



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA - MESTRADO

GEÓRGIA CRISTINA DE SOUSA OLIVEIRA

**PERFIL SOCIOECONÔMICO E POTENCIALIDADES PARA A CAPTAÇÃO DE
ÁGUA DA CHUVA NA MICRORREGIÃO DO ALTO CAPIBARIBE, PE**

RECIFE-PE
2012

GEÓRGIA CRISTINA DE SOUSA OLIVEIRA

**PERFIL SOCIOECONÔMICO E POTENCIALIDADES PARA A CAPTAÇÃO DE
ÁGUA DA CHUVA NA MICRORREGIÃO DO ALTO CAPIBARIBE, PE**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Geografia (Mestrado), da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito às exigências para obtenção do título de Mestre em Geografia.

Orientador: Profº Dr. Ranyére Silva Nóbrega

**RECIFE-PE
2012**

GEÓRGIA CRISTINA DE SOUSA OLIVEIRA

**PERFIL SOCIOECONÔMICO E POTENCIALIDADES PARA A CAPTAÇÃO DE
ÁGUA DA CHUVA NA MICRORREGIÃO DO ALTO CAPIBARIBE, PE**

Aprovado (a) pela Banca Examinadora em
cumprimento ao requisito exigido para obtenção
do Título de Mestre em Geografia

BANCA EXAMINADORA

Profº Dr. Ranyére Silva Nóbrega
Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)
(Orientador)

Profº Dr. Hermes Alves de Almeida
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)
(1º Examinador)

Profº Dr. Cláudio Ubiratan Gonçalves
Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)
(2º Examinador)

APROVADO EM: 02/03/2012

“Todos concordam que a água é tão indispensável para nossas vidas quanto o ar que respiramos. Apesar de sua importância, a água não recebe o cuidado que merece, nem no nível pessoal, no desperdício que não evitamos, nem no nível social, do acesso e distribuição justa da água para todos”

Roberto Malvezzi.

A Deus.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Ranyére Silva Nóbrega pela orientação e incentivo durante a pesquisa, na docência e na vida.

Ao Prof. Dr. Hermes Alves de Almeida pela atenção e apoio no decorrer de toda vida acadêmica.

A todos os Professores da UFPE que trabalharam comigo nesta jornada, especialmente a: Dr. Cláudio Ubiratan Gonçalves, Dra. Josiclêda Domiciano Galvêncio e Dr. Fernando de Oliveira Mota Filho pela atenção depreendida para a apresentação deste trabalho.

Aos colegas da Pós Graduação em Geografia da UFPE pela convivência harmoniosa.

Aos diretores, coordenadores, professores e alunos das escolas estaduais da microrregião do Alto Capibaribe, PE que colaboraram com esta pesquisa.

À minha família e amigos (as) pela compreensão e apoio em todos os momentos.

À minha mãe Nilda Cristina, pela força, compreensão e confiança em todas as etapas de minha vida.

DIAGNÓSTICO SOCIOECONÔMICO E POTENCIALIDADES PARA A CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA NA MICRORREGIÃO DO ALTO CAPIBARIBE, PE

A carência de recursos hídricos no semiárido pernambucano, associada a um regime irregular na quantidade e na distribuição de chuvas, tem limitado o desenvolvimento econômico e social e incentivado o conflito pela água. No entanto, tem-se na captação de água da chuva uma alternativa viável para mitigar a escassez de água para fins difusos. Razão essa que justificou a necessidade de um estudo estatístico da série pluvial, visando estabelecer às principais características do regime pluvial e do potencial para a captação na microrregião do Alto Capibaribe, PE, bem como o perfil socioeconômico e hídrico da citada população, sendo essas caracterizações os objetivos principais deste trabalho. Utilizou-se seis séries pluviais- mensais e anuais- das cidades de Surubim, Vertentes, Frei Miguelinho, Taquaritinga do Norte, Santa Cruz do Capibaribe e Toritama, PE, referentes ao período de 1963 a 2009, cedidos pelo Laboratório de Meteorologia de Pernambuco (LAMEPE). Os totais mensais e anuais de chuvas foram arranjados e analisados, utilizando-se distribuições estatísticas, sendo calculados: médias, medianas, desvios padrão, dentre outras. Os totais anuais de precipitação foram ajustados à distribuição normal reduzida, dos quais, passaram a compor seis “cenários”: a mediana, o máximo, o mínimo e os valores equivalentes aos níveis de 25, 50 e 75% de probabilidade. A partir destes valores foram estimados os volumes potenciais de captação de água de chuva, visando-se diferentes áreas de captação (telhados) dos domicílios. O diagnóstico foi estabelecido, aplicando-se questionários a uma amostra de 416 pessoas. Os principais resultados mostraram que o regime de distribuição de chuvas é assimétrico, e as medianas foram sempre menores que as médias. A estação chuvosa ocorre entre março e julho e chove o equivalente a 60% do total anual em Surubim, Vertentes, Frei Miguelinho e Toritama. Em Taquaritinga do Norte e Santa Cruz do Capibaribe as estações ocorrem respectivamente entre fevereiro e setembro e de maio a junho. As chances de chover a média anual \pm o desvio padrão são de 68,3%. O volume potencial mediano de captação de água da chuva foi de 28 mil litros para uma superfície de 60 m² e o menor de 8 mil litros de água, no ano mais seco e para uma área de captação de 40 m². Dado o número médio ser quatro pessoas por domicílio, as áreas de captação mínimas, no ano mais seco, são insuficientes para armazenar os volumes necessários para atender as demandas, exceto em Taquaritinga do Norte que possui valores de precipitação sempre elevados. O perfil demográfico da microrregião do Alto Capibaribe mostrou que 57,5% da população vivem na zona rural, em 64,7% dos domicílios residem entre 4 e 6 pessoas e a agricultura é atividade principal. 58,7% têm renda familiar de no máximo um salário mínimo que em sua maioria provém de aposentadoria do INSS. A água da chuva é armazenada, em caixas d’água, tanques e/ou cisternas por 83% da população, enquanto 17% não armazenam. 32,7% têm problemas com a falta d’água, contudo 98,1% da população acreditam que a captação de água da chuva é a melhor alternativa para mitigar a escassez de água. Neste cenário conclui-se que o “modelo” de distribuição anual de precipitação estabelecido contribuirá, decisivamente, no planejamento e no dimensionamento do tamanho das cisternas por parte dos órgãos governamentais, ONG’s, sindicatos e outros seguimentos interessados.

Palavras - chave: Clima. Precipitação pluvial. Semiárido. Cisterna.

SOCIOECONOMIC DIAGNOSIS AND POTENTIAL FOR COLLECTION OF RAINWATER IN THE UPPER MICROREGION ALTO CAPIBARIBE, PE

The water resources lack in semi-arid Pernambucano, associated with an irregular distribution rainfall has limited the economic and social development and encouraged the conflict over water. It has been in the capture of rainwater a viable alternative to mitigate the shortage of water for diffuse. This reason justified the need for a rainfall series statistical analysis, to establish main characteristics of rainfall patterns and the potential for uptake into the microregion Alto Capibaribe, PE, as well as the socioeconomic profile of that population and water, and these characterizations the main objectives of this work. We used six series-monthly and annual rain in cities Surubim, Vertentes, Frei Miguelinho, Taquaritinga do Norte, Santa Cruz do Capibaribe, Toritama, PE, for the period 1963 to 2009. The rainfall monthly and annual were arranged and analyzed using statistical distributions, calculated: mean, median, standard deviations, among others. Precipitation total annual were adjusted to the reduced distribution normal, of which six were included in "scenarios": the median, maximum, minimum and the values equivalent to levels 25, 50 and 75% probability. From these values we estimated the potential volumes of rain water harvesting, aiming at different catchment areas (roofs) of the households. Diagnosis was established, applying a sample of questionnaires to 416 people. The main results showed that the regime of rainfall distribution is asymmetric, and the medians were always lower than the average. The rainy season occurs between March and July rains and the equivalent of 60% of total annual Surubim, Vertentes, Toritama and Frei Miguelinho, Taquaritinga do Norte and Santa Cruz do Capibaribe seasons occur between February and September respectively, and between May and June. The chance of rain annual average standard deviation is 68.3%. The average potential volume of rainwater catchment averaged 28,000 liters for an area of 60 m² and the smallest of 8000 liters of water in the driest year and a catchment area of 40 m². Given the average number is four people per household, minimum catchment areas, the driest year is insufficient to store the volumes needed to meet the demands, except in Taquaritinga do Norte that has consistently high values of precipitation. The demographic profile of the microregion Alto Capibaribe showed that 57.5% of the population live in rural areas, in 64.7% of households lie between 4 and 6 people and agriculture is the main activity. 58.7% have household incomes of no more than a minimum wage that mostly comes from the Social Security retirement. Rainwater is stored in water cistern, tanks and / or cisterns for 83% of the population, while 17% do not store. 32.7% have problems with water shortages, yet 98.1% of the population believe that the capture of rainwater is the best alternative to mitigate water scarcity. In this scenario it is concluded that the "model" established annual distribution of precipitation will decisively contribute to the design and dimensioning the size of cistern on the part of government agencies, ONGs, trade unions and other interested segments.

Key - words: Climate. Rainfall. Semiarid. Cistern.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Princípio da captação de água de chuva.....	43
FIGURA 2 - Cisterna de placa circular e seus componentes essenciais	47
FIGURA 3 - Cacimba.....	50
FIGURA 4 - Tanque de pedra.....	51
FIGURA 5 - Tipo comum de barreiro encontrado no semiárido nordestino.....	52
FIGURA 6 - Corte transversal de uma barragem subterrânea.....	53
FIGURA 7 - Localização da área de estudo.....	58
FIGURA 8 – Localização das residências na microrregião do Alto Capibaribe, PE.....	69
FIGURA 9 - Número de pessoas/domicílio com as suas respectivas frequências relativas. Microrregião do Alto Capibaribe, PE.....	70
FIGURA 10 – Frequência relativa da renda mensal das famílias da microrregião do Alto Capibaribe, PE.....	71
FIGURA 11- Frequência relativa das principais atividades dos responsáveis pelo domicílio na microrregião do Alto Capibaribe, PE.....	71
FIGURA 12 – Origem da água consumida na microrregião do Alto Capibaribe, PE.....	72
FIGURA 13 - Frequência relativa dos principais tipos de reservatórios usados para armazenar a água da chuva na microrregião do Alto Capibaribe, PE	73
FIGURA 14 – Número de famílias com problemas com a falta d’água na microrregião do Alto Capibaribe, PE.....	73
FIGURA 15 – Recursos financeiros aplicados na construção da infraestrutura hídrica na microrregião do Alto Capibaribe, PE.....	74
FIGURA 16 – Considerações sobre a utilização de cisternas no semiárido.....	74
FIGURA 17 – Principais formas de tratamento na água para o consumo na microrregião do Alto Capibaribe, PE.....	75
FIGURA 18 - Médias e medianas por município da microrregião do Alto Capibaribe, PE....	76
FIGURA 19 – Desvios padrão e coeficientes de variação com relação à média na microrregião do Alto Capibaribe, PE.....	77
FIGURAS 20a - Médias mensais da média e do desvio padrão (DP) da chuva. Microrregião do Alto Capibaribe, PE.....	78
FIGURAS 20b – Valores mensais da média e da mediana da chuva na microrregião do Alto Capibaribe, PE.....	82

FIGURAS 20c – Frequências observadas e esperadas para os totais anuais de precipitação pluvial, ajustados a distribuição normal reduzida na microrregião do Alto Capibaribe, PE....	84
FIGURAS 20d – Totais anuais de precipitação pluvial para seis cenários pré-estabelecidos na microrregião do Alto Capibaribe, PE.....	87
FIGURAS 20e – Volume potencial de captação mediante os seis cenários pré-estabelecidos para a microrregião do Alto Capibaribe, PE.....	91
FIGURAS 20f – Áreas de captação necessárias para a microrregião do Alto Capibaribe, PE.....	96

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Resumo dos principais problemas ambientais dos municípios da microrregião do Alto Capibaribe, conforme ODM (2011)	59
TABELA 2 – Zonas de normalidade para a microrregião do Alto Capibaribe, PE.....	77
TABELA 3 – Estação chuvosa da microrregião do Alto Capibaribe, PE.....	81
TABELA 4 – Volume de água necessário para a microrregião do Alto Capibaribe, PE.....	90

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - Doenças causadas pelo uso de água não tratada.....	23
---	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA – Agência Nacional das Águas

ASA – Articulação do Semiárido

BNB – Banco do Nordeste do Brasil

CHESF – Companhia Hidrelétrica do São Francisco

DNOCS - Departamento Nacional de Obras Contra as Secas

DOLS – Distúrbios Ondulatórios de Leste

ENOS – El Niño Oscilação Sul

FEBRABAN – Federação Brasileira dos Bancos

IFOCS – Inspeção Federal de Obras Contra a Seca

IOCS – Inspeção de Obras Contra a Seca

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change

NEB – Nordeste Brasileiro

ODM – Objetivos de Desenvolvimento do Milênio

OEА – Organização dos Estados Americanos

ONU – Organização das Nações Unidas

P1+2 – Programa Uma Terra e Duas Águas

P1MC – Programa Um Milhão de Cisternas

PNRH – Plano Nacional dos Recursos Hídricos

SAB – Semiárido brasileiro

SINGREH – Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos

SSA – Sistema Superfície Atmosfera

SUDENE – Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste

VCANS – Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis

ZCIT – Zona de Convergência Intertropical

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	14
CAPÍTULO 1 – REVISÃO DA LITERATURA (PARTE I)	19
1 O Nordeste Semiárido.....	19
1.1 Distribuição e Gestão dos Recursos Hídricos.....	21
1.2 O Fenômeno das Secas.....	27
1.3 Principais Ações Governamentais para Mitigação da Seca no Nordeste.....	32
1.4 Os Principais Sistemas Atmosféricos Atuantes no Nordeste Brasileiro.....	36
CAPÍTULO 2 – REVISÃO DA LITERATURA (PARTE II)	42
2 Captação de Água de Chuva para o Semiárido Brasileiro (SAB).....	42
2.1 Técnicas de Captação de Água de Chuva.....	47
2.1.1 Principais Tecnologias Sociais de Captação de Água de Chuva.....	49
2.2 Qualidade de Água nos Reservatórios do Semiárido.....	54
2.3 Experiências de Captação de Água de Chuva no Brasil e no Mundo.....	55
CAPÍTULO 3 – METODOLOGIA	58
3 Delimitações da Área de Estudo.....	58
3.1 Aspectos Socioambientais.....	59
3.2 Aspectos Fisiográficos.....	60
3.3 Procedimentos Metodológicos.....	61
3.3.1 Tipo de Pesquisa.....	61
3.3.2 Universo e Amostra.....	61
3.3.3 Coleta de Dados.....	62
3.3.4 Dados de Precipitação.....	63
3.3.5 Determinação de Áreas de Captação de Água de Chuva.....	67
3.3.6 Estimativas dos Volumes de Captação da Água de Chuva.....	67
CAPÍTULO 4 – RESULTADOS E DISCUSSÕES	69
4 Perfil Socioeconômico e Hídrico da Microrregião do Alto Capibaribe, PE.....	69
4.1 Regime Pluvial da Microrregião do Alto Capibaribe, PE.....	75
4.2 Potencial de Captação de Água de Chuva da Microrregião do Alto Capibaribe, PE.....	90
CAPÍTULO 5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS	99
REFERÊNCIAS	102

INTRODUÇÃO

Devido ao elevado percentual de água existente no planeta criou-se a falsa ilusão de que água é um recurso infinito. O que existe, de fato, é muito pouca água doce para uma população que cresce dia-a-dia e, em alguns locais, de forma desordenada. Por isso, a baixa oferta de água potável ou, até mesmo, a escassez total em várias localidades já é uma realidade.

Com o aumento da população mundial, nas últimas décadas, houve um aumento no consumo de água, tanto para o uso direto quanto na indústria e na agricultura irrigada. Nos últimos 100 anos, o consumo de água doce triplicou e somente a irrigação utiliza cerca de 70% da água doce disponível (CORDEIRO, 2003). Assim, o crescimento populacional, aliado ao uso irracional da água, ao manejo inadequado, dentre outros contribui, de forma decisiva, para reduzir a oferta de água nos mananciais hídricos.

Aliado a estes fatores, preocupa-nos a afirmativa de que nos próximos 25 anos, 2,7 milhões de pessoas poderão viver em regiões de seca crônica e um terço dos países poderá ter seu desenvolvimento estagnado pela falta d'água segundo dados da ONU (BRASIL, 2005).

O Brasil, por exemplo, mesmo possuindo a maior disponibilidade hídrica do planeta, 13,8%, apresenta uma distribuição dos recursos hídricos bastante diferenciados, principalmente comparando-se a distribuição geográfica da população com os recursos hídricos disponíveis.

Segundo Brasil (2005), a região Norte possui 68,5% dos recursos hídricos e apenas 6,98% da população, o Centro Oeste respectivamente 15,7% e 6,41%, a região Sul, 6,5 e 15,5%, o Sudeste 6 e 42,65% e o Nordeste somente 3,3% dos recursos hídricos e 28,91% da população brasileira.

No entanto, associado a variabilidade na distribuição dos recursos hídricos, a poluição dos corpos hídricos, seja pelo lançamento dos esgotos domésticos e/ou industriais, contribui para que 70% dos rios brasileiros estejam poluídos e 40% das águas das torneiras sem potabilidade confiável, Malvezzi (2009), agravando o quadro de distribuição de água, também qualitativamente, quadro este, a causa principal em 70% das internações hospitalares no Brasil em virtude de doenças de veiculação hídrica.

O Nordeste seco, ou semiárido caracterizado pelo domínio das caatingas, é uma região pobre em volume de escoamento de água nos rios, em razão não somente da variabilidade temporal das precipitações, mas das características geológicas dominantes, onde predominam solos rasos e pedregosos e um subsolo formado em 70% por rochas cristalinas.

Para Abner et al. (citado por LIMA, LEMOS & OTONI, 2003) a condição de seca nesta região é cíclica e ocorre também durante a estação chuvosa (veranicos), e muitas das dificuldades enfrentadas pelas famílias são geradas pela falta de infraestrutura hídrica que possa nos períodos de chuva, servir para acumular e armazenar água a partir da utilização de diferentes tecnologias apropriadas às condições do semiárido.

O prolongamento dos períodos de estiagem nessas regiões, que já possuem um déficit hídrico, costuma causar graves problemas econômicos e sociais, porque segundo Souza (1979) o desenvolvimento de uma região também é determinado pela disponibilidade do volume de água e neste caso, a relativa escassez indica um baixo nível de desenvolvimento.

Neste sentido, considera-se necessário adaptar a economia local às condições naturais, não combatendo, mas convivendo com a seca. Para tanto, não há dúvida da importância de se estabelecer às épocas de maior precipitação, pois as estiagens geram problemas sociais e econômicos, dizimam as colheitas e animais, e esgotam as reservas de água superficial, Almeida e Pereira (2007).

Assim, a irregularidade mensal e anual das chuvas a cada ano, associado a uma política inadequada dos recursos hídricos, vem ao longo dos anos agravando cada vez mais o “drama” social da população, especialmente a rural, por não dispor de água potável para suprir as necessidades básicas (beber e cozinhar).

Além disto, observa-se que os sistemas de armazenamento de água popularizados no semiárido não possuem capacidade suficiente para acumular toda água de chuva captada nos telhados, provocando um desperdício significativo de água na região, haja vista a média de água de chuva ultrapassar a capacidade de armazenamento das cisternas em 53,92% conforme Cavalcanti & Brito (2009).

Assim, o dimensionamento das cisternas cuja maioria suporta 16 metros cúbicos, tem causado transtornos do ponto de vista hídrico, econômico e social. Hídrico porque em anos de chuvas regulares muitas famílias não conseguem aproveitar toda água das chuvas, tanto pela

dimensão da infraestrutura hídrica ou sua falta, como pela proporcionalidade dos telhados com vista ao consumo familiar.

Econômico, porque em períodos de estiagem necessitam de água para o consumo fornecido por carros-pipa, sendo obtido de forma monetária, o que nem sempre é possível para as famílias do semiárido. E social, porque a família não dispende de capital para adquirir água, necessita muitas vezes percorrer quilômetros para consegui-la e em geral não adequadas para o consumo humano.

Deste modo, o estabelecimento do regime pluvial passa a ser condição primordial para se estimar o potencial de captação de água de chuva num determinado local (ALMEIDA & OLIVEIRA; SILVA & ALMEIDA, 2009) para que se possam tomar as medidas necessárias para o gerenciamento dos sistemas de armazenamento e das atividades para o consumo humano visando diferentes cenários.

Neste contexto, o armazenamento de água superficial ainda é a principal fonte de reserva hídrica do semiárido nordestino e a precipitação pluvial a única fonte para o suprimento de água, mesmo sendo esta o elemento do clima de maior variabilidade espacial e temporal em qualquer região e, em especial, nesta.

O desgaste do nordestino pela busca da água potável tem sido apresentado como uma prática rotineira no semiárido, durante os longos períodos de estiagens. Ao cenário de escassez, associa-se também a intensificação da poluição dos corpos hídricos. Neste tocante, a oferta de água potável na microrregião do Alto Capibaribe, PE, não difere muito de outras localidades desta região.

Os altos custos para armazenar água superficial, a baixa disponibilidade de água subterrânea, os elevados custos operacionais e de manutenção de sistemas públicos de abastecimento de água tem na captação de água da chuva a única alternativa capaz de aumentar a oferta de água potável.

A experiência da captação e armazenamento de água da chuva em cisternas, em várias localidades do semiárido, tem mostrado que se trata de uma tecnologia de êxito, prática e econômica. Além disso, o aumento na oferta de água traz benefícios sociais e, em especial, melhoria na qualidade de vida e, conseqüentemente, tem elevado a autoestima da população a permanecer no semiárido.

Diante da incerteza dos valores prováveis de ocorrência dos totais mensais e anuais de chuvas na microrregião do Alto Capibaribe - PE houve a necessidade de um estudo estatístico da série pluvial, associando a diferentes níveis de probabilidade, a fim de estabelecer o regime pluvial e estimar o potencial de captação de água da chuva sendo esta determinação o objetivo principal deste trabalho. Tendo, ainda, os seguintes objetivos específicos:

- ✓ Estabelecer o perfil socioeconômico e hídrico dos que residem na microrregião do Alto Capibaribe - PE;
- ✓ Analisar estatisticamente os totais mensais e anuais da série pluvial da microrregião;
- ✓ Arranjar os dados de chuvas, utilizando-se a distribuição de frequência, e calcular as medidas de tendência central e de dispersão;
- ✓ Estabelecer estatisticamente o regime mensal e anual da precipitação, ajustando os totais anuais à distribuição normal reduzida;
- ✓ Estimar o potencial anual de captação de água da chuva, para seis diferentes cenários de ocorrências de precipitação, para a microrregião do Alto Capibaribe;
- ✓ Relacionar o volume potencial de captação de água da chuva com as necessidades de consumo.

A fim de caracterizar o objeto de estudo, buscou-se no primeiro capítulo uma apresentação sobre as características e peculiaridades do Nordeste Semiárido, colocando o leitor a par de uma série de conceitos fundamentais para o entendimento do fenômeno da seca e seus impactos ambientais, políticos e socioeconômicos.

A captação e o manejo de água da chuva, bem como as suas tecnologias principais e problemas relacionados à qualidade da água no semiárido compõem o segundo capítulo. Além de um breve relato das experiências de captação no Brasil e no Mundo.

A metodologia empregada no trabalho é descrita em detalhes no terceiro capítulo, sendo a microrregião do Alto Capibaribe, PE, escolhida para aplicação do método e validação dos resultados encontrados.

A descrição, interpretação e análise dos resultados foram feitas no quarto capítulo. Nele encontram-se os diagnósticos de cada município componente da microrregião e uma

avaliação geral. Além disto, são indicados os valores de precipitação prováveis e o potencial de captação de água de chuva, obtidos mediante a relação dos valores prováveis para diferentes cenários, suas áreas de captação e necessidade de consumo para diferentes estruturas familiares.

As conclusões e recomendações encontram-se no quinto capítulo.

CAPÍTULO 1

REVISÃO DA LITERATURA (PARTE I)

1. O Nordeste Semiárido

A expressão semiárida normalmente é usada para descrever o tipo de clima e as áreas onde ocorrem precipitações médias anuais entre 250 e 500 mm (CIRILO, 2008). A vegetação característica de regiões semiáridas é composta prioritariamente por plantas xerófilas e pouco densas no verão, como por exemplo, as estepes e a caatinga, vegetação esta presente apenas no Nordeste do Brasil.

Do ponto de vista climático, Sabino (2002) caracteriza o semiárido, por precipitações pluviiais anuais iguais ou inferiores a 800 mm, com um regime de chuvas marcado pela escassez, irregularidade e pelo domínio do ecossistema caatinga.

O Nordeste brasileiro (NEB) equivale a aproximadamente 20% do território nacional e abrange nove estados (Maranhão, Piauí, Rio Grande do Norte, Ceará, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Bahia), onde vivem quase 25 milhões de pessoas, das quais 10,8 milhões continuam a lutar contra a marginalização econômica e a exclusão social, (LIMA, LEMOS & OTONI, 2003) agravada pela ocorrência de secas periódicas.

No semiárido brasileiro (SAB) é comum a ocorrência de períodos secos durante a estação chuvosa (veranicos), os quais dependendo da intensidade e da duração provocam fortes danos às culturas. No entanto, esta região apresenta além desta característica, um déficit hídrico em pelo menos 70% do ano e mesmo assim, sendo a seca uma situação crônica e contínua, a população ainda não conseguiu se adaptar ao fenômeno (MARENGO et al., 2011).

De acordo com Ab'Saber (2003), o Nordeste seco é uma província fitogeográfica das caatingas, onde predomina temperaturas elevadas, baixos níveis de umidade, distribuição irregular de chuvas, prolongados períodos de carência hídrica, solos rasos e a existência de uma densa rede de rios temporários.

Com base nos critérios de precipitação, índice de aridez e riscos de seca, o Ministério da Integração Nacional acrescentou aos 1.031 municípios incorporados aos limites até então vigentes para o semiárido, outros 102 novos municípios, perfazendo 1.133 (SANTANA, 2007). Com esse novo critério, esta área passou de 892.309,4 km² para 969.589,4 km², ou

seja, 67% da região Nordeste, que inclui oito Estados da região Nordeste (exceto Maranhão) e o norte setentrional de Minas Gerais.

O SAB é uma região pobre em volume de escoamento de água nos rios. Essa situação pode ser explicada não somente em razão da variabilidade temporal das precipitações, mas das características geológicas dominantes, onde há predominância de solos rasos e pedregosos e o subsolo formado por 70% de rochas cristalinas.

Segundo Abner et al. (apud LIMA, LEMOS & OTONI, 2003) característica marcante no semiárido é sua condição climática, com períodos bem distintos caracterizados por uma insolação intensa com alta taxa de evaporação e pelo período bem curto de pluviometria irregular contando com uma base hidrogeológica de origem cristalina que não favorece a infiltração, mas sim o escoamento superficial.

Assim, como existe um consenso que muitas das dificuldades enfrentadas pelas famílias são geradas pela falta de infraestrutura hídrica que possa nos períodos de chuva, servir para acumular e armazenar água a partir da utilização de diferentes tecnologias apropriadas às condições do semiárido e sabendo que o semiárido brasileiro possui um complexo solo – água – temperatura em combinação ideal comparado a outras regiões semiáridas do mundo segundo Zalmam Gordin (SOUZA, 1979) isto indica que sendo o subsolo essencialmente cristalino adotar tecnologias de reservatórios de superfície como a barragem, o barreiro, a represa ou o açude são estratégias relevantes no combate a seca.

Andrighetti (1998) ao comparar o regime pluvial do Nordeste a outras regiões do mundo tais como Argélia, Marrocos e Israel, mostra que nelas chove menos que no Nordeste e, no entanto, possuem culturas irrigadas de alta produtividade. Isso mostra, entretanto, que a questão não está diretamente relacionada aos fenômenos naturais, mas sim, às condições econômicas e políticas de interesse do Estado.

Entretanto, Souza (1979) analisa que o desenvolvimento de uma região também é determinado pela disponibilidade do volume de água, e neste caso, a região Nordeste caracteriza-se pela relativa escassez de recursos hídricos, em virtude, da irregular distribuição das chuvas no tempo e no espaço e das características de seu subsolo, indicando um baixo nível de desenvolvimento.

Diante deste cenário, para Celso Furtado (apud ANGRIGHETTI, 1998) o fundamental na região Nordeste é adaptar a economia local às condições naturais, não combater, mas

conviver com a seca. Portanto não há dúvida da importância de se estabelecer às épocas de maior precipitação, pois as estiagens geram problemas sociais e econômicos, dizem as colheitas e animais, e esgotam as reservas de água superficial (ALMEIDA & PEREIRA, 2007).

Diante do exposto, no SAB além da sazonalidade e variabilidade climática interanual é o tipo de solo (raso), que impõe que a disponibilidade hídrica em grande escala seja superficial, sendo necessária a construção de reservatórios superficiais, constituindo-se esta uma característica marcante dos recursos hídricos do semiárido (SOUZA FILHO, 2011).

1.1 Distribuição e Gestão dos Recursos Hídricos

O planeta Terra, muitas vezes caracterizado como planeta Água, possui dois terços da superfície coberto por água. Todavia, 97,6% desta é salgada, ou seja, imprópria para o consumo humano, e 2,4% doce. Da água doce existente, cerca de 68,9% encontram-se nas geleiras, 29,9% são águas subterrâneas, 0,9% compõe a umidade do solo e apenas 0,3% constitui a porção superficial da água doce presente em rios e lagos Brasil (2005), volume este além de diminuto, distribuído de forma desigual nas diversas partes do planeta.

Quanto à disponibilidade d'água, considera-se um suprimento anual de água de um a dois mil m³ por pessoa como sendo baixo (CORDEIRO, 2003). No entanto, a Organização das Nações Unidas - ONU (1997), considera regular esta mesma disponibilidade, caracterizando um estresse de água quando inferior a mil m³ por habitante/ano.

Mas segundo a ONU (1997), como 20% da população mundial não terá acesso à água potável em 2025, e dois terços da humanidade poderão ter problemas de abastecimento, Press (2006) entende que a população mundial utilizando-se essencialmente de água doce para os diversos usos, deve conhecer primeiramente o ciclo hidrológico global que controla a oferta de água, para entender a hidrologia local.

Diante disso, Mendonça & Danni-Oliveira (2007) e Varejão Silva (2005) explicam que a água está presente na troposfera através das fases do ciclo hidrológico entre as esferas do Sistema Superfície - Atmosfera (SSA) e explicam-na como uma sequência fechada de fenômenos naturais que pode ser dividido em duas partes, o ramo aéreo e o terrestre.

No ramo aéreo, considera-se que o ciclo se inicia quando a água é cedida a atmosfera, no estado de vapor, encerrando-se quando devolvida a superfície terrestre no estado líquido

ou sólido. Já no ramo terrestre, a atmosfera fornece constantemente água para a superfície, tanto no estado líquido ou sólido, quanto da condensação do vapor d'água, vapor esse que é transportado pelas correntes aéreas e ao encontrar condições favoráveis volta ao estado sólido ou líquido em algum ponto da superfície.

A água é vital para toda vida no planeta, tanto os seres humanos quanto as plantas e animais necessitam deste líquido para sobreviver. No entanto, sabe-se que o consumo de água tem aumentado significativamente e que a média mundial de água doce utilizada destina-se, 70% para a agricultura, 20% para a indústria e apenas 10% para o consumo humano (BRITO, SILVA & PORTO, 2007).

Deste modo, Castro & Scariot (2009) consideram que o acesso a água é um dos fatores limitantes para o desenvolvimento socioeconômico de muitas regiões e sua ausência e contaminação leva a redução dos espaços de vida tendo impactos diretos nos meios de vida da população.

Diante deste contexto, Campos (2011) considera que o aproveitamento múltiplo das águas deve ser avaliado em duas dimensões: na quantitativa e na qualitativa, pois se percebe a necessidade e importância de uma visão conjunta e integrada destes aspectos, também considerados princípios da gestão dos recursos hídricos.

Malvezzi (2009) expõe que o descarte de águas residuais e a falta de saneamento colaboram para contaminação dos mananciais, e afirma que 1,2 bilhões de pessoas não têm acesso a água potável e 2,4 bilhões não tem acesso ao saneamento básico, revelando uma crise de quantidade e de qualidade da água, não por razões naturais, mas pelo uso irresponsável da população.

O Brasil é um dos países do mundo com a melhor situação hídrica, quando comparada com a dos outros países, onde se encontra 13,8% de toda a água doce do mundo. Mesmo assim, a água está distribuída de forma desigual entre as regiões, tendo a região Norte cerca de 70% deste total, sendo a menos povoada, o Centro-Oeste (16%), o Sul e Sudeste (6%) e o Nordeste apenas 3%, onde vivem 28% da população (BRASIL, 2005).

Nas regiões Sul e Sudeste, onde vivem aproximadamente 60% da população, aliado ao aumento populacional, da poluição e da agricultura, a falsa idéia de que a água é um recurso infinito, tem provocado também o aumento da escassez da água de qualidade, Castro & Scariot (2009).

Neste contexto, a crise de água tem que ser focada no seu gerenciamento e uso, haja vista que o Brasil tem o maior volume de água doce do planeta (13,8%), mas 70% de seus rios são poluídos e 40% das águas das torneiras não tem potabilidade confiável Malvezzi (2009).

Santos (2005) estabelece que no Brasil o setor de saneamento básico é o maior responsável pela poluição generalizada de rios, lagos, represas, estuários, praias e lençóis subterrâneos, dado a inexistência no tratamento de esgotos ou a sua ineficiência. Isto porque mais de 90% dos esgotos domésticos e cerca de 70% dos efluentes industriais são lançados diretamente nos corpos d'água sem nenhum tipo de tratamento Brasil (2005).

Segundo Sickermann (2005) além da falta de acesso à água potável, no Brasil 70% das internações hospitalares são decorrentes de doenças de veiculação hídrica. Diante deste cenário, Brito et al. (2007) apresenta as principais doenças, os agentes causadores e as formas de contágio causados pela falta de tratamento da água no Quadro 1.

Quadro 1. Doenças causadas pelo uso de água não tratada.

Doenças	Agente causador	Forma de contágio
Amebíase ou disenteria amebiana	Protozoário <i>Entamoeba histolytica</i>	Ingestão de água ou alimentos contaminados por cistos
Ascariíase ou lombriga	Nematóide <i>Ascaris lumbricoides</i>	Ingestão de água ou alimentos contaminados por ovos
Ancilostomose	Ovo de <i>Necator americanus</i> e do <i>Ancylostoma duodenale</i>	A larva penetra na pele (pés descalços) ou ovos pelas mãos sujas em contato com a boca
Cólera	Bactéria <i>Vibrio cholerae</i>	Ingestão de água contaminada
Disenteria bacilar	Bactéria <i>Shigella sp</i>	Ingestão de água, leite e alimentos contaminados
Esquistossomose	Asquelminto <i>Schistosoma mansoni</i>	Ingestão de água contaminada, através da pele
Febre amarela	Vírus <i>Flavivirus sp</i>	Picada do mosquito <i>Aedes aegypti</i>
Febre paratifóide	Bactérias <i>Salmonella paratyphi</i> , <i>S. schottmuelleri</i> e <i>S. hirshjedi</i>	Ingestão de água e alimentos contaminados, e moscas também podem transmitir
Febre tifóide	Bactéria <i>Salmonella typhi</i>	Ingestão de água e alimentos contaminados
Hepatite A	Vírus da Hepatite A	Ingestão de alimentos contaminados, contato fecal-oral
Malária	Protozoário <i>Plasmodium SSP</i>	Picada da fêmea do mosquito <i>Anopheles SP</i>
Peste bubônica	Bactéria <i>Yersinia pestis</i>	Picada de pulgas
Poliomielite	Vírus <i>Enterovirus</i>	Contato fecal-oral, falta de higiene
Salmonelose	Bactéria <i>Salmonella SP</i>	Animais domésticos ou silvestres infectados
Teníase ou solitária	Platelminto <i>Taenia solium</i> e <i>Taenia saginata</i>	Ingestão de carne de porco e gado infectados

Fonte: www.ambientebrasil.com.br

Assim, de acordo com Shaw (2004, p.62):

“Of much greater importance in assessing quality for domestic supplies, is the content of micro-organisms in the water because many harmful diseases are transmitted by water-borne organisms either within parasitic carriers.”¹

O NEB, sendo a segunda região mais populosa do país, embora seja a que detenha o menor percentual de recursos hídricos tanto superficiais quanto subterrâneo, é a que enfrenta historicamente escassez de água.

Nesta região, o problema que ocorre com frequência é a concentração de água nas mãos de particulares. Pois, como afirma Minc (1997) a elite nordestina usa a seca como estratégia de atração de recursos, a chamada “indústria da seca”. Assim, a escassez de água parece ser muito mais política econômica do que necessariamente climática.

Neste ponto de vista, a carência de água potável é um dos principais fatores que afetam a sobrevivência e melhoria na qualidade de vida das populações rurais do semiárido nordestino. Sendo que, o maior problema de água nesta região não é somente o da escassez, mas a má qualidade da água disponível (AMORIM & PORTO, 2001).

Destaca-se, neste cenário, que a qualidade da água é mais relevante que a quantidade, porque, sendo um solvente universal pode transportar microorganismos nocivos a saúde humana. Desta forma, Amorim & Porto (2003) orienta que para manter a qualidade da água adequada ao consumo é necessário adotar medidas que evite as contaminações, tais como: filtrar e adicionar cloro.

Brito et al. (2007) citam algumas situações em que não se consegue ter a garantia de água às famílias, que são as águas provenientes de açudes ou de rios e as transportadas em carros-pipa. Contudo, mostra que tanto águas transportadas por carros-pipa quanto as águas captadas nos telhados devem ser tratadas, e isto pode ser feito conjuntamente com os agentes de saúde atuantes nas comunidades.

¹ “Evidencia-se, a relevância na avaliação da qualidade da água em detrimento da quantidade para o abastecimento de uso doméstico haja vista, a existência de micro-organismos e parasitas transmissores de doenças nocivas aos seres humanos” (Tradução nossa).

Com referência ao tratamento de água adotado pelas companhias de abastecimento, observam-se de uma forma geral os seguintes procedimentos: floculação, filtração, desinfecção e fluoretação, conforme estabelece o Ministério da Saúde, através da Portaria nº 1.490/00 sobre o controle e a vigilância da qualidade da água a fim de se obter o padrão de potabilidade adequado (BRASIL, 2009).

Para mais, a referida portaria, garante ainda que:

- ✓ Toda água destinada ao consumo humano deve obedecer ao padrão de potabilidade e está sujeita à vigilância da qualidade;
- ✓ Considera água potável para consumo humano, aquela cujos parâmetros microbiológicos, físicos, químicos e radioativos atendam ao padrão de potabilidade e que não ofereça riscos à saúde;
- ✓ Estabelece que toda água fornecida coletivamente deva ser submetida ao processo de desinfecção;
- ✓ Inclui que a água suprida por manancial superficial e distribuída por canalização deve ser tratada por filtração;
- ✓ E dá relevância ao fornecimento de água por meio dos veículos citando que os responsáveis devem garantir uso exclusivo para este fim, manterem registro sobre o fornecedor, fonte e análises de controle assim como, inserir **ÁGUA POTÁVEL** na carroceria.

A água é necessária em todos os aspectos da vida e, por isso, deve ser assegurada uma oferta de água doce de boa qualidade para todos preservando, ao mesmo tempo, as funções hidrológica, biológica e química dos ecossistemas. Assim, por ser um recurso vital e de usos múltiplos, deve ser gerida de modo eficaz e de forma integrada Brasil (2005).

Baseado no Artigo 225, cap. IV da Constituição Federal de 1988 (BRASIL, 2006):

Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à uma boa qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.

A fim de corroborar, a Lei Federal 9.433/97, conhecida como Lei das Águas, para a Política Nacional dos Recursos Hídricos (PNRH), destaca dentre seus objetivos:

A garantia da disponibilidade de água para as gerações atuais e futuras, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos; a

utilização racional e integrada com vistas ao desenvolvimento sustentável, à prevenção e à defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural (cheias e secas) ou decorrentes do uso inadequado dos recursos hídricos, bem como, associar aspectos de quantidade e de qualidade (BRASIL, 2005).

Diante deste quadro, entende-se o direito da população ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, por outro lado, diante do intenso desenvolvimento econômico, observa-se um sobreuso especificamente dos recursos hídricos por esta mesma população, haja vista o crescimento da região e os diversos usos.

Neste sentido, Barbieri (2007) comenta que o meio ambiente e o desenvolvimento são inseparáveis, já que as suas ações não podem ser desvinculadas das ambições e necessidades humanas. Contudo, segundo esse mesmo autor, a Agenda 21, descreve que as terras semiáridas, desérticas, ilhotas, áreas costeiras, dentre outras, são consideradas ecossistemas frágeis.

Diante destes, surge à necessidade de um plano de gestão dos recursos hídricos, cujas propostas se baseiam na Agenda 21, e contemplam os seguintes aspectos:

- ✓ O desenvolvimento e manejo integrado dos recursos hídricos;
- ✓ A avaliação dos recursos hídricos, da qualidade da água e dos ecossistemas aquáticos;
- ✓ O abastecimento de água potável e o saneamento;
- ✓ Água e o desenvolvimento urbano sustentável;
- ✓ Água para a produção sustentável de alimentos e desenvolvimento rural sustentável;
- ✓ Os impactos da mudança do clima sobre os recursos hídricos.

Ainda visando gerenciar melhor os recursos hídricos, o Ministério do Meio Ambiente, no documento *Água, Meio Ambiente e Vida* (BRITO, SILVA & PORTO, 2007) apresentam sugestões sobre economia de água, podendo adotá-las no seu dia-a-dia, principalmente no meio urbano, tais como:

- ✓ Manter as torneiras fechadas, porque com pingamento perde cerca de 45 litros/dia;
- ✓ Escovar os dentes abrindo e fechando a torneira economiza 23 litros;

- ✓ Lavar carros usando baldes e esponja;
- ✓ Passar no máximo 10 minutos no banho;
- ✓ Evitar descargas desnecessárias;
- ✓ Reuso da água de lavagem de verduras e outras.

De conformidade com esses mesmos autores, deve-se estar sempre atentos ao consumo de água a fim de evitar o desperdício. Não esquecendo que a compatibilidade entre a oferta e a demanda de água, deve seguir algumas estratégias para a preservação, tais como:

- ✓ A proteção dos ecossistemas;
- ✓ O manejo adequado do solo;
- ✓ A recuperação de áreas degradadas;
- ✓ A proteção das nascentes e dos aquíferos;
- ✓ A educação ambiental.

Neste sentido, vale enfatizar a necessidade de um uso mais eficiente deste recurso (hídrico) que nas atuais condições é considerado finito e não só saber onde encontrá-lo, mas conhecer como seus estoques se renovam a fim de usar e dispor da água de modo a não comprometer o abastecimento futuro (PRESS, 2006).

Para isso, a Lei Federal 9.433/97 do Plano Nacional de Recursos Hídricos, enfatiza a necessidade da captação das águas de chuva como uma das alternativas para amenizar os efeitos da irregularidade das mesmas, em especial em áreas com recursos hídricos limitados (BRASIL, 2005).

1.2 O Fenômeno das Secas

O fenômeno climático seca tem como principal espaço de ocorrência as regiões áridas e semiáridas do planeta, caracterizando-se pelo prolongamento dos períodos de estiagem nessas regiões, que já possuem um déficit hídrico, causando graves problemas econômicos e sociais.

Segundo o relatório do *Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC (2007)* secas mais longas e mais intensas tem sido observadas em áreas cada vez maiores desde 1970,

principalmente nas regiões tropicais e subtropicais, devido ao aumento da temperatura e diminuição da precipitação, observando-se um aumento do clima seco, mudanças na TSM (Temperatura da Superfície do Mar), nos padrões dos ventos, e da queda de neve e sua cobertura.

Por esta configuração, segundo dados da ONU, nos próximos 25 anos, 2,7 milhões de pessoas poderão viver em regiões de seca crônica e um terço dos países poderá ter seu desenvolvimento estagnado pela falta d'água, Malvezzi (2009).

Atribui-se a falta de chuva, ausência dela ou carência ao fenômeno denominado seca. Para Palmer (1965), a seca é a falta de chuva ou o período no qual a ausência dela acarreta problemas sociais.

A seca é um fenômeno reconhecido por diferentes percepções e setores da sociedade, já que para ela não existe uma definição universal. Segundo Wilhite & Smith (2005) o fenômeno da seca é um fenômeno natural que resulta de uma deficiência da precipitação a partir do normal esperado ou que se estende ao longo de um período, sendo insuficiente para satisfazer as demandas das atividades humanas e do meio ambiente.

Shaw (2004, p.238) também afirma que “the drought is usually considered to be a period in which the rainfall consistently falls short of the climatically expected amount, such that the natural vegetation does not flourish and agricultural crops fail”².

Neste sentido, a seca pode ser considerada um desastre, porque apresenta impacto sobre a população e o meio ambiente. Sob este ponto de vista, a seca é originária de uma deficiência de precipitação (seca meteorológica), porém sua influência interfere diferentemente os vários setores da sociedade, e por isso Wilhite & Smith (2005) consideram que a seca além de meteorológica, pode ser agrícola, hidrológica e socioeconômica.

Neste propósito, considera-se seca agrícola aquela cuja disponibilidade de água no solo é insuficiente para suportar o crescimento de culturas e de forragem durante certo período de tempo (WILHITE & SMITH, 2005; WMO, 1975).

Seca hidrológica é uma redução e/ou esgotamento no volume de água disponível, incluindo lençol freático, reservatórios e rios.

² “Isto é, a seca é geralmente considerada como um período em que a chuva sempre fica abaixo do valor climaticamente esperado, de tal forma que uma vegetação natural não floresce e culturas agrícolas falham” (Tradução nossa).

Seca socioeconômica associa a atividade humana com elementos meteorológicos, em que desta podem resultar fatores que afetam a oferta ou a procura de algum bem ou mercadoria econômica que é dependente de precipitação, afetando de forma monetária.

Corroborando, para a SEPLAN (1993) a seca é caracterizada, pela ausência, escassez, frequência reduzida, quantidade limitada e má distribuição das precipitações durante as estações chuvosas.

Já de acordo com Press (2006), as secas são caracterizadas por períodos de meses ou anos em que a precipitação é muito mais baixa que o normal, podendo ocorrer em todos os climas. Neste fenômeno como a reposição da água pela precipitação não ocorre, os rios diminuem seu volume ou secam, o solo resseca e a vegetação morre.

Assim como, para Magalhães & Glantz (1992) citado por Moura et al. (2007) uma condição de seca é aquela quando os totais anuais de chuvas não atingem 50% das normais climatológicas. Contudo, esclarecem que mesmo em anos com os totais pluviais próximos à média histórica, a distribuição de chuvas pode afetar os recursos hídricos, a agricultura e a pecuária de forma substancial.

Moura et al. (2007) estabelecem que a variabilidade e os baixos valores totais anuais da precipitação é um dos principais fatores para a ocorrência dos eventos de secas, neste sentido caracterizados por acentuada redução do total pluvial sazonal durante o período chuvoso, influenciados também pelos padrões de TSM que afetam a posição e a intensidade da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT).

No Brasil, em 1951, foi delimitado o Polígono das Secas, área com quase um milhão de quilômetros quadrados atingida pela estiagem, onde se encontra além do semiárido nordestino, porções do agreste e norte de Minas Gerais, daí ser considerada esta região como semiárida brasileira.

No entanto, sabe-se que no semiárido a incidência de secas tem sido mais frequente devido às mudanças climáticas ocorridas nas últimas décadas, caracterizando a região por sérios problemas sociais e econômicos que se agravam quando de sua ocorrência (SABINO, 2002).

A região semiárida brasileira apresenta precipitações anuais iguais ou inferiores a 800 mm, e áreas mais secas com uma média de 400 mm/ano. Neste contexto, a seca, é um

fenômeno climático anormal que implica uma redução considerável dos valores médios de chuva e que acarreta a falência de safras agrícolas e traz sérios prejuízos à pecuária.

Sendo assim, Sabino (2002) explica que a seca é um fenômeno natural, previsível, recorrente, de diferentes intensidades e que tem marcantes repercussões socioeconômicas em sua principal área de ocorrência, o semiárido brasileiro.

Associado ao conceito de seca, Sabino (2002) considera relevante destacar a questão da vulnerabilidade para o semiárido, visto que esta região convive com extremos climáticos e o impacto destas variações difere de acordo com as características social, econômica e ambiental da região.

No caso da região Nordeste o alto grau de vulnerabilidade é definido pelo baixo nível de desenvolvimento econômico, baixa renda per capita, distribuição de renda desigual e a fragilidade do ambiente.

Assim, as ações para mitigar as conseqüências da seca não podem ser emergenciais. Quando se pensa em conviver com o semiárido, significa que é preciso estar preparado para os longos períodos de seca e para os períodos de chuvas concentradas (BRASIL, 2005), ou seja, desenvolver estratégias mais permanentes de combate aos efeitos das secas, a partir de uma integração de ações governamentais.

Para URBANO & DUQUE (2007), o grande problema do semiárido, ou aquele que chama mais atenção é sem dúvida a falta de água. Não é que não chova, chove em média de 500 a 900 mm por ano, mas estas chuvas são irregulares, concentrando-se durante poucos meses.

De acordo, Silva et al. (1984) afirmam que o período chuvoso no semiárido apresenta chuvas torrenciais, provocando um intenso escoamento superficial e o desperdício de mais de 36 bilhões de m³ de água.

Shaw (2004) também reconhece que:

“The rainfall input is irregularly distributed both over the catchment area and in time and in regions of low rainfall totals, the occurrence is

variable but the infrequent rainfall events tend to be of higher intensity (p.39)³

Por isso, Campos (2011) considera que as precipitações pluviais podem ser consideradas a fonte primária para a formação do potencial hídrico de uma região, sendo o volume médio anual de chuva o máximo possível de água disponível para utilização difusa, influenciado, todavia pelas adversidades climáticas que limitam muito a eficiência do sistema hídrico.

Reconhecendo, Shaw (2004, p.482) afirma que “the average annual rainfall and its average seasonal distribution are first indicators of possible water availability”⁴.

Feitosa & Feitosa (2011) colaborando, consideram que no semiárido, a utilização de água subterrânea também ocorre, devido à baixa disponibilidade superficial e sua irregular distribuição pluvial, mas este uso é limitado pela qualidade da água das rochas cristalinas, com um percentual de 20 a 30% apenas de água doce.

Isto porque, como no subsolo praticamente não existe porosidade, a água se acumula nos espaços vazios gerados por quebramentos ou discontinuidades, formando reservatórios descontínuos e irregulares, que apresentam de baixo a alto potencial em função de suas dimensões e de uma salinidade elevada, Feitosa & Feitosa (2011).

Assim, tem-se que a precipitação pluvial além de ser a única fonte hídrica e o elemento de maior variabilidade, não há como propor alternativas para combater a escassez de água se não efetivar um estudo estatístico da série pluvial disponível.

Para tanto, o meteorologista Serra (citado por Nimer, 1979), considera que como não há periodicidade na escassez de chuva, a previsão de tais fenômenos torna-se necessária, pois além da importância para a economia do Nordeste, assegura prognósticos para outras regiões do país.

³ “Ou seja, a entrada da precipitação pluvial é distribuída irregularmente tanto no tempo quanto no espaço, e em regiões de baixa precipitação, sua ocorrência é variável, mas os poucos eventos são acompanhados por grande intensidade”. (Tradução nossa)

⁴ “Isto é, a precipitação média anual e sua distribuição média sazonal são os primeiros indicadores de possível disponibilidade de água” (Tradução nossa).

Sabendo que o acesso a água é um direito humano fundamental previsto na legislação brasileira e que o Brasil possui uma distribuição diferenciada dos recursos hídricos, a região semiárida requer uma maneira diferenciada de relacionamento com esse recurso baseado na seguinte proposta (BRASIL, 2005, p.16).

Implementação de estratégias de convivência com o semiárido, baseadas principalmente, em tecnologias poupadoras de água, envolvendo: coleta, armazenamento e manejo de água de chuva, construção e manutenção de pequenos barramentos, implantação de barragens subterrâneas entre outras.

Deste modo, a fim de mostrar que no Nordeste semiárido as precipitações suportam os períodos de estiagem, Andrighetti (1998) apresenta que em 20% do território sertanejo as precipitações não ultrapassam 250 milímetros anuais, e ainda assim, está bem acima dos verificados em certas partes do mundo.

Na Argélia e no Marrocos, por exemplo, desenvolvem-se cultivos em áreas que recebem menos de 100 milímetros de chuva por ano. Resta-nos compreender a influência do poder político nesta situação e procurar outros meios para viabilizar a proposta de mitigar os efeitos da seca.

Urbano & Duque (2007), afirmam, ser uma medida viável, aplicar técnicas de captação de água de chuva para o consumo e alimentação humana e para o desenvolvimento da agricultura familiar.

Neste sentido, para que danos socioeconômicos e ambientais sejam amenizados quando da ocorrência de qualquer evento de seca, é primordial dar maior ênfase nas formas de mitigação, previsão e alerta sobre ela, exigindo a cooperação da sociedade e da política em todos os níveis (WILHITE & SMITH, 2005).

Porque uma das principais preocupações sobre a mudança climática é uma possível alteração do ciclo hidrológico, incluindo o aumento da frequência ou magnitude das secas (POLSKY & CASH, 2005).

1.3 Principais Ações Governamentais para Mitigação da Seca no Nordeste

Desde o século XVI, fase do Brasil Império, os colonizadores portugueses deram-se conta da problemática da seca no Nordeste. No século XIX, o imperador Dom Pedro II (1825-1891), a fim de dar prosseguimento à exploração comercial entre o litoral e o interior envia

camelos para acompanhar as atividades, haja vista a grande seca ter causado a morte em massa de bois e burros nesta região.

No entanto, em 1877 já não havia mais camelos para o trabalho e a seca já havia dizimado cerca de 500 mil pessoas. O imperador horrorizado prometeu vender até a última jóia da coroa para eliminar o flagelo, mas não vendeu e a seca prosseguiu expulsando da região milhares de camponeses, (ARBEX JÚNIOR & OLIC, 1999).

Desde então, vários órgãos foram criados para combater os efeitos da seca. A partir da proclamação da república, já em 1909 foi criada a Inspetoria de Obras Contra a Seca (IOCS), transformada em 1919 em Inspetoria Federal de Obras Contra a Seca (IFOCS), a qual em 1945 originou o Departamento Nacional de Obras Contra a Seca (DNOCS).

Estes órgãos procuraram estabelecer uma política de armazenamento de água para suprir a população e a agricultura nos momentos de escassez. No entanto, a política governamental não estava voltada para o atendimento do trabalhador rural, mas sim para os interesses da oligarquia latifundiária local, (ANDRIGHETTI, 1998). A referida autora mostra que: “como saldo de seu trabalho, o DNOCS, desde sua criação até o ano de 1993, perfurou 25 mil poços, destes, 18 mil se destinaram a fornecer água a propriedades privadas” (p. 23).

Campos (2011) explica que a discussão do DNOCS girava em torno da melhor solução para o Nordeste, que era ou a açudagem ou a transferência de águas do rio São Francisco, considerando nesta época a açudagem e a perfuração de poços a melhor alternativa, sendo somente no século XXI iniciadas as obras de transposição.

Todavia, em meados de 1950 e 1960, Campos (2011) visualiza uma mudança na visão sobre as políticas para o Nordeste quanto aos aspectos institucionais, devido a criação da Companhia Hidrelétrica do São Francisco (CHESF), responsável pela eletrificação do Nordeste, do Banco do Nordeste do Brasil (BNB), responsável por financiar projetos com vistas ao desenvolvimento e da Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) em 1958 criando medidas para amenizar o sofrimento da população através das técnicas de captação e armazenamento de água.

De acordo com Sabino (2002) a SUDENE adotou nos primeiros dois anos do período de seca (1979/1983) a chamada frente de serviços, caracterizada pela ocupação do trabalhador na execução de obras e serviços em propriedades rurais. Mas, devido à insatisfação da população com o benefício aos particulares, o programa foi alterado para as frentes de

emergência, onde foram realizadas obras de caráter duradouro em áreas públicas ou comunitárias, a exemplo da construção de médios e grandes açudes.

A questão dos serviços em propriedades rurais foi um dos principais problemas na questão da açudagem segundo a Organização dos Estados Americanos (OEA), Souza (1979), porque os açudes foram construídos com o objetivo de oferecer água para a irrigação, o que beneficiava os grandes proprietários de terras, em detrimento do interesse social.

Silva (2006 apud SILVEIRA, 2009) apresenta ainda que foram construídas neste âmbito três propostas de desenvolvimento para o semiárido:

- ✓ Combater a seca e seus efeitos;
- ✓ Desenvolver a região;
- ✓ E conviver com o semiárido.

Para tanto, visavam acabar com a seca através das obras de açudagem e irrigação, mudar a concepção sobre o combate a seca com a criação de órgãos específicos e apresentar uma proposta de desenvolvimento sustentável entendendo que para haver convivência é preciso conhecer o meio ambiente e as formas adequadas de captação e armazenamento de água.

Diante deste cenário, em 1997, a Lei Federal 9.433/97, conhecida como Lei das Águas estabeleceu a política e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH), fundamentados nas seguintes prioridades (BRASIL, 2005):

- ✓ O consumo humano e a dessedentação de animais;
- ✓ A água como recurso natural limitado e dotado de valor econômico;
- ✓ O uso múltiplo das águas;
- ✓ A bacia hidrográfica como unidade territorial para o gerenciamento das águas e atuação do SINGREH;
- ✓ A gestão descentralizada e participativa dos recursos hídricos.

Estas circunstâncias, visam portanto garantir água de qualidade para as presentes e futuras gerações, sua utilização racional e integrada ao desenvolvimento sustentável e prevenir ou defender a população contra eventos hidrológicos críticos (secas ou cheias) ou decorrentes do uso inadequado dos recursos hídricos.

Sendo assim, entende-se que a água reconhecida como direito humano obriga o estado a promover, proteger e prover a todos os seus cidadãos a quantidade necessária para sua segurança hídrica, Malvezzi (2009).

Neste sentido, a Articulação no Semiárido (ASA), principal movimento social que defende a viabilidade dos projetos de convivência com o seca proclama que a seca é um problema que tem solução, e os entraves ao desenvolvimento não são as condições climáticas, mas sim a estrutura social e econômica, e considera como causa da pobreza na zona rural o tipo de estrutura fundiária, a política hidráulica, a falta de assistência técnica e a ausência de uma política agrícola adaptada ao semiárido, Silveira (2009).

Contudo, Silveira (2009) apresenta que em 1999 foi proposto o Programa Um Milhão de Cisternas (P1MC), sendo iniciado apenas em 2001 após negociação com a Agência Nacional das Águas (ANA), ainda no governo de Fernando Henrique Cardoso.

O programa supracitado é desenvolvido prioritariamente para famílias chefiadas por mulheres que possuem idosos, pessoas com deficiência e crianças entre 0 e 6 anos na família frequentando a escola. Segundo a autora, a cisterna do P1MC garante água de qualidade para beber, cozinhar e escovar os dentes.

Corroborando, Beto (2009) explica que o P1MC baseia-se na concepção de autonomia do povo do semiárido quanto à convivência com o fenômeno “seca”, desde que a eles sejam garantidos meios e políticas pertinentes.

Reconhece ainda que um dos efeitos mais tangíveis com a construção das cisternas é favorecer mulheres e crianças que deixam de caminhar quilômetros para muitas vezes buscar água poluída, e colaborar para a melhoria da saúde daqueles cometidos por doenças de veiculação hídrica. Além de provocar a afirmação da cidadania e a erradicação da exclusão social, pois as cisternas são construídas com as pessoas, não para as pessoas.

Beto (2009) apresenta também que os principais benefícios com a construção das cisternas segundo a Federação Brasileira dos Bancos (FEBRABAN) são:

- ✓ Queda vertical dos casos de verminoses;
- ✓ Aproveitamento do tempo despendido na busca por água para outras atividades;
- ✓ Diminuição da dependência dos caminhões – pipa;

- ✓ Grupo auto – sustentado;
- ✓ Fixação da população na região.

Ainda neste âmbito, Silveira (2009) apresenta outro programa o, Uma Terra e Duas Águas (P1+2), o qual busca garantir uma terra para plantar e duas águas, uma para o consumo e outra para a produção de alimentos.

No entanto, este programa é direcionado às famílias que já dispõem de água para o abastecimento humano, contemplados no P1MC. Porque para a ASA, uma vez garantido o acesso a água para beber, torna-se urgente o desenvolvimento de ações para produção de alimentos e outros usos.

Com este cenário, vislumbra-se que as ações políticas no semiárido brasileiro foram durante um longo período e ainda o são conduzidas em função da ocorrência das secas.

Assim, Brito, Silva & Porto (2007) esclarecem que as diferentes ações estratégicas foram consolidadas enfatizando a necessidade de captação das águas de chuvas como uma das alternativas para amenizar os efeitos da seca.

1.4 Os Principais Sistemas Atmosféricos Atuantes no Nordeste Brasileiro (NEB)

O Nordeste brasileiro (NEB), localiza-se inteiramente na faixa tropical do Hemisfério Sul (HS), entre as latitudes de 1° e 18°S e longitudes de 35° a 47°W, possuindo uma área de 1.219.000 km², das quais 86,48% das suas terras são semiáridas.

A precipitação pluvial, nas faixas semiáridas, varia de no mínimo 300 a 400 mm e no máximo de 700 a 800 mm (SEPLAN, 1993). Por isso, para Almeida (2001), a chuva é, sem dúvida, o elemento de maior variabilidade mensal e intra-anual na maioria das regiões do mundo.

Ayoade (1991) também considera a distribuição da precipitação sobre a superfície terrestre muito mais complexa do que a da insolação ou da temperatura do ar, por estar associada à influência de outros fatores, tais como a topografia, à distância dos grandes corpos hídricos, as massas de ar predominantes, dentre outros.

Para tanto, o clima semiárido, nas áreas próximas as latitudes equatoriais, demonstra que as características climáticas prevalecem muito mais no regime pluvial, daí a importância de se estudar mais a pluviosidade, do que a temperatura (NIMER, 1979; ALMEIDA, 2008).

A fim de demonstrar a variabilidade das chuvas no semiárido brasileiro, (ALMEIDA & SILVA, 2004; ALMEIDA & PEREIRA, 2007) confirmam, por exemplo, que o modelo mensal e intra-anual de distribuição de chuvas no semiárido, é extremamente irregular tanto no tempo quanto no espaço geográfico, haja vista que na maioria dos anos, existe uma predominância de chover durante dois a três meses, com estiagem persistindo por até nove meses ou chover torrencialmente num local e quase nada na sua circunvizinhança.

No semiárido brasileiro (SAB), a precipitação pluvial além de ser distribuída de forma irregular, se restringe a períodos inferiores há quatro meses. Nesse sentido, a ocorrência ou não de chuvas pode estar associada a alguns mecanismos, sendo os principais: a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), o El Niño Oscilação Sul (ENOS) e/ou a La Niña, os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCANs) e os Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOLs).

A distribuição e a variabilidade das chuvas no Brasil estão associadas, portanto à atuação e a sazonalidade dos sistemas convectivos de macro e mesoescala. Varejão – Silva (2005) raciocina que para entender o comportamento da atmosfera e os sistemas atuantes, é necessária a assimilação da circulação geral da atmosfera, na qual estão associadas três células de circulação meridional em cada hemisfério.

Na faixa latitudinal, tem-se de 0 a 30° a célula de Hadley, de 30 a 60° a célula de Ferrel e de 60 a 90°, a célula Polar. De acordo com este modelo para a zona equatorial de baixa pressão entre 0 e 30°, ocorre a confluência dos ventos provenientes dos cinturões subtropicais de alta pressão, que impulsionados pela força do gradiente de pressão e defletidos por efeito da rotação da Terra (força de Coriolis), origina os ventos alísios de Nordeste no Hemisfério Norte e os alísios de Sudeste no Hemisfério Sul.

A faixa de encontro dos alísios de Nordeste com os de Sudeste, forma a ZCIT, coincidindo sua posição com a do equador térmico esta é caracterizada por uma marcante instabilidade atmosférica a qual favorece o desenvolvimento de intensas correntes ascendentes e a formação de grandes nuvens convectivas, geradoras de precipitação abundante, acompanhadas por fortes aguaceiros, relâmpagos e trovões, Varejão – Silva (2005).

A posição da ZCIT em torno de 5°N oscila muito com o tempo, por isso a precipitação vai sendo distribuída sobre uma faixa bastante considerável, podendo seu sistema nebuloso ser identificado através de imagens de satélites, Varejão – Silva (2005).

Melo, Cavalcanti & Souza (2009) consideram a ZCIT o sistema mais importante gerador de precipitação sobre a região equatorial do globo terrestre. No Atlântico Equatorial a ZCIT migra sazonalmente, durante agosto – setembro, posicionando-se mais ao norte e durante março – abril mais ao sul, determinando a qualidade da estação chuvosa no norte do Nordeste do Brasil, podendo provocar chuvas abundantes.

Assim, de acordo com Uvo & Nobre (1989) e Alves (1997), a ZCIT é o principal mecanismo causador de chuva nas regiões Norte e Nordeste, em especial, no Nordeste Setentrional, porque a estação chuvosa que ocorre de fevereiro a maio, coincide com a posição da mesma nessas regiões, em contrapartida, os anos mais secos no quadrante Norte do Nordeste coincidem com o retorno da ZCIT para a posição mais ao norte.

Deste modo, baseado no que afirma Carvalho & Oliveira (2006, apud SANTANA, 2007) as precipitações tropicais acontecem, em grande parte, como resultado da ação da ZCIT, todavia, esta apresenta outros fatores que influenciam sua posição latitudinal, dentre eles, o fenômeno El Niño Oscilação Sul (ENOS).

O El Niño, caracterizado pela inibição na formação de nuvens e redução na precipitação no NEB, é um fenômeno identificado pelas alterações dos padrões normais de TSM (aquecimento) e dos ventos alísios na região do Pacífico Equatorial.

Já sua fase oposta, a La Niña (episódio frio) é caracterizada por um esfriamento anormal das águas superficiais do Oceano Pacífico Equatorial, causando impactos sobre a precipitação do Nordeste, principalmente na quadra chuvosa.

Neste cenário, o El Niño e a La Niña são fases opostas de um mesmo fenômeno, a Oscilação Sul. Com seus impactos climáticos acontecendo em larga escala, dependendo da intensidade do fenômeno, provocando secas ou enchentes em algumas regiões, além do aumento da temperatura em outras. Quanto a sua duração, intensidade e evolução é variável, com uma média entre 3 a 7 anos, Varejão – Silva (2005).

Diante disto, há um consenso científico de que o El Niño possa ser considerado um dos principais responsáveis pelas oscilações do Tempo e do Clima, em especial, àquelas

relacionadas com secas e/ou enchentes em determinadas regiões do globo terrestre (ALMEIDA, 2002).

Contudo, nos estudos realizados por Almeida, Souza Neto & Silva (2005), sobre a influência do El Niño na ocorrência de chuvas, na estação chuvosa de 23 localidades do sertão da Paraíba, eles encontraram meses mais e outros menos chuvosos, coincidindo ou não com a presença do citado fenômeno, muito embora, existam tendências de que anos de El Niño de intensidade forte, coincidem com totais de chuvas no mês mais chuvoso (março) inferiores a mediana em 70% deles.

Assim, analisando-se os anos com maior intensidade do El Niño, de 1982/83 e 1997/98, nas mesmas localidades, Almeida & Souza Neto (2005) também encontraram que em 75% deles choveu abaixo do esperado. Já, em anos com eventos de intensidade fraca, não houve indícios de que necessariamente se reduziu a quantidade de precipitação.

No Nordeste semiárido, embora haja evidências muito fortes que associam a seca com a ocorrência do El Niño, deve-se salientar que ele não é o único responsável por ela, tem-se, por exemplo, que a baixa pluviosidade também pode estar associada às massas de ar que chegam com umidade insuficiente para produzir chuvas abundantes, Mendonça e Danni-Oliveira (2007), ou ainda associá-lo a atuação do Dipolo do Atlântico Tropical.

Marengo et al. (2011) mostram que existe forte tendência que a variabilidade do clima na América Tropical é influenciada mais pelas condições oceânicas e atmosféricas da bacia do Atlântico Tropical do que do Pacífico, haja vista a ocorrência de secas ou de cheias estarem associadas em sua maioria a fenômenos localizados no Atlântico.

Sendo assim, Mendonça & Danni-Oliveira (2007) consideram que a escassez, assim como a prolongada ausência das chuvas no Nordeste durante o inverno, está associada ao desempenho vertical da massa equatorial do Atlântico Sul (mEA), que atua por meio dos ventos alísios de Sudeste, responsáveis pelas chuvas de outono e inverno.

Corroborando, Varejão – Silva (2005) apresenta também a existência de nuvens convectivas sobrepostas à corrente dos alísios, deslocando-se para oeste acompanhando um cavado, os Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOLs) ou simplesmente Ondas de Leste. Nelas as chuvas mais intensas acontecem após a sua passagem e duram de uma a duas semanas.

Os Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOLs), explica Machado (2009), se propagam desde o oeste da África até o Atlântico Tropical, com atividade máxima no inverno austral

(junho, julho e agosto). Sua formação segundo Cavalcanti (2009) acontece no Atlântico Sul quando da convergência de ventos de sul, associados aos sistemas frontais, com os ventos de leste provocando a ocorrência dos DOLs, que se propagam para oeste. Este fenômeno pode se intensificar a superfície e originar um centro de baixa pressão significativo, transformando – se num vórtice mais desenvolvido.

Deste modo, entende-se que a formação dos Vórtices Ciclônicos, deve-se ao aquecimento das águas das regiões tropicais e ao suprimento de vapor abundante. Os vórtices são caracterizados por um conjunto de isóbaras circulares, onde o núcleo é de baixa pressão. Em seu núcleo as condições atmosféricas são bastante calmas, praticamente inexistem nuvens e o vento é fraco, todavia, em torno dele elevam-se verdadeiras muralhas de nuvens convectivas que provocam violentos aguaceiros devido a intensa atividade convectiva (VAREJÃO – SILVA, 2005). Por isso os vórtices são considerados mecanismos importantes e responsáveis pela ocorrência de precipitação (CALBETE, GAN & SATYAMURTY, 1996).

Os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCANs) se originam sobre o Oceano Atlântico entre a faixa de 0°- 28°S e de 20°- 45°W e quando penetram no Brasil produz tempo bom na região sul e central do Nordeste e chuvas no setor norte do NE (GAN & KOUSKY, 1986; VAREJÃO-SILVA, 2005). São detectados inicialmente em cartas sinóticas de 200 mb, ocorrem nos meses de primavera, verão e outono, sendo janeiro o de maior ocorrência.

No entanto, Varejão – Silva (2005) salienta que quando oriundos do leste do Pacífico, os vórtices podem atravessar a Cordilheira dos Andes e atingir o litoral leste da América do Sul, sendo ainda responsáveis pelo aumento da nebulosidade e da precipitação na região central da América do Sul.

Para Ferreira, Ramírez e Gan (2009) no Brasil, os VCANs de origem tropical atuam mais frequentemente entre dezembro e fevereiro com um tempo de vida de 4 a 11 dias. Quando o vórtice se origina sobre o continente, parte da região Nordeste apresenta nebulosidade e chuva. Para tanto, a fim de compreender a atuação dos VCANs no regime pluvial no NEB deve-se considerar a ação de outros dois sistemas influentes: a Alta da Bolívia (AB) e a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), provocadores de chuvas durante o verão.

Portanto, Campos (2011) e Marengo et al. (2011) destacam para o semiárido brasileiro dois sistemas sinóticos atmosféricos que ocasionam as precipitações pluviais: os VCANs e a

ZCIT, sendo que os VCANs provocam as chuvas de dezembro a fevereiro, e a ZCIT, se desenvolve entre março e junho sendo o principal sistema para a agricultura de sequeiro.

Quanto às estações do ano, Varejão-Silva (2005) salienta que na zona equatorial praticamente não se nota diferenças no comportamento da atmosfera entre elas e para o NEB o termo inverno é coloquialmente usado no sentido de época chuvosa, pelo fato das chuvas serem mais comuns no período entre maio e julho.

De forma geral, as combinações de alterações do clima no Brasil ameaçam intensificar as dificuldades de acesso à água. O que pode levar a uma crise catastrófica, afetando potencialmente as populações rurais do semiárido, onde a seca já é um problema, diminuindo sua base de sustentação (a agricultura) sendo provável seu deslocamento para as grandes cidades ou para as áreas nas quais seja possível desenvolver a agricultura irrigada (MARENGO et al. 2011).

A conservação da água, portanto, é uma ferramenta poderosa e eficaz para a mitigação da seca a curto prazo, além de uma excelente abordagem para gerenciar demandas de água a longo prazo. Isto porque os sistemas de distribuição de água têm demonstrado que a eficiência na gestão do uso da água pública, industrial e agrícola durante a seca é fundamental para controlar e minimizar os efeitos adversos da redução da precipitação em seu abastecimento. (VICKERS, 2005).

CAPÍTULO 2

REVISÃO DA LITERATURA (PARTE II)

2. Captação de Água de Chuva para o Semiárido Brasileiro (SAB)

A região semiárida concentra 12,3% da população do Brasil, mais de 20 milhões de habitantes em 1.133 municípios, 22% dos municípios brasileiros, Santos (2011). O Nordeste brasileiro apresenta uma variabilidade climática intrasazonal e interanual elevada que afeta diretamente os recursos hídricos influenciando decisivamente no cotidiano de comunidades economicamente subdesenvolvidas e naturalmente dependentes d'água no período de estiagem.

Neste caso, o problema do acesso e da escassez de água implica baixa produção de alimentos, repercutindo até sobre a saúde das populações e causando restrições econômicas que acabam reproduzindo condições precárias de sobrevivência, Santos (2011).

No entanto, diante da assertiva de que o semiárido brasileiro se constitui o mais chuvoso, com uma média de 750 bilhões de m³ d'água e o que apresenta a maior população do Planeta, Santos (2011), demonstra-se a necessidade de políticas que incentivem o armazenamento e o uso sustentável dos recursos hídricos já que as condições de infraestrutura atuais só conseguem captar 40 bilhões de m³, que ainda são submetidos ao processo de evaporação.

Assim, conviver com o semiárido significa reorientar os olhares na busca da sustentabilidade, aqui pautada na captação e manejo de água da chuva, que é uma técnica milenar utilizada por povos de todo o mundo principalmente em áreas áridas e semiáridas da superfície da Terra.

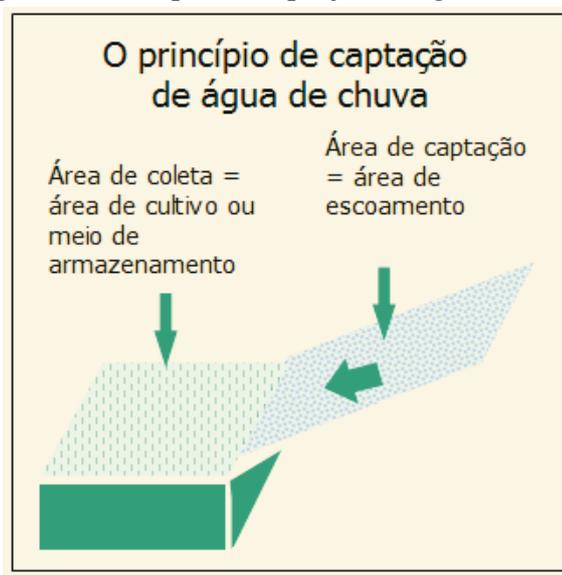
Como as mudanças climáticas previstas para o semiárido são de secas prolongadas combinadas com o aumento de eventos de chuvas de curta duração e alta intensidade. Deste modo, o conhecimento de tecnologias de captação e manejo de água da chuva é condição essencial para uma convivência harmônica com o clima e o meio ambiente.

Gnadlinger (2011, p.327) afirma que a captação e o manejo da água de chuva consistem na seguinte proposição:

A água de chuva faz parte do ciclo hidrológico e é um bem a ser captado de telhados, do chão, e do solo, armazenado e/ou infiltrado de forma segura, tratado conforme requerido pelo uso final e utilizado em seu pleno potencial, substituindo ou suplementando outras fontes atualmente usadas, antes de ser descartado.

Diante do exposto, as técnicas de captação e manejo destas águas são tecnologias que permitem interceptar e utilizar a água de chuva no local onde ela cai, para depois ser armazenada em um reservatório para os diversos usos (Figura 1).

Figura 1- Princípio de captação de água de chuva.



Fonte: ABCMAC (2006)

Para mais, estas tecnologias são consideradas tecnologias sociais que promovem além de segurança hídrica e alimentar, benefícios de ordem agrícola, ecológica e econômico-solidária.

Sabe-se que terras áridas e semiáridas abrangem 30% da superfície da Terra, e nelas há séculos foram desenvolvidas várias técnicas de captação e manejo de água de chuva em virtude das características climáticas e da irregularidade das chuvas.

Baseado na importância da captação e do manejo de água de chuva para os diversos povos evidencia-se a seguir algumas características que sustentam tal prática, segundo Gnadlinger (2011):

- ✓ A água de chuva é fonte de toda água;
- ✓ Mudanças climáticas estão modificando a distribuição pluvial em escala planetária;
- ✓ O aumento de 2°C na temperatura para a região Nordeste acarretará na perda de 75% de suas fontes de água;
- ✓ A criação de reservatórios diminui o efeito das secas, bem como a ocorrência de enchentes;

- ✓ A coleta de água no local diminui custos com tratamento e fornece um bem mais seguro;
- ✓ A captação envolve diferentes atores e usuários;
- ✓ E a água captada pode ser usada para os diferentes fins.

O Brasil possui uma distribuição regional dos recursos hídricos superficial bastante diferenciada. A baixa disponibilidade hídrica no semiárido, aliada à irregularidade das chuvas, impõe uma maneira diferenciada de relacionamento com esse recurso.

Na região Nordeste, sobre a disponibilidade de água, percebe-se que 88% do volume precipitado se transformam em evapotranspiração, 9% em escoamento superficial e apenas 3% em escoamento subterrâneo. Os solos são em sua maioria arenosos ou areno-argilosos, pobres em matéria orgânica e tem no cristalino o substrato geológico dominante, Santos (2005).

No estado de Pernambuco, 70% do território faz parte do semiárido brasileiro que por sua vez está inserido no Polígono das Secas, e por tal característica sempre estará sujeito a secas periódicas (MOURA et al.,2007).

Na região Agreste, a falta de água é o mais sério problema enfrentado pela população desde os tempos coloniais (ANDRADE, 1973). Nesta área, além de chover pouco, a chuva se concentra em poucos meses (de março a junho), causando sérios problemas, especialmente, aos pecuaristas, pois os barreiros, os tanques, as depressões escavadas e os rios secam nos meses de estiagem.

Diante dos fatores supracitados, associados à desigual distribuição espacial e temporal da precipitação, a alta taxa de evaporação, o clima árido e semiárido, e ao regime temporário dos rios, torna-se inadequado manter o abastecimento de águas superficiais e até subterrâneas, esta última devido aos problemas constantes de salinização.

Geologicamente, dado a condição essencialmente cristalina do subsolo do semiárido, nele não se pode contar com a formação de aquíferos, sendo a solução mais comum os reservatórios de superfície elencados a seguir: barragem, barreiro, represa ou açude, que recolhem a água da chuva ou represam a água dos rios, Souza (1979).

Entretanto, Campos (2011) mostra que a água retida na camada superficial do solo somente pode ser utilizada no local onde fica retida, porque para o semiárido 88% do potencial hidráulico é fixo, ou seja, só pode ser utilizado no local em que se dá a precipitação.

Sendo assim, o estabelecimento do regime pluvial passa a ser condição primordial para se estimar o potencial de captação de água da chuva num determinado local e mapear a evolução do período chuvoso, visando à detecção antecipada das áreas com risco de seca, Menezes (1999). No entanto, isso requer séries pluviométricas longas e confiáveis, embora nem sempre seja fácil obtê-las.

Carneiro (1998) comenta que a baixa disponibilidade hídrica do Nordeste, ocorre em face dos condicionamentos do próprio meio, onde a maioria dos rios são temporários. Diante disso, destaca a importância do uso da água, devendo sua utilização contemplar o abastecimento humano (urbano/rural), a dessedentação de rebanhos e até a irrigação.

Todavia, o gerenciamento efetivo do uso da água poderá gerar conflitos que exigirão medidas disciplinares de uso e de manejo. Por isso, Carneiro (op. cit.) mostra que um aumento na oferta de água requer o uso de algumas alternativas, tais como: construção de cisternas, perfuração de poços, dessalinizadores de água, dentre outros.

Mediante este contexto, reafirma-se que as ações para mitigar as consequências da seca não podem ser emergenciais, pois quando se pensa em conviver no semiárido, é preciso estar preparado para os longos períodos de estiagens (BRASIL, 2005). Diante dessa assertiva, há necessidade de procurar alternativas para a convivência com a seca, a partir de uma integração de ações governamentais.

Por isso, a necessidade de construção de reservatórios superficiais que permitam ao atendimento da população nessas regiões, em que a seca passa a ser decorrência além de uma sequência de anos secos, também de um sobreuso ou mau uso dos reservatórios Campos (2011).

Deste modo, Sabino (2002) percebe que o conceito fundamental para esta região é o de sustentabilidade considerando a elaboração de políticas e programas para a convivência com a seca e fixação da população.

No texto Brasil (2005) além da sustentabilidade, a preocupação para com o atendimento hídrico da população através do abastecimento público já é uma realidade, lê-se:

O aumento da demanda por água, somado ao crescimento das cidades, a impermeabilização dos solos, a degradação da capacidade produtiva dos mananciais, a contaminação das águas e o desperdício conduzem a um quadro preocupante em relação à sustentabilidade do abastecimento público (p. 17)

Diante do exposto e considerando a irregularidade do regime da precipitação pluvial como a principal característica do semiárido, Brito, Silva & Porto (2007) e Kenny (2009) indicam que são necessárias medidas de planejamento e de gestão dos recursos hídricos disponíveis a fim de atender à demanda de forma permanente.

De acordo com Almeida & Pereira (2007), no combate a escassez, a precipitação pluvial é a única fonte de abastecimento, embora seja o elemento do clima de maior variabilidade espacial e temporal na maioria das regiões do mundo. Assim, a escassez, num determinado local, pode ser amenizada, adotando-se tecnologias simples relacionadas à captação e aproveitamento de água da chuva.

Para tanto, o semiárido brasileiro necessita implementar estratégias de convivência, baseado principalmente em tecnologias poupadoras de água, envolvendo: coleta, armazenamento e manejo de água de chuva, construção e manutenção de pequenos barramentos, implantação de barragens subterrâneas entre outras, Brasil (2005) e Thomaz (2001).

Assim, Urbano & Duque (2007) indicam que a necessidade dessas alternativas técnicas é de garantir o aumento da oferta hídrica não somente para o consumo humano e animal, mas para o desenvolvimento da agricultura familiar.

Desta forma, entende-se que para o semiárido a captação de água de chuva é uma das formas mais viáveis de abastecimento, devendo-se observar sempre outras perspectivas levando em consideração a irregularidade e a distribuição da precipitação pluvial.

Segundo Almeida (2001) não há como propor alternativas para combater a escassez de água se não efetivar um estudo estatístico da serie pluvial disponível, associando-a a diferentes níveis de probabilidade a fim de quantificar o potencial para a captação de água da chuva num determinado local ou região.

Bem como para Serra (citado por Nimer, 1979) também, como não há periodicidade definida na distribuição de chuvas, o estudo estatístico das séries pluviais disponíveis torna-se necessário a fim de estabelecer o regime pluvial mensal e anual.

Considera-se portanto, o modelo mensal e intra-anual de distribuição de chuvas no semiárido além de extremamente irregular (com anos em que a precipitação se concentra em um a dois meses), apresentando também chuvas torrenciais, embora estas aconteçam de forma irregular tanto no tempo quanto no espaço geográfico (ALMEIDA & SILVA, 2004).

Sabendo que a captação de água de chuva é uma maneira rápida de se obter um grande volume de água em um período de tempo bastante reduzido, esclarecer os métodos de captação e armazenamento é uma alternativa para subsidiar a implantação de estratégias, de informações, uso e cuidados com a água e garantir o fornecimento adequado à população da região agrestina, que segundo Andrade (1973) é problemática no tocante à falta d'água.

2.1. Técnicas de Captação de Água de Chuva

De acordo com Campos, Hernandez & Amorim (2003), os sistemas de captação de água de chuva podem ser desde os mais simples até os mais sofisticados. A cisterna (Figura 2) é uma das tecnologias mais simples, para armazenar a água de chuva que escoar no telhado, e de uso universal, mesmo para casas com áreas de captação (telhado) pequenas ou até mesmo nos locais, onde chove pouco.

Figura 2 - Cisterna de placa circular e seus componentes essenciais. Catolé de Casinhas, PE.



Fonte: Geórgia Cristina de Sousa Oliveira (2009)

Este sistema é composto essencialmente pelos seguintes componentes: a área de captação (telhado), as calhas e tubos de descida e o reservatório de armazenamento (cisterna), sendo o reservatório dimensionado para evitar perdas por cheias ou falta d'água por dimensões inferiores à necessária, Campos, Hernandez & Amorim (2003).

De acordo com a lei brasileira (Lei 9.433/97), tendo a água de beber prioridade, a água de cisterna deve ser usada somente para beber, cozinhar e higiene básica, devendo ser usadas outras fontes para os demais usos (GNADLINGER, 2011).

Para tanto, segundo Gnadlinger (2011) como qualquer tecnologia, as cisternas também devem ser aperfeiçoadas segundo critérios particulares especialmente para o semiárido.

A construção de cisterna domiciliar, portanto é válida desde que se atendam aos seguintes critérios: dimensionamento, armazenamento e manejo da água coletada da chuva, Brito et al. (2007). Por isso, há vários tipos de cisternas, entre elas as de baixo custo e de fácil montagem como as de placas pré-moldadas (Figura 1).

A técnica de captação de água de chuva e armazenamento em cisterna vem crescendo sistematicamente, Schwartzman & Palmier (2007). No entanto, uma pesquisa feita pelo CPATSA (atual Embrapa Semiárido) mostrou que uma área do telhado pequena limita a eficiência da cisterna, sendo assim, nem sempre é possível captar um volume de água suficiente para o consumo total da família para os meses de estiagem (SILVA et al, 1984).

Mesmo assim, para Gnadlinger (2003) a captação de água de chuva é a alternativa para se conviver no semiárido, sendo utilizada não apenas para o consumo humano e animal, mas também para a agricultura como parte essencial.

Para o citado autor, a água para a agricultura deve ser assegurada e suprida por meio de barragens subterrâneas, pois, estas vêm garantindo a segurança alimentar de comunidades rurais até mesmo em anos de seca; pela irrigação de salvação (cisternas ou barreiros); captação em estradas; uso de sulcador para armazenar “in situ” e cultivo de variedades adaptadas às condições climáticas, tendo em vista, substituir o uso de caminhões- pipa, este sendo o meio mais caro de abastecimento de água.

Destarte, viabilizados estes meios e mecanismos, as propriedades do semiárido, tornar-se-ão sustentáveis em longo prazo. Neste sentido, abastecidos de água durante o período seco, em vez de gastarem horas buscando água, mulheres e moças em família aproveitarão este tempo plantando verduras, trabalhando na comunidade ou complementando sua educação escolar, além de se libertarem da dependência dos caminhões – pipa (GNADLINGER, 2003).

Por fim, Nóbrega, Alencar & Galvão (2005) destacam a necessidade de investimentos em tecnologias alternativas para o abastecimento, tendo em vista que a falta de água na região

semiárida brasileira, engloba consigo um conjunto de problemas de caráter político-socioeconômicos.

2.1.1. Principais Tecnologias Sociais de Captação de Água de Chuva

No semiárido existem várias experiências bem sucedidas de acesso e manejo da terra e da água, das quais, destaca-se a (o):

Cisterna – tecnologia milenar que ajuda a resolver um dos principais problemas das famílias do semiárido (a escassez de água para o consumo humano e doméstico no período de estiagem); Para Silva (1988) uma cisterna com capacidade de armazenamento de 16m³, atende as necessidades básicas (beber, cozinhar e higiene mínima, como lavar o rosto) de uma família com cinco pessoas, durante oito meses considerando para tanto um consumo de 14litros/pessoa/dia.

Com uma cisterna pode-se ainda, na concepção do P1+2, Programa Uma Terra e Duas Águas do Governo Federal, manter um quintal produtivo com 20 ou 30m² cultivado com hortaliças, para regar mudas, fruteiras e/ou ter água para dessedentação de pequenos animais, Gnadlinger, Silva & Brito (2007).

O programa P1+2 pretende assegurar à população rural o acesso a terra e à água tanto para consumo da família e dos animais como para a produção de alimentos já que a ocorrência de anos sucessivos de seca agrava a fragilidade dos sistemas agrícolas familiares, que são desestruturados pelo esgotamento das condições biofísicas responsáveis pela manutenção de suas capacidades produtivas, Gnadlinger, Silva & Brito (op. cit).

Este programa consiste em dar uma terra para produção e duas águas, uma para o consumo familiar (16m³) e outra para produção agrícola e/ou dessedentação de animais (52m³). Embora essa relação seja uma alternativa, o semiárido é marcado pelo conflito da terra, o que impede o desenvolvimento dos pequenos agricultores (GNADLINGER, SILVA & BRITO, 2007).

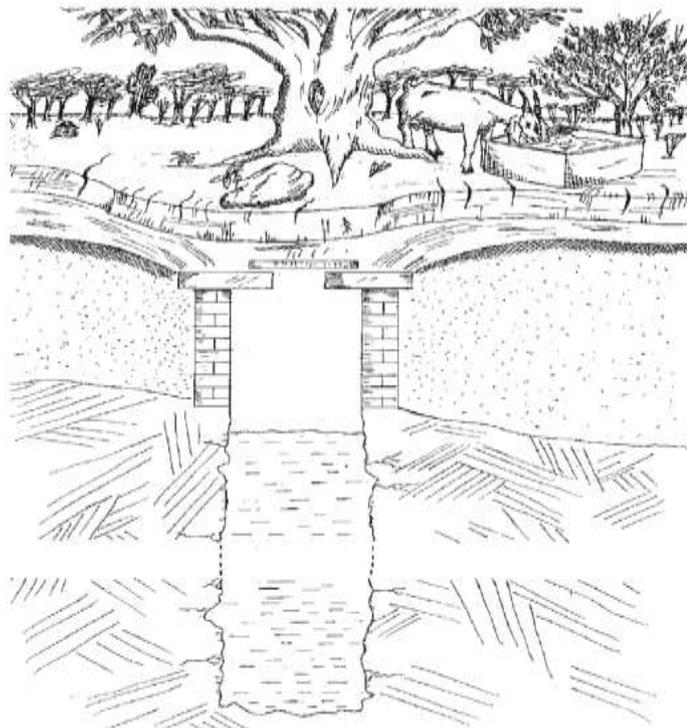
Como nem todo solo permite a consolidação de práticas agrícolas, o P1+2 visa apresentar esta proposta especialmente para os 40% de terras com uso agropecuário limitado e para os 16% que permitem o uso de alternativas de captação de água de chuva, já que segundo Guimarães e Lopes (2002) (apud GNADLINGER, SILVA & BRITO, 2007) no semiárido 36% das terras não são apropriadas para a agricultura; 40% são apropriadas para o uso

agropecuário limitado (criação de caprinos e ovinos e para o aproveitamento sustentável da caatinga, como a exploração de umbu, caju e sisal); 20% permitem agricultura com uso da água de chuva e apenas 4% são adequadas para implantação da agricultura irrigada.

Poço ou cacimba – utilização de água subterrânea, em geral, não adequada a todos os usos em virtude da elevada salinidade. A cacimba é um poço raso, coberto com uma tampa de madeira ou de cimento e com um carretel ou uma bomba manual, para retirar a água. Esta estrutura deve ser construída a uma distância de 30 m de distância de qualquer foco de poluição (fossas, sumidouros, currais, esterqueiras, etc). Os três primeiros metros da base da cacimba devem ser revestidos com alvenaria, para evitar contaminações (Figura 3), Gnadlinger (2011).

Uma variante da cacimba é a cacimba de areia que é escavada no leito de riachos ou rios e que possui profundidade variável. Nesta, em virtude de sua localização, durante o início do período chuvoso, a água da chuva começa a encher a cisterna-cacimba, por cima e depois dos quatro meses da estação chuvosa as reservas dos veios subterrâneos estão reabastecidas e o sistema passa a funcionar como poço.

Figura 3 – Cacimba.



Fonte: Ivomar de Sá Pereira apud Gnadlinger (2011)

Cisterna calçadão: formada por uma área de 210m² para captar água da chuva de uma enxurrada que escoa nos desníveis do terreno ou de áreas pavimentadas, chamadas calçadão e um reservatório de água com capacidade de armazenamento para 52m³ maior que a cisterna para o uso humano e canteiros de verduras nos quais a irrigação pode ser feita à mão ou por gotejamento. Nesta cisterna, até em ano seco, com apenas 350 mm de precipitação, consegue-se atingir sua capacidade.

Mandala – tecnologia de permacultura que tem por objetivo racionalizar e otimizar o uso da água de um pequeno reservatório cônico para irrigação por gotejamento de hortifruticulturas em seu entorno, consorciadas entre si e com criatórios de peixes e aves.

Tanque de pedra ou caldeirão: é uma caverna natural às vezes escavada em lajedos para aumentar a capacidade de armazenamento. É considerado um excelente reservatório para armazenar água das chuvas para uso humano, animal e agrícola. Nas regiões do semiárido o formato das rochas é arredondado, e apresentam muitas cavernas, onde a água de chuva se acumula naturalmente (Figura 4). Estes sistemas apresentam profundidade irregular variando de centímetros até vários metros, além disso, o afloramento da rocha forma uma boa área para captação de água de chuva, Gnadlinger, Silva & Brito (2007).

Figura 4 – Tanque de Pedra. Oratório, Casinhas, PE.



Fonte: Geórgia Cristina de Sousa Oliveira (2011)

Dentre os elementos já citados, um outro relevante é a captação “in situ”, ou seja, no local, que consiste na abertura de sulcos no solo a fim de barrar a água das chuvas (ANJOS et

al., 2007). A captação de água ‘in situ’ é uma aplicação especial de curvas de nível que impede o escoamento superficial mantendo a água de chuva tanto quanto possível, no lugar em que atinge o solo que, neste caso, é a própria área do cultivo. Esta tecnologia se aplica em terrenos inclinados e consiste no sulcamento entre linhas antes ou depois da sementeira, de maneira que a área entre as fileiras de cultivo sirva de área de captação, Gnadlinger (2011).

Outras tecnologias utilizadas no semiárido nordestino são as barragens superficiais e subterrâneas. Na barragem superficial a água da chuva é represada sob a superfície, consideram-se: lagos, represas, açudes, barreiros e/ou tanques de pedra. Esses reservatórios ficam expostos ao ambiente e, por isso, há uma grande perda de água por evaporação, além de poder ser facilmente contaminada por microorganismos naturais ou por dejetos urbanos e industriais.

Os açudes são reservatórios muito comuns no Brasil e, em especial, na região Nordeste, onde muitas cidades são abastecidas por eles, principalmente, aquelas que não possuem rios perenes. Outros tipos de açudes de pequeno porte e de uso mais comum são os barreiros (Figura 5). No qual para diminuir o problema da evaporação, Gnadlinger (2011) recomenda arborizar suas margens e construir uma boa profundidade para que se possa plantar em suas várzeas e/ou na parte de jusante e utilizar sua água na irrigação de salvação.

Figura 5. Tipo comum de barreiro encontrado no semiárido nordestino. Oratório, Casinhas, PE.



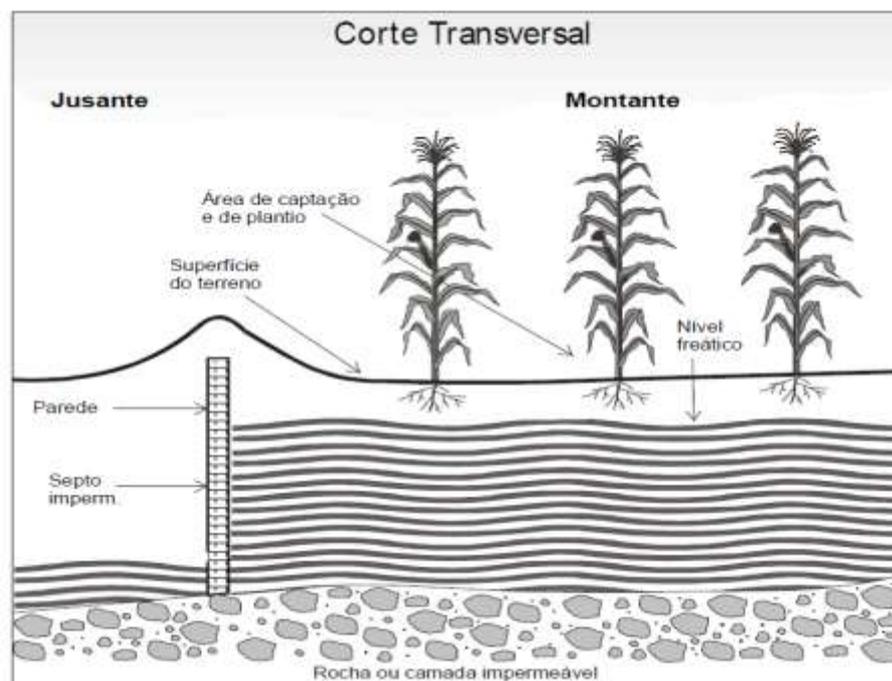
Fonte: Geórgia Cristina de Sousa Oliveira (2009)

Outra opção interessante é a barragem subterrânea, que consiste em revestir com plástico ou parede de concreto o subsolo de uma área de encosta cavada até a camada

impermeável do solo (Figura 6). Esta área deve obedecer a alguns critérios de relevo, tipo de solo, profundidade, qualidade da água e vazão da enxurrada.

As barragens subterrâneas aproveitam as águas das enxurradas e de pequenos riachos, armazenando-a no subsolo por meio de um barramento escavado transversalmente ao fluxo da água. Durante a estação chuvosa a água fica retida no solo, criando um perfil freático, Gnadlinger (2011). Devido à umidade adquirida no período chuvoso, à montante podem ser plantadas fruteiras, hortaliças e culturas anuais. Em condições apropriadas, pode ainda ser aberto um poço raso, cuja água pode ser utilizada para diversos fins.

Figura 6 - Corte transversal de uma barragem subterrânea.



Fonte: Porto et al. (1999)

Como as barragens subterrâneas são geralmente construídas nas várzeas, têm uma função social muito importante, porque permite o cultivo de hortaliças, frutíferas, milho, feijão, capim forrageiro, dentre outros.

Devido ao grande impacto sobre a estabilidade do sistema produtivo, aumentando a resistência em períodos de seca, ela garante a autonomia no que se refere à alimentação, permite a criação de um número maior de animais e diminui a dependência de insumos externos.

Diante deste cenário, todas as tecnologias apresentadas contribuem para o aumento da capacidade de infiltração e retenção da água superficial, promovendo o equilíbrio ecológico bem como o aumento da produção agrícola de sequeiro e da oferta de água.

Portanto, sendo a água um recurso natural imprescindível a vida, represá-la é condição necessária e suficiente para fixar o homem. Assim, a construção de represas no semiárido nordestino, a perfuração de poços, mesmo em subsolo cristalino, e a construção de cisternas no meio rural são alternativas importantes (SUASSUNA, 2002).

2.2. Qualidade da Água nos Reservatórios do Semiárido

Várias técnicas foram criadas para lidar com a água através da captação, do armazenamento e da distribuição a fim de ser usada de várias maneiras: para beber, higiene pessoal, matar a sede dos seres humanos, de animais e de plantas.

Para tanto, Amorim & Porto (2003) relatam que além da importância de ter um reservatório hídrico no semiárido, é necessário garantir a qualidade da água, seja ela oriunda das precipitações ou de carros-pipa.

Neste sentido, mesmo sendo a carência hídrica um dos principais problemas para a sobrevivência e melhoria da qualidade de vida da população da região semiárida, Amorim & Porto (2001) consideram a disponibilidade de água de qualidade, condição indispensável para a própria vida.

A esse respeito ressalta como alternativa tecnológica de captação e armazenamento de água, a cisterna (onde a água é de melhor qualidade), que é utilizada para captar água de chuva e armazená-la durante os meses sem precipitação e que também pode receber água através de carros-pipa.

Contudo, a água armazenada na cisterna em comunidades rurais é utilizada exclusivamente para o consumo humano (cozinhar e beber) geralmente sem qualquer tratamento.

Sendo de fundamental importância a segurança sanitária dessas águas, os requisitos de qualidade, bem como a segurança sanitária, estão diretamente relacionados com o uso que será dado a ela. Assim, quando a cisterna é para usos domésticos, a água deve atender aos

padrões de potabilidade, no Brasil, estabelecido pela Portaria N° 1.469 do Ministério da Saúde, de 29/12/2000 (ANDRADE NETO, 2003).

Ainda de acordo com a legislação a água destinada ao consumo humano deve obedecer ao padrão de potabilidade e estar sujeita à vigilância de sua qualidade, qualidade esta de responsabilidade pública controlada pela população e pelos agentes comunitários de saúde.

Amorim & Porto (2003) explicam que a manutenção da qualidade da água adequada para o consumo implica em adotar medidas a fim de evitar contaminações, as quais se dividem, basicamente, em dois grupos: a adoção de ações que visam criar uma barreira física aos possíveis contaminantes e a aplicação de tratamentos da água da cisterna.

Portanto, quando a água é oriunda da água de chuva e de caminhões pipa, com a garantia de ser potável, as medidas que fornecem uma barreira física aos contaminantes e a manutenção adequada da cisterna, em geral, é suficiente para manter a qualidade da água.

No entanto, é prudente tratar a água da cisterna antes de usá-la, principalmente nos casos em que não se tem a garantia de que a cisterna é abastecida apenas por água de chuva, ou que não se tenha a garantia da potabilidade da água de carros-pipa, adotando-se a filtração e a desinfecção como métodos de tratamento.

Ainda assim, quando a água é armazenada em cisternas recomenda-se sua lavagem e a desinfecção pelo menos uma vez por ano, eliminando as primeiras águas da chuva devido às sujeiras do telhado, além de fervura, dentre outros Amorim & Porto (2003).

2.3. Experiências de Captação de Água de Chuva no Brasil e no Mundo

Desde que se comprovou ser a água doce um recurso limitado, vários são os estudos no mundo para conter os abusos e gerar técnicas para a captação e o armazenamento de água de chuva para a convivência com a escassez.

Na China, por exemplo, Mou, Wang & Kung (1999) bem como, Li Yuanhong (1999) afirmam que é crescente a adoção de sistemas de captação de água de chuva para abastecimento doméstico e para a agricultura, tanto em áreas rurais como em áreas urbanas e industrializadas, pois a população considera que sua coleta desempenha um papel relevante na

solução dos problemas relacionados a escassez hídrica, haja vista ser a China um país que enfrenta sérios problemas de escassez de água, a qual causa perdas econômicas e ambientais.

Por isso, explicam que sendo a chuva a única fonte potencial de água, o governo executou um projeto de captação de água beneficiando 1,2 milhões de pessoas. Esta experiência mostrou que a captação e utilização da água de chuva podem propiciar um meio eficaz de aliviar a pobreza e apresentou um novo limiar para o desenvolvimento da agricultura em zonas áridas.

No Sri Lanka, segundo Ariyabandu (1999) embora possuam uma média anual de chuva de 1.400 mm, 70% da população rural não dispõe de água limpa para beber. Neste sentido, a coleta de água de chuva como uma opção de suprimento rural de água tem sido aceita e adaptada por muitas famílias como forma de abastecimento.

Nas Ilhas Virgens Americanas (USUI) a coleta de água de chuva ligando superfícies de telhados ao local de armazenamento é uma das poucas áreas do mundo onde tal técnica é exigida por lei (SMITH, FOK & HEITZ, 1999).

Outro exemplo é o México, país rico em tecnologias de manejo dos recursos naturais, mas que devido a crescente demanda por água e elevação dos custos de abastecimento tem maximizado o uso de diversas formas de suprimento de água para o consumo humano, entre elas a coleta de água dos telhados e de superfícies de terra pavimentada e para a produção agrícola, com a utilização de microbacias de captação, curvas de nível, barragens permeáveis de pedra e bacias de inundação (GARDUNO, 1999).

Na Bahia, Szilassy (1999) explica que técnicos da Comissão Central Menonita (CCM) uma Organização Não Governamental (ONG), desenvolveram fôrmas e um processo para a construção de cisternas de concreto com capacidade de 15.000 litros, de água captada do telhado de construções rurais com um período de construção de sete dias e um custo em torno de R\$ 300,00. Ele mostra que o resultado deste trabalho é a família sentir maior posse e responsabilidade pela cisterna.

No estado de Pernambuco, Cirilo & Costa (1999) afirmam que foram implantadas 500 barragens subterrâneas, e as maiores alcançaram 10 m de profundidade, chegando a acumular cerca de 80.000 m³ de água, volume este suficiente para 500 famílias ou para a irrigação de 15 ha (hectares).

No Quênia, Mbugua (1999) mostra que a atividade de captação de água de chuva funciona como catalisador do desenvolvimento para aliviar a pobreza e promover o bem estar econômico e social da população rural.

Na Albânia, Cobani (1999) salienta que a média pluvial está entre 722 e 2.747 mm/ano, concentrada na estação chuvosa, todavia, durante o verão os níveis de água são sempre baixos, chegando de 5 a 10 l/hab. Mas, através de uma ONG o conceito de captação foi popularizado e estabeleceu a coleta como uma prioridade nacional, haja vista a incapacidade do governo de prover à população o acesso a água de beber de boa qualidade.

Entende-se que, a cisterna de placa para a captação da água de chuva é uma iniciativa capaz de recuperar a capacidade de convivência com o semiárido, captando a água boa e em quantidade para o consumo humano, (POLETTI, 1999), bem como, deve existir vontade política a fim de criar uma infraestrutura para criação de animais, roça, abastecimento, educação, saúde e comercialização dos produtos locais Gnadlinger (1999).

Dentre estas perspectivas, no entanto configura-se uma restrição ao uso da água, quanto ao aspecto qualitativo. Pois ela depende da pureza da atmosfera, dos materiais e locais do sistema de captação e do dispositivo de retirada da água Ariyananda (1999).

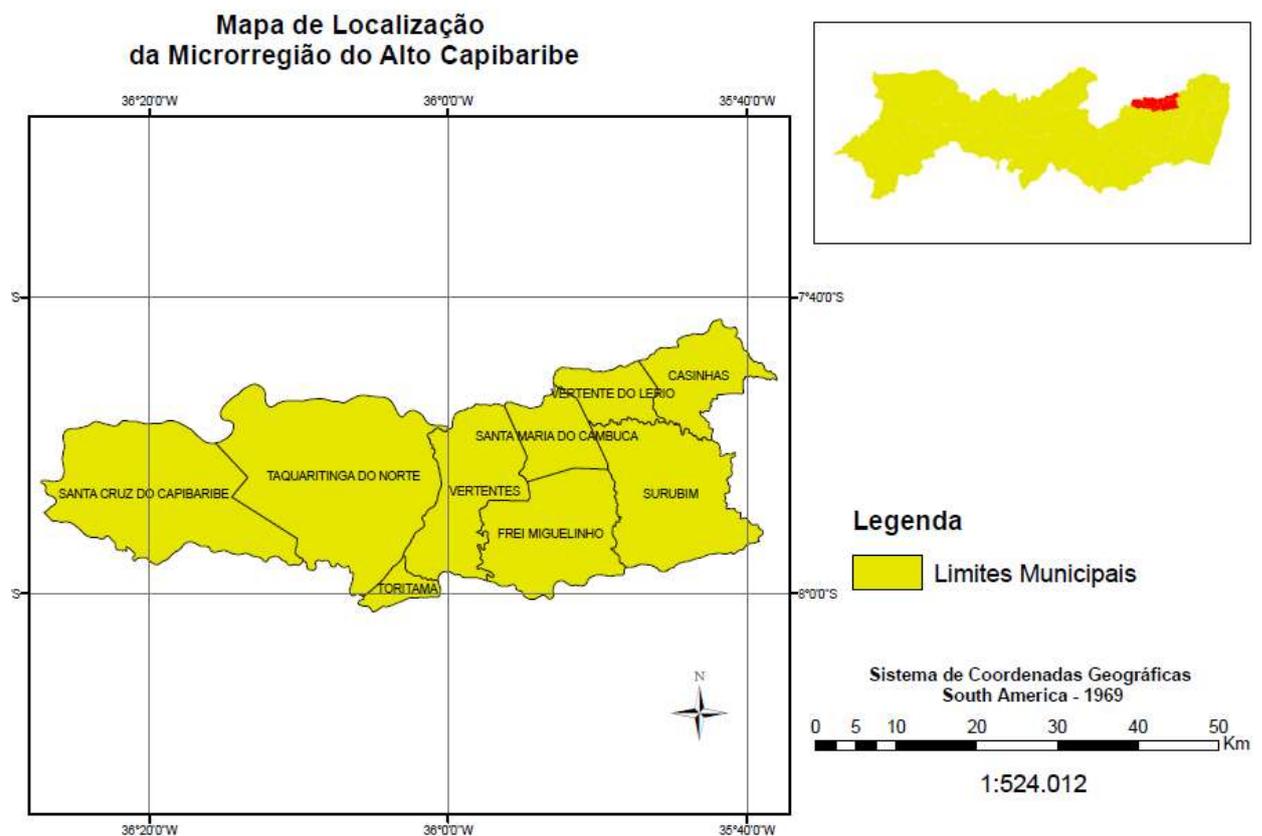
CAPÍTULO 3

METODOLOGIA

3. Delimitações da Área de Estudo

A Microrregião do Alto Capibaribe (Figura 7) é uma subdivisão da Mesorregião Agreste do estado de Pernambuco formada por nove municípios com os respectivos números de habitantes (IBGE, 2010): Casinhas (12.443), Frei Miguelinho (13.719), Santa Cruz do Capibaribe (82.649), Santa Maria do Cambucá (12.923), Surubim (56.729), Taquaritinga do Norte (24.387), Toritama (34.825), Vertente do Lério (7.810) e Vertentes (17.398), cartograficamente inseridos entre as coordenadas 7°30' e 8°04'48"S e 35°19'12" e 36°26'24"W. A população total é de 262.883 habitantes, concentrados em uma superfície de 1.783 km², totalizando densidade demográfica de aproximadamente 147 hab/km².

Figura 7 – Mapa de localização da área de estudo.



Fonte: ZAPE (2011). Elaborado por: Geórgia Cristina de Sousa Oliveira (2011).

Esta área foi selecionada por apresentar problemas relacionados a escassez e/ou poluição dos recursos hídricos em todos os municípios, e por ser considerada a que detêm a

menor participação no PIB da Mesorregião da qual faz parte, (PERNAMBUCO, 2010). Além disso, hidrologicamente está inserida na bacia hidrográfica do rio Capibaribe, neste trecho, temporário devido as condições geológica e climatológica da região, situada no Polígono das Secas.

3.1 Aspectos Socioambientais

Segundo relatórios da ODM- Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (2011) sobre o perfil dos municípios brasileiros, a microrregião do Alto Capibaribe apresenta em sua maior parte problemas relacionados a falta de saneamento básico, haja vista 67% da região (constituída por Casinhas, Frei Miguelinho, Santa Maria do Cambucá, Taquaritinga do Norte, Vertente do Lério e Vertentes) não possuem esgotamento sanitário adequados e acesso a rede geral de água, levando em consideração o valor mínimo de 50% da população local a ser assistida.

Neste caso, os demais municípios considerados adequados conseguiram atingir mais de 50% de sua população com saneamento básico, são eles: Santa Cruz do Capibaribe, Surubim e Toritama, coincidentemente os que detém os maiores contingentes populacionais.

Quanto aos principais problemas ambientais, ODM (2011), foram identificados em 67% dos municípios escassez de água, queimadas e desmatamentos. Em 56%, destaca-se a poluição dos recursos hídricos e contaminação do solo, seguido de 33% apresentando um processo de assoreamento nos rios, conforme tabela 1.

Tabela 1 - Resumo dos principais problemas ambientais dos municípios da microrregião do Alto Capibaribe, conforme ODM (2011).

Principais problemas ambientais	Municípios de ocorrência
Escassez de água	Casinhas, Frei Miguelinho, Sta. Maria do Cambucá, Surubim, Vertente do Lério e Vertentes.
Queimadas	Casinhas, Frei Miguelinho, Sta. Maria do Cambucá, Surubim, Taquaritinga do Norte e Vertentes.
Desmatamento	Casinhas, Sta. Cruz do Capibaribe, Sta. Maria do Cambucá, Surubim, Taquaritinga do Norte e Vertentes.
Poluição da água	Casinhas, Sta. Cruz do Capibaribe, Taquaritinga do Norte, Toritama e Vertentes.
Contaminação do solo	Casinhas, Frei Miguelinho, Sta. Cruz do Capibaribe, Surubim e Vertente do Lério
Assoreamento nos rios	Sta. Cruz do Capibaribe, Toritama e Vertentes.

Elaborado por: Geórgia Cristina de Sousa Oliveira.

De acordo com os dados, observa-se um generalizado processo de degradação ambiental, especificamente dos recursos hídricos, que associado a escassez de água apresenta limitações nas reservas existentes devido a intensificação da poluição dos recursos hídricos e pela contaminação do solo.

3.2 Aspectos Fisiográficos

De um modo geral, a microrregião apresenta seu relevo situado na formação planáltica cristalina da Província Borborema, unidade formada por maciços altos e outeiros, com altitudes variando de 500 a 1000 m, ou seja, superfícies onduladas com relevos residuais altos. O relevo é geralmente movimentado, com vales profundos e estreitos. Nas cristas residuais altas predominam os solos litólicos (pouco desenvolvidos, onde o horizonte A fica disposto diretamente sobre a rocha), nos topos e vertentes das ondulações, os solos bruno não-cálcicos (moderadamente rasos, apresentando um horizonte superficial de coloração marrom) e nas baixas vertentes das ondulações os planossolos (moderadamente ácidos com acentuada concentração de argila). Os solos são pouco profundos e de fertilidade variando entre média e alta (CPRM, 2005; JATOBÁ & ALBUQUERQUE, 2003).

Conforme (CPRM, 2005) geologicamente, três Complexos compõem a Província da Borborema. O Complexo Salgadinho, que é constituído por ortognaisse tonalítico a granítico, o Complexo de Vertentes, contendo paragnaisse metavulcânica máfica e intermediária e o Complexo Surubim-Caroalina, composto por xistos, gnaisse, quartzito e metacarbonato.

O clima predominante é o BSh, segundo a classificação climática de Koppen, tropical semiárido, quente e seco, com chuvas no outono e inverno caracterizado pela grande irregularidade sazonal e interanual das precipitações. O período normal de chuva inicia-se em fevereiro/março e pode estender-se até agosto, sendo determinado essencialmente pela posição da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) ou ainda pela ocorrência do El Niño (FREITAS, 2006). Dados históricos de precipitação revelam uma média anual de 691,8 mm, com um máximo de 1071 mm e um mínimo de 494 mm e temperaturas apresentando pouca variação térmica ao longo do ano (temperatura média anual em torno de 25 °C) (LAMEPE, 1961-1990).

A vegetação predominante é a caatinga hipo e hiperxerófila, fortemente influenciada pelas condições climáticas e do solo, formadas por árvores e arbustos. Estes em geral, possuem um mecanismo de adaptação às condições climáticas baseada na economia d'água,

sendo esta a principal característica das formações vegetais xerófilas. No entanto, em Santa Cruz do Capibaribe, Santa Maria do Cambucá, Taquaritinga do Norte e Vertentes identifica-se além desta, uma vegetação tipo caducifólia e subcaducifólia, que apresenta árvores de grande porte, latifoliadas mas que perdem suas folhas durante o período de estiagem. Quanto a hidrografia, predominam a existência de rios intermitentes, sendo sua maioria afluentes da bacia do rio Capibaribe (CPRM, 2005).

3.3. Procedimentos Metodológicos

3.3.1 Tipo de pesquisa

De acordo com Gil (2002) uma pesquisa deve ser classificada com base em seus objetivos. Deste modo, levando-se em consideração o objetivo geral deste trabalho, optou-se pela pesquisa descritiva e analítica, tendo como objetivo primordial a descrição das características da população e do fenômeno em estudo, identificando a existência de relações entre estas variáveis.

Com relação aos procedimentos técnicos, utilizou-se a pesquisa bibliográfica, desenvolvida a partir de material já elaborado (livros e artigos científicos) sobre os seguintes assuntos: semiárido, fenômeno da seca, políticas públicas para mitigação da seca, sistemas meteorológicos atuantes no Nordeste brasileiro (NEB) e captação de água de chuva. A investigação foi também documental, onde foram obtidos junto ao LAMEPE – Laboratório de Meteorologia de Pernambuco os valores de precipitação (mensais e anuais) da microrregião do Alto Capibaribe de 1963 a 2009, cujos materiais não receberam nenhum tratamento analítico, além do levantamento (surveys), que se caracteriza pela interrogação direta das pessoas cujo comportamento se deseja conhecer. Para tanto, foram solicitadas informações a um grupo significativo de pessoas acerca do problema estudado para em seguida, mediante análise quantitativa, obter as conclusões correspondentes aos dados coletados (GIL, 2002).

3.3.2 Universo e amostra

O universo estudado foi composto pelos estudantes da rede pública estadual da microrregião do Alto Capibaribe, PE. Para tanto, devido a impossibilidade e/ou inviabilidade econômica e temporal de interrogar a todos, a observação limitou-se aos alunos do ensino

médio de escolas estaduais escolhidas por amostragem probabilística (aleatória simples) no período de fevereiro a março de 2011.

As escolas que fizeram parte da amostra, bem como sua respectiva localidade e número de alunos entrevistados foram as seguintes:

- ✓ Escola Estadual João XXIII (Casinhas, 40 alunos);
- ✓ Escola Estadual São José (Frei Miguelinho, 72 alunos);
- ✓ Escola Estadual Padre Zuzinha (Santa Cruz do Capibaribe, 25 alunos);
- ✓ Escola Estadual João Davi de Souza (Santa Maria do Cambucá, 45 alunos);
- ✓ Escola Estadual Severino Farias (Surubim, 71 alunos);
- ✓ Escola Estadual Severino Cordeiro de Arruda (Taquaritinga do Norte, 37 alunos);
- ✓ Escola Estadual Protázio Soares de Souza (Toritama, 35 alunos);
- ✓ Escola Estadual Justa Barbosa de Sales (Vertente do Lério, 47 alunos) e;
- ✓ Escola Estadual Gil Rodrigues (Vertentes, 44 alunos).

Assim, a amostra contou com a participação total de 416 alunos, distribuídos por toda microrregião do Alto Capibaribe, PE.

3.3.3 Coleta de dados

Para efetivar o diagnóstico socioeconômico e hídrico, aplicaram-se questionários a amostra de 416 alunos, selecionados de forma aleatória no ensino médio das escolas estaduais da microrregião do Alto Capibaribe, PE. Os alunos foram questionados sobre alguns aspectos relacionados a demografia, infraestrutura hídrica e alternativa viável para a captação de água de chuva conforme “modelos” descritos a seguir:

a) Demografia

Para diagnosticar o perfil social e econômico foram formuladas perguntas sobre: a localização do domicílio, o número de pessoas que nele residem, qual a renda familiar mensal e em que trabalha o responsável pela casa.

b) Infraestrutura hídrica

O diagnóstico da infraestrutura hídrica e dos tipos de tratamento da água foi feito, perguntando-se:

1. De onde vem a água consumida pela família? (a) COMPESA (Companhia de abastecimento de água de esgoto do Estado de Pernambuco); (b) De poço ou nascente; (c) De açude; (d) De barreiro; (e) Outras.

2. Onde é armazenada a água de chuva? (a) Em cisterna; (b) Em tanque ou tambor; (c) Em barreiro; (d) Outros tipos (citar).

3. Qual a fonte de recursos financeiros para aquisição/construção da infraestrutura hídrica? (a) Próprio; (b) De órgãos governamentais; (c) De Associação; (d) Não tem nenhuma infraestrutura por falta de recursos (e) Outros;

4. Qual é o tipo de tratamento usado na água? (a) Cloro; (b) Filtragem; (c) Somente água sanitária; (d) Fervura; (e) Nenhum; (f) Outros (citar).

c) Alternativa para captação de água de chuva

Para qualificar/quantificar a alternativa para captar água de chuva e armazenar em cisterna, perguntou-se: a) Se sua casa tem problemas com a falta d'água? b) Se a construção de cisternas resolveria o problema da falta d'água no período de estiagem?

O perfil socioeconômico e da infraestrutura hídrica levantados no diagnóstico foram agrupados e analisados mediante a distribuição de frequência, sendo calculadas as frequências relativas e os demais parâmetros da distribuição de frequência.

A fim de estabelecer o potencial de captação de água de chuva da microrregião, buscaram-se junto ao LAMEPE os valores de precipitação mensais e anuais dos últimos 30 anos, seguindo o padrão da normal climatológica tida como quantidade mínima para caracterizar o clima de uma região. Estes dados, no entanto, necessitaram de tratamentos estatísticos específicos conforme descritos no item 3.3.4.

3.3.4 Dados de precipitação

Os dados de precipitação pluviais mensais e anuais da microrregião do Alto Capibaribe, PE foram cedidos pelo Laboratório de Meteorologia de Pernambuco (LAMEPE)

correspondente ao período de janeiro de 1963 a dezembro de 2009. Com base nestes dados foi aplicada análise estatística descritiva.

Para o diagnóstico pluvial dos municípios foram utilizadas seis séries pluviais. Os postos analisados foram: Surubim, coordenadas 7°13'50"S e 35°46'45"W, Vertentes, 7°18'54"S e 35°26'58"W, Frei Miguelinho (Algodão do Manso), 7°56'05"S e 35°50'49"W, Taquaritinga do Norte, 7°17'54"S e 36°18'02"W, Santa Cruz do Capibaribe, 7°12'57"S e 36°13'12"W e Toritama, coordenadas 8°38'00"S e 36°23'03"W.

Em virtude das séries dos postos Casinhas, coordenadas 7°31'44"S e 35°30'43"W, Vertente do Lério, 7°30'46"S e 35°59'50"W e Santa Maria do Cambucá, 7°17'50"S e 35°52'52"W possuírem um número de dados de precipitação inferior a 30 anos de observações até 2009, tiveram aqui de ser vinculados aos municípios dos quais se emanciparam político-administrativamente. São eles: Casinhas e Vertente do Lério (vinculados à Surubim) e Santa Maria do Cambucá (vinculado à Vertentes).

Os totais de chuva mensal e anual foram obtidos acumulando-se, respectivamente, os valores diários e mensais. Os dados brutos (originais) foram arranjados em classes ou categorias, sendo determinados: os intervalos e a amplitude da classe, os pontos médios de cada classe e as suas respectivas frequências.

O número de classes (k) foi obtido mediante utilização da regra empírica: $k=\sqrt{n}$, onde o número de classes (k) é dado pela raiz quadrada do número total de elementos da amostra (n), e o intervalo de classe (h) determinado pela razão entre a amplitude total e o número de classes, sendo o resultado do intervalo arredondado para mais quando dado em casas decimais.

Quando da elaboração da distribuição de frequência admitiu-se que todas as observações relativas a um intervalo de classe coincidem com seu ponto médio de classe. Para apresentação dos resultados foram obtidas para cada série as frequências absolutas, relativas e acumuladas e criados os respectivos histogramas e polígonos de frequência.

Com os dados arranjados pela distribuição de frequência, determinaram-se as medidas de tendência central (média, mediana) e de dispersão (amplitude total, desvio padrão e coeficiente de variação), adotando-se os critérios e fórmulas propostas por Assis, Arruda & Pereira (1996).

As medidas de tendência central foram determinadas pelas seguintes equações:

Média aritmética por:

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i f_i}{\sum f_i} \quad (\text{I})$$

Em que,

X_i é o ponto médio de classe e f_i a frequência absoluta da classe.

A Mediana, representada por:

$$\tilde{X} = l_{Md} + \frac{\left(\frac{n}{2} - \sum f\right)h}{F_{Md}} \quad (\text{II})$$

Em que:

l_{Md} = limite inferior da classe Md

n = tamanho da amostra ou numero de elementos

$\sum f$ = soma das frequências anteriores à classe Md

h = amplitude da classe Md

F_{Md} = frequência da classe Md

Já as medidas de dispersão foram obtidas conforme os modelos a seguir:

Amplitude Total (AT) mediante a equação:

$$AT = L(\text{máx}) - l(\text{mín}). \quad (\text{III})$$

Sendo, L é o limite superior e l , o limite inferior da série.

O Desvio Padrão, obtido pela raiz quadrada de S^2 :

$$S^2 = \frac{1}{n-1} \left[\sum x_i^2 F_i - \frac{\sum (x_i * F_i)^2}{n} \right] \quad (\text{IV})$$

Em que, X_i é o ponto médio de classe, F_i , a frequência absoluta e n , o número total de elementos.

E o Coeficiente de Variação, por:

$$C.V = \frac{S}{\bar{X}} * 100 \quad (V)$$

Sendo: S = desvio padrão amostral \bar{X} = média amostral

A estação chuvosa foi considerada aquela que apresentou uma sequência de pelo menos três meses com os maiores valores medianos, adotando-se a mediana, como medida de tendência central. Para cada mês foram calculados os números de repetições de valores maiores e ou menores do que o valor mediano.

Os dados de chuvas dos meses da estação chuvosa e os anuais foram arranjados em classes, o ponto médio de cada classe determinado pela média aritmética entre os limites inferior e superior da classe, e a representação gráfica foi feita pelo histograma de frequência.

Os totais anuais de precipitação, após serem agrupados em classes e em intervalos de classe, foram ajustados à distribuição normal reduzida (Z), mediante a metodologia proposta por Assis, Arruda & Pereira (1996), utilizando-se a seguinte expressão:

$$Z = \frac{(X - \bar{X})}{s} \quad (VI)$$

Sendo: Z= a variável transformada da curva normal reduzida que tem N (0,1);

X = o limite superior da classe, em mm;

\bar{X} = é a média aritmética (mensal ou anual de chuva, em mm);

S = o desvio padrão da média (mm).

Devido às incertezas na quantidade anual de precipitação, observada em relação à esperada, incluíram seis cenários pluviais distintos, a saber: média do período, o ano mais seco e o ano mais chuvoso e os valores correspondentes aos níveis de 25, 50 e 75% de probabilidade.

O cálculo da probabilidade de ocorrência de chuva, diante das incertezas da ocorrência de precipitação anual, apresenta os níveis de probabilidade obtidos com os dados ordenados de forma crescente, aplicando-se a seguinte função:

$$P = \frac{N}{n + 1} * 100 \quad (\text{VII})$$

N é o número de ordem da série e n é o número total de anos observados. Os resultados indicam que com o aumento da probabilidade aumenta-se a certeza de que o evento ocorra.

Silva et al. (1984) consideram água de consumo familiar aquela usada para beber, cozer alimentos e para a higiene do corpo, com exceção do banho. Neste sentido, para zona rural admitem que uma pessoa consuma no mínimo 14 litros de água por dia e no máximo 28 litros/dia.

De acordo com este contexto, conhecido o volume de água a ser armazenado é necessário estabelecer o dimensionamento do tanque de armazenamento e da área de captação do telhado ou superfície adequado as necessidades hídricas da família.

3.3.5 Determinação de áreas de captação de água de chuva

As áreas de captação dos telhados das residências tiveram como base os valores estabelecidos por Almeida & Oliveira (2009) de 40, 60, 70, 80 e 100 metros quadrados (m²) para a microrregião do Alto Capibaribe, PE. No referido trabalho, as áreas foram estabelecidas através da multiplicação das larguras pelos comprimentos de 105 casas distribuídas no município de Casinhas, PE.

3.3.6 Estimativas dos volumes de captação da água de chuva

Os volumes potenciais de captação de água da chuva (Vc, em litros) foram calculados para cada um dos seis cenários pré-estabelecidos (item 3.3.4), multiplicando-os pela área de cobertura das casas e pelo coeficiente de escoamento (Ce), mediante a expressão:

$$Vc \text{ (litros)} = \text{totais de chuva (em, mm)} \times \text{área do telhado (em, m}^2\text{)} \times Ce \quad (\text{VIII})$$

O coeficiente de escoamento utilizado foi de 0,75, valor este recomendado por Silva et al. (1984) para áreas de captação cobertas com telhas de barro. Para uniformizar o sistema de

unidades e obter o volume em litros, utilizou-se a seguinte relação: 1 mm de chuva equivale ao volume de 1 litro por cada m² de área.

O consumo de água foi estimado com base no uso da água para beber, para cozer alimentos e para a higiene do corpo, com exceção do banho, mas, devido à dificuldade de medir o volume consumido nessas diferentes atividades, não adotou-se o mesmo valor per capita diário de 14 litros (mínimo) e 28 litros (máximo) recomendado pela Embrapa (SILVA et. al, 1984) para o semiárido nordestino, adotou-se o valor médio de 21l, aqui obtido por pela média aritmética entre os valores máximo e mínimo.

De posse dos seis cenários estabelecidos para a ocorrência de chuva foi feita uma relação entre os potenciais possíveis de captação (fonte) *versus* consumo e o dimensionamento da área de captação necessária segundo Silva et al. (1988), mediante a seguinte expressão:

$$Ac = \frac{V}{C * P} \quad (IV)$$

V é o volume total necessário (m³), C, o coeficiente de escoamento superficial e P (em m), o valor de precipitação estabelecido para cada cenário.

O resumo tabular desse conjunto de dados foi feito determinando-se o valor correspondente a cada cenário e a representação gráfica.

Os cálculos e as análises estatísticas realizadas no presente trabalho, bem como, as confecções de gráficos, quadros e tabelas foram feitos utilizando-se a planilha Excel.

CAPÍTULO 4

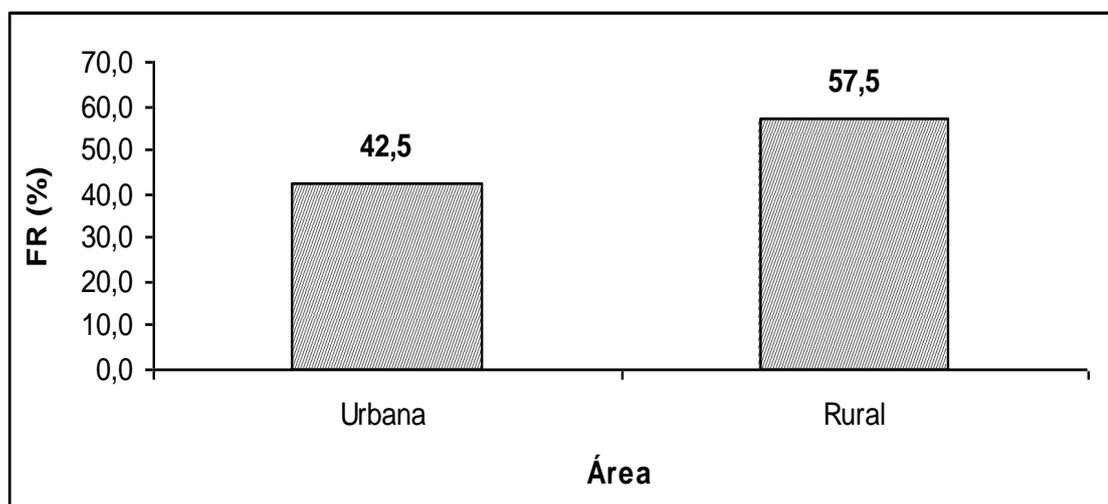
RESULTADOS E DISCUSSÕES

4. Perfil Socioeconômico e Hídrico da Microrregião do Alto Capibaribe, PE

De posse dos dados obtidos por meio de questionários foi aplicada para cada município, a análise tabular simples (frequência relativa), bem como a análise das médias. Por meio de tais recursos estatísticos procurou-se descrever as principais características da população inserida na microrregião do Alto Capibaribe, PE.

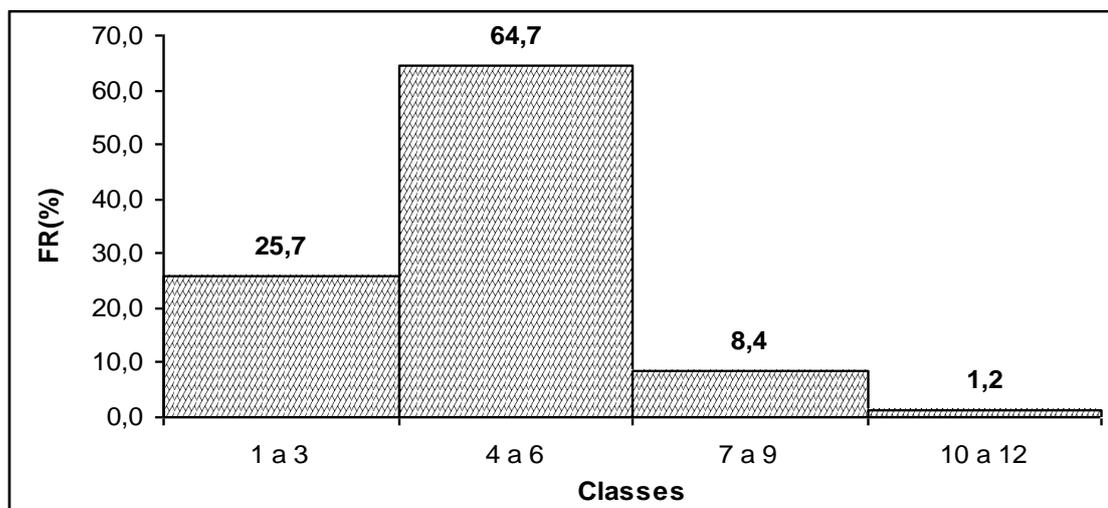
Na Figura 8, observa-se que a maioria da população da microrregião do Alto Capibaribe, PE vive na zona rural (57,5%) todavia, levando em consideração a análise particular dos dados, destacam-se na microrregião os municípios de Vertentes, Taquaritinga do Norte, Santa Cruz do Capibaribe e Toritama por apresentarem mais de 50% da população em área urbanizada. Para tanto, registra-se a existência de pólos de confecção nos dois últimos municípios supracitados.

Figura 8 - Localização das residências na microrregião do Alto Capibaribe, PE



Os percentuais de pessoas residentes por domicílio, nos quatro intervalos de classe estudados, são mostrados na (Figura 9). Por essa amostragem, identifica-se que por domicílio vivem em média de quatro a seis pessoas (64,7%), embora haja indícios de decréscimo familiar, visto que 25,7% têm de uma a três pessoas. Ressalta-se, entretanto, que quatro é o número médio de pessoas por casa na microrregião do Alto Capibaribe, PE.

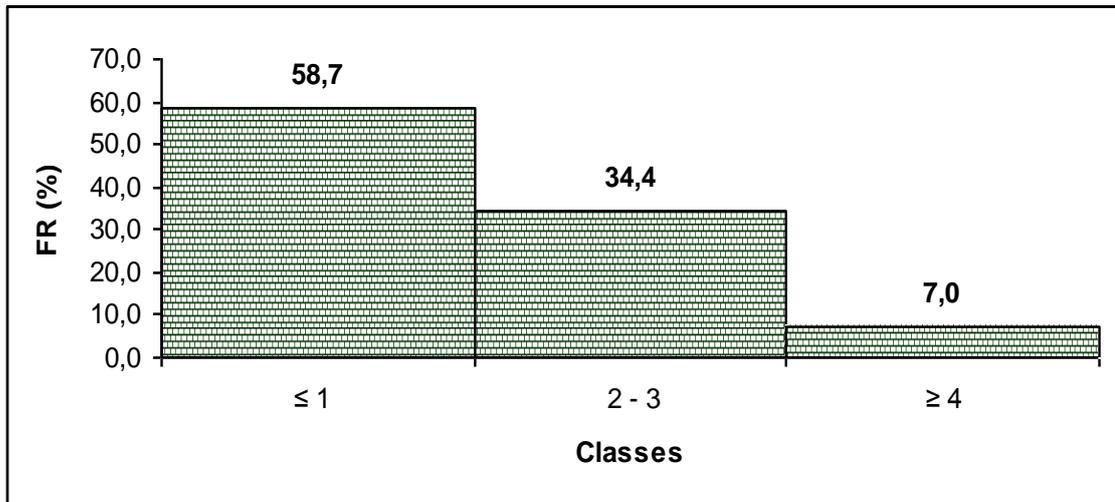
Figura 9 - Número de pessoas por domicílio com sua respectiva frequência relativa. Microrregião do Alto Capibaribe, PE.



Considerando a fonte de renda mensal da família, observa-se (Figura 10) que em 58,7% dos casos a renda é de no máximo um salário mínimo. Neste cenário, vale salientar que há famílias que sobrevivem apenas com o auxílio Bolsa Família, que é um programa de transferência de renda do Governo Federal, criado em 2003 com o intuito de assistir financeiramente as famílias pobres (com renda per capita de R\$ 10,00 a 140,00 reais) e/ou extremamente pobres (até R\$ 10,00 reais). O valor do benefício recebido pode variar entre R\$ 32,00 a R\$ 306,00. Em contrapartida, as famílias devem manter seus filhos e/ou dependentes na escola e vacinados.

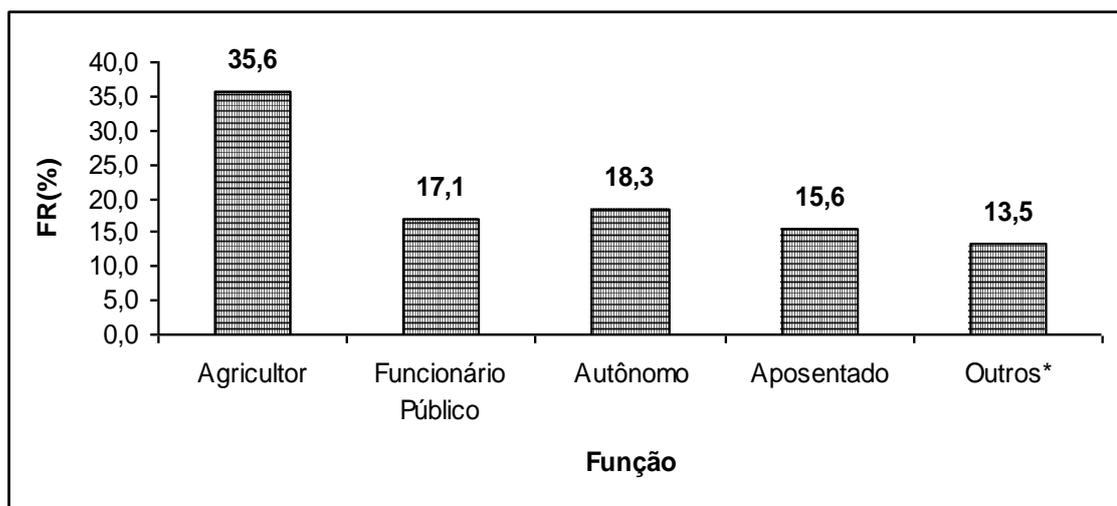
Esse baixo nível de renda da população está, no entanto, associada a um baixo nível de instrução, conforme Oliveira (2009), que comprova a carência de mão de obra qualificada na região através deste indicador (instrução), o que acaba impossibilitando, portanto, o acesso e/ou a oportunidade de exercer melhores postos de trabalho o que vem a comprometer o desenvolvimento econômico social dos municípios.

Figura 10 – Frequência relativa da renda mensal das famílias da microrregião do Alto Capibaribe, PE.



Com relação à atividade profissional do responsável pelo domicílio (Figura 11) observa-se ser agricultor a principal ocorrência em 35,6%, seguido do autônomo (18,3%) e do funcionário público (17,1%). Embora a média tenha apresentado este resultado, segundo Oliveira, Nóbrega & Almeida (2011) os maiores responsáveis pela obtenção de renda nesta microrregião são respectivamente, os agricultores, os funcionários públicos e os aposentados, neste caso porque quatro dos nove municípios apresentaram exatamente esta sequência de atividades, são eles: Casinhas, Vertente do Lério, Santa Maria do Cambucá e Surubim.

Figura 11 – Frequência relativa das principais atividades dos responsáveis pelo domicílio na microrregião do Alto Capibaribe, PE.



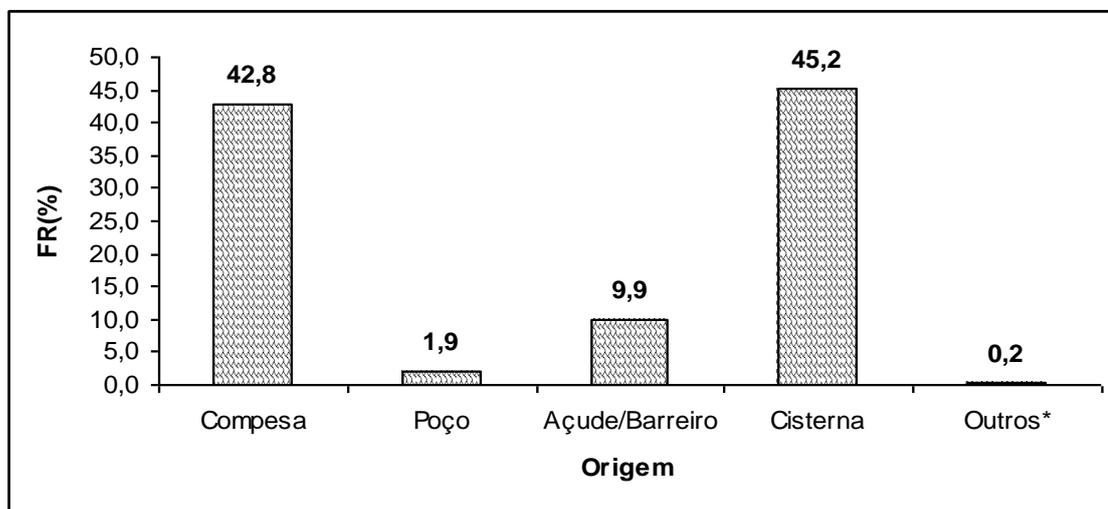
Os demais municípios diferem seu comportamento haja vista a funcionalidade de seu território. Observa-se, por exemplo, que em Santa Cruz do Capibaribe e Toritama, 64% e 60% respectivamente dos responsáveis trabalham como autônomos, aqui representando aqueles

que trabalham no comércio, formal ou informal e de forma direta ou indireta. Em contrapartida, em todos os municípios ocorreram percentuais para os trabalhos temporários (os chamados bicos), ocorrentes devido à condição de sequeiro.

Condição esta que tem limitado o trabalho agrícola e estimulado a procura por outras atividades (Figura 11) em 13,5%, tais como: servente e/ou ajudante de pedreiro e pedreiro. Assim, esta combinação de atividades agrícolas e não agrícolas insere a família rural em diferentes setores, o que confirma a ampliação de seu campo de atuação associado ao enfoque da pluriatividade como estratégia de obtenção de renda, Maluf (2003).

Em relação à questão hídrica, a Figura 12 mostra a origem da água consumida, e identifica que 45,2% utilizam água originariamente captada e armazenada na cisterna, e o restante da população, água da COMPESA (Companhia Pernambucana de Saneamento e Abastecimento), 42,8%, e de poço/ açudes e/ou barreiros, 12%. Entretanto, vale destacar que o fornecimento d'água pela Companhia de Abastecimento atende mais amplamente, considerando uma distribuição igual ou superior a 50% da população, apenas os municípios de Surubim, Vertentes, Santa Cruz do Capibaribe e Toritama.

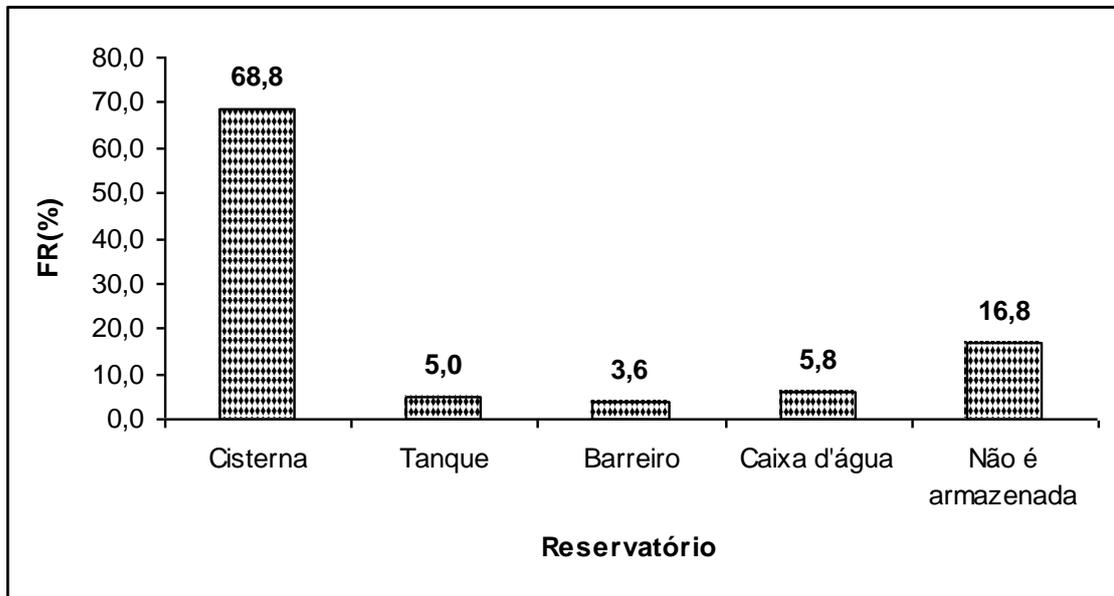
Figura 12 – Locais de origem da água consumida na microrregião do Alto Capibaribe, PE.



Já na Figura 13, os locais de armazenamento de água, mostra-nos que 68,8% da população costumam armazenar a água em cisternas e apenas 14,2% em barreiros, tanques e caixas d'água, contudo, 16,8% não a armazenam. Esta condição de não armazenagem é preocupante do ponto de vista social e hídrico haja vista que durante o período de escassez esta população terá ainda pior sua possibilidade de atender a demanda hídrica, já que neste cenário se identificam residências com locais de armazenamento (tipo cisternas) que mesmo possuindo certa capacidade, acabam secando durante a estiagem e para a família ter acesso a

água para o consumo precisa adquiri-la monetariamente, o que nem sempre é possível para a maioria da população desta região devido ao baixo nível de renda das famílias.

Figura 13 – Frequência relativa dos principais tipos de reservatórios usados para armazenar a água de chuva na microrregião do Alto Capibaribe, PE.



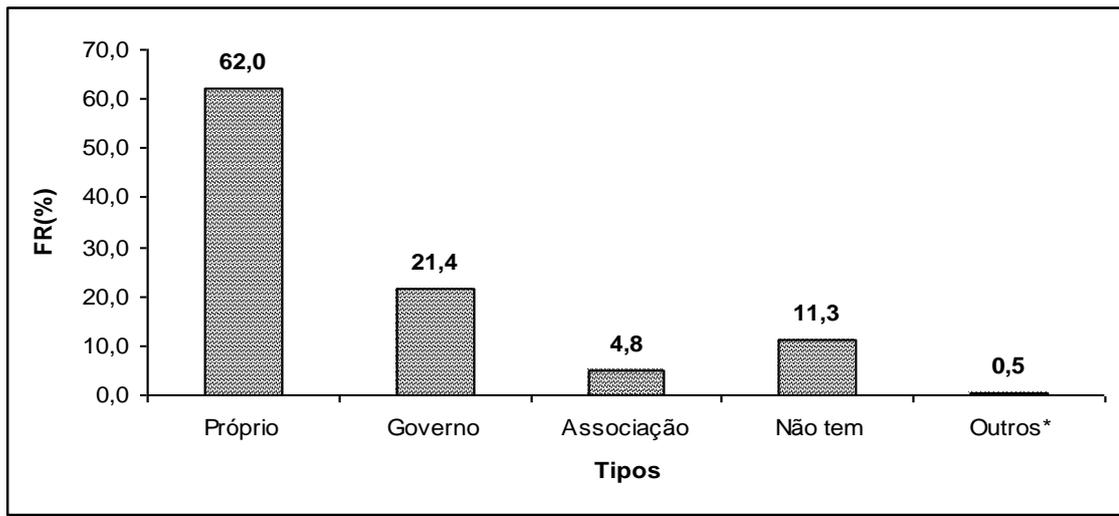
Em média, 32,7% da população afirmam que tem algum problema com a falta d'água (Figura 14), nestes casos diagnostica-se que, não existem locais para o armazenamento de água para garantir a subsistência em caso de sua falta em 11,3% ou a infraestrutura de armazenamento existente não atende a demanda hídrica da família, ou seja, não está dimensionada adequadamente.

Figura 14 – Número de famílias com problemas com a falta d'água na microrregião do Alto Capibaribe, PE.



As diferentes formas de financiamento para construção das infraestruturas hídricas na microrregião do Alto Capibaribe são mostradas na Figura 15. Dos entrevistados que possuem cisternas, 62% foram construídas com recursos próprios e cerca de 21,4% pelo Programa de Um Milhão de Cisternas do Governo Federal (PIMC). No entanto, 11,3% dos moradores não têm nenhum tipo de infraestrutura hídrica, por não ter condições financeiras para construí-la.

Figura 15 – Recursos financeiros aplicados na construção da infraestrutura hídrica na microrregião do Alto Capibaribe, PE.



Mesmo assim, 92,1% dos entrevistados (Figura 16) citaram as cisternas, como sendo a melhor alternativa para armazenar água da chuva porque se entende que o aumento na oferta da água colabora com a melhoria da qualidade de vida da população além de permitir a fixação da família no seu local de origem.

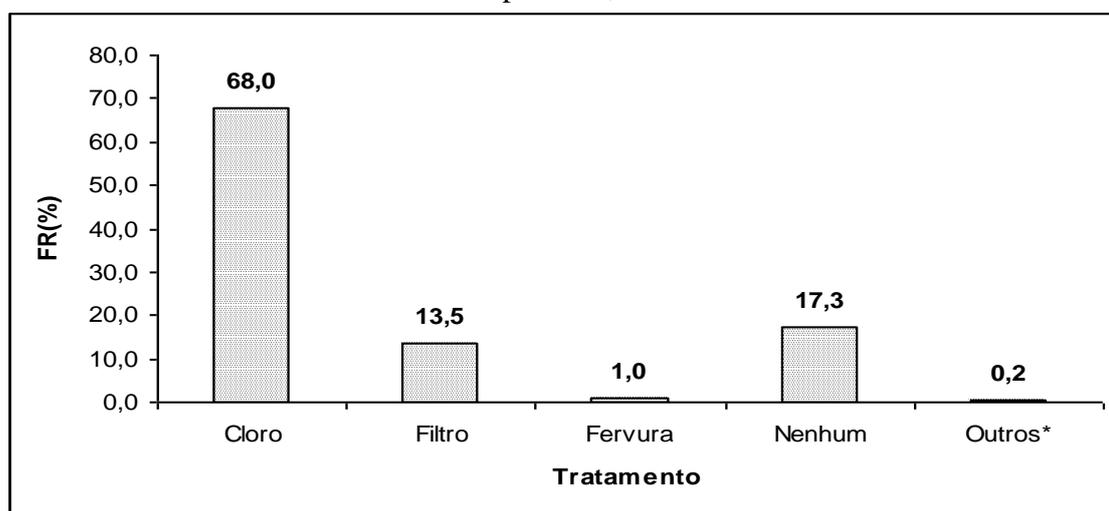
Figura 16 – Considerações sobre a utilização de cisternas no semiárido.



Diagnosticou-se, também (Figura 17), que 17,3% das famílias não fazem nenhum tratamento na água e 0,2% usam peixes nas cisternas como uma forma de tratamento. Na verdade, os peixes da espécie *Axtianax spp*, tipo piaba não fazem tratamento e sim eliminam larvas. O consumo de água não tratada é preocupante, visto que muitas doenças são transmitidas pela ingestão ou uso de água sem tratamento.

Mas, de um modo geral, há uma preocupação da população com relação à água de qualidade, por isso, 68% dos entrevistados, aplicam hipoclorito de sódio na água, produto este cedido pelos agentes comunitários de saúde dos municípios a fim de combater microorganismos porventura existentes.

Figura 17 - Principais formas de tratamento na água para o consumo na microrregião do Alto Capibaribe, PE.



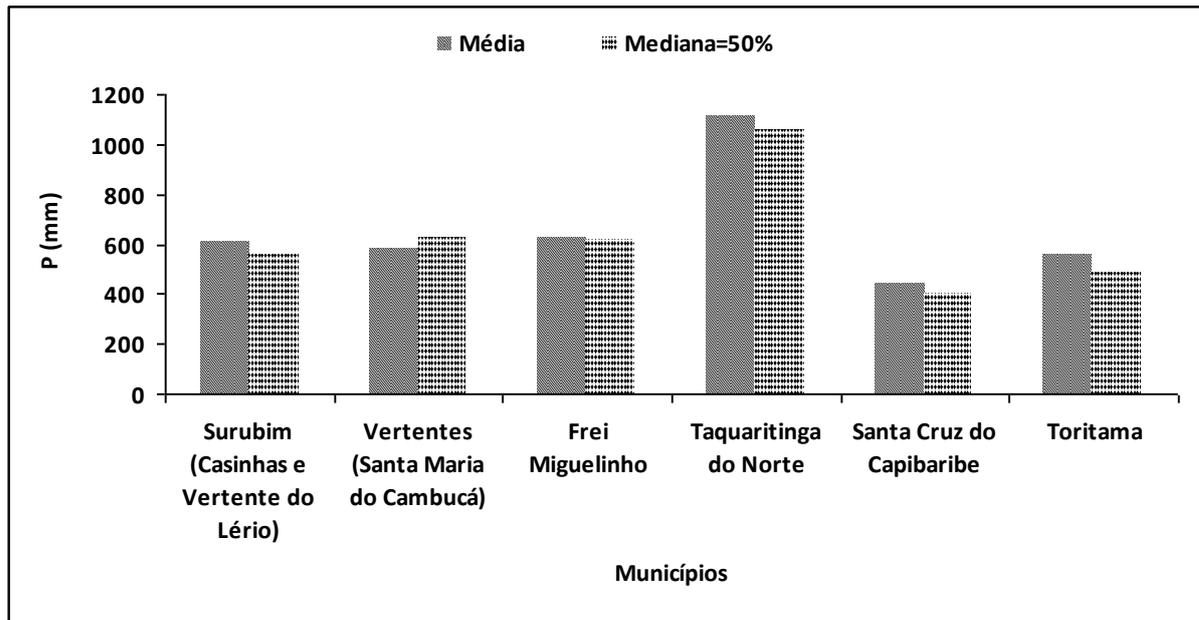
4.1. Regime Pluvial da Microrregião do Alto Capibaribe, PE

Entende-se que o baixo poder aquisitivo da população da microrregião do Alto Capibaribe, PE impede a construção de reservatório que permita armazenar grandes volumes de água. Diante disto, tem-se na captação da água de chuva, utilizando-se os telhados das habitações, uma tecnologia alternativa para aumentar a disponibilidade de água.

Por isso, há necessidade de estudos que permitam estabelecer, primeiramente, as características do regime pluvial, a fim de se estimar os Volumes Potenciais de Captação (VPC) para diferentes cenários. Neste ensaio, de acordo com o regime pluvial de cada município foram obtidos os potenciais de captação de água de chuva e as estimativas das áreas de captação necessárias para o atendimento da demanda hídrica.

Os principais resultados mostraram que a precipitação média da microrregião do Alto Capibaribe é de 654,3mm e a mediana 624,8 mm. No entanto, na Figura 18 que relaciona as médias e as medianas por município (série), observa-se que os menores valores médios e da mediana ocorrem em Santa Cruz do Capibaribe com 438,3 mm e 402 mm e os maiores em Taquaritinga do Norte, com 1115,4 mm e 1061,5 mm respectivamente.

Figura 18 – Médias e medianas por município da microrregião do Alto Capibaribe, PE.

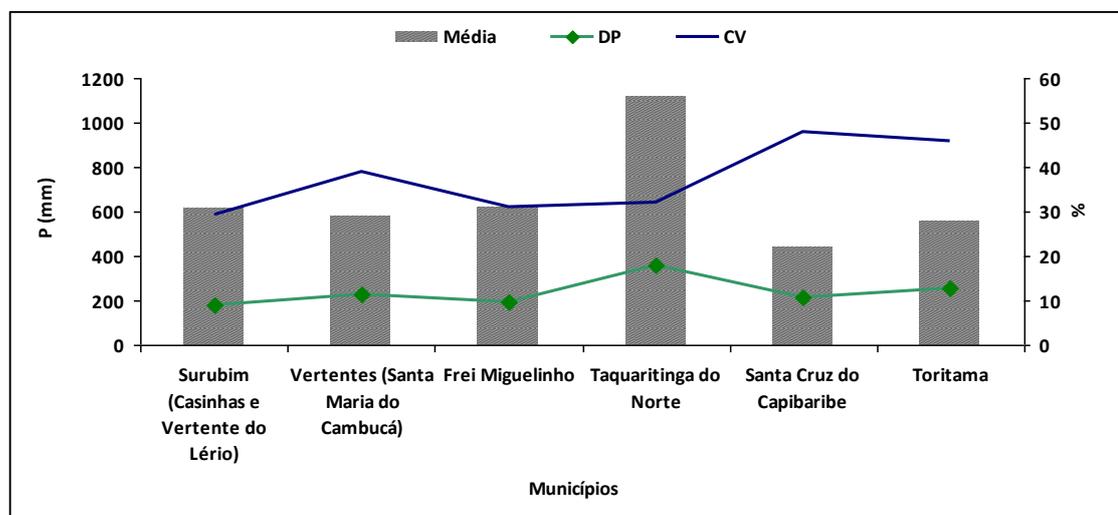


Geograficamente o motivo dos baixos índices pluviométricos de Santa Cruz do Capibaribe deve-se por estar inserida na unidade geambiental da Depressão Sertaneja, com altitude de 438 m, situada a oeste de Taquaritinga do Norte, portanto a sotavento, enquanto Taquaritinga diferentemente está inserida no planalto da Borborema e possui uma altitude variando entre 650 e 1000 metros (CPRM, 2005).

Ainda de acordo com a Figura 18, verifica-se que o valor médio de precipitação para Surubim e Frei Miguelinho é de 614,3 mm e 623,6 mm respectivamente, enquanto Vertentes e Toritama dispõem de 578 mm e 556,7 mm.

De posse dos valores obtidos dos desvios padrão com relação a média, verifica-se um elevado grau de dispersão, demonstrado pelos resultados dos coeficientes de variação, Figura 19, com destaque para os municípios de Santa Cruz do Capibaribe e Toritama, com os valores mais elevados, de 48% e 46%, reflexo de uma elevada variabilidade pluviométrica anual.

Figura 19 – Desvios padrão e coeficientes de variação com relação à média na microrregião do Alto Capibaribe, PE.



Considerando os valores obtidos das zonas de normalidade (Tabela 2), constata-se que a quantidade de anos chuvosos, aqueles com valores acima da média + o desvio padrão, equipara-se aos anos considerados secos, aqueles abaixo da média – o desvio padrão (em quantidade). Todavia, observa-se que a maioria dos anos considerados chuvosos estão concentrados nas décadas de 60, 70 e 80, diferentemente dos anos secos, nos quais as maiores ocorrências estão nas décadas de 90 e 00, o que pode descrever uma mudança no padrão das chuvas para a citada microrregião.

Tabela 2 – Principais zonas de normalidade para a microrregião do Alto Capibaribe, PE.

Zona de Normalidade		
Municípios	Anos	
	Acima da Média + DP	Abaixo da Média - DP
Surubim (Casinhas e Vertente do Lério) (434 - 794 mm)	1964; 1966; 1969; 1974; 1977; 1978; 1985	1997; 1999; 2001; 2003
Vertentes (Santa Maria do Cambucá) (352,3 - 803,7 mm)	1977; 1985	1963; 1990; 1993; 1995; 1997; 1999; 2001
Frei Miguelinho (431,4 - 815,8 mm)	1977; 1986; 2000; 2004	1968; 1993; 1995; 2003; 2006
Taquaritinga do Norte (756,8 - 1474 mm)	1964; 1974; 1975; 1986; 2004	1980; 1993; 1997; 2007; 2008
Santa Cruz do Capibaribe (226,4 - 650,2 mm)	1966; 1967; 1969; 1972; 1974; 1977	1979; 1993; 2006

Toritama
(299,3 - 814,1 mm)

1964; 1966; 1985; 2000;
2004

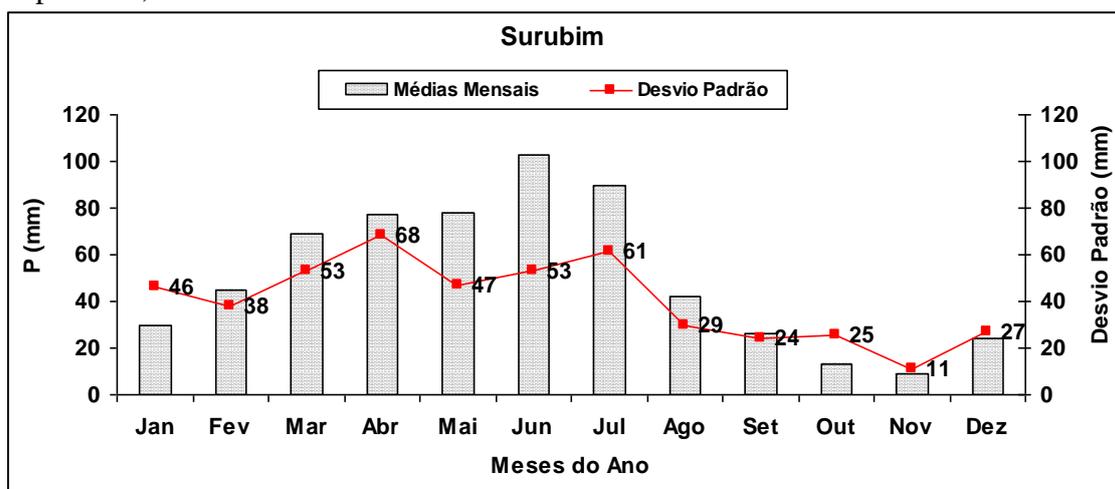
1979; 1993; 1999

Fonte: Dados de precipitação LAMEPE (1963-2009). Elaborado por: Geórgia Cristina de Sousa Oliveira⁵

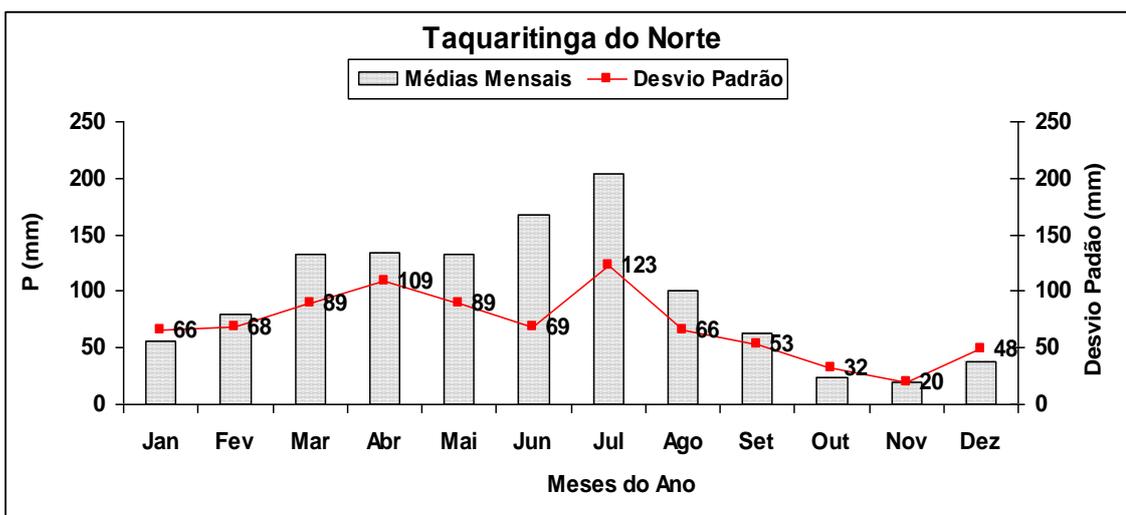
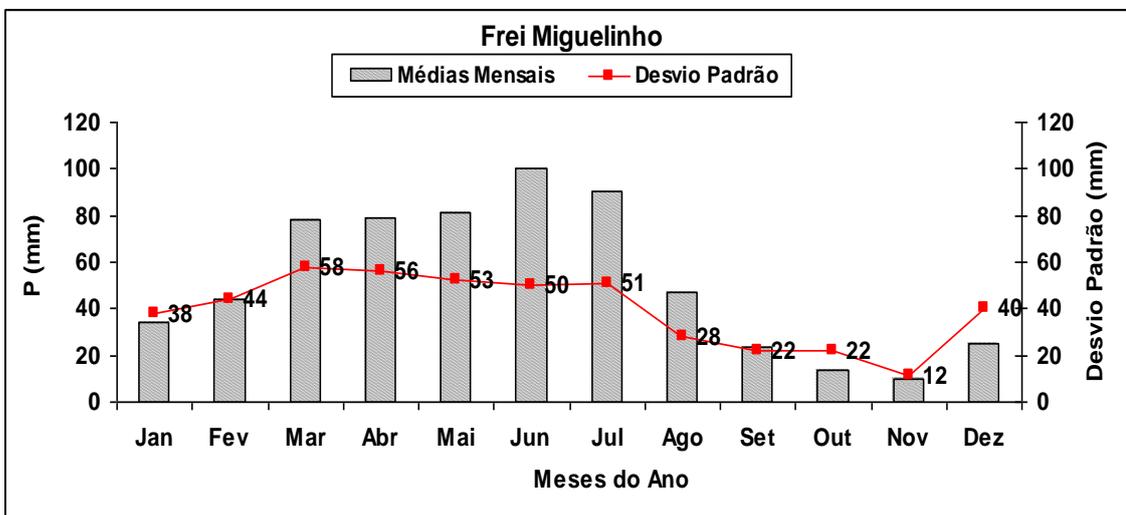
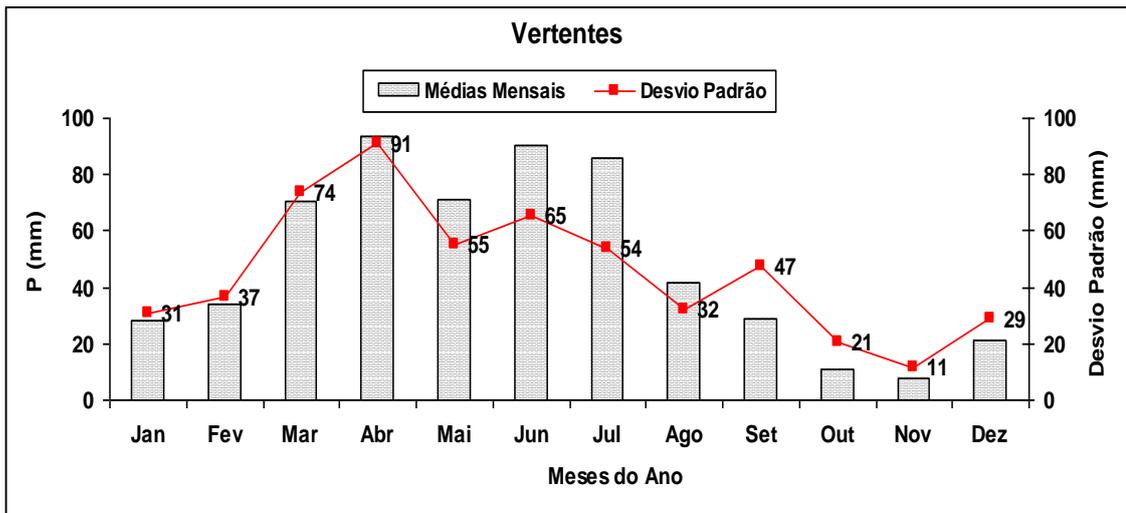
A principal explicação encontrada para os menores valores de precipitação foi a ocorrência do evento ENOS (El Niño Oscilação Sul) na maioria dos anos com precipitação abaixo da média, anos considerados secos, já os maiores valores de precipitação estão relacionados especialmente a ocorrência da La Niña. No entanto, vale salientar que foram identificados alguns anos de ocorrência do El Niño com precipitação acima da normalidade, bem como anos de La Niña, com precipitação muito abaixo, neste caso, anos considerados secos, que deve estar associado a ocorrência de outros eventos.

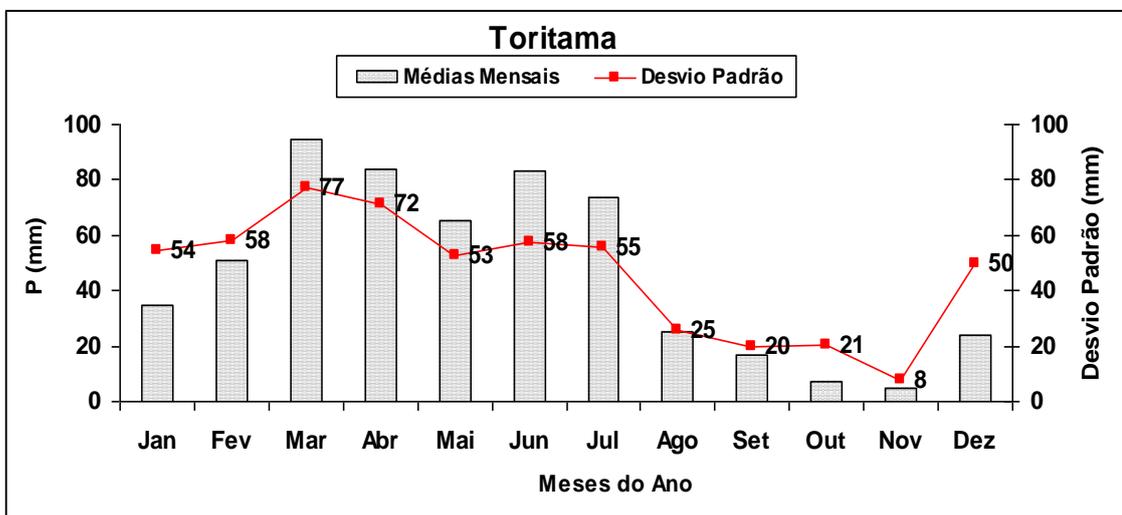
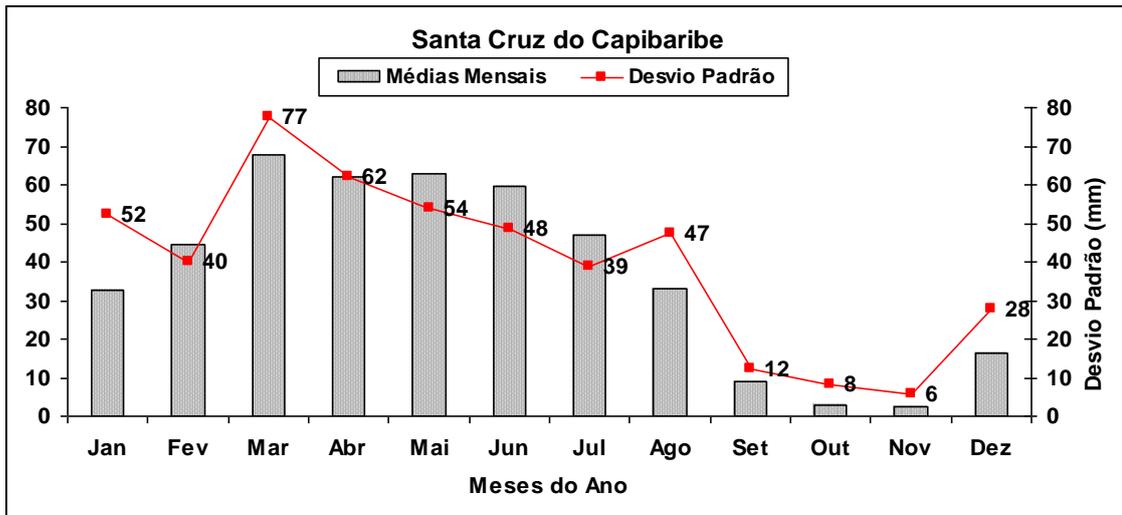
Com relação às médias mensais e os desvios padrão da precipitação pluvial (Figuras 20a) observa-se que além de apresentarem uma extrema variabilidade anual, as médias conseguem superar o desvio padrão mensal por oito meses em Surubim e Taquaritinga do Norte, e por sete meses em Frei Miguelinho, indicando um maior período chuvoso. Enquanto nas séries de Vertentes, Santa Cruz do Capibaribe e Toritama são os desvios padrão que superam as próprias médias por sete meses, caracterizando a ocorrência de um maior período seco.

Figuras 20a - Médias mensais da média e do desvio padrão da chuva na microrregião do Alto Capibaribe, PE.



⁵ Os anos sublinhados na Tabela 2 correspondem a anos de El Niño, já os de La Niña são todos os demais, independentes de sua intensidade (forte, moderada e fraca), segundo registro de anos de ocorrência do El Niño e La Niña do CPTEC/INPE. Disponível em: <http://enos.cptec.inpe.br> Acesso em: 19/02/2012.





A fim de identificar o período chuvoso na microrregião do Alto Capibaribe, considerando uma sequência do valor mensal mediano \geq (igual ou maior que) 50 mm, constatou-se (Tabela 3) que a estação chuvosa de Surubim, Vertentes, Frei Miguelinho e Toritama vai de março a julho, ao passo que a de Taquaritinga do Norte ocorre de fevereiro a setembro e a de Santa Cruz do Capibaribe, apenas entre maio e junho, sendo a estação mais curta.

Neste período chove em média o equivalente a 60% do valor mediano anual em Surubim, Vertentes, Frei Miguelinho e Toritama, enquanto em Taquaritinga do Norte durante o citado período chove 83,6% do total anual, o equivalente a 887 mm, e em Santa Cruz do Capibaribe apenas 26% que corresponde a 105 mm, centrados nos dois meses da estação chuvosa.

Tabela 3 – Estação chuvosa da microrregião do Alto Capibaribe, PE.

Estação Chuvosa			
Municípios	Intervalo	Volume de Chuva (l/m²)	Meses com Maior Precipitação
Surubim	Março a Julho	375,5	Junho/Julho
Vertentes	Março a Julho	329,5	Junho/Julho
Frei Miguelinho	Março a Julho	387	Junho/Julho
Taquaritinga do Norte	Fevereiro a Setembro	887	Junho/Julho
Santa Cruz do Capibaribe	Mai e Junho	105	Mai/Junho
Toritama	Março a Julho	339	Abril/Julho

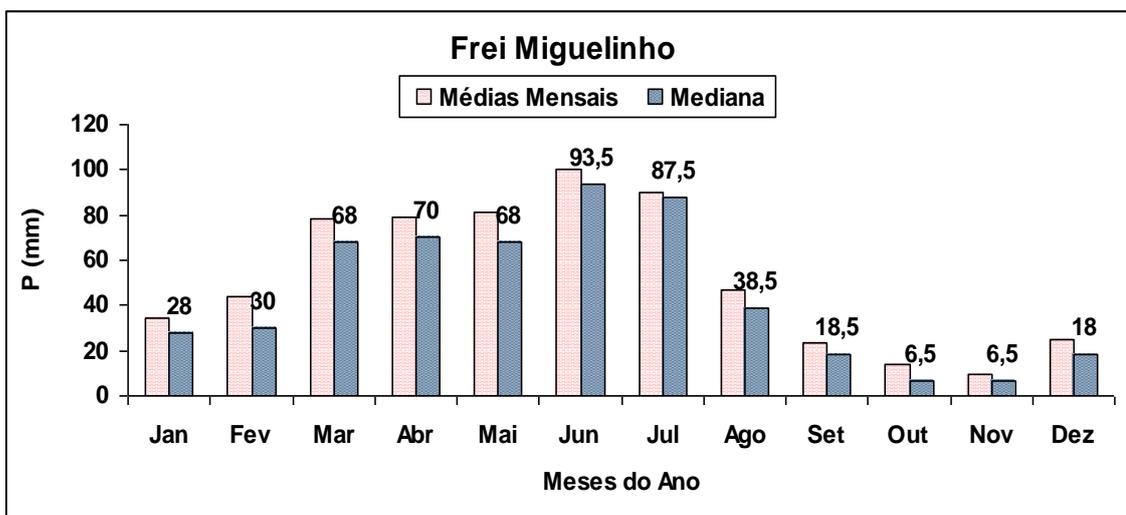
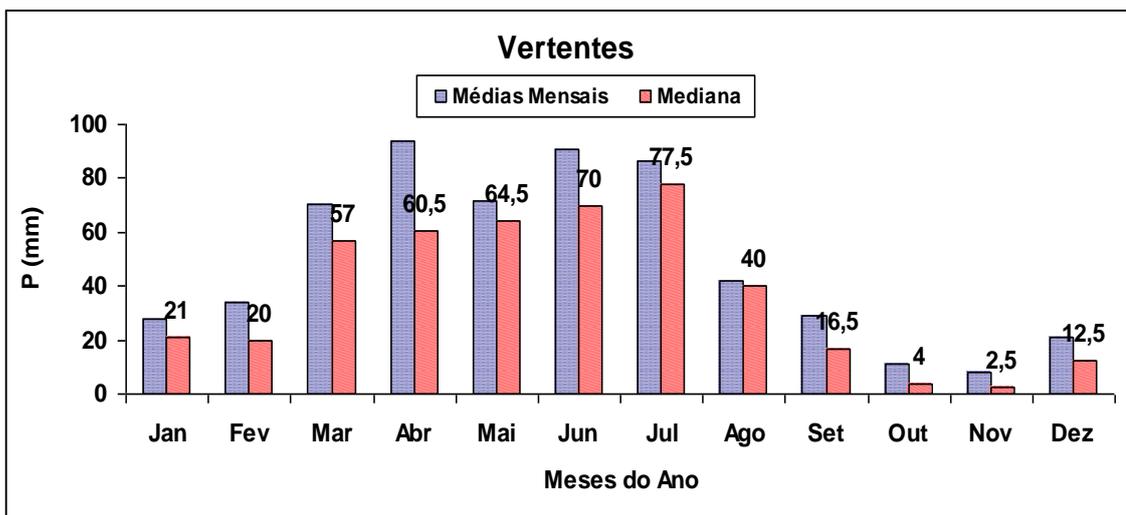
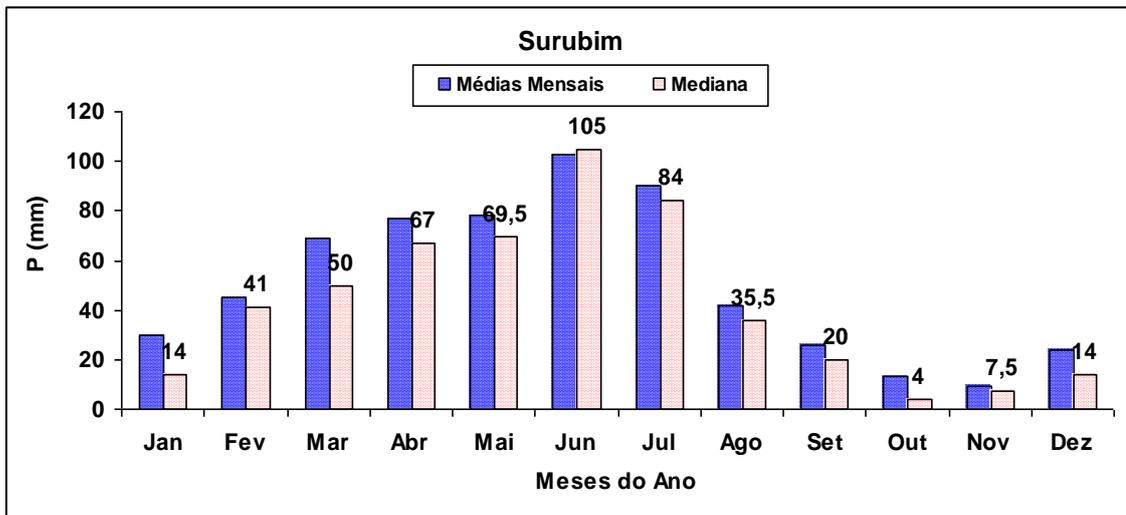
Fonte: Dados de precipitação LAMEPE (1963-2009). Organizado por: Geórgia Cristina de Sousa Oliveira.

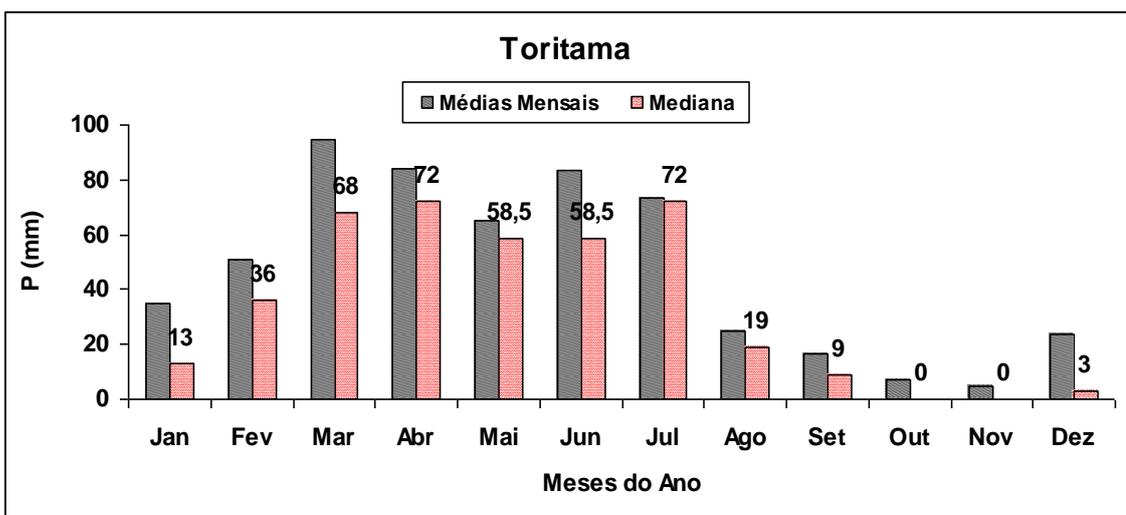
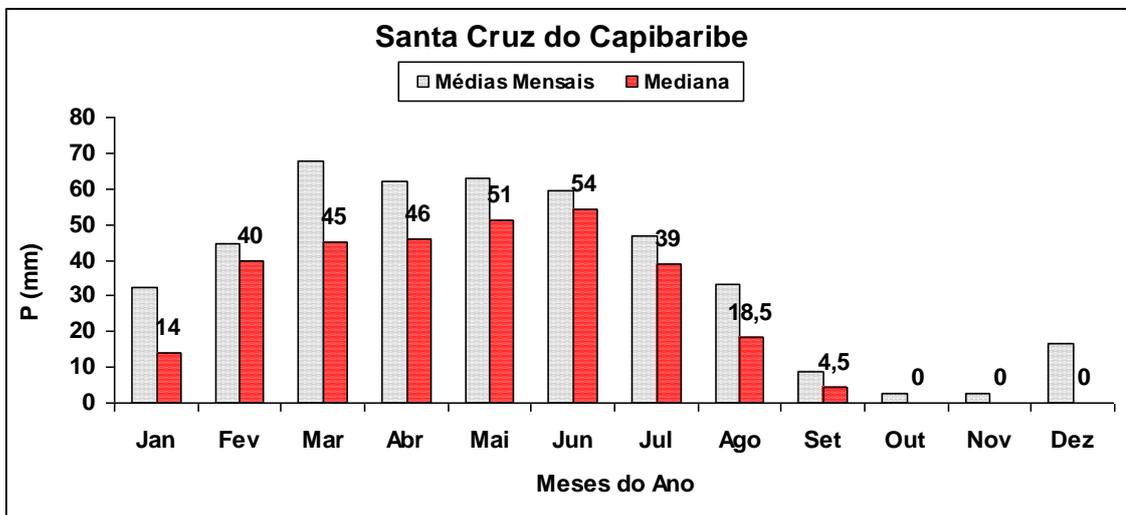
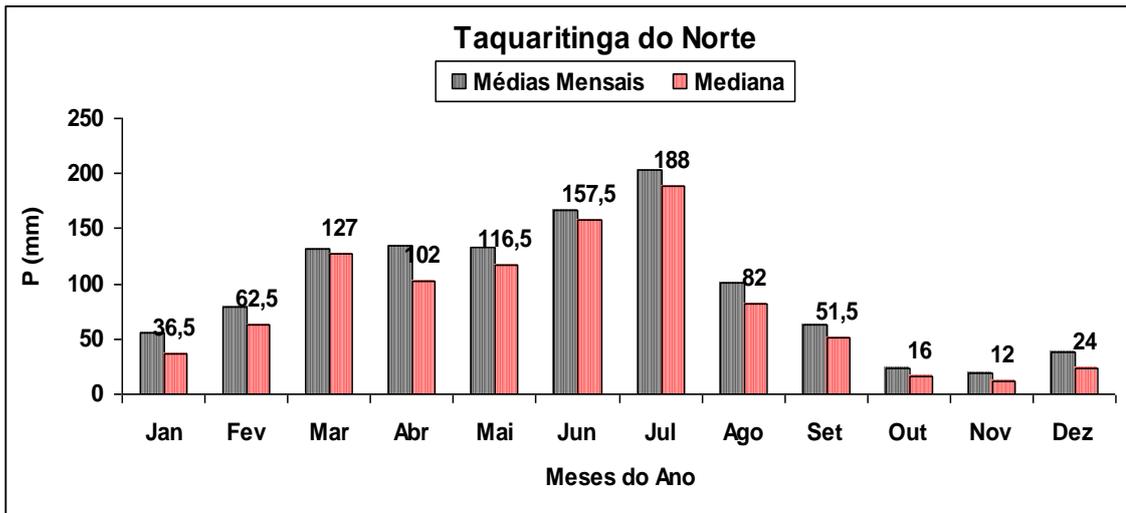
Constata-se ainda que os meses com maior precipitação durante a estação chuvosa na microrregião são junho e julho, demonstrados nas séries de Surubim, Vertentes, Frei Miguelinho e Taquaritinga do Norte. Em Santa Cruz do Capibaribe os maiores volumes de precipitação estão nos dois meses da estação chuvosa, maio e junho, enquanto em Toritama os maiores volumes ocorrem em abril e julho. Vale salientar que até mesmo no período chuvoso, os desvios padrão são elevados e correspondem a mais da metade do valor da média esperada.

As elevadas variabilidades mensais verificadas na média aritmética indicam que esta medida de tendência central pode não ser o valor mais provável de ocorrer nesse tipo de distribuição, por isso, tem-se a mediana como a medida mais indicada por estar próxima aos valores centrais da amostra e não ser influenciada pelos valores extremos.

As Figuras 20b mostram os valores mensais de precipitação pluvial utilizando-se as duas medidas de tendência central, a média e a mediana. Observa-se que as médias aritméticas mensais da precipitação são sempre maiores que a mediana. Essa condição indica o modelo assimétrico da distribuição e que o coeficiente de assimetria é positivo, com os valores tendendo ao limite inferior da classe. Por isso, usar a mediana como medida de tendência central concorda com os resultados encontrados em outros locais do semiárido nordestino por Almeida (2003), Almeida, Ramos & Silva (2005) e Almeida & Pereira (2007).

Figuras 20b - Valores mensais da média e da mediana da chuva na microrregião do Alto Capibaribe, PE.



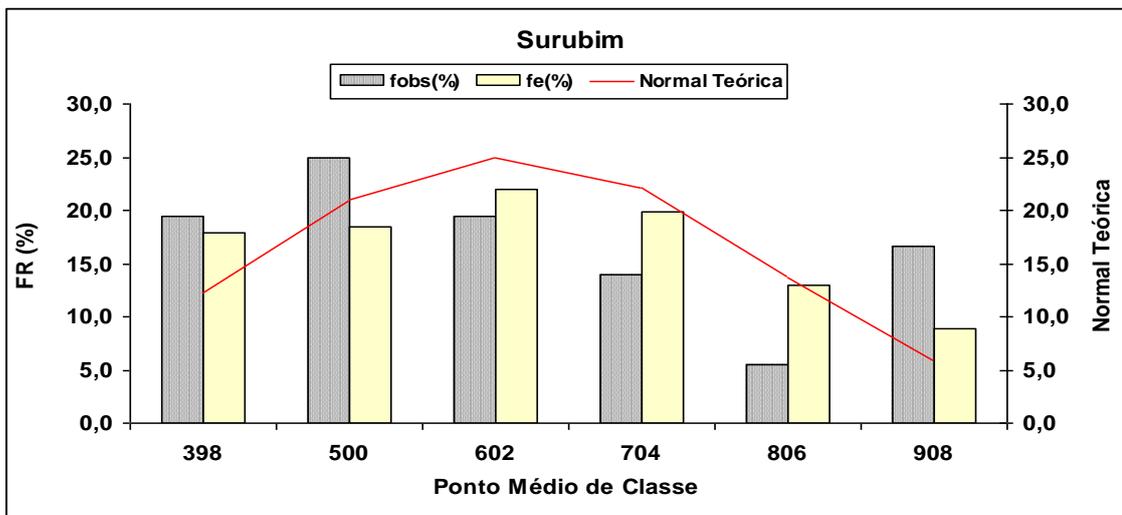


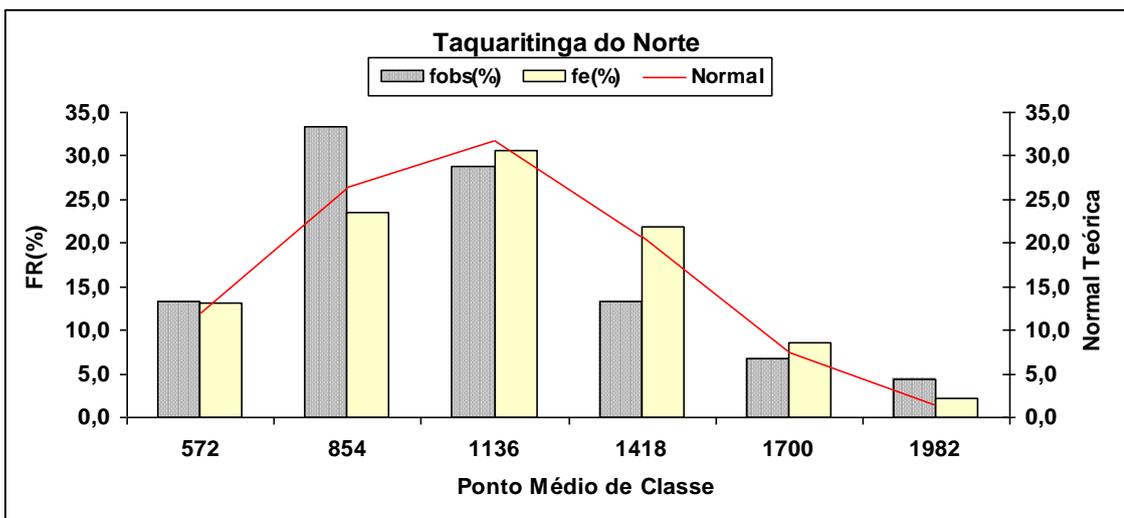
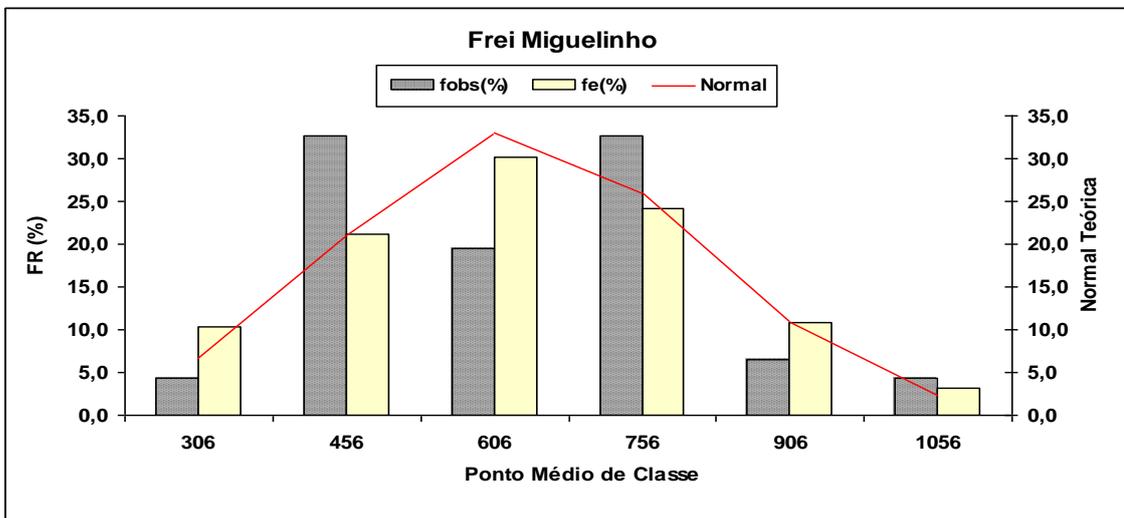
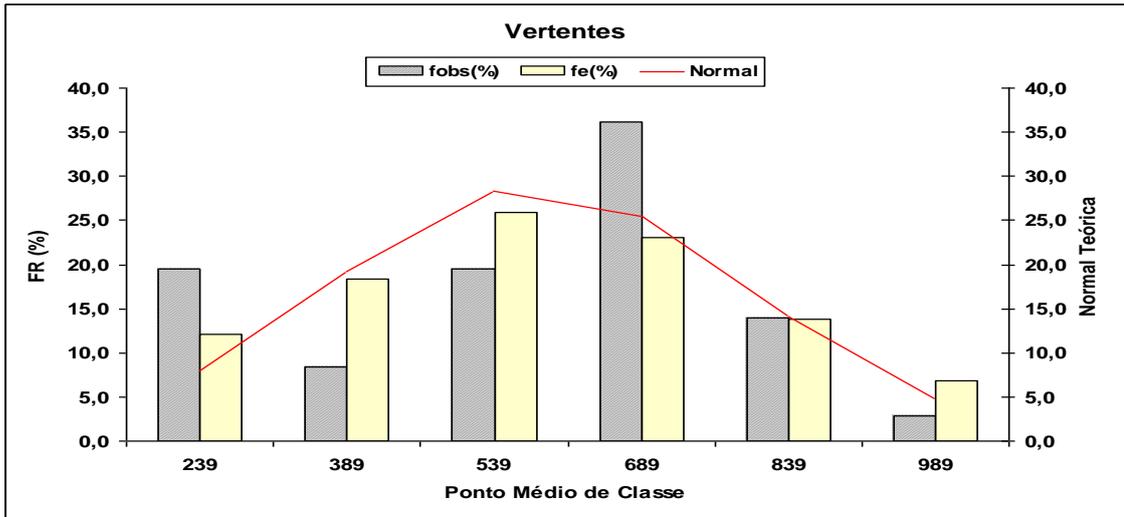
Como nem sempre é possível determinar na prática a probabilidade de um evento, é necessário neste caso ter um método de aproximação desta probabilidade. Um dos métodos

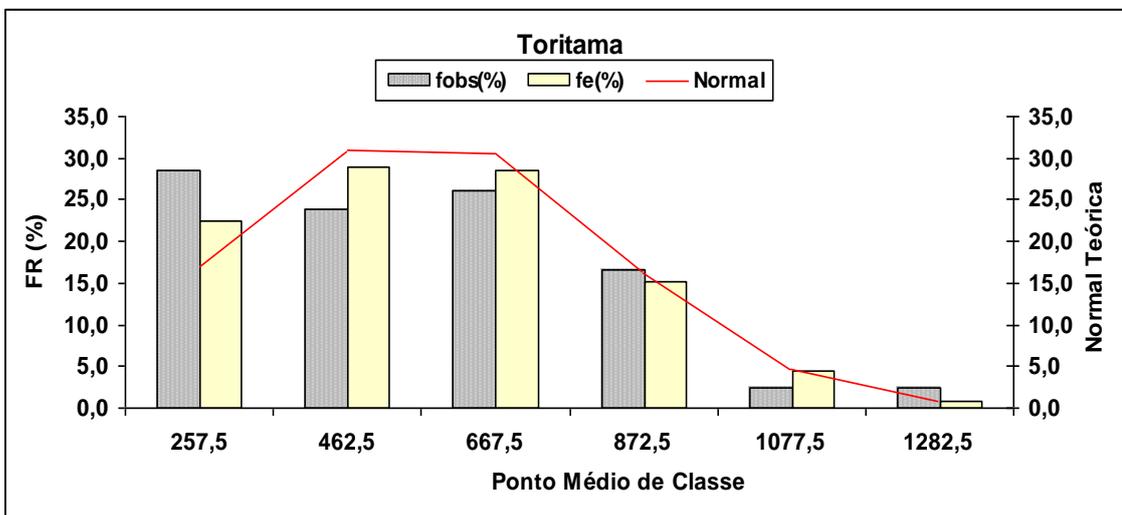
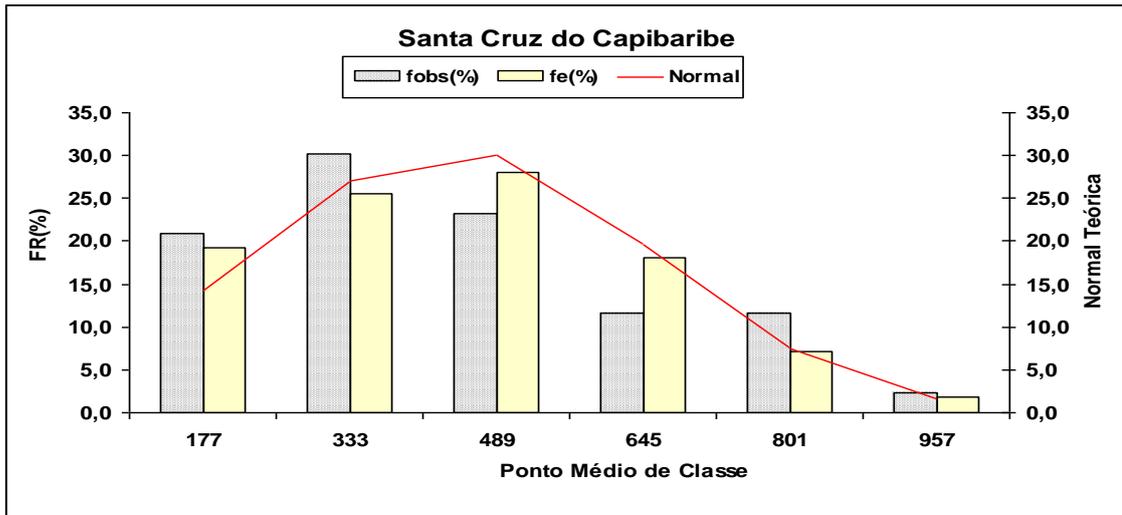
utilizados é a experimentação que objetiva estimar o valor da probabilidade de um evento **A** com base em valores reais. A probabilidade avaliada através deste processo é denominada de probabilidade empírica. Pelo conceito da repetição, a probabilidade é determinada com base no número de vezes que o evento **A** ocorre em certo número de observações, ou seja, pela frequência relativa.

Porém, o ajuste dos dados anuais de chuvas a uma distribuição de frequência, ao invés de estimar a probabilidade por modelos empíricos, permite identificar as chances de ocorrência a níveis estatísticos mais precisos. Por isso, os totais anuais de chuvas foram ordenados, utilizando-se critérios pertinentes à distribuição de frequência. As frequências observadas e esperadas foram ajustadas a distribuição normal reduzida, centradas no Ponto Médio de Classe (PMC), cujos valores de frequência observada e esperada, em %, centradas nos PMC são mostrados nos histogramas (Figuras 20c).

Figuras 20c - Frequências observadas e esperadas para os totais anuais de precipitação pluvial, ajustados a distribuição normal reduzida na microrregião do Alto Capibaribe, PE.







Observa-se que as maiores frequências esperadas tendem a ser maior na parte central da curva normal teórica, que corresponde ao PMC entre 602 e 704 mm em Surubim, 539 e 689 mm em Vertentes, 606 e 756 mm em Frei Miguelinho, 854 e 1136 mm em Taquaritinga do Norte, 333 e 489 mm em Santa Cruz do Capibaribe e entre 462,5 e 667,5 mm em Toritama. Isto mostra, a priori, serem estes os intervalos, estatisticamente, os que apresentam a maior esperança de ocorrência do total anual de chuvas.

Já que a média aritmética é uma medida de tendência central que deve ser expressa em conjunto com o seu respectivo desvio padrão (DP), adotou-se um novo critério de análise para os totais anuais de chuvas, incluindo a faixa compreendida entre a média + (mais) o desvio padrão e a média - (menos) o desvio padrão, a zona de normalidade.

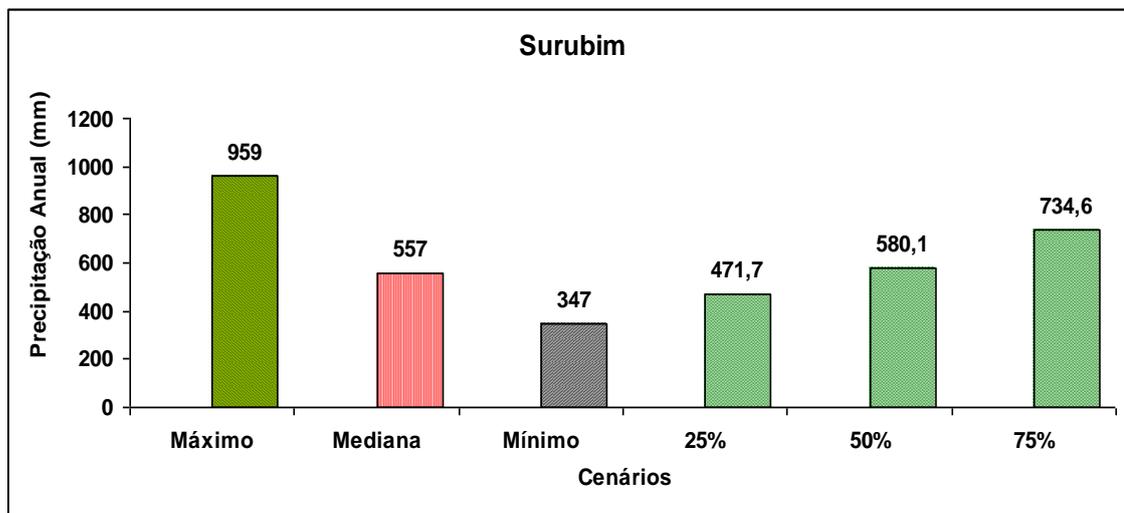
Computando-se a probabilidade de ocorrência de totais anuais de chuvas, para os dados ajustados à distribuição normal reduzida, para os citados intervalos, resultou num valor

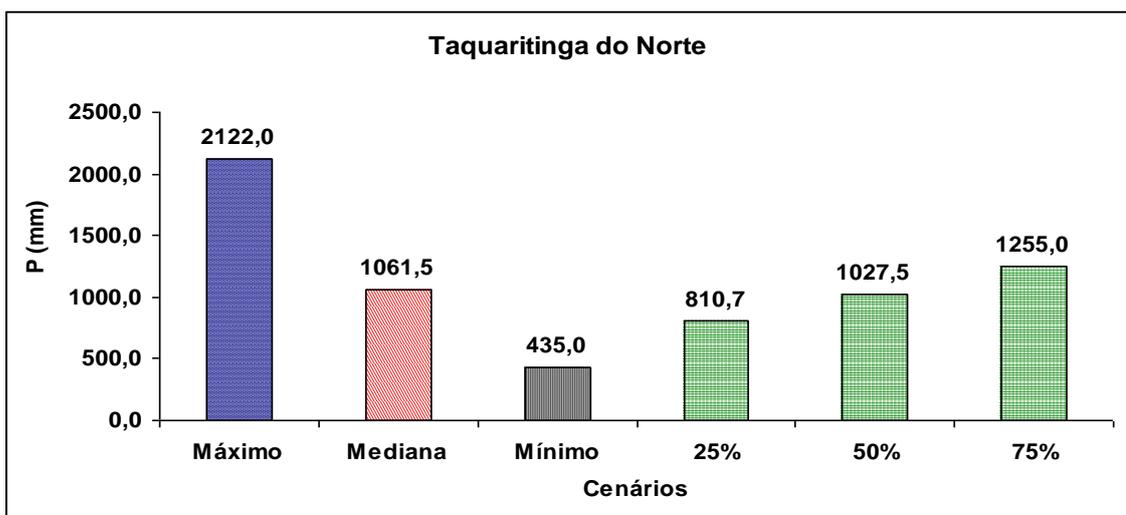
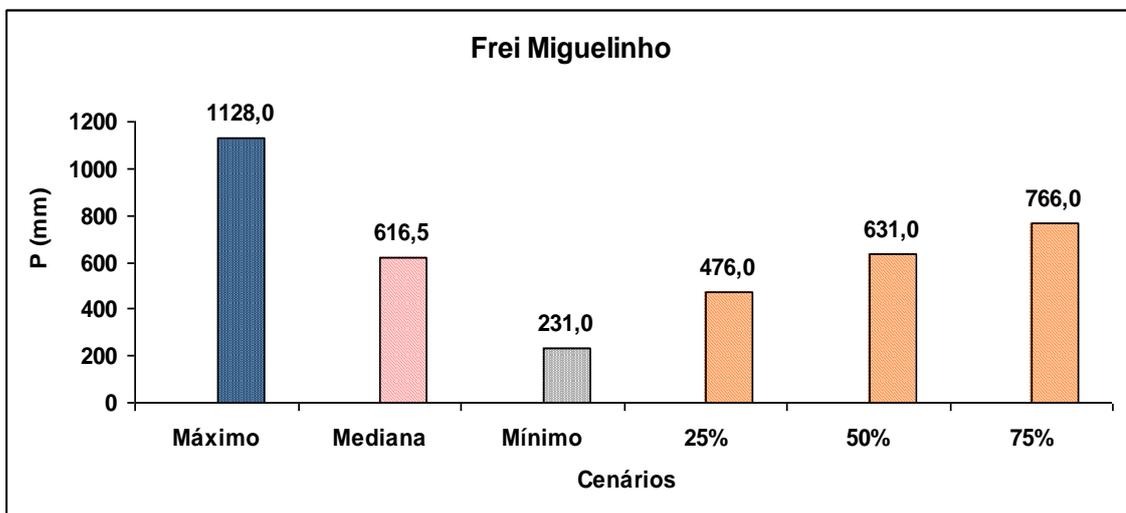
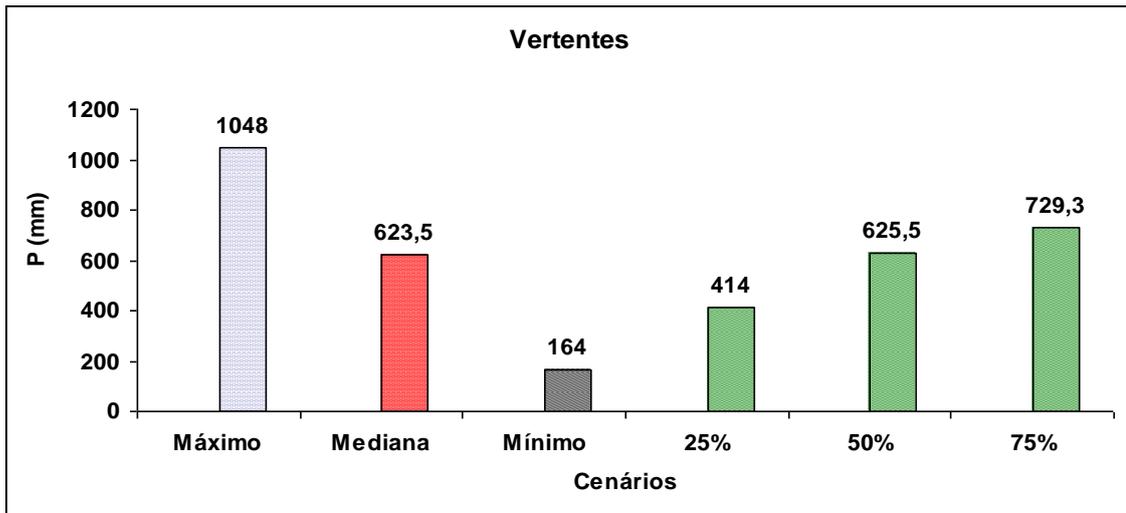
probabilístico de 68,3%, ou seja, essas são as chances de chover entre a média \pm DP. Enquanto que, a frequência para ocorrer próximo à média aritmética foi de 58,3%.

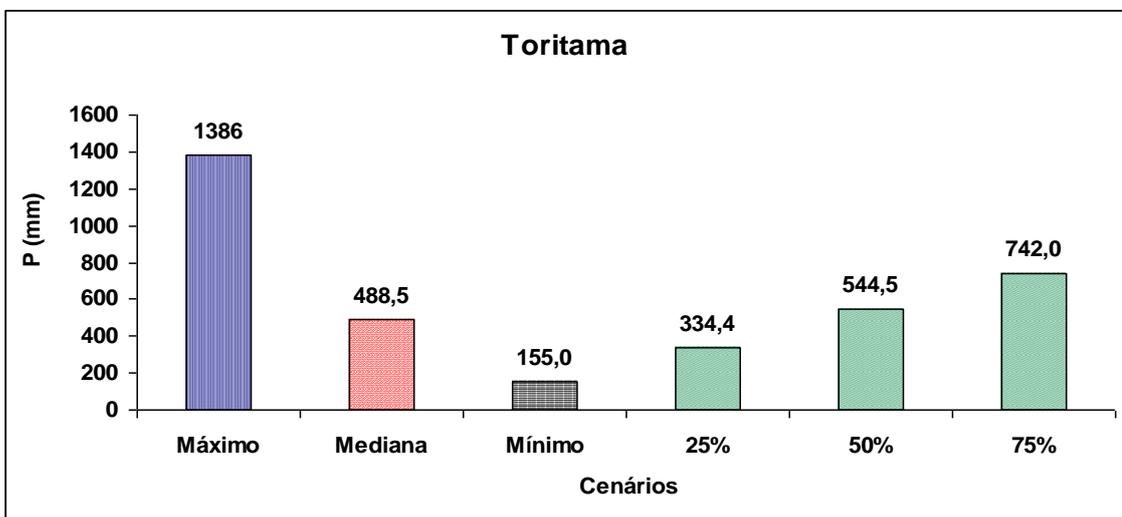
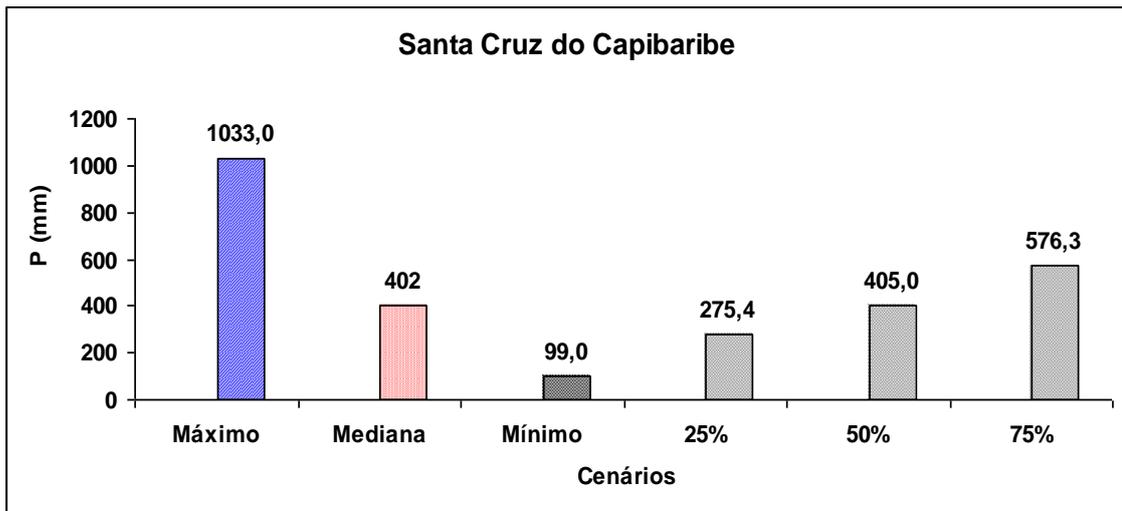
Destaca-se, ainda, que a chance de ocorrer a média anual da chuva, usando a fórmula empírica trivial de probabilidade foi de 60,8%. Fazendo-se uma análise comparativa de um método em relação ao outro, a diferença percentual é relativamente pequena (2,5%). Mesmo assim, sugere-se sempre ajustar a série de dados a uma distribuição de probabilidade, em vez de usar o modelo empírico, devido à elevada dispersão existente nos dados.

Devido à grande quantidade de dados de chuvas mensais optou-se por trabalhar apenas com os totais anuais, agrupando-os mediante a distribuição de frequência, ajustando-os à distribuição normal reduzida. Assim sendo, os totais anuais de precipitação pluvial, discriminados pelos valores máximo, mediano e mínimo e os equivalentes, aos níveis de 25, 50, 75% de probabilidade, ajustados a citada distribuição, são mostrados nas Figuras 20d.

Figuras 20d - Totais anuais de precipitação pluvial para seis cenários pré-estabelecidos na microrregião do Alto Capibaribe, PE.







Diante deste cenário, evidencia-se que dos totais anuais de precipitação pluvial máximo, Taquaritinga do Norte registra o maior volume, 2122 mm. Os valores medianos estão entre 500 e 650 mm em três séries, Surubim, Vertentes e Frei Miguelinho, já em Taquaritinga, Santa Cruz do Capibaribe e Toritama, as medianas são respectivamente de 1061,5, 402 e 488,5 mm. Os menores valores dentre os mínimos pluviométricos registrados ocorrem em Santa Cruz do Capibaribe e Toritama com 99 e 155 mm.

A probabilidade desejada, ajustada à distribuição normal reduzida, de chover mais do que 25% ou menos que 75% são de 78,3% em Surubim, 79,4% em Vertentes, 86% em Frei Miguelinho, 67,3% em Taquaritinga do Norte, 91% em Santa Cruz do Capibaribe e 80% em Toritama. No entanto, cientificamente recomenda-se o nível de 75%, por ser o mais provável de ocorrer, o que corrobora com a citação feita por Almeida (2001).

4.2. Potencial de Captação de Água de Chuva da Microrregião do Alto Capibaribe, PE

A fim de garantir água em quantidade suficiente para o consumo das famílias que tem como única fonte hídrica no período de estiagem as cisternas, foram estimados com base no número médio de pessoas por domicílio (quatro), no consumo médio individual (21 litros/dia) e no período sem ocorrência de chuvas (em dias), o volume de água necessário aos diferentes perfis.

Foram estabelecidas cinco classes para o quesito número de pessoas por domicílio, centrados nos Pontos Médios de Classes (PMC), 2, 4, 6, 8 e 10 pessoas, sendo estes devidamente multiplicados por 210 dias (até sete meses) sem chuvas e 21 litros/pessoa/dia, média de consumo no semiárido para beber, cozinhar e higiene pessoal. Segundo os principais resultados, ficou estabelecido que para cada pessoa nesta microrregião são necessários 4,4 m³ d'água, ou seja, aproximadamente 4400 litros para suportar o período de estiagem.

Deste modo, sabendo que o número médio de pessoas por domicílio foram quatro, são necessários no mínimo 17,6 m³ d'água para atender as necessidades básicas da população, enquanto para atender a números diferentes de pessoas acrescenta-se o seu equivalente em volume, Tabela 4.

Tabela 4 - Volume de água necessário para a microrregião do Alto Capibaribe, PE.

Volume Necessário (VNEC)		
Nº de pessoas/domicílio	Litros	m³
2	8820	8,8
4	17640	17,6
6	26460	26,4
8	35280	35,3
10	44100	44,1

Elaborado por Geórgia Cristina de Sousa Oliveira.

Vislumbra-se que com o esgotamento das reservas hídricas das infraestruturas hídricas secundárias, tais como: barreiros, açudes, tanques, poços e/ou cacimbas no semiárido são utilizadas em potencial as águas armazenadas nas cisternas rurais, isto quando se tem uma. Só que a maioria das cisternas no semiárido possui capacidade para armazenar apenas 16m³ d'água, que neste cenário é insuficiente para atender a demanda do número médio de pessoas durante o período de estiagem.

Reconhecendo, tem-se o seguinte relato:

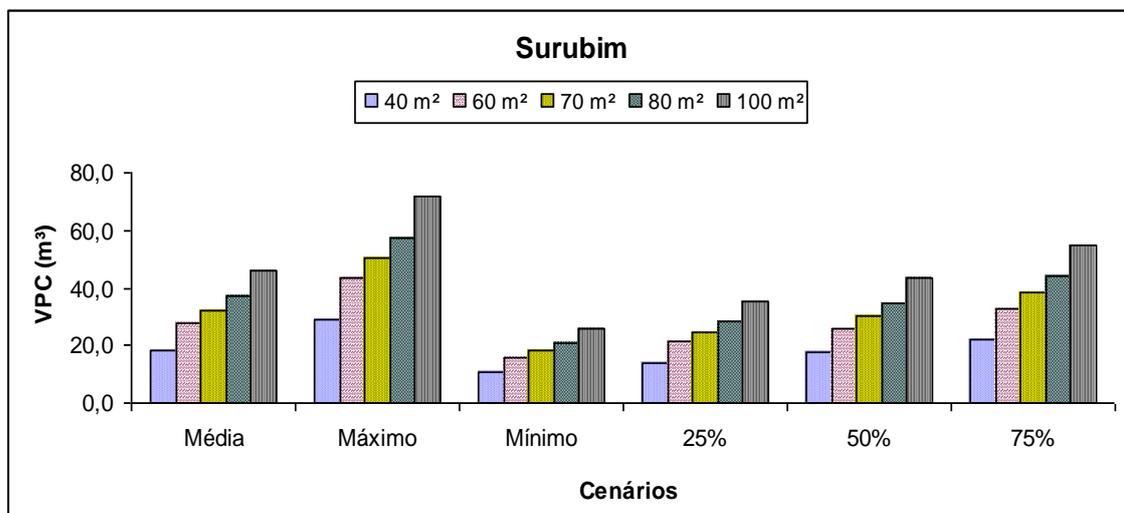
“Lá em casa tem cisterna, mas temos que comprar água às vezes”. Aluna do 1ºB da Escola Estadual Protázio, Toritama, PE.

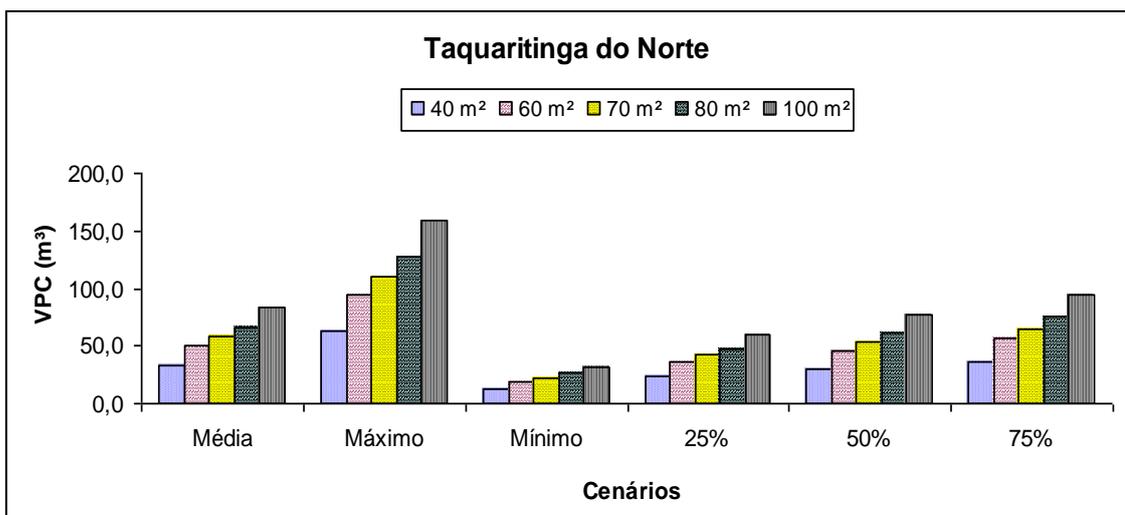
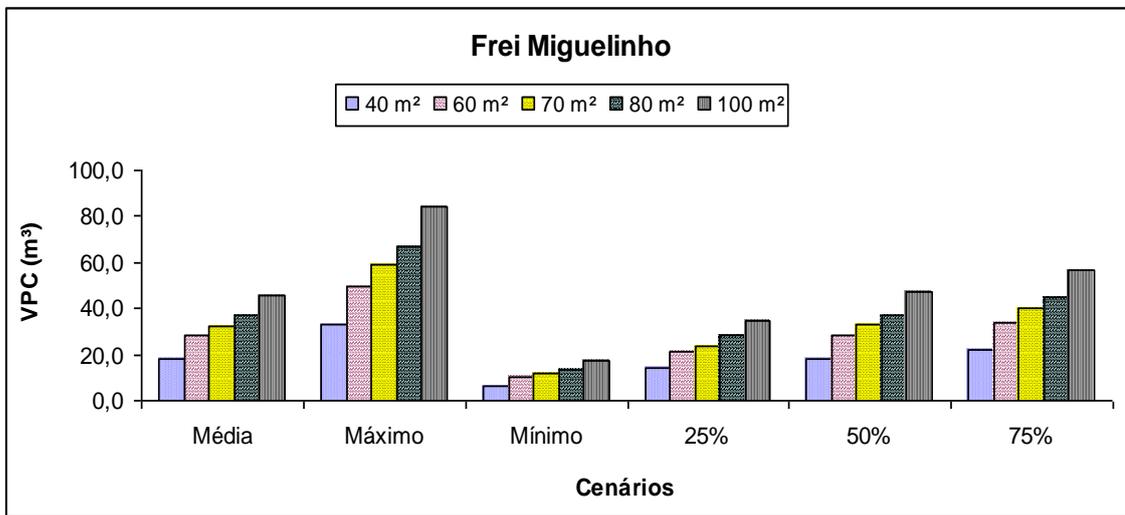
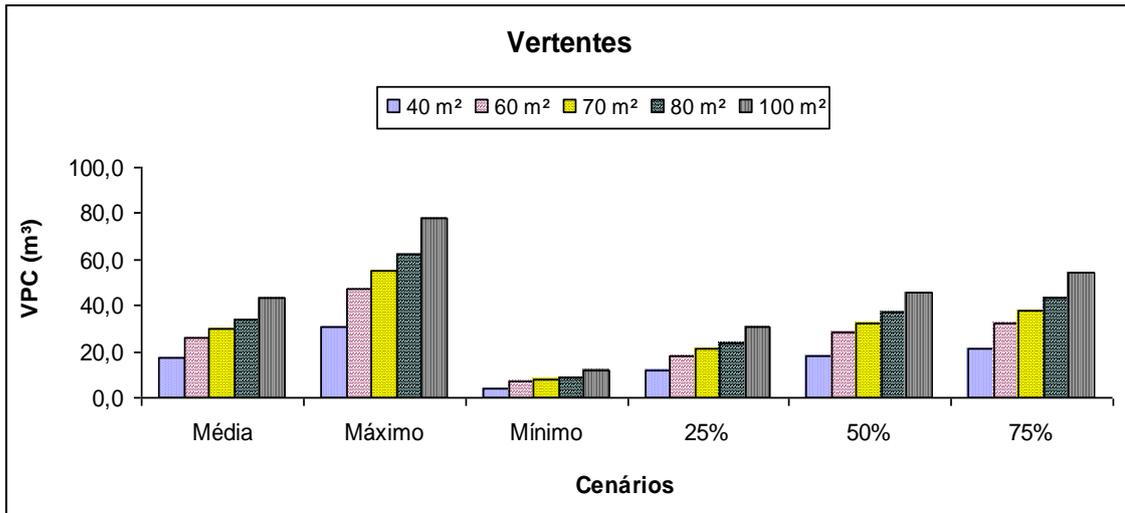
De posse destas informações e considerando os valores de precipitação nos seis cenários pré-estabelecidos, foram estimados para esta região os potenciais de captação de água de chuva e as áreas de captação necessárias para atender a demanda hídrica conforme diferentes perfis familiares.

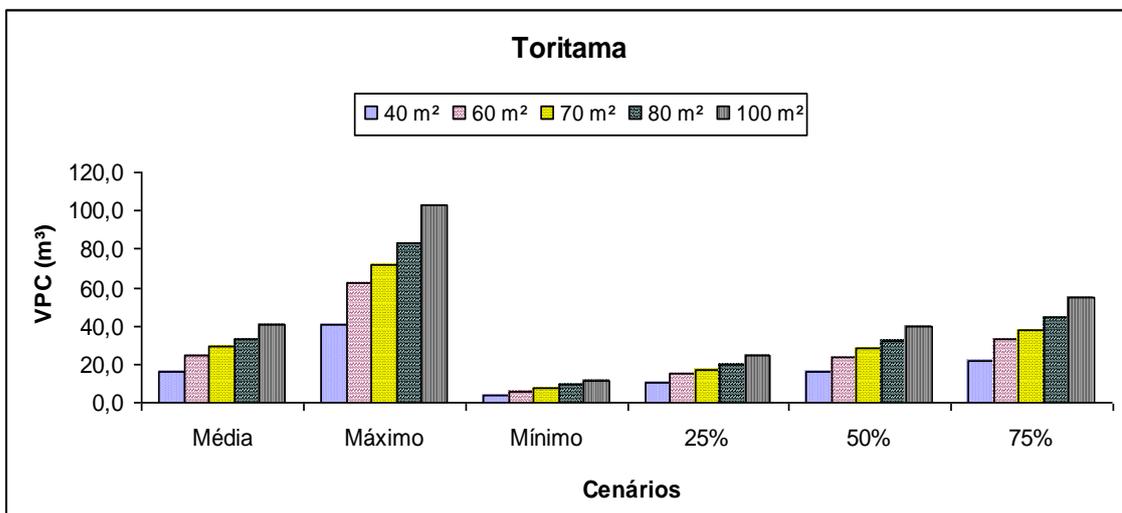
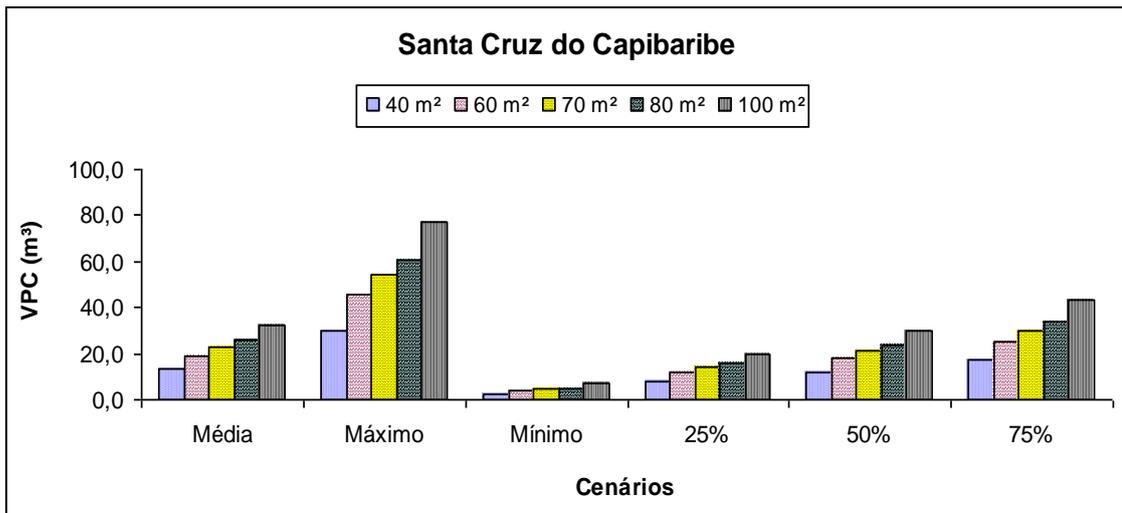
Em virtude dos valores mínimos corresponderem a valores extremos e não ocorrerem com frequência, para fins de apresentação e discussão dos Volumes Potenciais de Captação (VPC) e das Áreas de Captação (AC) necessárias, utiliza-se o primeiro quartil, 25% de probabilidade, tornando este o cenário mais crítico/pessimista e, portanto a base para as estimativas mínimas.

O potencial de captação de água de chuva, Figuras 20e, mostram que no cenário mais pessimista, e com a menor área de captação, 40m² (metros quadrados), consegue-se captar o equivalente a 24m³ d'água em Taquaritinga do Norte (desde já atendendo demanda de um número igual ou maior a quatro pessoas), 14m³ em Surubim e Frei Miguelinho, 12m³ em Vertentes, 10m³ em Toritama e 8m³ em Santa Cruz do Capibaribe, suficientes para atender um domicílio com duas ou três pessoas baseado no consumo diário de 21 litros.

Figuras 20e - Potenciais de captação de água de chuva mediante os seis cenários pré-estabelecidos para a microrregião do Alto Capibaribe, PE.







No entanto, dado a maior ocorrência por domicílio ser de quatro pessoas nesta região, nas condições mínimas (ao nível 25%), somente uma área de captação igual ou maior que 60m² consegue captar um volume acima de 17,6m³ (em Surubim, Vertentes, Frei Miguelinho) a fim de atender a demanda.

Vale salientar que os Volumes Potenciais de Captação (VPC) a serem armazenados, de uma área de captação igual ou maior que 60m², ultrapassam a capacidade de armazenamento das cisternas rurais do semiárido com suporte para os 16m³ estabelecidos. Diante disto, constata-se a necessidade de dimensionar a infraestrutura hídrica com base no regime pluvial e na área de captação incidente, buscando aproveitar todo potencial. Santa Cruz do Capibaribe e Toritama neste cenário, só conseguem captar o volume suficiente para quatro pessoas com áreas entre 80 e 90m². Segundo estes resultados é a área sujeita a maiores problemas relacionados com a falta d'água.

Contudo, como áreas acima de 70m² são de difícil ocorrência, sugere-se aproveitar ao máximo o volume potencial nos anos mais chuvosos, como ao nível 75% de probabilidade, que três em cada quatro anos apresentam precipitação igual ou menor que 766mm, exceto Taquaritinga do Norte, com 1255mm. Neste nível de probabilidade, todos os municípios com a menor área de captação (40m²) conseguem obter o VPC suficiente para famílias com até cinco pessoas/domicílio, sendo que Santa Cruz do Capibaribe apresentou o menor volume, 17m³.

Deste modo, o volume captado no período de maior ocorrência de chuva, armazenados adequadamente, garante o atendimento do consumo domiciliar e quiçá para produção de alimentos e dessedentação de animais durante o período de estiagem, desde que bem operacionalizados. Ainda ao nível de probabilidade 75%, uma área com 60m² consegue captar um VPC acima de 33m³, ou seja, 33.000 litros de água, suficientes para uma família com até sete pessoas ou para o suprimento de um quintal produtivo (hortaliças) e/ou criação de animais de pequeno porte, conforme Gnadlinger, Silva & Brito (2007).

Considerando 70m² ser a maior ocorrência em área de captação no semiárido Jalfim (2006), e com a probabilidade de chover os valores estimados ao nível de 25% (cenário mais crítico), obteve-se um VPC de 42m³ em Taquaritinga do Norte, 24m³ em Surubim e Frei Miguelinho, 21m³ em Vertentes, 17m³ em Toritama e 14m³ em Santa Cruz do Capibaribe, nos dois últimos, suficientes apenas para até três pessoas/domicílio enquanto nos demais o VPC mais que atende a demanda, a de quatro pessoas por domicílio, durante 210 dias de estiagem, ela ultrapassa a capacidade de armazenamento das cisternas com os 16m³.

Corroborando, identifica-se que nos anos mais chuvosos observadas as estimativas correspondentes as áreas de captação de 70m², se consegue um VPC igual ou maior que 50m³, ou seja, 50000 litros. Assim, a depender das AC e dos locais de armazenamento nesta microrregião, pode-se obter um grande volume d'água, que cuidadosamente manipulados poderá servir não só para uso doméstico, mas para utilizar na produção, tornando-o um bem econômico.

Ainda no cenário mais chuvoso e com uma área de 40m², observa-se que o volume captado corresponde a mais de 28.000 litros d'água, volume mais que suficiente para uma demanda de quatro pessoas por domicílio. No entanto, este cenário é o de menor probabilidade, haja vista que os anos mais chuvosos são considerados extremos e para o

semiárido apenas 3 em cada 10 anos são considerados normais quanto as precipitações (Brito et al., 2007).

Ajustados aos níveis de probabilidade, que nos permitem conhecer com certo grau de confiabilidade o volume de água no próximo ciclo de chuvas, e tendo como base outro nível, o de 50%, no qual a cada dois anos, um terá precipitação igual ou menor que ele, entende-se que só atende a demanda média por domicílio ($17,6\text{m}^3$), uma área de captação igual ou maior que 60m^2 . Nota-se que quanto menor a chuva esperada, maior é a probabilidade de que ocorra pelo menos o volume estimado.

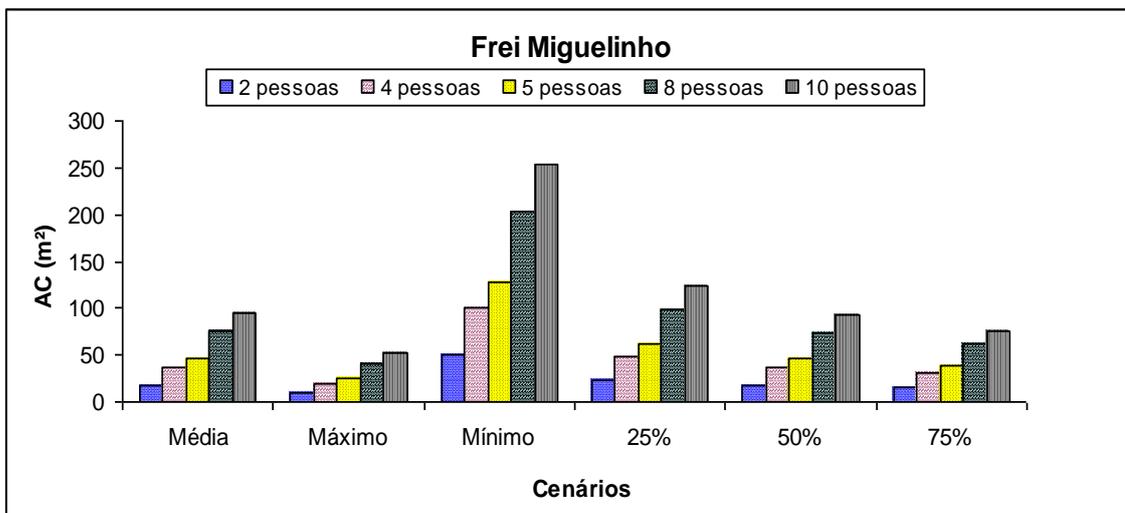
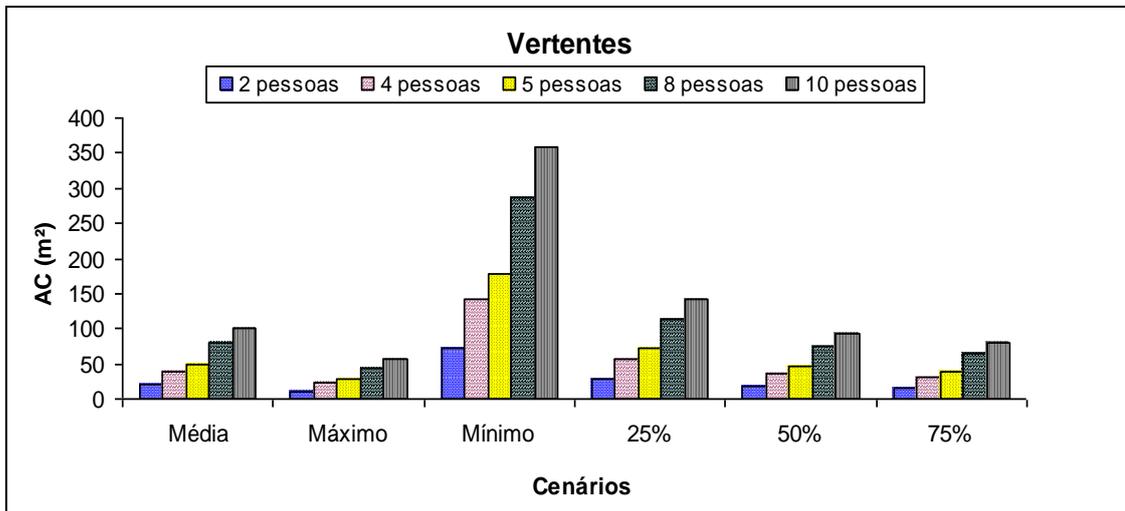
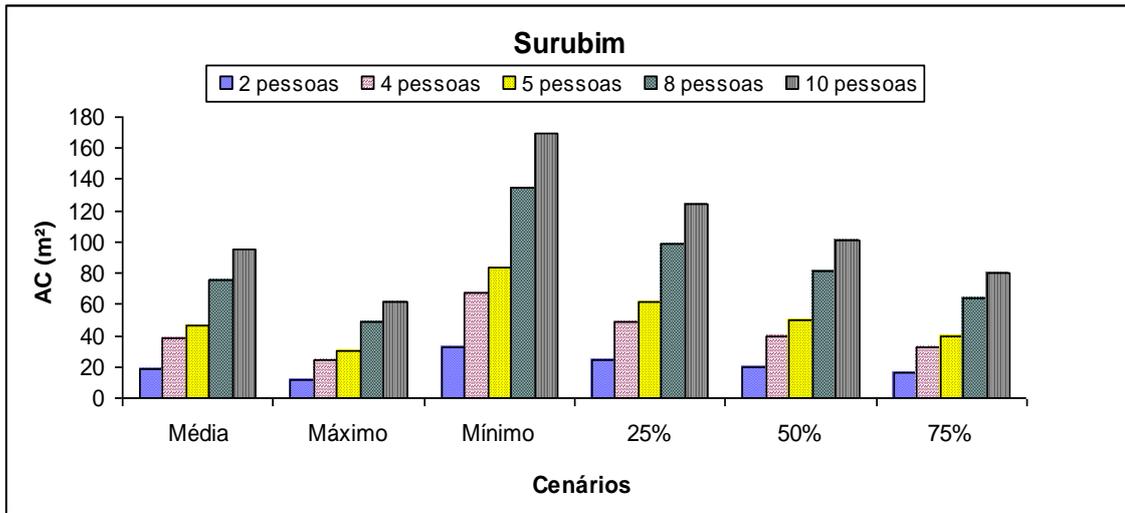
Portanto, no cenário mais provável de ocorrer, 75%, e com uma área de 40m^2 se consegue atender a demanda do número médio de pessoas por domicílio nesta região. Todavia, em função da limitação do tamanho da área de captação, alguns reservatórios podem não encher, sendo necessárias outras medidas para aumentar a eficiência das áreas de captação tais como: melhorar a qualidade das áreas de captação que apresentarem problemas de infraestrutura e aproveitar ao máximo a área disponível, colocando-se calha em todas as laterais, Gnadlinger, Silva & Brito (2007).

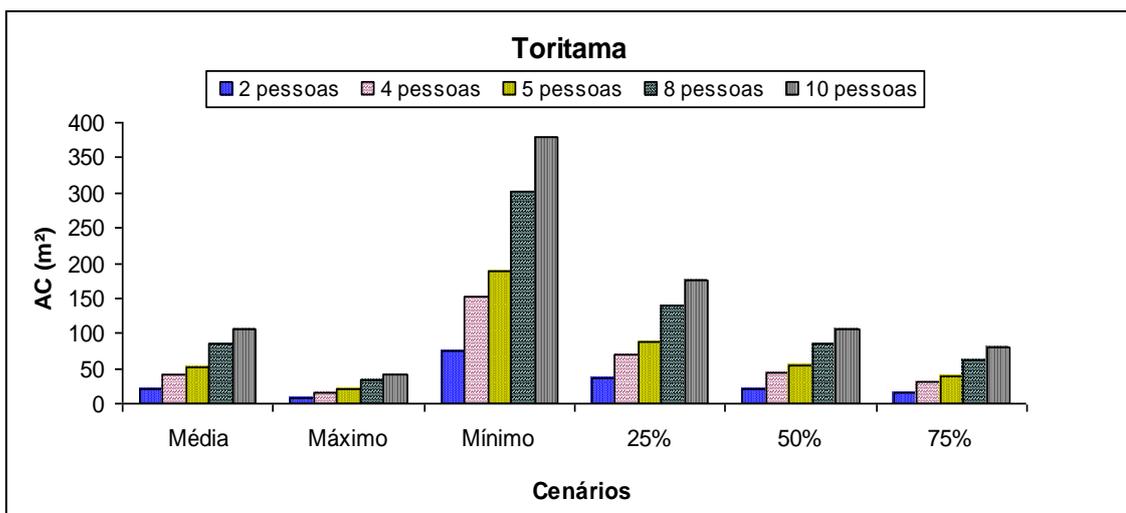
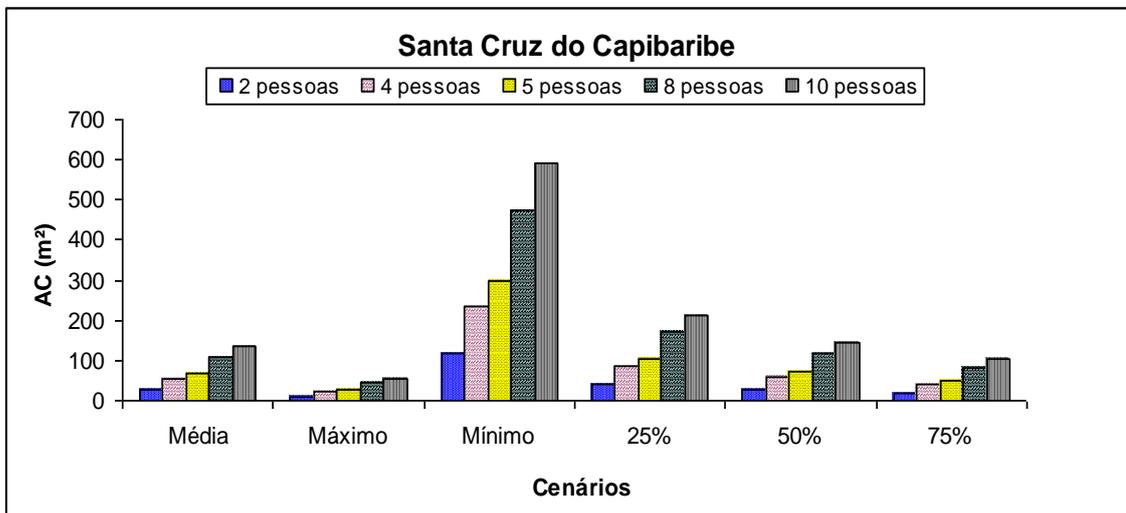
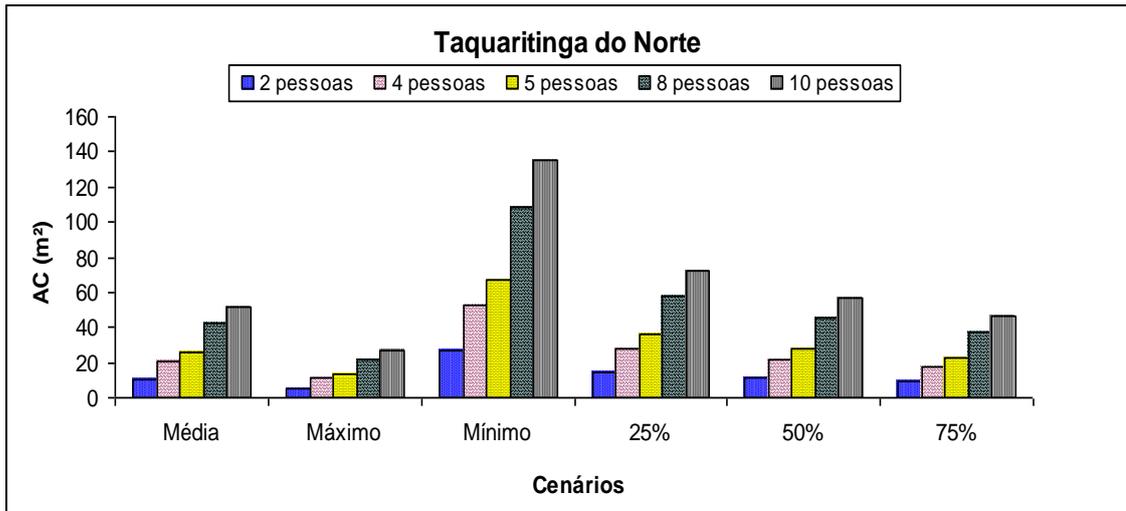
Por outro lado, o reservatório que atinge sua capacidade máxima no início do período chuvoso acaba ultrapassando a capacidade de armazenamento ao longo do tempo, o que significa que estes reservatórios não possuem capacidade suficiente para acumular toda água de chuva captada nos telhados, provocando um desperdício significativo.

Para evitar desperdícios e garantir o abastecimento de água por mais tempo e para os diversos usos, sugere-se associar outro reservatório para o armazenamento da água excedente, seja ele um tanque, barreiro ou até outra cisterna.

Assim sendo, computados os valores correspondentes aos volumes necessários, buscou-se a partir deles diagnosticar as áreas de captação necessárias para cada município. Diante deste contexto, estima-se nas Figuras 20f as áreas de captação necessárias (em m^2) para conseguir captar o volume ideal para satisfazer as necessidades básicas.

Figuras 20f - Áreas de Captação (AC) necessárias na microrregião do Alto Capibaribe, PE.





Diagnosticou-se que na microrregião do Alto Capibaribe, PE, a área de captação necessária para uma família de quatro pessoas, no cenário mais crítico, é em média 70 m², corroborando com as afirmações feitas por Jalfim, que identifica no semiárido áreas de

captação de 70 m² suficientes para o armazenamento d'água visando o enfrentamento durante o período de estiagem.

De uma forma geral para a microrregião, um domicílio com duas pessoas deve possuir uma área de captação média de 30m², pois com esta área e o valor de precipitação correspondente ao período de menor precipitação, 25%, consegue-se armazenar um volume suficiente para o atendimento das necessidades básicas, com exceção dos municípios de Santa Cruz do Capibaribe e Taquaritinga do Norte. A primeira por não ser suficiente uma área média de 30m², pois de acordo com os valores de chuva mínimos, necessita de uma área de 42m², enquanto a segunda, devido os elevados volumes de chuva, com a menor área, 14m², conseguem captar o necessário para o domicílio com duas pessoas.

Diante deste quadro, destacam-se na microrregião os municípios de Taquaritinga do Norte e Santa Cruz do Capibaribe, que de acordo com as Figuras 20f, possuem as menores e as maiores AC necessárias respectivamente, decorrentes da variabilidade nos volumes de precipitação. Sendo que Taquaritinga do Norte apresenta como AC necessária para dez pessoas, 72m², a menor AC para o número máximo da população por domicílio da microrregião, ao contrário de Santa Cruz do Capibaribe, que neste mesmo cenário necessita de uma área de 213m². Tendo em vista a necessidade de AC cada vez maiores quando se aumenta o número de pessoas por domicílio, tem-se uma relação diretamente proporcional.

Assim, enquanto uma área de captação máxima em Taquaritinga do Norte (72m²) abastece uma família com dez pessoas, nos demais municípios uma área desta atende em torno de quatro a cinco pessoas por domicílio em Surubim, Vertentes, Frei Miguelinho e Toritama. Já em Santa Cruz do Capibaribe é uma área de 85m², que é suficiente para quatro pessoas e de 106m² para cinco pessoas.

Sente-se, portanto, necessário dimensionar os reservatórios para armazenamento de água de acordo com o regime pluvial e o número de pessoas por domicílio. Tal dimensionamento leva em consideração o tipo de estrutura hídrica, seja cisterna de placa, de alvenaria entre outras, a fim de atender as necessidades hídricas em períodos adversos.

CAPÍTULO 5

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Contrapondo-se as falsas expectativas da região semiárida chover pouco e/ou ser apontada como área inóspita e de difícil sobrevivência, neste trabalho destacou-se o elevado potencial para a captação de água da chuva na microrregião do Alto Capibaribe, PE, levando em consideração os totais mensais e anuais distribuídos nos seis cenários pré-estabelecidos (máximo, mediano, mínimo e os níveis 25%, 50%, 75% de probabilidade) e as áreas de captação mais ocorrentes (40, 60, 70, 80, 100m²). Com a análise integrada do regime pluvial e das características socioeconômicas e hídricas da população foi possível o diagnóstico sobre as reais condições demográficas bem como acerca das tecnologias de captação de água de chuva difundidas nesta microrregião.

Com base nos objetivos geral e específicos definidos na proposta inicial consideremos a análise final apresentada a seguir.

1) Perfil socioeconômico e hídrico dos que residem na microrregião do Alto Capibaribe – PE. Com base nos resultados encontrados conclui-se que:

- ✓ A maioria da população reside na zona rural, exceto nos municípios de Vertentes, Taquaritinga do Norte, Toritama e Santa Cruz do Capibaribe, sendo as principais atividades dos responsáveis pelo domicílio a agricultura, o funcionalismo público e a aposentadoria para obtenção de renda;
- ✓ A renda mensal para a maioria das famílias (com média de quatro pessoas) é de no máximo um salário mínimo, em geral reflexo do baixo nível de instrução que corrobora para a ausência de mão de obra qualificada;
- ✓ A parcela dos domicílios que apresentam problemas relacionados à falta d'água estar associada a não existência de locais para o armazenamento ou caso exista, que não estejam dimensionados adequadamente, essencialmente devido ao baixo poder aquisitivo da população;
- ✓ De um modo geral, a população entende a importância da água em seus aspectos quantitativos e qualitativos, já que costumam captar água da chuva e armazená-la, desde que possuam condições financeiras para construção de uma infraestrutura hídrica, bem como tratar a água com hipoclorito de sódio visando a saúde da família.

2) Características do Regime Pluvial da microrregião do Alto Capibaribe

- ✓ Todos os municípios da microrregião apresentam uma elevada variabilidade pluvial intra-anual e interanual, com uma precipitação média em torno de 600mm, exceto em Santa Cruz do Capibaribe e Taquaritinga do Norte que representam respectivamente os menores e maiores valores de precipitação, devido a disposição do relevo;
- ✓ Dados históricos de precipitação mostraram que os anos considerados mais chuvosos ocorreram com maior intensidade até meados da década de 80, enquanto os anos considerados secos estão concentrados nas últimas décadas, o que pode descrever uma mudança no padrão das chuvas para a microrregião;
- ✓ Sendo a distribuição mensal da precipitação assimétrica e o coeficiente de assimetria positivo, a mediana foi considerada a medida de tendência central mais provável de ocorrer. De acordo, estabeleceu-se que a estação chuvosa dura cinco meses (de março a julho) em Surubim, Vertentes, Frei Miguelinho e Toritama, de fevereiro a setembro em Taquaritinga do Norte e de maio a junho em Santa Cruz do Capibaribe;
- ✓ Há 68,3% de chance de chover entre a média \pm desvio padrão e as maiores esperanças para ocorrerem os totais anuais, ajustados a distribuição normal reduzida foram encontradas na parte central da curva normal teórica, onde se observam as maiores frequências esperadas;

Por fim, infere-se que o “modelo” de distribuição anual de precipitação pluvial (os seis cenários pré-estabelecidos) servirá não só ao planejamento, mas ao dimensionamento correto do tamanho das cisternas da microrregião do Alto Capibaribe, PE por parte dos órgãos governamentais, ONG's, sindicatos e sociedade civil como um todo.

3) Volumes Potenciais de Captação e de Consumo da Microrregião do Alto Capibaribe, PE

- ✓ Para atender as necessidades hídricas básicas do número médio de pessoas por domicílio (quatro) na microrregião do Alto Capibaribe são necessários no mínimo 17,6m³, no entanto, as cisternas no semiárido são construídas para armazenar apenas 16m³;

- ✓ O VPC no cenário mais pessimista (25%) com a menor área de captação, 40m², é suficiente para atender um domicílio com até três pessoas nesta microrregião, mas não atende as expectativas do número médio de pessoas por domicílio, exceto em Taquaritinga do Norte;
- ✓ Neste sentido, somente uma área de captação igual ou maior que 60m² é suficiente para captar um VPC igual ou maior que 17,6m³ a fim de atender a demanda hídrica desta população;
- ✓ Os VPC a serem armazenados com base nos valores medianos, ultrapassam a capacidade de armazenamento das cisternas rurais com capacidade para os 16m³, o que reflete um desperdício significativo de água logo nas primeiras chuvas;
- ✓ Sugere-se aproveitar ao máximo o VPC com o intuito de suprir não apenas as necessidades hídricas básicas, mas obter água em quantidade e qualidade para o estabelecimento de ao menos um quintal produtivo;
- ✓ Na microrregião do Alto Capibaribe, PE, a área necessária para uma família de quatro pessoas no cenário mais crítico (25%) é em média 60m², exceto em Santa Cruz do Capibaribe e Toritama onde necessitam de áreas entre 80 e 90m²;

Partindo do pressuposto de que quanto menor a chuva esperada, maior é a probabilidade de que ocorra pelo menos o volume estimado, sente-se necessário a partir do estabelecimento do regime pluvial, dimensionar os reservatórios para o armazenamento d'água de acordo com a área de captação e o número de pessoas por domicílio, sendo estes os elementos essenciais para quantificar o volume potencial de captação necessário para atender a demanda hídrica num determinado local visando além da fixação do homem, o desenvolvimento econômico e social da região.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, H. A. de. **Climatologia Aplicada à Geografia**. Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande: publicação didática, 2008. 125p.
- _____, H. A. de. **Probabilidade de ocorrência de chuva no Sudeste da Bahia**. Ilhéus, CEPLAC/CEPEC. Boletim Técnico n. 182, 2001. 32p.
- _____, H. A. de. **Relação entre o fenômeno El Niño-Oscilação Sul e a ocorrência de chuvas no Sudeste da Bahia**. Ilhéus, CEPLAC/CEPEC. Boletim Técnico CEPEC N° 183, 2002. 22p.
- _____. Variabilidade anual da precipitação pluvial em Cabaceiras, PB. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 13, 2003, Santa Maria, RS. *Anais...*Santa Maria, 2003. CD-ROM
- AB'SÁBER, A. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.
- ABCMAC - Associação Brasileira de Captação e Manejo de Água de Chuva. Relatório sobre a oficina avanços nos estudos sobre cisternas: Qualidade de água e cisterna tipo alambrado, Petrolina, PE, 2006, http://www.abcmac.org.br/files/downloads/ABCMAC_Relatorio_Oficina_Abril_2006.pdf
- ALMEIDA, H. A. de, PEREIRA, F. C. Captação de água de chuva: uma alternativa para escassez de água. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 15, 2007, Aracaju, SE. *Anais...*Aracaju, 2007.CD-ROM
- ALMEIDA, H. A. de, SILVA, L. Modelo de distribuição de chuvas para a cidade de Areia, PB. In: I CONGRESSO INTERCONTINENTAL DE GEOCIÊNCIAS, 2004, Fortaleza, CE. *Anais...*Fortaleza, 2004. CD-ROM
- ALMEIDA, H. A. de; OLIVEIRA, G.C. de S. Potencial de captação de água de chuvas em Catolé de Casinhas, PE. In: 7° SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA. Caruaru: ABCMAC, 2009.
- ALMEIDA, H. A. de; RAMOS, M. M. Q.; SILVA, L. Características do regime pluvial em Campina Grande, PB. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 14, 2005, Campinas, SP. *Anais...*Campinas, 2005. CD-ROM
- ALMEIDA, H. A. de; SOUZA NETO, G. M. & SILVA, L. Influência do El- Niño na estação chuvosa do sertão da Paraíba. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 14, 2005, Campinas, SP. *Anais...*Campinas, 2005. CD-ROM
- ALMEIDA, H. A. de; SOUZA NETO, G. M. A precipitação pluvial nos anos de 1982/83 e 1997/98 no sertão da Paraíba e sua relação com o fenômeno El Niño. In: REUNIÃO ANUAL DA SBPC, 57ª, 2005, Fortaleza, CE. *Anais...*Fortaleza, 2005. CD-ROM

ALVES, J. M. B. Aspectos climatológicos do Nordeste Brasileiro com ênfase na região semiárida: principais causas da variedade pluviométrica interanual. In: SIMPÓSIO SOBRE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO, 1997, Petrolina, PE. *Anais...Petrolina*, 1997.

AMORIM, M. C. C.; PORTO, E. R. Considerações sobre controle e vigilância da qualidade de água de cisternas e seus tratamentos. In: 4º SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA, ABCMAC, 2003, Bahia. *Anais...Bahia*, 2003. CD-ROM

AMORIM, M.C.C.; PORTO, E.R. Avaliação da qualidade bacteriológica das águas de cisternas: estudo de caso no município de Petrolina – PE. In: 3º SIMPÓSIO SOBRE SISTEMAS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA, Campina Grande, PB. *Anais...Campina Grande*, 2001. CD-ROM

ANDRADE NETO, C. O de. Segurança sanitária das águas de cisternas rurais. In: 4º SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA, ABCMAC, 2003, Bahia. *Anais...Bahia*, 2003. CD-ROM

ANDRADE, M. C. de. **A terra e o homem no Nordeste**. 3ª ed. São Paulo: Brasiliense, 1973.

ANDRIGHETTI, Y. **Nordeste**: mito & realidade. São Paulo: Moderna, 1998.

ANJOS, J. B. dos. et al. Captação “*in situ*”: água de chuva para produção de alimentos. In: BRITO, L.T.de L.; MOURA, M.S.B. de.; GAMA, G.F.B (Org.). POTENCIALIDADES DA ÁGUA DE CHUVA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO. PETROLINA. Petrolina: Embrapa semiárido, 2007.

ARBEX JÚNIOR, J; OLIC, N. B. **O Brasil em regiões**: Nordeste. São Paulo: Moderna, 1999.

ARIYABANDU, R. S. Problemas para a coleta de água de chuva em Sri Lanka no século XXI. In: 9ª CONFERÊNCIA INTERNACIONAL SOBRE SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA. Petrolina/PE: Embrapa Semiárido/Singapura/IRCSA, 1999.

ARIYANANDA, T. Revisão comparativa da qualidade da água de beber de diferentes sistemas de captação de água de chuva no Sri Lanka. In: 9ª CONFERÊNCIA INTERNACIONAL SOBRE SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA. Petrolina/PE: Embrapa Semiárido/Singapura/IRCSA, 1999.

ASSIS, F.N.; ARRUDA, H.V.; PEREIRA, A.R. **Aplicações de estatística à climatologia**: teoria e prática. Pelotas, RS: UFPEL, 1996.

AYOADE, J.O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. Rio de Janeiro: Bertrand, 1991.

BARBIERI, J. C.. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**: as estratégias de mudanças da Agenda 21. Petrópolis, RJ: Vozes, 2007.

BETO, F. Saciara sede de água e cidadania. In: REVISTA CIDADANIA E MEIO AMBIENTE. Ed. Especial. Câmara de Cultura, 2009.

BRASIL, Governo Federal. **Plano Nacional de Recursos Hídricos**. Brasília: MMA/SRH, 2005.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil - 1988**. Brasília: Senado Federal - Subsecretaria de Edições Técnicas, 2006.

BRASIL. Ministério da Saúde. **PORTARIA N° 1469 DE 2000**. Disponível em: <www.comitepcj.sp.gov.br> Acessado em: 18 jan. 2009.

BRITO, L. T. de L. et al. Cisternas domiciliares: água para o consumo humano. In: BRITO, L.T.de L.; MOURA, M.S.B. de.; GAMA, G.F.B (Org.). **POTENCIALIDADES DA ÁGUA DE CHUVA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**. Petrolina, PE: Embrapa semiárido, 2007.

BRITO, L. T. de L; SILVA, A. De S; PORTO, E. R. Disponibilidade de água e a gestão dos recursos hídricos. In: BRITO, L. T. de L; MOURA, M. S. B. de; GAMA, G. F. B. (Ed. Tec.) **Potencialidades da água de chuva no semiárido brasileiro**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2007.

CALBETE, N. O.; GAN, M.; SATYAMURTY, P. Vórtices ciclônicos da alta troposfera que atuam sobre a região nordeste do Brasil. In: **Revista Climanálise**. Cachoeira Paulista, SP, Edição Especial de 10 anos, 1996.

CAMPOS, J. N. B. Águas superficiais no semiárido brasileiro: desafios ao atendimento aos usos múltiplos. In: MEDEIROS, S. de S. et al. (ed.) **Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas**. Campina Grande: INSA, 2011.

CAMPOS, M.A.S.; HERNANDES, A. T.; AMORIM, S.V. de. Análise de custo da implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial para uma residência unifamiliar na cidade de Ribeirão Preto. In: 4° SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA, 2003, ABCMAC, Juazeiro, BA. *Anais...Juazeiro*, 2003. CD-ROM

CARNEIRO, J. O.. **Recursos de Solo e Água no Semiárido nordestino**. João Pessoa, PB: A União, 1998.

CASTRO, C. F. de A; SCARIOT, A. Escassez de água: crise silenciosa. In: REVISTA CIDADANIA E MEIO AMBIENTE. Ed. Especial. Câmara de Cultura, 2009.

CAVALCANTI, A. S. **Avaliação de padrões atmosféricos associados à ocorrência de chuvas extremas no litoral da região nordeste do Brasil: aspectos numéricos na previsão operacional do tempo**. Tese de doutorado. Rio de Janeiro: UFRJ, 2009.

CAVALCANTI, N. de B; BRITO, L. T. de L. Captação de água de chuva em cisternas rurais. In: 7º SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA. Caruaru: ABCMAC, 2009.

CIRILO, J. A. **Políticas públicas de recursos hídricos para o semiárido**. Estudos Avançados, 2008. v. 22, n. 63.

CIRILO, J. A; COSTA, W. D. Barragem Subterrânea: Experiência em Pernambuco. In: 9ª CONFERÊNCIA INTERNACIONAL SOBRE SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA. Petrolina/PE: Embrapa Semiárido/Singapura/IRCSA, 1999.

COBANI, H. Captação da água de chuva: uma maneira rápida de resolver a crônica e crescente escassez de água da família rural albanesa. In: 9ª CONFERÊNCIA INTERNACIONAL SOBRE SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA. Petrolina/PE: Embrapa Semiárido/Singapura/IRCSA, 1999.

CORDEIRO, J. Águas, Legislações e Políticas. In: **Curso de Especialização em Gestão e Análise Ambiental**. Campina Grande: UEPB, 2003.

CPRM. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea**: Diagnóstico do município de Casinhas - PE. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005.

DREW, D. **Processos interativos homem – meio ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005.

FEITOSA, F. A. C; FEITOSA, E. C. Realidade e perspectivas do uso racional de águas subterrâneas na região semiárida do Brasil. In: MEDEIROS, S. de S. et al. (ed.) **Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas**. Campina Grande: INSA, 2011.

FERREIRA, N. J; RAMÍREZ, M. V; GAN, M. A. Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis que atuam na vizinhança do NEB. In: CAVALCANTI, I. F. A. et al. (org.) **Tempo e Clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

FREITAS, M.W.D. **Estudo integrado da paisagem no Sertão pernambucano com o uso de sistemas de informação geográfica e sensoriamento remoto**. (Dissertação de Mestrado do curso de Pós Graduação em Sensoriamento Remoto, INPE). INPE, 2006. 194p.

GAN, M. A & KOUSKY, V.E. Vórtices Ciclônicos da Alta Troposfera no Oceano Atlântico Sul. **Revista Brasileira de Meteorologia**, 1, 1986. p.19-28.

GARDUNO, M. A. Os sistemas antigos e contemporâneos de captação de água no México. In: 9ª CONFERÊNCIA INTERNACIONAL SOBRE SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA. Petrolina/PE: Embrapa Semiárido/Singapura/IRCSA, 1999.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4 ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GNADLINGER, J. Captação de água de chuva e convivência com o clima semiárido brasileiro na perspectiva de organizações populares. In: 9ª CONFERÊNCIA INTERNACIONAL SOBRE SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA. Petrolina/PE: Embrapa Semiárido/Singapura/IRCSA, 1999.

GNADLINGER, J. Captação de água de chuva: uma ferramenta para atendimento às populações rurais inseridas em localidades áridas e semiáridas. In: MEDEIROS, S. de S. et al. (ed.) **Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas**. Campina Grande: INSA, 2011.

GNADLINGER, J. Captação de água de chuva: uma ferramenta para atendimento às populações rurais inseridas em localidades áridas e semiáridas. In: LIMA, R. da C. C; CAVALCANTE, A. de M. B; MARIN, A. M. P. (Editores) **Desertificação e Mudanças Climáticas no Semiárido Brasileiro**. Campina Grande: INSA, 2011.

GNADLINGER, J. Captação e manejo de água de chuva e desenvolvimento sustentável do semiárido brasileiro – uma visão integrada. In: 4º SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA, ABCMAC, 2003, Bahia. *Anais...Bahia*, 2003. CD-ROM

GNADLINGER, J.; SILVA, A. de S.; BRITO, L. T. de L. Programa uma terra e duas águas para um semiárido sustentável. In: BRITO, L.T.de L.; MOURA, M.S.B. de.; GAMA, G.F.B (Org.) **POTENCIALIDADES DA ÁGUA DE CHUVA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**. Petrolina: Embrapa semiárido, 2007.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo 2010**. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/resultados_dou/default_resulta_dos_dou.shtm Acesso em: 18 ago. 2011.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. **Climate Change 2007: The physical science basis**. Paris: WMO/UNEP, 2007.

JALFIM, F. T. **Considerações sobre a viabilidade técnica e social das cisternas rurais da região semiárida**. Programa de Apoio à Agricultura Familiar da Diaconia. Recursos Hídricos: UFCG, 2006.

JATOBÁ, L; ALBUQUERQUE, M.J.C. de. Solos. In: ANDRADE, M.C.de. (coord.) **Atlas escolar de Pernambuco**. João Pessoa: GRAFSET, 2003.

KENNY, C. Água e Corrupção: uma questão de vida ou de morte. In: REVISTA CIDADANIA E MEIO AMBIENTE. Ed. Especial. Câmara de Cultura, 2009.

LAMEPE (1961-1990). Dados de precipitação históricos. Disponível em: < www.lamepe.org.br > Acesso em: 18 jan. 2011.

LI YUANHONG, Z. Q. Captação e importância da água de chuva no planalto de Loess de Gansu, China. In: 9ª CONFERÊNCIA INTERNACIONAL SOBRE SISTEMA DE

CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA. Petrolina/PE: Embrapa Semiárido/Singapura/IRCSA, 1999.

LIMA, A de O; LEMOS, M. de; OTONI, M. A. S. Projeto água é vida: a contribuição da visão mundial para a difusão de alternativas tecnológicas sustentáveis no semiárido brasileiro. In: 4º SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA, ABCMAC, 2003, Bahia. *Anais...Bahia*, 2003. CD-ROM

MACHADO, L. A. T. et al. Distúrbios Ondulatórios de Leste. In: CAVALCANTI, I. F. A. et al. (org.) **Tempo e Clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

MALUF, R. S. A multifuncionalidade da agricultura na realidade rural brasileira. In: CARNEIRO, M. J. & MALUF, R. S. (orgs) **Para além da produção: Multifuncionalidade e Agricultura familiar**. Rio de Janeiro: MAUAD, 2003.

MALVEZZI, R. Água: a questão na América Latina. In: REVISTA CIDADANIA E MEIO AMBIENTE. Ed. Especial. Câmara de Cultura, 2009.

MARENGO, J.A et al. Variabilidade e mudanças climáticas no semiárido brasileiro. In: MEDEIROS, S. de S. et al. (ed.) **Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas**. Campina Grande: INSA, 2011.

MBUGUA, J. Captação da água de chuva e redução da pobreza: experiência de Laikipia, Quênia. In: 9ª CONFERÊNCIA INTERNACIONAL SOBRE SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA. Petrolina/PE: Embrapa Semiárido/Singapura/IRCSA, 1999.

MELO, A. B. C de; CAVALCANTI, I. F. de A; SOUZA, P. P. Zona de Convergência Intertropical do Atlântico. In: CAVALCANTI, I. F. A. et al. (org.) **Tempo e Clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

MENDONÇA, F. DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

MENEZES, A. V. C. de. **Estado e organização do espaço semiárido sergipano**. Aracajú: UFS/NPGeo, 1999.

MINC, C. **Ecologia e Cidadania**. 1ª ed. São Paulo: Moderna, 1997.

MOU, H; WANG, H; KUNG, H. Divisão de estudos de utilização da água de chuva na China. In: 9ª CONFERÊNCIA INTERNACIONAL SOBRE SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA. Petrolina/PE: Embrapa Semiárido/Singapura/IRCSA, 1999.

MOURA, M. S. B. de et al. Clima e água de chuva no semiárido. In: BRITO, L. T. de L; MOURA, M. S. B. de; GAMA, G. F. B. (Ed. Tec.) **Potencialidades da água de chuva no semiárido brasileiro**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2007.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 1979.

NÓBREGA, R.L.B.; ALENCAR, M. do S.F.; GALVÃO, C. de O. Um sistema para captação de água de chuva em áreas urbanas. In: 5º SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA, ABCMAC, 2005, Teresina, PI. *Anais...* Teresina, 2005. CD-ROM

OLIVEIRA, G. C. de S; NÓBREGA, R. S. & ALMEIDA, H. A. de. Diagnóstico Socioeconômico e Hídrico da microrregião do Alto Capibaribe, PE. In: IV SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE CLIMATOLOGIA. João Pessoa: SBMET, 2011.

OLIVEIRA, G.C.de S. **Perfil socioambiental e a estimativa do potencial para a captação de água da chuva em Catolé de Casinhas, PE.** (Monografia apresentada ao curso de Geografia, Universidade Estadual da Paraíba, para obtenção do título de Licenciada em Geografia). Campina Grande: UEPB, 2009. 61p.

ONU, 1997. In: **Revista Cidadania & Meio Ambiente.** Edição especial, 2009. Belém, PA: Câmara de Cultura, 2009.

PALMER, W.C.. **Meteorological drought.** Washington, USA: Weather Bureau Res, 1965. n. 45, 58p.

POLETO, I. Programa de cisternas caseiras no Brasil semiárido da caritas brasileira: iniciativas simples, grandes soluções. In: 9ª CONFERÊNCIA INTERNACIONAL SOBRE SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA. Petrolina/PE: Embrapa Semiárido/Singapura/IRCSA, 1999.

POLSKY, C; CASH, D.W. Drought, climate change and vulnerability: the rule of science and technology in a multi-scale, multi-stressor world. In: WILHITE, D.A. (org.) **Drought and water crisis: science, technology and management issues.** USA: Taylor & Francis, 2005.

ODM. Objetivos de Desenvolvimento do Milênio. Disponível em: <www.portalodm.com.br>
> Acesso em: 18 ago. 2011.

PORTO, E. R et al. Captação e aproveitamento de água de chuva na produção agrícola dos pequenos produtores do semiárido brasileiro: o que tem sido feito e como ampliar sua aplicação no campo. In: 9ª CONFERÊNCIA INTERNACIONAL SOBRE SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA. Petrolina/PE: Embrapa Semiárido/Singapura/IRCSA, 1999.

PRESS, F. et al. **Para entender a Terra.** 4 ed. Rualdo Menegat et al. (trad.) Porto Alegre: Bookman, 2006.

QUADRO 1. Disponível em: < www.ambientebrasil.com.br>, Acesso em: 20 out. 2008.

REBOUÇAS, A. C. O potencial de água do semiárido brasileiro: perspectivas do uso eficiente. In: 9ª CONFERÊNCIA INTERNACIONAL SOBRE SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA. Petrolina/PE: Embrapa Semiárido/Singapura/IRCSA, 1999.

SABINO, S. T. B. de O. **Programas emergenciais de combate aos efeitos da seca no Nordeste**: o que mudou na década de 90? (Dissertação apresentada ao Mestrado em Gestão Pública para o Desenvolvimento do Nordeste). Recife: CCSA/UFPE, 2002.

SANTANA, M. O de. (org.) **Atlas das áreas susceptíveis à desertificação do Brasil**. Brasília: MMA/SRH- UFPB, 2007.

SANTOS, J. M. dos. Estratégias de convivência para a conservação dos recursos naturais e mitigação dos efeitos da desertificação no semiárido. In: LIMA, R. da C. C; CAVALCANTE, A. de M. B; MARIN, A. M. P. (Editores) **Desertificação e Mudanças Climáticas no Semiárido Brasileiro**. Campina Grande: INSA, 2011.

SANTOS, M. de M. S. (coord.) **Prospecção Tecnológica: Recursos Hídricos**. Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos – CGEE, 2005.

SCHVARTZMAN, A.S.; PALMIER, L.R. Sugestões para o aprimoramento dos sistemas de captação de água de chuva por meio dos sistemas de captação de água de chuva por meio de cisternas na região semiárida de Minas Gerais. In: 6º SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA, ABCMAC, 2007, Belo Horizonte, MG. *Anais...Belo Horizonte*, 2007. CD-ROM

SEPLAN. **Exposição de fotografias: Nordeste**. Paraná: Gráfica do Senado, 1993.

SHAW, E. M. **Hydrology in practice**. 30 ed. New York: Routledge, 2004.

SICKERMANN, J. M. Gerenciamento Sustentável das Águas de Chuva: Imprescindível para o futuro das grandes cidades do Brasil. In: 5º SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVAS, 2005, Teresina, PI. *Anais...Teresina*, 2005. CD-ROM

SILVA, A. de S. et al. **Captação e conservação de água de chuva para consumo humano: cisternas rurais, dimensionamento, construção e manejo**. CT n° 12. Petrolina: Embrapa – CPATSA/SUDENE, 1984.

SILVA, A. de S; BRITO, L. T. de L; ROCHA, H. M. **Captação e conservação de água de chuva no semiárido brasileiro: Cisternas rurais II – água para consumo humano**. Circular Técnica, 16. Petrolina, PE: EMBRAPA-CPATSA/MINTER-SUDENE, 1988.

SILVA, L. da; ALMEIDA, H. A. de. Estimativa do potencial para captação de água de chuva em Quixadá, CE. In: 7º SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA. Caruaru: ABCMAC, 2009.

SILVEIRA, S. M. B. **O acesso à água como direito das populações do semiárido: práticas e discursos da Articulação do Semiárido (ASA)**. 109 f. Mestrado em Serviço Social. Recife: UFPE, 2009.

SMITH, H. H; FOK, Y. S; HEITZ, L.F. Considerações sobre as diretrizes para o desenvolvimento de sistemas de captação de água de chuva nas Ilhas Virgens Americanas. In: 9ª CONFERÊNCIA INTERNACIONAL SOBRE SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA. Petrolina/PE: Embrapa Semiárido/Singapura/IRCSA, 1999.

SOUZA FILHO, F. de A. de A. A política nacional de recursos hídricos: desafios para sua implementação no semiárido. In: MEDEIROS, S. de S. et al. (ed.) **Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas**. Campina Grande: INSA, 2011.

SOUZA, J. G. de. **O Nordeste brasileiro**: uma experiência de desenvolvimento regional. 1ª ed. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 1979.

SUASSUNA, J. **Semiárido**: proposta de convivência com a seca. Recife: Fundação Joaquim Nabuco, 2002.

SZILASSY, E. Usando formas de metal: tecnologia para a construção de cisternas redondas para captação d'água da chuva. In: 9ª CONFERÊNCIA INTERNACIONAL SOBRE SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA. Petrolina/PE: Embrapa Semiárido/Singapura/IRCSA, 1999.

URBANO, I.; DUQUE, C. **Técnicas de captação e uso da água no semiárido brasileiro**. Campina Grande, PB: 2007. V.1. CD-ROM

UVO, C. R. B., NOBRE, C. A. A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e a precipitação no norte do Nordeste do Brasil. Parte II: A Influência dos Ventos e TSM do Atlântico Tropical. **Climanálise**, v. 4, n. 10, p. 39 – 48, 1989.

VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e Climatologia**. Recife: Versão Digital, 2005. 522p.

VICKERS, A. Managing demand: water conservation as a drought mitigation tool. In:

WILHITE, D.A. (org.) **Drought and water crisis**: science, technology and management issues. USA: Taylor & Francis, 2005.

WILHITE, D.A; SMITH, M.B. Drought as hazard: understanding the natural and social context. In: WILHITE, D.A. (org.) **Drought and water crisis**: science, technology and management issues. USA: Taylor & Francis, 2005.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION (WMO). **Drought and agriculture**. Geneva, Switzerland (WMO Tech. Note 138. Pub. WMO -392) 1975. 127p.

ZAPE. **Zoneamento Agroecológico de Pernambuco**. Disponível em: <www.uep.cnps.embrapa.br/zape> Acesso em: out. 2011.