2002	1,95	1,24
2003	2,16	-
2004	1,30	-



No município de Campos Sales, os valores dos índices experimentais de seca não foram representativos dos anos de seca no Ceará. somente nos períodos de 1996-1998 e 2000-2001, os dois índices (ISE e ISH) apresentaram baixos valores, caracterizando as secas ocorridas nesses anos.

## Cariús

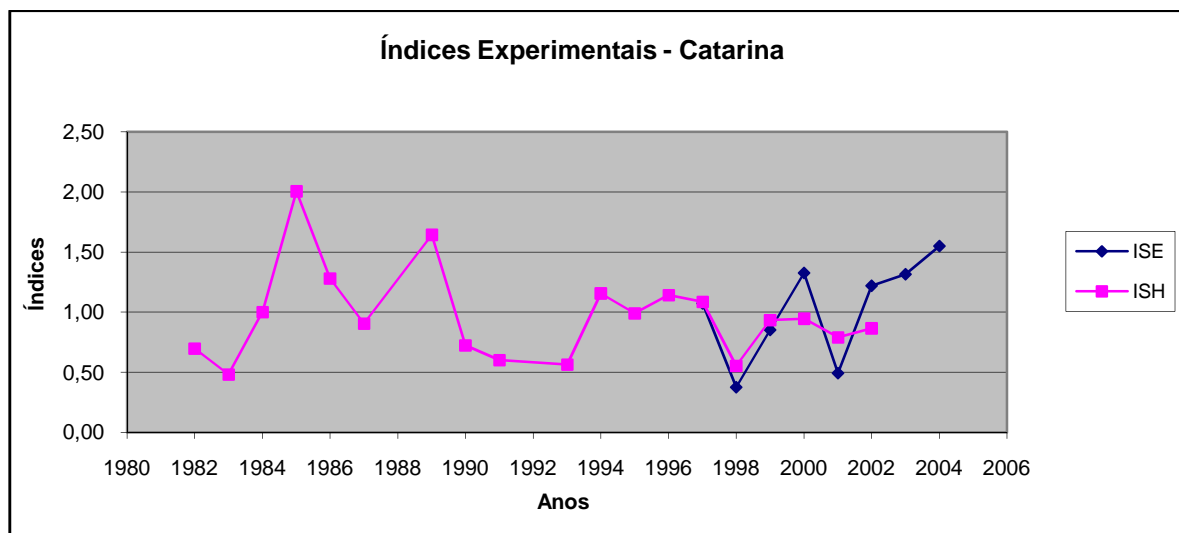
Anos	ISE	ISH
1983	-	0,52
1984	-	1,04
1989	-	1,48
1990	-	0,98
1991	-	0,84
1993	-	0,59
1994	-	1,05
1995	-	1,12
1996	-	1,25
1997	1,08	1,09
1998	0,39	0,68
1999	0,81	0,78
2000	0,93	1,12
2001	0,69	0,79
2002	0,99	0,71
2003	1,45	-
2004	1,45	-



Para Cariús, o ISH foi característico de anos de seca em 1983, 1993 e 1998. O ISE conseguiu ser representativo de anos secos em 1998, sendo observado um aumento desse valor a partir de 2002.

## Catarina

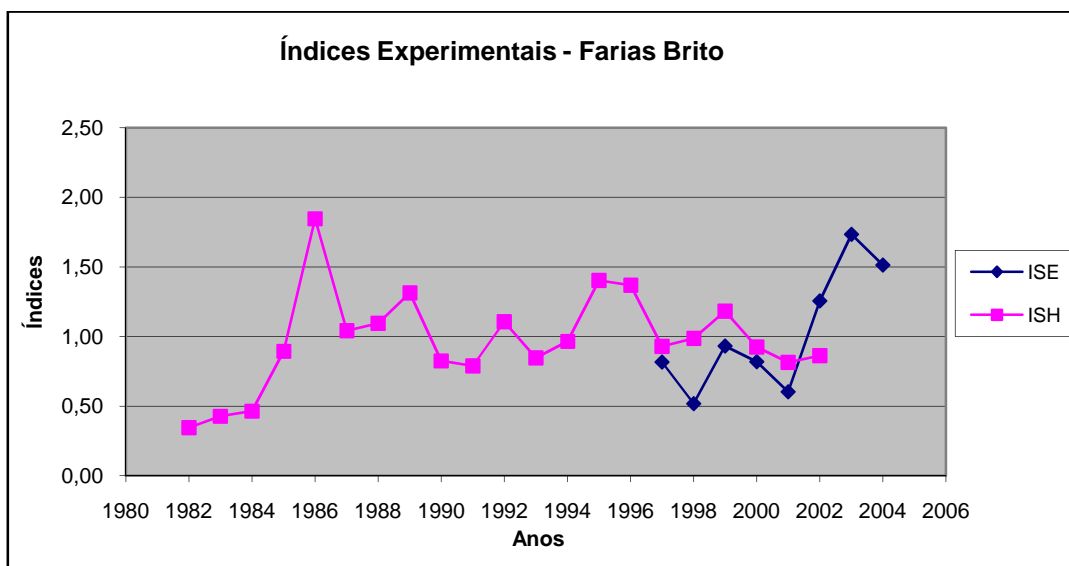
Anos	ISE	ISH
1982	-	0,70
1983	-	0,48
1984	-	1,00
1985	-	2,00
1986	-	1,28
1987	-	0,91
1989	-	1,64
1990	-	0,72
1991	-	0,60
1993	-	0,56
1994	-	1,15
1995	-	0,99
1996	-	1,14
1997	1,07	1,09
1998	0,38	0,55
1999	0,85	0,94
2000	1,32	0,94
2001	0,49	0,79
2002	1,22	0,86
2003	1,31	-
2004	1,55	-



No município de Catarina, o ISH apresentou baixos valores nos anos de 1983, 1993 e 1998. Para 2001, ano de seca no Ceará, o ISH não foi um índice representativo dessa estiagem. O ISE apresentou baixos valores em 1998 e 2001, caracterizando esses anos como de secas. A partir de 2002, há um aumento no valor do ISE.

## Farias Brito

Anos	ISE	ISH
1982	-	0,34
1983	-	0,43
1984	-	0,47
1985	-	0,89
1986	-	1,85
1987	-	1,04
1988	-	1,09
1989	-	1,31
1990	-	0,83
1991	-	0,79
1992	-	1,11
1993	-	0,85
1994	-	0,97
1995	-	1,40
1996	-	1,37
1997	0,82	0,93
1998	0,52	0,99
1999	0,93	1,18
2000	0,82	0,92
2001	0,60	0,81
2002	1,26	0,86
2003	1,73	-
2004	1,51	-



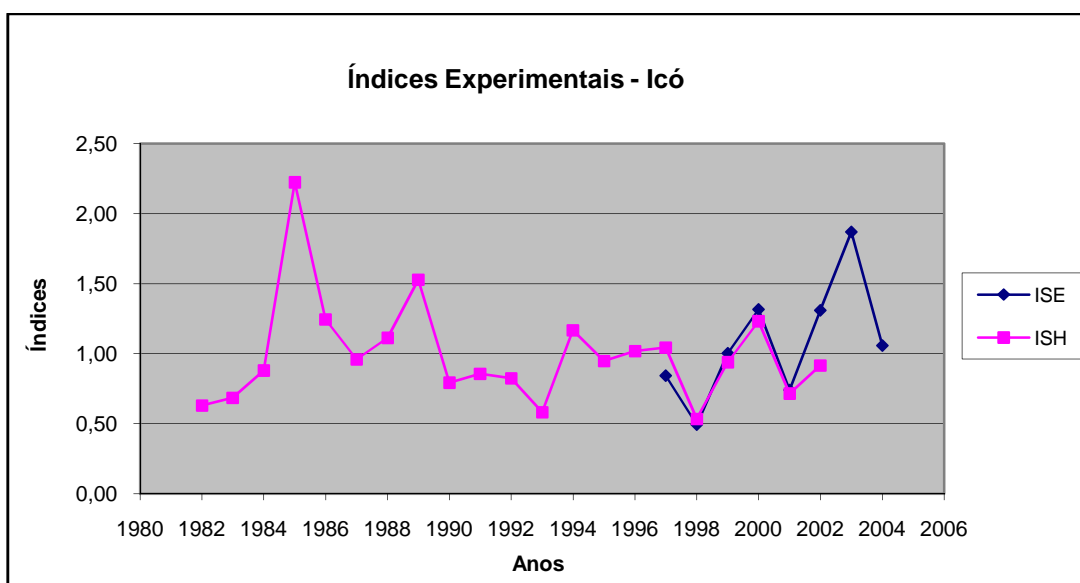
No município de Farias Brito o ISH não apresentou valores muito baixos, somente no período de 1982-1984.

O ISE apresentou baixos valores em 1998 e 2001, caracterizando esses anos como anos de seca, havendo um aumento desse índice a partir de 2002.



## Icó

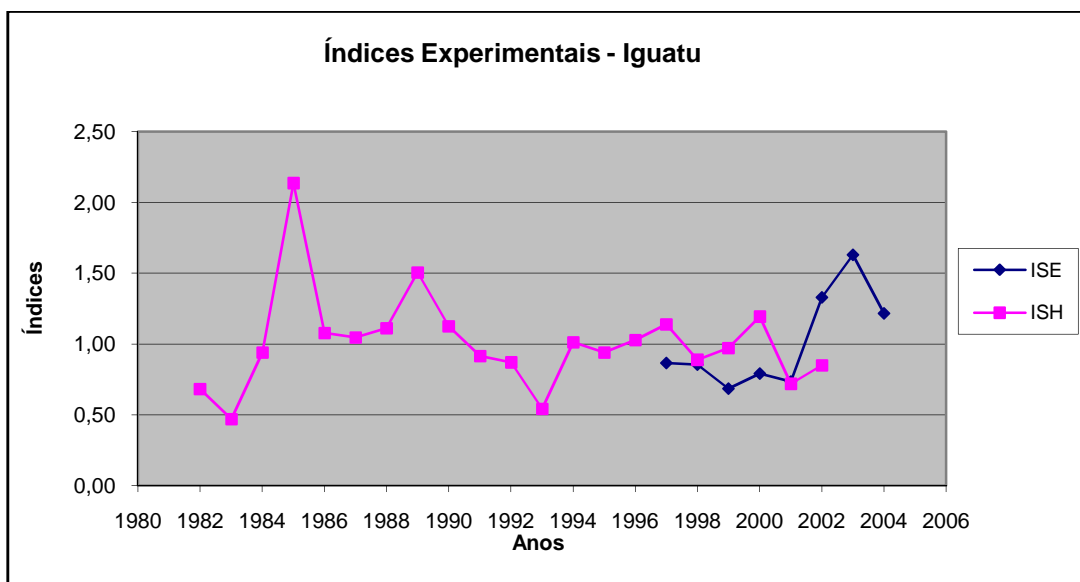
Anos	ISE	ISH
1982	-	0,63
1983	-	0,69
1984	-	0,88
1985	-	2,22
1986	-	1,25
1987	-	0,96
1988	-	1,11
1989	-	1,53
1990	-	0,79
1991	-	0,86
1992	-	0,83
1993	-	0,58
1994	-	1,17
1995	-	0,95
1996	-	1,02
1997	0,84	1,05
1998	0,49	0,53
1999	1,00	0,94
2000	1,32	1,23
2001	0,74	0,71
2002	1,31	0,92
2003	1,87	-
2004	1,06	-



Para o município de Icó, os valores do ISH fora caracterizadores dos anos de estiagem em 1982-1983, 1993, 1998 e 2001. O ISE também conseguiu caracterizar períodos de seca nos anos de 1998 e 2001.

## Iguatu

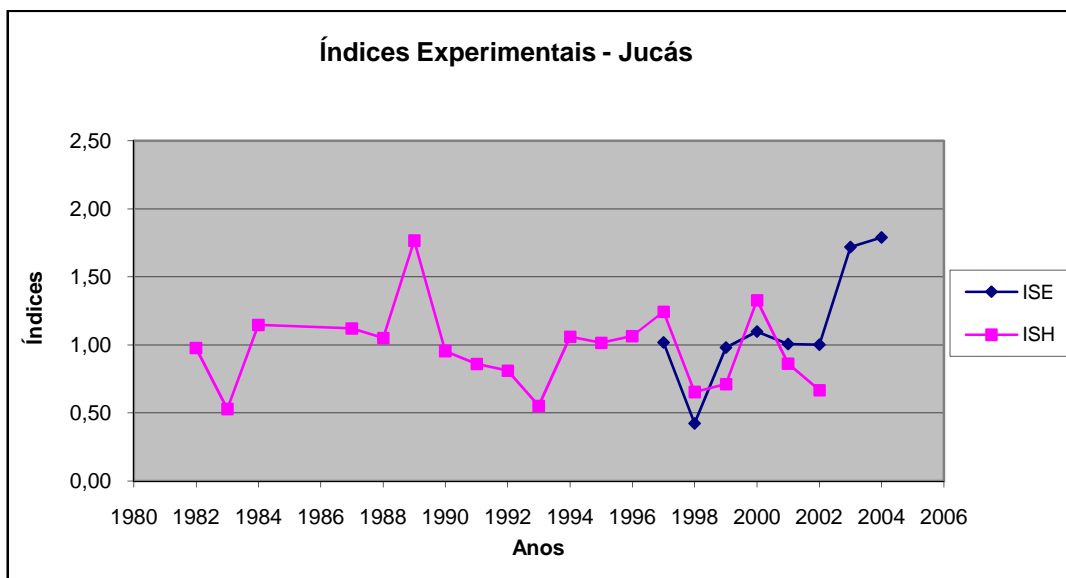
Anos	ISE	ISH
1982	-	0,68
1983	-	0,47
1984	-	0,94
1985	-	2,14
1986	-	1,08
1987	-	1,05
1988	-	1,11
1989	-	1,51
1990	-	1,13
1991	-	0,92
1992	-	0,87
1993	-	0,54
1994	-	1,01
1995	-	0,94
1996	-	1,03
1997	0,87	1,14
1998	0,85	0,89
1999	0,69	0,97
2000	0,79	1,19
2001	0,74	0,72
2002	1,33	0,85
2003	1,63	-
2004	1,22	-



O ISH do município de Iguatu apresentou baixos valores nos anos de 1983, 1993 e 2001, não sendo característico da seca de 1998. O ISE apresentou valores praticamente constantes entre 1998 e 2001, havendo um aumento dos valores desse índice a partir de 2002.

## Jucás

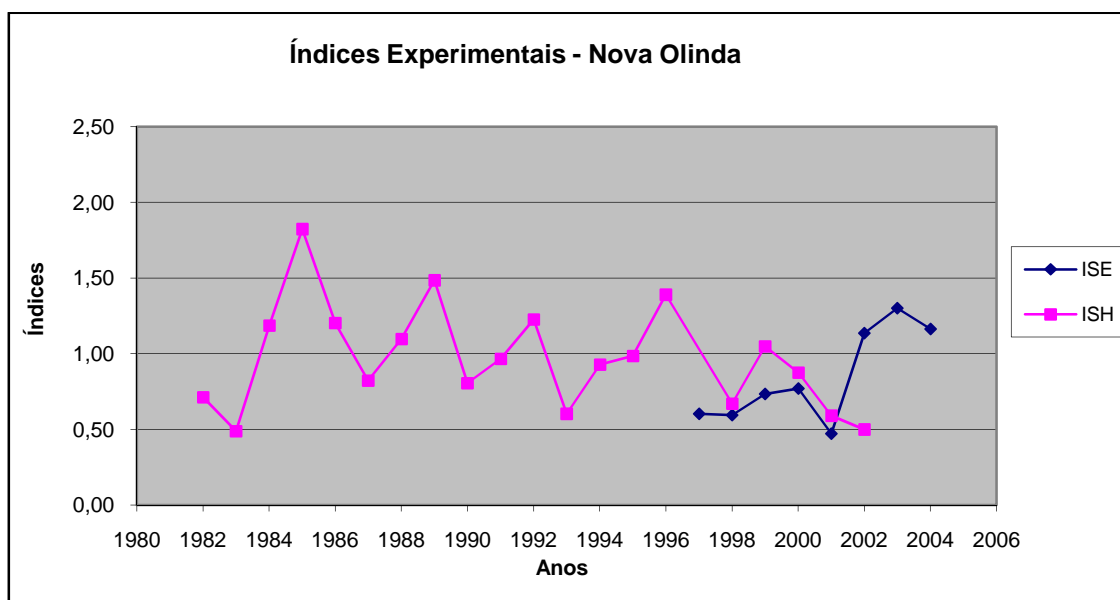
Anos	ISE	ISH
1982	-	0,98
1983	-	0,53
1984	-	1,15
1987	-	1,12
1988	-	1,05
1989	-	1,77
1990	-	0,95
1991	-	0,86
1992	-	0,81
1993	-	0,55
1994	-	1,06
1995	-	1,02
1996	-	1,07
1997	1,02	1,24
1998	0,42	0,65
1999	0,98	0,71
2000	1,10	1,33
2001	1,01	0,86
2002	1,00	0,67
2003	1,72	-
2004	1,79	-



Para o município de Jucás, o ISH conseguiu caracterizar bem os períodos de estiagem nos anos de 1983, 1993, 1998 e 2001. Já o ISE só apresentou baixo valor em 1998, não sendo representativo da seca em 2001 e apresentando valores mais altos a partir de 2000.

## Nova Olinda

Anos	ISE	ISH
1982	-	0,71
1983	-	0,49
1984	-	1,19
1985	-	1,82
1986	-	1,20
1987	-	0,82
1988	-	1,10
1989	-	1,48
1990	-	0,81
1991	-	0,97
1992	-	1,23
1993	-	0,60
1994	-	0,93
1995	-	0,99
1996	-	1,39
1997	0,60	-
1998	0,59	0,67
1999	0,73	1,05
2000	0,77	0,88
2001	0,47	0,59
2002	1,14	0,50
2003	1,30	-
2004	1,16	-

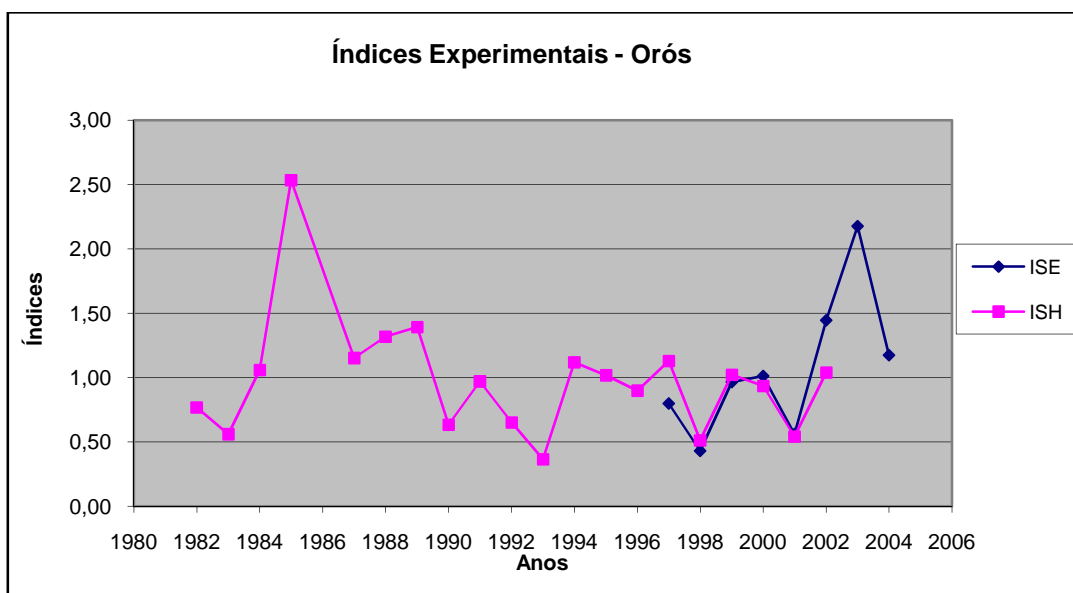


O ISH de Nova Olinda apresentou valores altos e baixos sequencialmente, porém pode ser observado que os valores mais baixos correspondem aos anos de seca no Ceará: 1983, 1993, 1998 e 2001.

O ISE de 1998 não foi muito baixo tendo um decréscimo no ano de 2001 e depois de 2002 houve um acréscimo desse valor.

## Orós

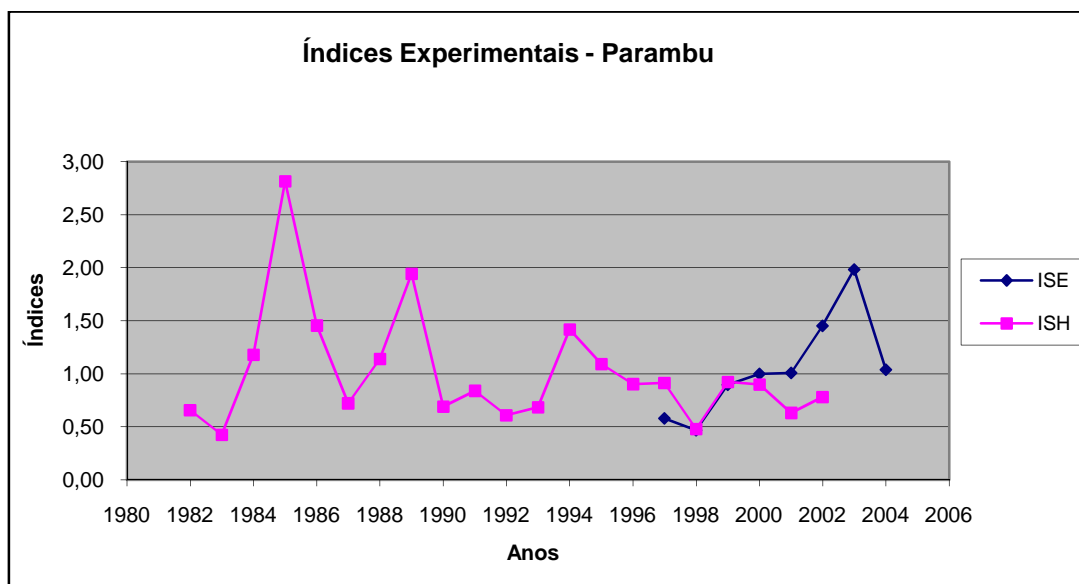
Anos	ISE	ISH
1982	-	0,77
1983	-	0,56
1984	-	1,06
1985	-	2,53
1987	-	1,15
1988	-	1,32
1989	-	1,39
1990	-	0,63
1991	-	0,97
1992	-	0,65
1993	-	0,37
1994	-	1,12
1995	-	1,02
1996	-	0,90
1997	0,80	1,13
1998	0,43	0,51
1999	0,96	1,02
2000	1,01	0,93
2001	0,56	0,54
2002	1,44	1,04
2003	2,18	-
2004	1,17	-



No município de Orós o ISH apresentou baixos valores nos anos de 1983, 1993, 1998 e 2001. O ISE apresentou valores baixos nos anos de 1998 e 2001. Esses dois índices conseguiram juntos caracterizar bem os períodos de estiagem ocorridos no Ceará.

## Parambu

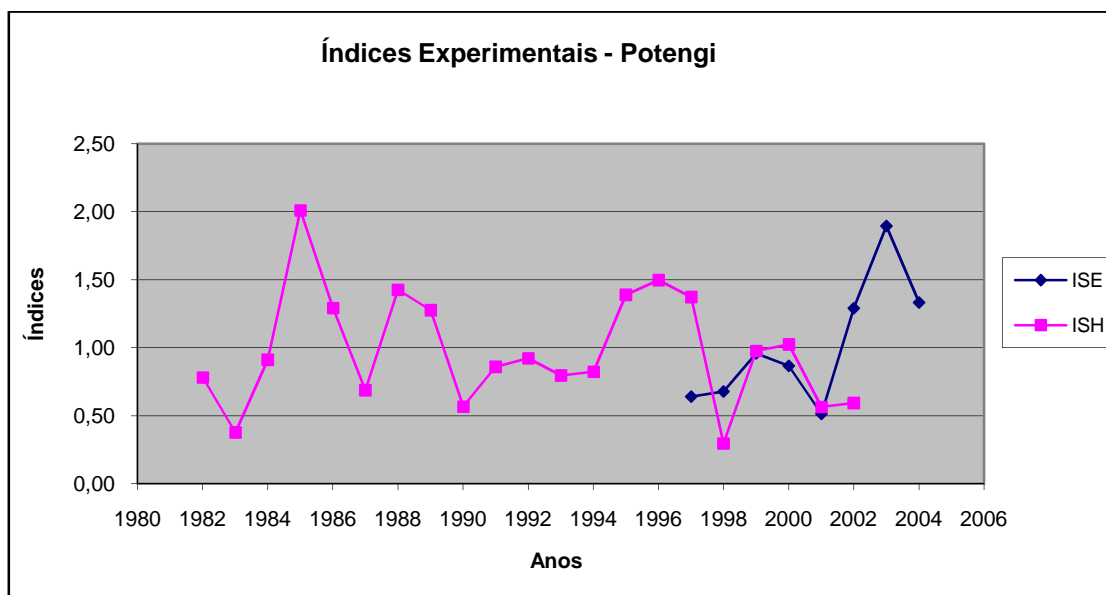
Anos	ISE	ISH
1982	-	0,66
1983	-	0,42
1984	-	1,18
1985	-	2,82
1986	-	1,45
1987	-	0,72
1988	-	1,14
1989	-	1,94
1990	-	0,69
1991	-	0,84
1992	-	0,61
1993	-	0,68
1994	-	1,42
1995	-	1,09
1996	-	0,90
1997	0,58	0,91
1998	0,47	0,48
1999	0,89	0,92
2000	1,00	0,90
2001	1,01	0,63
2002	1,45	0,78
2003	1,98	-
2004	1,04	-



O ISH de Parambu foi característico de períodos seca nos anos de 1983 e 1998. O ISE caracterizou como seco apenas o ano de 1998.

## Potengi

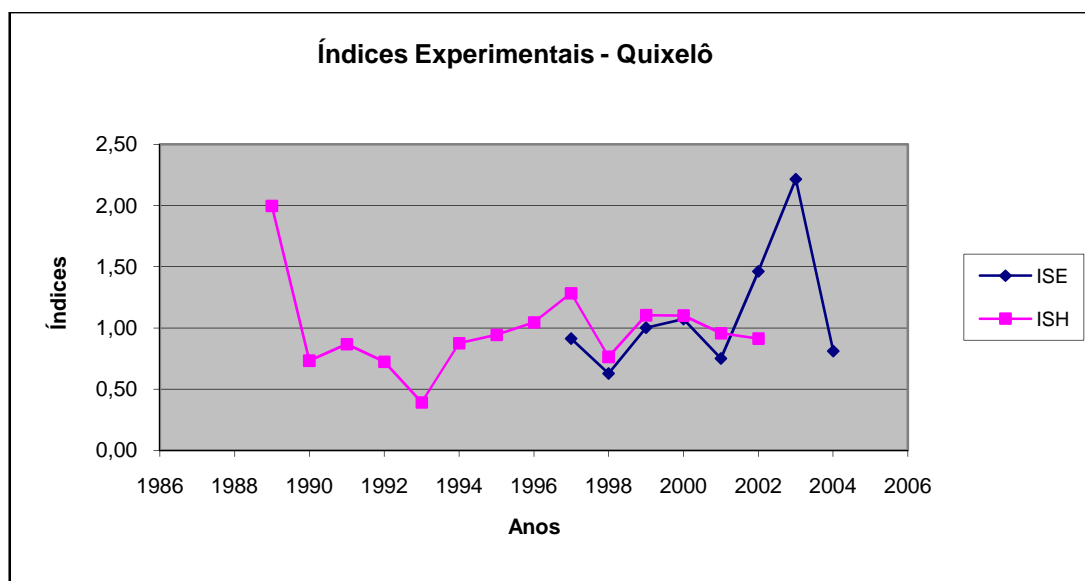
Anos	ISE	ISH
1982	-	0,78
1983	-	0,38
1984	-	0,91
1985	-	2,01
1986	-	1,29
1987	-	0,69
1988	-	1,43
1989	-	1,27
1990	-	0,57
1991	-	0,86
1992	-	0,92
1993	-	0,79
1994	-	0,82
1995	-	1,39
1996	-	1,50
1997	0,64	1,37
1998	0,68	0,30
1999	0,96	0,98
2000	0,87	1,02
2001	0,51	0,56
2002	1,29	0,59
2003	1,89	-
2004	1,33	-



Dos anos relatados como de seca no Ceará, o ISH de Potengi conseguiu caracterizar somente 1983, 1998 e 2001. O ISE apresentou valor baixo em 2001, havendo um aumento nesse valor a partir de 2002.

## Quixelô

Anos	ISE	ISH
1989	-	2,00
1990	-	0,73
1991	-	0,87
1992	-	0,72
1993	-	0,39
1994	-	0,88
1995	-	0,94
1996	-	1,04
1997	0,91	1,28
1998	0,63	0,76
1999	1,00	1,10
2000	1,07	1,10
2001	0,75	0,96
2002	1,46	0,91
2003	2,21	-
2004	0,81	-

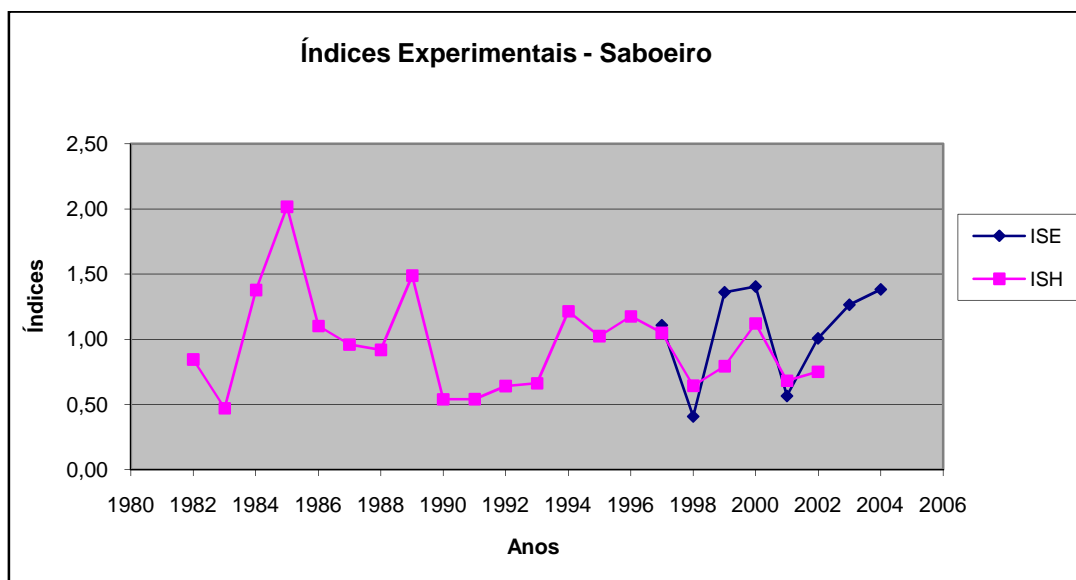


Para o município de Quixelô, os períodos de seca foram caracterizados a partir do ISH em 1993 e 1998 e utilizando o ISE, nos anos de 1998 e 2001.



## Saboeiro

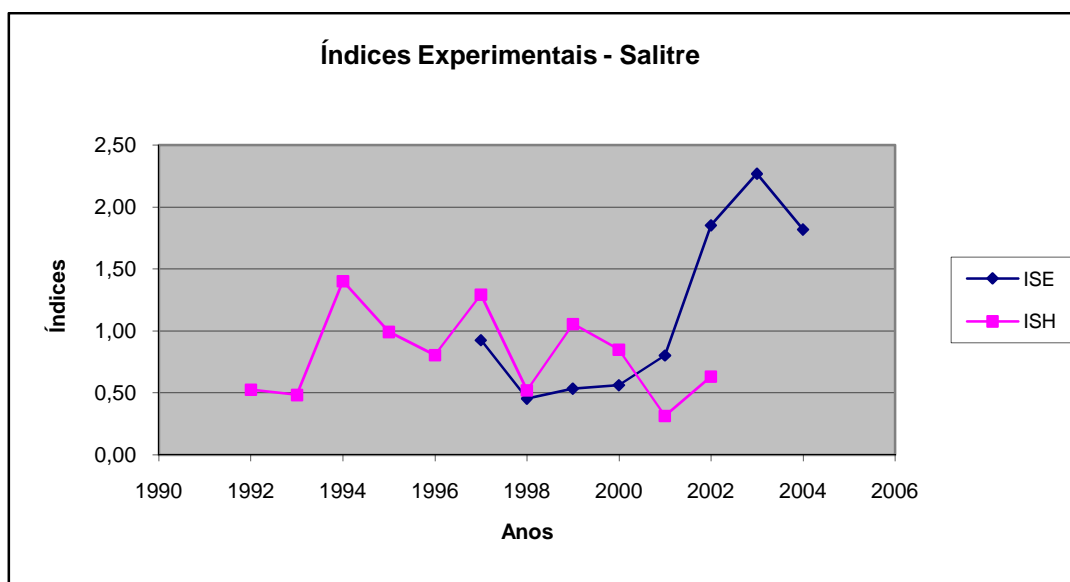
Anos	ISE	ISH
1982	-	0,84
1983	-	0,47
1984	-	1,38
1985	-	2,01
1986	-	1,10
1987	-	0,96
1988	-	0,92
1989	-	1,49
1990	-	0,54
1991	-	0,54
1992	-	0,64
1993	-	0,66
1994	-	1,22
1995	-	1,02
1996	-	1,18
1997	1,11	1,05
1998	0,41	0,64
1999	1,36	0,79
2000	1,41	1,12
2001	0,56	0,68
2002	1,01	0,75
2003	1,27	-
2004	1,38	-



No município de Saboeiro o ISH apresentou baixos valores nos anos de 1983, 1990-1992, 1998 e 2001, anos de secas declaradas no Estado. O ISE caracterizou o período de estiagem em 1998 e 2001 e apresenta um aumento do seu valor a partir de 2002.

## Salitre

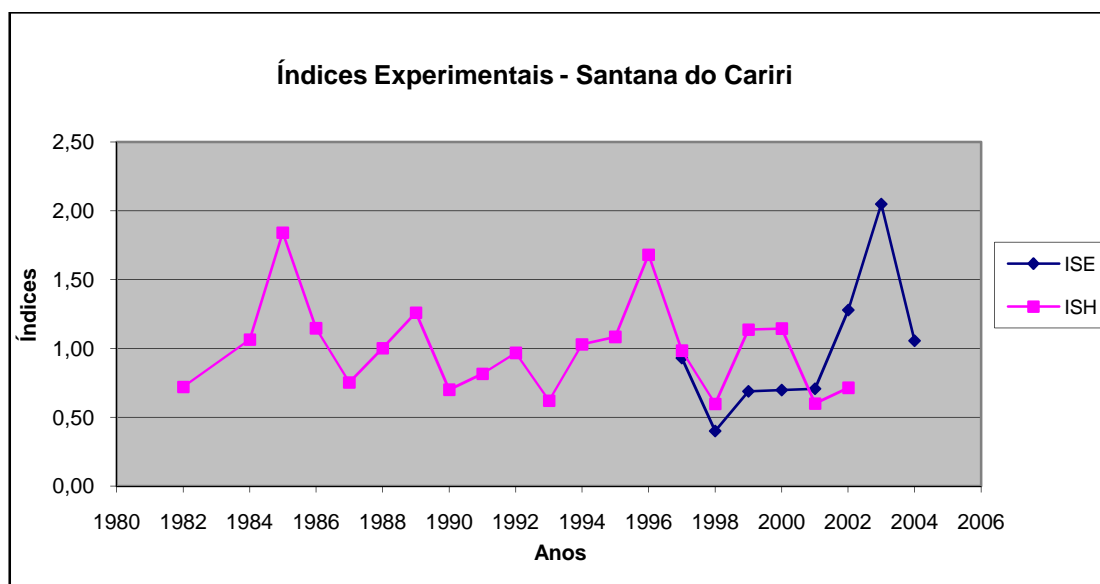
Anos	ISE	ISH
1992	-	0,53
1993	-	0,48
1994	-	1,40
1995	-	0,99
1996	-	0,80
1997	0,93	1,29
1998	0,45	0,52
1999	0,53	1,06
2000	0,56	0,85
2001	0,80	0,31
2002	1,85	0,63
2003	2,27	-
2004	1,82	-



O ISH de Salitre identificou os anos de 1993, 1998 e 2001 como de secas. O ISE só conseguiu identificar o ano de 1998 como período de estiagem. A partir de 2000, observa-se um grande aumento do valor do ISE.

## Santana do Cariri

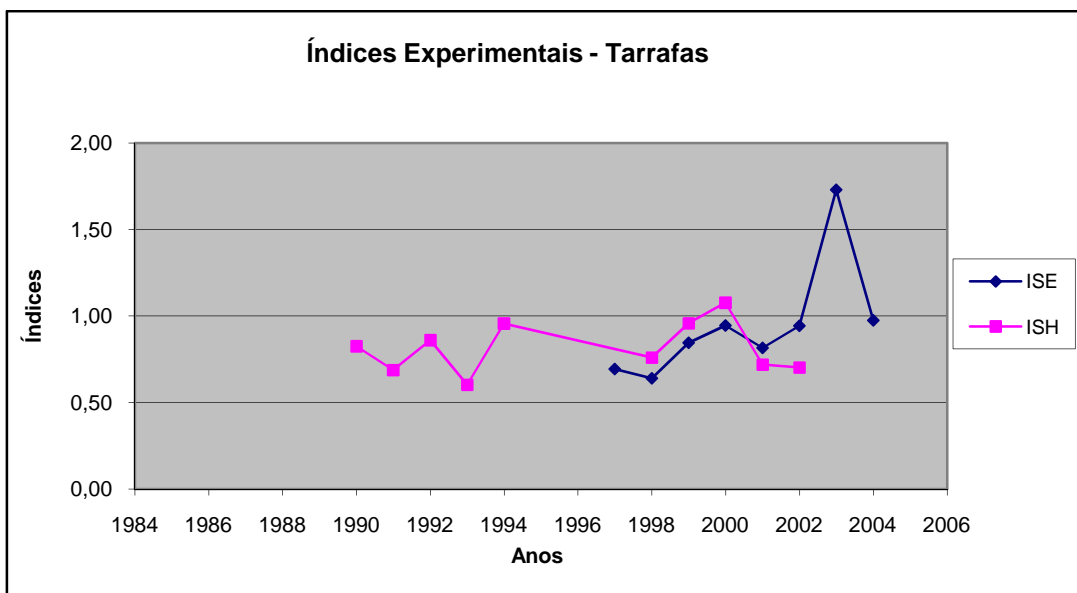
Anos	ISE	ISH
1982	-	0,72
1984	-	1,07
1985	-	1,84
1986	-	1,15
1987	-	0,75
1988	-	1,00
1989	-	1,26
1990	-	0,70
1991	-	0,82
1992	-	0,97
1993	-	0,62
1994	-	1,03
1995	-	1,08
1996	-	1,68
1997	0,93	0,98
1998	0,40	0,60
1999	0,69	1,14
2000	0,70	1,14
2001	0,71	0,60
2002	1,28	0,71
2003	2,05	-
2004	1,06	-



O ISH de Santana do Cariri apresentou baixos valores em 1993, 1998 e 2001, anos de seca no Ceará. O ISE foi muito baixo em 1998 elevando esse valor a partir de 2000.

## Tarrafas

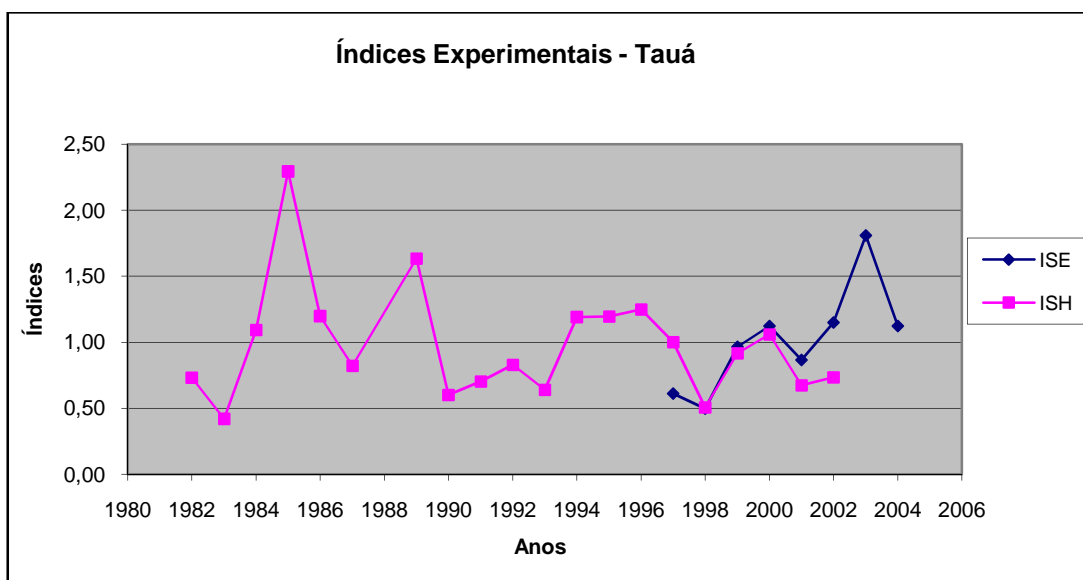
Anos	ISE	ISH
1990	-	0,82
1991	-	0,69
1992	-	0,86
1993	-	0,60
1994	-	0,95
1997	0,69	-
1998	0,64	0,76
1999	0,85	0,96
2000	0,94	1,08
2001	0,81	0,72
2002	0,94	0,70
2003	1,73	-
2004	0,97	-



Para Tarrafas, os índices experimentais não conseguiram ser característicos dos anos de secas. Somente nos anos de 1993 e 2001 o ISH apresentou valores um pouco mais baixo do que os outros períodos. O ISE apresentou u valor baixo em 1998 e um aumento dos valores a partir de 2002.

## Tauá

Anos	ISE	ISH
1982	-	0,73
1983	-	0,42
1984	-	1,09
1985	-	2,29
1986	-	1,20
1987	-	0,82
1989	-	1,63
1990	-	0,60
1991	-	0,70
1992	-	0,83
1993	-	0,64
1994	-	1,19
1995	-	1,20
1996	-	1,25
1997	0,61	1,00
1998	0,50	0,51
1999	0,96	0,92
2000	1,12	1,06
2001	0,86	0,67
2002	1,15	0,73
2003	1,81	-
2004	1,12	-



Para o município de Tauá o ISH foi característico de anos de seca em 1983 e 1998. O ISE apresentou valor baixo em 1998, correspondendo a um ano de seca, havendo um aumento desse valor a partir de 2002.

## 7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

As secas são catástrofes naturais que assolam o semi-árido Nordeste de forma inevitável e irremovível, e estão relacionadas a aspectos físicos, econômicos e sociais. Os aspectos físicos estão estreitamente ligados a questão da pluviosidade e dos altos índices de evapotranspiração. Dentre os aspectos econômicos e sociais podem ser ressaltados os baixos níveis técnicos para o manejo das culturas de subsistência e baixo nível econômico das populações.

Para a realização deste trabalho foram escolhidos índices hidroclimatológicos e econômicos que pudessem caracterizar as secas ocorridas no estado do Ceará, mais precisamente na região do Alto Jaguaribe, de uma forma clara, de fácil entendimento e de rápido acesso para futuros estudos e monitoramentos.

Dentre os índices escolhidos, os hidroclimatológicos (Índice de Aridez e Precipitação Média), apresentaram bons resultados quando comparados com os anos de secas declaradas e podem ser considerados bons indicadores de caracterização de períodos de seca. Os anos com pior Índice de Aridez foram 1983, 1993, 1998 e 2001. Os anos que apresentaram os menores valores de precipitação foram 1951, 1958, 1983, 1993 e 1998.

Os índices econômicos escolhidos foram: Produção de Grãos e o PIB. A Produção de Grãos apresentou bons resultados na caracterização de períodos de estiagem. Os anos de baixa precipitação, coincidentes com os anos de seca relatados na literatura, apresentaram baixos valores na produção de grãos. Os piores anos na produção de grãos foram 1951, 1958, 1981, 1983 e 1993.

O PIB municipal apresenta uma série pouco extensa de dados, de 1997 a 2004, o que dificulta uma análise mais consistente. Mesmo assim é possível verificar que no período de 1997 a 2001 o crescimento do PIB municipal quase não existiu, e em alguns casos foi negativo. Como esse período corresponde ao período de secas de 1998-1999 e 2001, isso indica que durante períodos de escassez hídrica, o valor econômico da população diminui. A partir de 2002, ocorre um crescimento do PIB municipal mais acentuado.

O gráfico do PIB do estado do Ceará reforça a idéia de que no período de estiagem de 1998-1999 e 2001, o crescimento do PIB foi bastante modesto, tendo um grande aumento a partir de 2002.

A análise dos índices experimentais de secas hidroclimatológicas e de secas econômicas mostra que existe uma boa correlação com os anos de seca no Ceará.

Isso implica que os dois índices propostos podem servir como indicadores de impactos das secas, na medida em que os índices caracterizam as secas sob o ponto de vista hidroclimatológico e econômico.

Contudo observa-se que, a partir de 2001, existe um aumento nos valores dos índices de secas econômicas. Isso pode indicar uma tendência a menor vulnerabilidade econômica desses municípios em relação às variações climáticas.

A produção de grãos parece ser o índice mais afetado diretamente quando ocorre um período de estiagem. Isso é um dado preocupante uma vez que a agricultura, principalmente a de subsistência, é a principal atividade econômica do semi-árido Nordeste, e do seu desenvolvimento depende, em grande parte, o bem-estar social da população.

A partir dessa análise, reforça a idéia de que as secas provocam maiores danos aos pequenos agricultores, exatamente a parcela da população rural que oferece menores condições de resistência às irregularidades climáticas em virtude de suas condições econômicas.

É recomendado:

- Um plano de apoio técnico e educacional aos pequenos agricultores, para tentar amenizar os efeitos que os períodos de estiagem causam na agricultura;
- Elaboração de planos de gestão de secas que sejam incorporados aos planos de Recursos Hídricos;
- Coletar dados para formar índices experimentais de secas “sociais”, com dados nas áreas da saúde, mortalidade, saúde pública, população afetada pela seca, entre outros;

- Continuação nos estudos e pesquisas sobre o tema abordado;
- Prosseguir na avaliação dos indicadores para confirmação de uma possível diminuição dos impactos econômicos, como apresentado neste trabalho;
- Monitoramento desses e de outros indicadores que caracterizam as secas para que se busque uma forma mais eficiente de enfrentar as dificuldades climáticas da nossa região.



## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA; AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Introdução ao Gerenciamento de Recursos Hídricos**. 2ª ed. Arnaldo Augusto Setti; Jorge Enoch Furquim Werneck Lima; Adriana Goretti de Miranda Chaves; Isabella de Castro Pereira. Brasília, 2001.328p.

ALVARGONZALEZ, Rafael. **O desenvolvimento do Nordeste árido**. Fortaleza: DNOCS, 1984. 2v.

ALVES, J. **História das secas: séculos XVII a XIX**. Coleção Biblioteca Básica Cearense, obra fac-símile. Fortaleza: Fundação Waldemar Alcântara, 1982. 539p.

ARAÚJO, J. C. de.; DÖLL, P.; GÜNTER, A.; KROL, M.; ABREU, C.B.R.; HAUSCHILD, M.; MEDIONDO, E. M. Water scarcity under scenarios for global climate change and regional development in semiarid northeastern Brazil. **Water International**, International Water Resources Association, 2004. v. 29, n. 2, p. 209-220.

ARTICULAÇÃO NO SEMI-ÁRIDO BRASILEIRO. **O Semi-Árido Brasileiro**. Disponível em:<<http://www.asabrasil.org.br/>>.

BELL, S.; MORSE, S. **Measuring sustainability**. London: Earthscan, 2003.

BHALME, H. N. MOOLEY, D. A., On the performance of modified Palmer index. **Archives for Meterology, Geophysics and Bioclimatology**, Ser. B, 27, 281-295. 1979.

BRABO, J. M.; SILVA, R. A.; SOUZA, E. B. de; REPELLI, C. A. **Principais secas ocorridas neste século no estado do Ceará: Uma avaliação pluviométrica**. Fortaleza, 2004.

BOUNI, C. **Indicateurs de développement durable: l'enjeu d'organiser une information hétérogène pour préparer une décision multicritère.** Paris: AScA, 14p. Trabalho apresentado em: Colloque International. 9 – 11/set 1996. Abbay de Fontevrand Indicateurs de développement durable. 1996.

CAMPOS, N.; STUART, T. **Secas no Nordeste do Brasil: Origens, Causas e Soluções.** Fortaleza, 2001.

CARVALHO, J. O. (Org.). **Plano integrado para o combate preventivo aos efeitos das secas no Nordeste.** Brasília: Ministério do Interior, 1973. 267 p.

CATUNDA, J. **Estudos da História do Ceará.** Fortaleza, Tip. do Libertador, 1985.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia.** São Paulo: E. Bücher; Ed. da Universidade, 1974. 149 p.

DUARTE, R. S. **Do desastre natural à calamidade pública: A seca de 1998 – 1999.** Série estudos sobre as secas no Nordeste. Fortaleza: Banco do Nordeste; Recife: Fundação Joaquim Nabuco, 2002a. 144 p.

FREITAS, M. A de S., Um sistema de suporte à decisão para o monitoramento de secas meteorológicas em regiões semi-áridas. **Revista Tecnologia.** Fortaleza. No. 19. p. 19 – 30. 1998.

GALLOPIN, G. C. Environmental and sustainability indicators and the concept of situational indicators. A System Spproach. **Environmental Modelling & Assessmet.** 1: 101 – 117, 1996.

GATTO, L. C. S. (Sup.). **Diagnóstico Ambiental da Bacia do Rio Jaguaribe – Diretrizes Gerais para a ordenação territorial.** IBGE: 1ª Divisão de Geociências do Nordeste. Salvador, 1999.

GONDIM FILHO, J. G. C. **Sustentabilidade do desenvolvimento do Semi-Árido sob o ponto de vista dos recursos hídricos.** Brasília: Projeto Áridas RH, 1995.

HATCHUEL, G. POQUET, G. **Indicateurs sur la qualité de vie urbaine et sur l'environnement.** Paris: Credoc. 58p. 1992.

IPECE. **Anuário Estatístico do Ceará – 2004.** Fortaleza: Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará – IPECE, 2005<sup>a</sup>.

LI, K., A. MAKARAU, 1994: **Drought and Desertification, Reports to the Eleventh Session of the Commission for Climatology, WCASP-28, WMO.**

LUNA, R. M. **Desenvolvimento do Índice de Pobreza Hídrica (IPH) para o Semi-Árido Brasileiro.** 2007. 130 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil, área de concentração Recursos Hídricos) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007.

MITCHELI, G. **Problems and Fundamentals of Sustainable Development Indicators.** 1996.

RÊGO, T. C. C. C. **Proposta Metodológica para Gestão de Secas: O caso da Bacia do Alto Jaguaribe, Ceará.** 2008. 193 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil, área de concentração Recursos Hídricos ) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007.

ROOY, M. P. Van. A rainfall anomaly index independent of time and space. **Notos**, 14, 43. 1965.

RUA, M. G. **A Avaliação no ciclo de Gestão Pública.** Secretaria de Estado do Planejamento e Coordenação Geral. SEPL, 2007.

SULLIVAN, C. A. **Calculating a Water Poverty Index.** World Development, vol 30, nº7, p 1195 – 2002, 2002.

THORNTON, C. W., An approach towards a racional classification of climate. **Geographic. Ver.**, 38, 55-94. 1948.

WILHITE, D. A.; GLANTZ, M.H. Understanding the drought phenomenon: The role definations. In: WILHITE et al. **Planning for drought toward a reduction of societal vulnerability**. Colorado: Westview, 1987. cap. 2, p. 11-14.