



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA  
PRÓ REITORIA DE PÓS GRADUAÇÃO E PESQUISA - PRPGP  
COORDENAÇÃO DO PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO LATO SENSU  
GEOAMBIÊNCIA E RECURSOS HÍDRICOS DO SEMIÁRIDO**

**ERANDI ANDRADE DE MOURA SAMPAIO**

**POTENCIAL DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA E CARACTERIZAÇÃO  
GEOMORFOLÓGICA DOS AFLORAMENTOS ROCHOSOS DO SITIO OLHO  
D'ÁGUA, POCINHOS, PB.**

CAMPINA GRANDE/PB

2014

**ERANDI ANDRADE DE MOURA SAMPAIO**

**POTENCIAL DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA E CARACTERIZAÇÃO  
GEOMORFOLÓGICA DOS AFLORAMENTOS ROCHOSOS DO SITIO OLHO  
D'ÁGUA, POCINHOS, PB.**

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em GeoAmbiência e Recursos Hídricos do Semiárido, do Departamento de Geografia, da Universidade Estadual da Paraíba, como pré-requisito para obtenção do título de Especialista na área de GeoAmbiência e Recursos Hídricos do Semiárido.

Sob a orientação do Prof. Dr. Hermes Alves de Almeida

CAMPINA GRANDE/PB

2014

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano da dissertação.

S192p Sampaio, Erandi Andrade de Moura  
Potencial de captação de água da chuva e caracterização geomorfológica dos afloramentos rochosos do Sítio Olho D' Água, Pocinhos, PB [manuscrito] / Erandi Andrade de Moura Sampaio. - 2011.

58 p. : il. color.

Digitado.

Monografia (Especialização em Geoambiência e Recursos Hídricos do Semiárido) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Educação, 2011.

"Orientação: Prof. Dr. Hermes Alves de Almeida, Departamento de Geografia".

1. Chuva 2. Captação de Água 3. Afloramento Rochoso - Tanque de Pedra I. Título.

21. ed. CDD 551.577

ERANDI ANDRADE DE MOURA SAMPAIO

POTENCIAL DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA E CARACTERIZAÇÃO  
GEOMORFOLÓGICA DOS AFLORAMENTOS ROCHOSOS DO SITIO OLHO  
D'ÁGUA, POCINHOS, PB.

Monografia apresentada ao Curso de Especialização  
em GeoAmbiência e Recursos Hídricos do Semiárido,  
do Departamento de Geografia, da Universidade  
Estadual da Paraíba, como pré-requisito para obtenção  
do título de Especialista na área de GeoAmbiência e  
Recursos Hídricos do Semiárido.

Aprovada em 03/12/2014.

nota 10,0 (dez)

**Banca Examinadora**

*Hermes Alves de Almeida*

Profo Dr. Hermes Alves de Almeida – UEPB

(Orientador)

*Marília Maria Quirino Ramos*

Profª Ms. Marília Maria Quirino Ramos – UEPB

(Examinadora Interna)

*Maria das Graças Ramos*

Profª Ms. Maria das Graças Ouriques Ramos - UEPB

(Examinadora Interna)

## AGRADECIMENTOS

A Deus, o qual me concedeu a graça de concluir mais um trabalho, da minha vida acadêmica.

Ao meu orientador e professor Doutor Hermes Almeida pela dedicação e paciência para comigo, em que nenhum instante desistiu desse trabalho e foi de fundamental importância para conclusão do mesmo, através do seu conhecimento, competência e empenho.

Ao meu esposo, Helder Sampaio e ao meu filho João Manoel, que são fundamentais na minha vida e são minha fonte de inspiração para tudo que faço.

Aos meus pais, Manoel da Silva Moura e a Josefa Andrade de Lacerda, pela educação, amizade, respeito e amor que a mim sempre foi dado e ensinado.

Às minhas irmãs (Edna, Eliana, Erlany e Emanuely), à Cilene, sobrinhos, cunhados, à minha sogra e ao meu sogro, que sempre estão do meu lado.

Ao meu amigo Jório que doou um pouco do seu tempo e compartilhou de seu conhecimento.

À CAGEPA que forneceu a análise da água

À comunidade rural, Olho D'Água, que me concedeu as informações que fossem necessárias.

Enfim agradeço a todos que me ajudaram, direto e indiretamente, em mais uma jornada da minha vida acadêmica.

*“Tudo posso naquele que me fortalece”*

*Filipenses 4:1*

**SAMPAIO, E. A. M. Potencial de captação de água da chuva e caracterização geomorfológica dos afloramentos rochosos do Sítio Olho D'Água, Pocinhos, PB.** Campina Grande, 2014. Monografia de Pós Graduação em GeoAmbiência e Recursos Hídricos do Semiárido, Pró Reitoria de Pós Graduação e Pesquisa, Coordenação do Programa de Pós Graduação Lato Senso, Departamento de Geografia (DG), Universidade Estadual da Paraíba (UEPB).

## RESUMO

A baixa quantidade de chuva associada à elevada irregularidade espacial e temporal na zona rural do semiárido paraibano podem ser consideradas as principais responsáveis pela insegurança hídrica e, conseqüentemente, o não desenvolvimento sustentável. Diante disto, procurou-se estimar o potencial de captação de água da chuva, nos afloramentos rochosos (Tanque de Pedras) do Sítio Olho d'água, Pocinhos, PB e caracterizar geomorfológicamente essas estruturas, sendo essas determinações os objetivos principais. Para realização deste trabalho, utilizou-se uma série de dados mensais de chuvas de Pocinhos, equivalente ao período de 01.01.1980 a 31.12.2013, cedida pela Agência Executiva de Gestão das Águas da Paraíba (AESPA). A análise dessa série foi feita usando-se critérios da estatística climatológica, sendo determinada às medidas de tendência central (média e mediana) e de dispersão (amplitude e desvio padrão) e estabelecido o regime pluvial e a frequência empírica dos valores anuais aos níveis de 25, 50 e 75% de probabilidade. Os volumes de captação de água da chuva foram determinados para seis cenários anuais (o ano mais seco e o mais chuvoso, a mediana da série e aos três níveis de probabilidade) e para as áreas de captação dos telhados das casas e dos tanques naturais do referido local. A caracterização geomorfológica dos sete tanques foi feita mediante o reconhecimento *in loco* e as análises da qualidade da água (cor, turbidez e pH) armazenada pela CAGEPA. Os principais resultados mostraram que o regime pluvial é irregular, assimétrico e a estação chuvosa ocorre entre março a junho, quando chove o equivalente a 65% do total anual. O afloramento rochoso é composto de rocha magmática plutônica, textura fanerítica e fraturas com cerca de sete metros de profundidade. A ação do intemperismo físico resultou em esfoliação, do químico, no aparecimento de minerais secundários e do biológico, pela presença de plantas na própria rocha. Os volumes potenciais de captação de água da chuva oscilaram entre 1,1 mil m<sup>3</sup> a 5,7 mil m<sup>3</sup> e os das casas superaram 16 mil litros, mesmo para a menor área de captação. A água armazenada nos Tanques Naturais e/ou em uma das cisternas tem cor e turbidez acima do estabelecido na Portaria nº518/04 do Ministério da Saúde, para o consumo humano, e o pH dentro da faixa recomendada. O regime pluvial estabelecido permitiu identificar que a captação de água da chuva no Sítio Olho d'água, Pocinhos, PB, é uma alternativa viável para aumentar a oferta e o suficiente para o consumo humano e para o uso em atividades produtivas do pequeno produtor.

**Palavras-chave:** chuva, captação de água, tanques de pedra e cisterna.

## ABSTRACT

The low amount of rainfall associated to the high space and temporary irregularity in the rural zone of the paraibano semiarid the responsible main can be considered by the insecurity water and, consequently, the maintainable development. Before this, it's tried to be considered the potential of catchment's water of the rain, in the rocky blooming (Tank of Stones) of the Olho d'água site, Pocinhos, PB, and characteristics geomorphology these structures, being those determinations of the main objectives. For this study, we used series of monthly rainfall data Pocinhos, equivalent to the period 01.01.1980 to 31.12.2013, given in by the Executive Agency of Water Management of Paraíba (AESA). The analysis of data was made being used of the climatologically statistics criteria, being certain to the measures of central tendency (mean and medium) and of dispersion (range and standard deviation) and established of the model rainfalls and the empirical frequency of annual values to levels 25, 50 and 75% probability. Thus, the volumes of catchment's rainwater potential were determined for six annual scenarios (the driest and the wettest year, the median of the series and the three levels of probability) to catchment's areas of the roofs of houses and natural tanks said site. The geomorphologic characterization of the seven tanks was made by recognition locally and analysis of water quality (color, turbidity and pH) stored by Cagepa. The main results showed that rainfall patterns are irregular, asymmetrical and the rainy season occurs from March to June, when it rains the equivalent of 65% of the year. The rocky outcrop is composed of plutonic igneous rock, phaneritic texture and fractures about seven feet deep. The action of physical weathering resulted in exfoliation, chemical, in the appearance of secondary minerals, and the biological, the presence of plants in the rock. The potential volumes of capturing rainwater ranged from 1100 to 5700 m<sup>3</sup> and the houses exceeded 16.000 liters, even for the smallest catchments area. The water stored in tanks Natural and/or in one of the cistern has color and turbidity above the established in Ordinance number 518/04 of the Mystery of Health for human consumption, and the pH within the recommended range. The rainfall regime established identified that catchment's rainwater in that Site is a viable alternative to increasing supply and enough for human consumption and for use in productive activities of the small producer.

**Keywords:** rain, water harvesting, stone tanks and tanker.



## **LISTA DE SIGLAS**

**AESA** – Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba

**ASA** – Articulação no Semiárido Brasileiro

**BAP** – Programa Bomba d' Água Popular

**CAGEPA** – Companhia de Água e Esgoto da Paraíba

**CNBB** – Conferência Nacional dos Bispos do Brasil

**CONAMA** – Conselho Nacional do Meio Ambiente

**EMBRAPA** – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

**FAO** – Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação

**IBGE** – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

**OMS** – Organização Mundial da Saúde

**ONU** – Organização das Nações Unidas

**PH** – Potencial Hidrogeniônico

**ZCIT** – Zona de Convergência Intertropical

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Delimitação do Semiárido Brasileiro. ....	19
<b>Figura 2.</b> Construção de cisterna de placas. ....	25
<b>Figura 3.</b> Exemplos de tecnologia de captação de água de chuva. ....	26
<b>Figura 4.</b> Mapa geográfico do Estado da Paraíba, com destaque para o município de Pocinhos, PB. ....	30
<b>Figura 5.</b> Imagem de satélite com a localização geográfica do Sítio Olho D'Água. Pocinhos (PB). ....	33
<b>Figura 6:</b> Distribuição mensal das médias, medianas e desvios padrão da precipitação pluvial. Pocinhos, PB, entre o período: 1980 a 2013. ....	35
<b>Figura 7.</b> Distribuição das médias, medianas e desvios padrão da média nos meses da estação chuvosa. Pocinhos, PB, média do período: 01.01.1980 a 31.12.2013. ....	36
<b>Figura 8.</b> Volumes potenciais anuais de captação de água da chuva, nos seis cenários pré-estabelecidos, em Pocinhos, PB. Médias do período de 01.01.1980 a 31.12.2013. ....	37
<b>Figura 9.</b> Vista dos afloramentos rochosos no Sítio Olho D'Água, Pocinhos, PB. ....	38
<b>Figura 10.</b> Imagem do Tanque de Pedra no Sítio Olho D'Água, Pocinhos, PB. ....	38
<b>Figura 11.</b> Vista do Tanque de Pedra (anglo externa com a presença de alvenaria). Sítio Sítio Olho D'Água, Pocinhos, PB. ....	39
<b>Figura 12.</b> Vista do Tanque de Pedra (anglo interno com a presença de alvenaria). Sítio Sítio Olho D'Água, Pocinhos, PB. ....	39
<b>Figura 13.</b> Vista dos reservatórios inseridos na rocha (fratura), com água. Sítio Sítio Olho D'Água, Pocinhos, PB. ....	40
<b>Figura 14.</b> Vista dos reservatórios inseridos na rocha (fratura), sem água. Sítio Sítio Olho D'Água, Pocinhos, PB. ....	41
<b>Figura 15.</b> Rocha magmática plutônica (granítica), trecho do afloramento no município de Pocinhos, PB. ....	41
<b>Figura 16.</b> Intemperismo físico com esfoliação e diques no afloramento rochoso, localizado no Sítio Olho d'Água, Pocinhos, PB.. (Intemperismo físico e a presença de diques). ....	43
<b>Figura 17.</b> Visualização do intemperismo químico, através da modificação dos minerais no afloramento rochoso do Sítio Olho D'Água, município de Pocinhos, para uma cor avermelhada. ....	44

<b>Figura 18.</b> Visualização de intemperismo biológico (planta na rocha), no afloramento rochoso do Sítio Olho D' água, município de Pocinhos, PB. ....	45
<b>Figura 19.</b> Volumes potenciais anuais de captação de águas da chuva, em m <sup>3</sup> , para diferentes áreas de captação dos telhados residências. Sítio Olho D' Água, Pocinhos (PB), período de 01.01.1980 a 31.12.2013. ....	46
<b>Figura 20:</b> Volume potencial de captação de água da chuva (VPC) no Tanque de Pedra, localizado no Sítio Olho D'Água, Pocinhos, PB. ....	47
<b>Figura 21.</b> Valores da cor da água nas amostras coletadas nos Tanque de Pedras, localizados no Sítio Olho D'Água, Pocinhos, PB, e analisadas pela CAGEPA. ....	48
<b>Figura 22.</b> Valores da turbidez nas amostras de água coletadas nos Tanque de Pedras, localizados no Sítio Olho D'Água, Pocinhos, PB, e analisadas pela CAGEPA. ....	49
<b>Figura 23.</b> Valores do pH da água nos Tanque de Pedras, localizados no Sítio Olho D'Água, Pocinhos, PB, e analisadas pela CAGEPA. ....	50
<b>Figura 24.</b> Valores analisados dos parâmetros químicos cor, turbidez e Ph da água da cisterna de D. Lozinha, Sítio Olho D'Água, Pocinhos, PB, pela CAGEPA. ....	51

## LISTA DE QUADRO

<b>Quadro 1.</b> Principais características físicas do afloramento rochoso, localizado no município de Pocinhos, PB, e analisadas com base nos critérios propostos por Popp (1998). ....	42
--	----

## SUMÁRIO

<b>1.0 – INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
<b>2.0 - REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>14</b>
2.1 – Água: distribuição e escassez .....	14
2.1.1 – Políticas das águas e parâmetros de potabilidade .....	16
2.2 – Delimitação geográfica do semiárido brasileiro .....	19
2.3 – Principais mecanismos indutores da chuva no semiárido nordestino .....	20
2.4 – Principais tecnologias sociais para captação de água de chuva .....	22
2.4.1- Barragens superficiais e subterrâneas .....	23
2.4.2- Os programas um milhão de cisternas (p1mc) e uma terra e duas águas (p1+2) .....	24
2.4.2.1- Tanques de pedra: caracterização geomorfológica e usos múltiplos da água .....	27
<b>3.0 - MATERIAL E MÉTODO .....</b>	<b>30</b>
3.1 - Localização da área de estudo .....	30
3.2 – Procedimentos metodológicos .....	31
3.2.1 - Coleta e análises de dados de precipitação pluvial .....	31
3.2.2 - Estimativas das áreas e volume potencial de captação de água de chuva .....	32
3.2.3. – Análise físico-químico da água armazenada nos tanques de pedras (naturais) .....	33
3.3 - Reconhecimento geológico e geomorfológico do afloramento onde se encontra os tanques .....	34
3.4 – Diagnóstico socioambiental e econômico das famílias do Sítio Olho D' Água. ....	34
<b>4.0 - RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>35</b>
4.1 - Regime pluvial de Pocinhos .....	35
4.2 - Aspectos litológicos e estruturais dos tanques de pedras (naturais) .....	37
4.2.1 - Reconhecimento macroscópico da rocha .....	41
4.2.2 - Reconhecimento e descrição dos processos intempéricos .....	42
4.3 - Volumes potenciais de captação de água da chuva: nas casas e nos tanques naturais ....	45
4.4 – Análise qualitativa da água dos tanques naturais do Sítio Olho D'Água, Pocinhos (PB)	48
<b>5.0 – CONCLUSÕES.....</b>	<b>53</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>53</b>
<b>APÊNDICES .....</b>	<b>58</b>

## 1.0 INTRODUÇÃO

Embora o Nordeste brasileiro seja a segunda região mais populosa do país, ela conta com o menor percentual de recursos hídricos (cerca de 3%). Além disso, o subsolo é formado, na sua maioria, por rochas cristalinas, cuja característica principal é a permeabilidade primária muito baixa o que vem a contribuir para uma baixa disponibilidade de água subterrânea.

As reservas de águas subterrâneas no domínio de rochas cristalinas no semiárido nordestino são, naturalmente, limitadas, por isso, a retenção da água da chuva tem sido feita por meio de açudes de tamanhos variados nesse embasamento geológico. Os açudes têm grandes valores simbólicos e feições marcantes na paisagem sertaneja. Na maioria desses reservatórios, as reservas são muito baixas e, basicamente, têm sido usados para suprir as necessidades primárias de abastecimento humano e nas atividades da agropecuária.

O Barão de Capanema, em 1860, num relatório de avaliação das obras de combate às secas defendeu a construção de açudes, mas somente quando construídos em lugares convenientes à prática de atividades hidro-agrícolas (REBOUÇAS, 1997).

A eficiência hidrológica de um açude é estimada em cerca de 20,0% do volume estocado, em função das altas taxas de perdas por evaporação (VIEIRA, 1994), condições essas que propiciam os processos de salinação cíclica da água armazenada (SANTIAGO et al., 1986).

Diante disto, a disponibilidade e uso da água no semiárido nordestino, continuam a ser uma questão crucial no que concerne ao seu desenvolvimento. Mesmo existindo esforços para aumentar as estruturas hídricas, a oferta de água continua, ainda, a ser insuficiente para mitigar os efeitos das secas, especialmente, com relação ao uso difuso da água no meio rural.

As características físico-ambientais predominantes do semiárido requerem tecnologias específicas de utilização e conservação dos recursos hídricos. As secas geram problemas sociais e econômicos, dizimam as colheitas e animais e esgotam as reservas de água superficial. Por outro lado, a escassez de água, pode ser mitigada, adotando-se tecnológicas simples relacionadas à captação de água da chuva, por ser de baixo custo e de fácil apropriação pela população.

A precipitação pluvial é o elemento do clima de maior variabilidade espacial e temporal em qualquer região e, em especial no semiárido, onde o regime de chuvas irregular, tanto em quantidade quanto em distribuído é assimétrico. Essas condições indicam que há anos em que as chuvas se concentram em um, dois ou três meses e em outros chovem

torrencialmente, embora de forma irregular. Além dessas características, a estação chuvosa é diferenciada, em quantidade, distribuição e duração (ALMEIDA, 2012). Essas características afetam diretamente não somente a disponibilidade hídrica, mas as atividades econômicas e, conseqüentemente, o desenvolvimento sustentável.

Diante dessa condição, a captação da água da chuva e o armazenamento em cisternas tem se relevado como sendo uma fonte alternativa importante para aumentar a disponibilidade de água para fins potáveis ou não potáveis, especificamente, na zona rural, onde a carência de água é maior do que na zona urbana.

No caso da captação de água da chuva, a qualidade da água de chuva é primeiramente influenciada pela superfície de captação, por que nessa configuração geométrica existem impurezas e/ou outros materiais que ao ser carregado pela água podem alterar a qualidade da água e, portanto, a tornar imprópria para certos usos (HAGEMANN, 2009).

A água, se não estiver pura, pode se tornar um veículo de doenças. A portaria 518/2004 do Ministério da Saúde define água potável como aquela que é apropriada para o consumo humano e “cujos parâmetros biológicos, microbiológicos, físicos, químicos e radioativos, atendem ao padrão de potabilidade e não oferecem riscos à saúde” (VILAR, 2009).

Embora a captação de água da chuva na zona rural do semiárido nordestino renasce como sendo a principal e/ou a única alternativa capaz de aumentar a oferta hídrica, desde que a seu armazenamento em cisternas e o seu manejo garantam água de boa qualidade (ALMEIDA & VIRIATO, 2014).

Destaca-se, ainda, que essa importante tecnologia hídrica social torna-se extremamente importante por permitir o aumento da oferta de água, num determinado local, sem aumentar a quantidade de chuvas. Além disso, as áreas de captações podem ser os próprios telhados residenciais ou comerciais, um calçadão ou superfícies de afloramentos rochosos, ou seja, Tanques de Pedra. No entanto, em qualquer uma das situações não há como se efetivar um estudo desta natureza, sem estabelecer o regime pluvial local.

A disponibilidade de água na zona rural de Pocinhos não difere muito de outras localidades rurais do semiárido nordestino, com a sutil diferença que é a existência, nessa comunidade, de reservatórios naturais de captação e armazenamento de água da chuva (tanques de pedra) cujas estruturas garantem, pelo menos, de forma parcial, armazenar água para fins de abastecimento humano e/ou difuso (ALMEIDA & CABRAL, 2013).

O referido estudo contempla o Sítio Olho D'Água, em Pocinhos, PB, onde existem esses tipos de reservatórios naturais (tanques de pedras) cujas águas são usadas para fins

domésticos e dessedentação animal. Além dessas estruturas hídricas, a maioria das casas capta a água da chuva, utilizando-se os telhados e armazena em cisternas para fins potáveis.

Diante disto, o presente estudo tem por objetivo principal a caracterização geomorfológica dos afloramentos rochosos do Sítio Olho D'Água, Pocinhos, PB e estimar o potencial de captação de água da chuva dessas estruturas e das casas dessa comunidade. Tendo, ainda, os seguintes objetivos específicos:

Estabelecer o regime pluvial do Sítio Olho D'Água, Pocinhos, PB;

Estimar o volume potencial de captação de água da chuva, em função de diferentes cenários de ocorrências de chuvas de áreas de captação;

Analisar a qualidade da água (físico-químico) armazenada nos Tanques de Pedras;

## **2.0- REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 – Água: distribuição e escassez**

A água é um recurso natural essencial na vida dos seres vivos deste Planeta. É uma substância fundamental para os ecossistemas da natureza, solvente universal, embora este recurso encontra-se cada vez mais limitado e exaurido pelas ações antrópicas nas bacias hidrográficas, degradando a sua qualidade e prejudicando as geobiocenoses.

A maior totalidade de água do Planeta Terra (97,5%) é de água salgada e apenas 2,5% restante, são de água doce. Desse quantitativo, cerca de 79,0 % estão “presas” as calotas polares, 20,0% são de águas subterrâneas e apenas 1.0% constituem o escoamento superficial. Assim sendo, aproximadamente 53,0% deste percentual de água doce é disponível para o uso dos seres humanos e por isto, estão presentes nos lagos, lagoas e rios (VICTORINO, 2007).

A carência de água pode ser, para muitos países, um dos fatores limitantes ao desenvolvimento, pois o modelo tecnológico até então elaborado, com base na exploração indiscriminada dos recursos naturais, está esgotado (PAZ, TEODORO & MENDONÇA, 2000).

Embora o Brasil seja um país privilegiado, no que diz respeito à quantidade de água, ainda, sua distribuição não é uniforme em todo o território. Há cerca de 70% desse quantitativo na Região Amazônica, para uma população de cerca de 5,0% e os 30,0% restantes, são distribuídos desigualmente nas demais regiões brasileiras para atender 95,0% da população.

Conforme Victorino (2007) atualmente cerca de 80 países enfrentam problemas decorrentes da falta de água, sendo o continente asiático, o de situação mais crítica, pois 60% da população vivem com apenas 32% da água doce disponível do planeta. Por outro lado a América Latina tem 12 vezes mais água por pessoa que todo o sul da Ásia. Particularmente, o Brasil, a Rússia, a China e o Canadá são os maiores detentores de água do mundo do Planeta, já o Kuwait, Israel, Jordânia, Arábia Saudita e Iraque na Ásia, Líbia, Argélia, Etiópia e Cabo Verde na África, Hungria, França, Espanha e Bélgica, na Europa são exemplos de países do Planeta que enfrentam situações de escassez de água (NUNES, 2009).

De acordo com a FAO (2008) a previsão para 2025 é que em torno de 1,8 bilhões de pessoas viverão em países ou regiões com absoluta escassez de água e dois terços da população mundial enfrentará dificuldades relacionadas à disponibilidade desse recurso.



O conceito vinculado à escassez de água está baseado nas necessidades mínimas de água *per capita* para manter uma qualidade de vida adequada em regiões moderadamente desenvolvidas situadas em zonas áridas, em que se baseia no pressuposto de que 100 litros diários (36,6 m<sup>3</sup>/ano) representam o requisito mínimo para suprir as necessidades domésticas e a manutenção de um nível adequado de saúde (BEEKMAN, 1999).

Mesmo os países com água em abundância, com é o caso do Brasil, não estão livres da escassez de água potável, pois 70% do volume da água doce do país são encontradas na Amazônia e a apenas 3% na região Nordeste. Esta última região é a que mais sofre com a escassez, com destaque para o Estado da Paraíba, com uma disponibilidade hídrica de cerca 1.437 m<sup>3</sup>/pessoa/ano e Pernambuco, com uma disponibilidade hídrica de 1.320 m<sup>3</sup>/pessoa/ano (CIRILO, 2008).

Ainda conforme este mesmo autor, o problema é maior, quando se trata do semiárido brasileiro, em virtude dos longos períodos de estiagens, a qual é uma característica natural dessa região, e que deixa a população local vulnerável ao problema de escassez de água, principalmente, quando se trata do uso difuso da água no meio rural.

Nesse contexto percebe-se que há necessidade de procurar alternativas para a convivência com o semiárido brasileiro, a partir de ações governamentais, através da ampliação e o fortalecimento da infra-estrutura hídrica e assim vem contribuir para a diminuição do êxodo rural e a interiorização do desenvolvimento (ALMEIDA, et. al. 2009).

Além da má distribuição da água pelo Planeta Terra, outro problema que se deve levar em consideração é o aumento da demanda por esse recurso, haja vista que a ONU (2013), estima que em 2050, a população mundial será superior a nove bilhões de habitantes. Além de que, a agricultura, atividade econômica que mais demanda por água, cerca de 70%, estima-se que a mesma consumirá em torno de 2.377 km<sup>3</sup>/ano, em 2025, o que representa um aumento do consumo se comparada ao ano de 2000, que foi de 1996 km<sup>3</sup>/ano.

Outro problema condizente a água diz respeito às questões qualitativas, isto porque mananciais vêm sendo contaminados por agroquímicos, resíduos industriais, metais pesados dos garimpeiros, esgotos urbanos e hospitalares. Tudo isto ocasionado pela intervenção humana, o que consequentemente acarretam problemas ao mesmo, pois a água é um elemento transmissor de doenças, representando sérios riscos à saúde, quando poluída. Um exemplo disso é mencionado pela CNBB (2004), quando disse que a cada ano morrem dois milhões de crianças devido a doenças causadas por água contaminada.

De acordo com as estimativas da OMS (2006), mais de 4% da taxa de mortalidade no mundo corresponde a enfermidades diarreicas, que afetam principalmente crianças, sendo que

88% dessa taxa têm sua origem na má qualidade dos sistemas de abastecimento de água e de saneamento e em falta de higiene.

Tais problemas são mais comuns nas áreas urbanas dos países periféricos devido, necessariamente a hábitos sanitários, ao abastecimento local e aos métodos de tratamento e deposição de dejetos, porém não quer dizer que o problema não ocorra no meio rural (SETTI, 2001).

Na verdade há desigualdades no acesso aos serviços de água, sendo a carência mais evidente para os que residem na zona rural, uma vez que a água encanada está disponível para menos de 28 %. Além disso, 58 % da população rurícola ainda usam água proveniente de poço ou nascente e 39,3% não têm água canalizada nas casas (BRASIL, 2009).

### **2.1.1 – Políticas das águas e parâmetros de potabilidade.**

A lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, instituiu a Política e o Sistema Nacional de Recursos Hídricos. Existem vários instrumentos legais que detalham e disciplinam as atividades do setor. Eles são provenientes de um modelo de gerenciamento das águas orientado por tipos de uso, o que estabelece frequentemente conflitos, superposições e a desarticulação da legislação, exigindo, portanto, aperfeiçoamento (SETTI, et. al., 2001, p. 91).

A referida lei é conhecida como sendo a Lei das Águas e normatiza o controle e o uso da água através da cobrança pela água bruta, além dos planos de recursos hídricos para as bacias hidrográficas e os estados. A estruturação de entidades gestoras e organismos de bacias baseiam-se nos seguintes fundamentos, conforme o Art. 1º (SETT et. al., 2001)

*I - a água é um bem de domínio público;*

*II - a água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico;*

*III - em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais;*

*IV - a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas;*

*V - a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos;*

*VI - a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades.*

E tem as seguintes finalidades:

assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos;

a utilização racional e integrada dos recursos hídricos, incluindo o transporte aquaviário, com vistas ao desenvolvimento sustentável; e

a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais.

Quanto ao Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos é importante ressaltar que se compõe de:

I – Conselho Nacional de Recursos Hídricos;

II – Conselho Nacional de Recursos Hídricos dos Estados e do Distrito Federal;

III – Comitês de Bacias Hidrográficas;

IV – Órgãos dos poderes públicos federal, estaduais e municipais, cujas competências se relacionam com a gestão dos recursos hídricos,

V – Agências de Águas.

Outro ponto importante nesta lei é o direito atribuído aos Estados de formularem sua própria lei, isto porque, constatou-se que na implementação do Sistema de Gerenciamento, freqüentemente, as leis não adéquam as condições locais, suscitando, assim, ajustes e revisões. No Estado da Paraíba, a lei nº 6.308, de 02 de julho de 1996 institui a Política Estadual de Recursos Hídricos baseada nos seguintes princípios:

I - O acesso aos Recursos Hídricos é direito de todos e objetiva atender às necessidades essenciais da sobrevivência humana.

II - Os recursos hídricos são bens públicos, de valor econômico, cuja utilização deve ser tarifada.

III - A bacia hidrográfica é uma unidade básica físico-territorial de planejamento e gerenciamento dos Recursos Hídricos.

IV - O gerenciamento dos Recursos Hídricos far-se-á de forma participativa e integrada, considerando os aspectos quantitativos e qualitativos desses Recursos e as diferentes fases do ciclo hidrológico.

V - O aproveitamento dos Recursos Hídricos deverá ser feito racionalmente de forma a garantir o desenvolvimento e a preservação do meio ambiente.

VI - O aproveitamento e o gerenciamento dos Recursos Hídricos serão utilizados como instrumentos de combate aos efeitos adversos da poluição, da seca, de inundações, do desmatamento indiscriminado, de queimadas, da erosão e do assoreamento.

Em virtude da regulamentação do uso da água e da cobrança na zona rural, Tucci (2000) relata que poderão ocorrer dois processos opostos; a redução da demanda de água nos projetos, devido à cobrança e à racionalização do uso da água. Essa condição pode criar melhores oportunidades para a sustentabilidade regional, com obediência aos acordos e às decisões dos comitês de bacia, mas poderá aumentar os conflitos e, por isso, dificuldades na implementação das decisões dos comitês.

Em contrapartida, a captação de água da chuva surge como alternativa sustentável, por estimular o uso racional e, ao mesmo tempo, previne contra os eventos hidrológicos críticos, tanto às secas quanto às inundações, devido à diminuição do escoamento superficial (SENRA, 2007).

Quanto às características qualitativas da água indicam os usos mais apropriados que dela podem ser feitas e podem ser traduzidas na forma de parâmetros de qualidade da água. Estes parâmetros são divididos em: físicos, os quais estão relacionados com a presença de sólidos e gases na água, dentre eles a cor, cujo parâmetro está associado a coloração por meio da presença de sólidos dissolvidos, e a turbidez, que corresponde ao grau de alteração à passagem da luz (HAGEMANN, 2009).

Para Macedo (2004) a turbidez, interfere na intensidade da penetração da luz, pois é resultante da presença de partículas em suspensão na água (plâncton, bactérias, argila, material poluente fino e outros), que provocam a difusão e a absorção da luz.

Os parâmetros químicos, segundo Hagemann (2009) são aqueles que indicam a presença de alguns elementos compostos químicos, por exemplo, o pH, o qual representa a concentração de íons hidrogênio  $H^+$ . Por fim, o biológico que ainda segundo este mesmo autor, indica a presença de seres vivos na água, destacando os coliformes termotolerantes, ou seja, o grupo de bactérias originário do intestino humano e de outros animais.

Como parâmetro de potabilidade de água para o consumo humano a legislação utiliza-se da lei estabelecida pela Portaria MS nº518/04 (CAGEPA, 2012), em que cor a referência é 15,0 Hazen, a turbidez é 5,0 NTU e o pH é entre 6,0 a 9,5.

Além disso, segundo Hagemann (2009) a Resolução CONAMA nº274/00 define os critérios de balneabilidade das águas brasileiras, classificando-as com própria e imprópria

para o contato primário. Sendo a água, classificada em excelente, muito boa e satisfatória. Também existe a Resolução CONAMA nº 357/05, a qual dispõe sobre a classificação dos corpos d'água, sendo para água doce estabelecidos em cinco classes de uso: Classe Especial e Classes I, II, III e IV (ZERBINATTI, et. al. 2011).

## 2.2 – Delimitação geográfica do semiárido brasileiro

O semiárido brasileiro (Figura 1) totaliza uma área de 969.589,5 km<sup>2</sup>, em que estão inclusos 1.133 municípios, do Nordeste brasileiro, com exceção do Estado Maranhão. Além do norte de Minas Gerais (Ministério da Integração Nacional, 2004).

**Figura 1.** Delimitação do semiárido brasileiro. Fonte: BRASIL (2005).



Tal delimitação geográfica tem respaldo nas características edafoclimáticas, como: i) precipitação pluvial média anual inferior a 800 milímetros; ii) índice de aridez de até 0,5 calculado pelo balanço hídrico que relaciona a precipitação e a evapotranspiração potencial, no período entre 1961 e 1990; iii) risco de seca maior que 60%, tomando-se por base o período entre 1970 e 1990. Anteriormente, a precipitação pluviométrica constituía-se no único critério utilizado para delimitar o semiárido brasileiro. Contudo, a escassez de chuvas não representa o único fator responsável pela insuficiente oferta de água em um espaço geográfico. As distribuições das chuvas associadas à taxa de evapotranspiração contribuem para potencializar as estiagens que atingem parte do território brasileiro (BRASIL, 2005).

Almeida e Cabral (2013) afirmam que a precipitação pluvial é sem dúvida o elemento do clima de maior variabilidade espacial e temporal em qualquer região e, em particular, no semiárido onde a chuva ocorreu durante dois a três meses, em outro persistem por até nove meses. Contata-se, também, que pode chover torrencialmente num local e quase nada aos seus redores.

Nesse contexto área que correspondente ao semiárido nordestino é de 8.790 km<sup>2</sup>, isso representa 61,9% do território dessa região, onde 1049 municípios estão integrados à mesma. O território paraibano, 86,6% da sua superfície (48.785,3 km<sup>2</sup>) é semiárido, o que corresponde a 170 municípios, inclusive o de Pocinhos (Brasil, 2005).

### **2.3 – Principais mecanismos indutores da chuva no semiárido nordestino**

O clima predominante no semiárido brasileiro, de acordo com a classificação climática de Köppen é do tipo semiárido quente (BSh), com temperaturas médias anuais inferiores a 18,0 °C. Nesse domínio, as chuvas são irregularmente distribuídas no tempo e no espaço além das características de torrencialidade, ou seja, grandes quantidades se concentram num período de tempo muito curto.

A precipitação pluvial média anual chega a ser três vezes menor que a evaporação, o que contribui para um balanço hídrico negativo e conseqüentemente, afeta os recursos hídricos da região, razão pela qual a maioria dos cursos de água é intermitente (AB' SABER, 1974).

No semiárido paraibano, o modelo mensal e intra-anual de distribuição de chuvas é extremamente irregular tanto no tempo quanto no espaço geográfico. Na maioria dos anos, há uma predominância de chover durante dois a três meses, em outros podem persistir por até nove meses ou chover torrencialmente num local e quase nada na sua circunvizinhança

(ALMEIDA & PEREIRA, 2007; ALMEIDA & OLIVEIRA, 2009). Deste modo o maior problema não é somente a quantidade de chuvas, mas a irregularidade na distribuição (URBANO & DUQUE, 2007).

Ainda segundo Urbano & Duque (2007) a variabilidade interanual no regime pluvial do Nordeste do Brasil (NEB) pode resultar de mecanismos de grande escala, responsáveis por cerca de 30% a 80% da precipitação observada a depender do local, e de mecanismos de meso e micro escala.

Dentre os mecanismos de grande escala, destacam-se os sistemas frontais e a zona de convergência intertropical (ITCZ ou ZCIT). Perturbações ondulatórias no campo dos ventos Alísios, complexos convectivos e brisa marítima e terrestre fazem parte da mesoescala, enquanto circulações orográficas e pequenas células convectivas constituem-se fenômenos de micro escala (BARBOSA & CORREIA, 2005).

Para esses mesmos autores, a variabilidade da chuva está intimamente relacionada com as mudanças nas configurações de circulação atmosférica de grande escala e com a interação oceano-atmosfera no Pacífico e no Atlântico. Neste caso um exemplo de perturbação climática de escala global é o impacto causado pelo fenômeno El Niño-Oscilação Sul (ENOS), que pode ser sentido principalmente pela modificação no regime e no total de precipitação.

Nobre & Molion (1988) sugeriram que, na fase quente dos eventos ENSO (El Niño), o ramo ascendente da Circulação Hadley-Walker, usualmente sobre a Amazônia, seja deslocado para sobre as águas anormalmente quentes do Pacífico Este ou Central, produzindo centros ciclônicos nos altos níveis sobre o norte/nordeste da América do Sul e uma forte subsidência sobre essa região e sobre o Atlântico tropical. Já, a fase oposta (fria), denomina-se de La Niña, as chuvas seriam intensificadas como, por exemplo, as que ocorreram nos anos de 1974, 1985 e 1995.

Outra situação são os sistemas frontais que ficam estacionários sobre o ENE, durante 4 a 8 semanas, associados a um vórtice nos níveis superiores, uma circulação ciclônica fechada (baixa pressão) com o ar central mais frio que sua periferia, e produzem grandes totais pluviométricas durante a estação seca preferencialmente entre os meses de novembro a março. Esses vórtices frios foram descritos por Gan (1983) que mostrou que eles se movem para oeste e têm sua maior frequência no mês de janeiro.

Quanto à intensidade da precipitação, esta depende da atividade convectiva associada com pelo menos quatro sistemas meteorológicos importantes: a zona de convergência intertropical (ZCIT), responsável pelas precipitações que ocorrem no centro norte da região

no período de fevereiro a maio; os sistemas frontais que provocam chuva no centro sul do NEB, nos meses de novembro a janeiro, os distúrbios de leste responsáveis pelas chuvas no leste do NEB entre maio e agosto e os vórtices ciclônicos da alta troposfera que ocorrem na primavera, verão e outono (setembro a abril), com máxima frequência no mês de janeiro (BARBOSA& CORREIA, 2005).

Eventos significativos no Nordeste brasileiro ocorrem com mais frequência em anos em que a ZCIT atinge posições extremas ao sul do equador. Vários estudos enfatizam a relação entre a intensidade e durabilidade da estação chuvosa e a posição da ZCIT (UVO, 1989).

Deste modo vários sistemas meteorológicos são observados na região tropical, contribuindo para alterações no clima e no tempo nessa região. Dentre eles, destacam-se os Sistemas Convectivos de Mesoescala (SCM), os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN), os Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOL) ou Ondas de Leste, e a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). Sendo este último sistema, como se foi apresentado, no presente estudo, o de maior influência no clima de várias regiões nos trópicos, como por exemplo, no norte da Região Nordeste do Brasil (NEB), onde a estação chuvosa depende fortemente da posição da ZCIT (GAN, 1983).

#### **2.4 – Principais tecnologias sociais para captação de água de chuva**

O problema da escassez de água corresponde a uma temática bastante discutida no campo acadêmico, tornando-se um aliado, mediante a busca de soluções para contornar tal problema, por meio de métodos que potencializem os recursos hídricos.

As tecnologias sociais representam um meio para minimizar os problemas gerados pela seca, garantindo o acesso à água para o consumo e a produção e conseqüentemente estimulando a permanência das famílias que convivem com essa realidade, fortalecendo a identidade local e intensificando o vínculo com a terra.

A província chinesa, Gansu, conhecida pela escassez de água, em que armazenam água de chuva há dois mil anos, em cacimbas e tanques. Em 2000 esta mesma província construiu cerca de 2.183.000 tanques, com uma capacidade de 73,1 milhões de m<sup>3</sup>, suprindo água a 1,97 milhões de pessoas e auxiliando na irrigação de 236.400 hectares de terra (GNADLINGER, 2000).

O Japão também é um país que busca desenvolver técnicas de captação de águas pluviais, Em Tóquio, a água da chuva coletada em telhados de residências particulares é



utilizada para irrigação de jardins, combate a incêndio e para o consumo humano, no caso de emergência, além de que em pelo menos cinco cidades do Japão existem programas de assistência para a construção de cisternas (KITA et.al., 1999).

Para Gnadlinger (2005), a captação de água da chuva é uma prática muito difundida em países como Austrália e Alemanha, tendo em vista que novos sistemas vêm sendo desenvolvidos permitindo a captação de água de boa qualidade de maneira simples e bastante efetiva em termos de custo-benefício.

Em Moçambique, onde a água superficial é escassa e mal distribuída busca-se captar águas pluviais, por meio de técnicas tradicionais. A prática mais comum é a construção de tanques de argila, que coletam as águas escoadas. Nas localidades que dispõe de mais recursos, os tanques são construídos em cimento. E em algumas áreas, os troncos de árvores conhecidas como baobá, (espécie vegetal encontrada na África, que representa a árvore nacional de Madagascar e o emblema nacional do Senegal), são utilizados como reservatórios (DYER, 1999).

Na América os primeiros registros de técnicas de aproveitamento da água de chuva eram utilizados por povos pré-colombianos na Península de Iucantã, no México (GNADLINGER, 2000).

No Brasil, o primeiro relato de aproveitamento da água de chuva é provavelmente um sistema construído na Ilha Fernando de Noronha, pelo exército norte-americano em 1943 (PETERS, 2006).

Atualmente existem poucos relatos de captação da água da chuva para fins de reaproveitamento, no Brasil, em vista da disponibilidade relativamente grande de outras fontes de abastecimento. Com exceção da região Nordeste, onde o aproveitamento de águas pluviais tem sido praticado em maior escala, devido ao problema da escassez hídrica (HAGEMAN, 2009, p. 24).

Dentre as práticas utilizadas no semiárido brasileiro, destacam-se as técnicas de captação de água de chuva, a açudagem, cisternas de placas, tanques de pedras, barragens subterrâneas e superficiais, caxios e cacimbas.

#### **2.4.1 Barragens superficiais e subterrâneas.**

A construção de açudes é considerada um dos mais importantes programas de desenvolvimento da região em Nordeste, uma vez que, o potencial de estoque de água nessa região é bem expressivo e totaliza cerca de 80 mil represas na região (SUASSUNA, 2004).

Esse mesmo autor relata que a construção de açudes deve levar em consideração algumas questões, como por exemplo, o dimensionamento das represas, visando a compatibilização entre a sua capacidade e o volume escoado do riacho por ela represado, pois caso a represa seja de pequeno porte e o riacho possua um grande volume de escoamento (subdimensionando), ocasionará a perda de água através da sangria.

A barragem subterrânea, segundo Costa (S.D) é uma tecnologia alternativa de captação de água de chuva, de construção fácil e de baixo custo, permitindo o cultivo de culturas tradicionais e assegurando o abastecimento de água para o consumo animal e para os gastos da casa, assim como irrigação de pequenas hortas, contribuindo assim para a melhoria da qualidade de vida da família.

Monteiro (1984) define barragem subterrânea ou submersível aquela formada por uma parede que parte da camada impermeável ou rocha até uma altura acima da superfície do aluvião, de tal forma que na época das chuvas forma um pequeno lago a montante.

Na construção dessas barragens alguns fatores devem ser observados, como a precipitação média da região, vazões dos rios/riachos ou linhas de drenagem, granulometria dos solos da área selecionada, qualidade da água, quanto ao aspecto salinidade, capacidade de armazenamento do aquífero e profundidade da camada impermeável (BRITO et.al., 1989).

De acordo com a EMBRAPA (2014), há necessidade de pesquisas para avaliar a sustentabilidade desse sistema e definição de manejo e opções de cultivo. Essa tecnologia tem como vantagens, a acumulação de água, com reduzida perda por evapotranspiração, maior permanência da água no solo e redução dos riscos de perdas de safra, quando comparada com áreas de sequeiro.

#### **2.4.2 Os Programas Um Milhão de Cisternas (P1MC) e Uma Terra e Duas Águas (P1+2)**

As cisternas, reservatórios enterrados ou semi-enterrados são usadas no semiárido do Nordeste do Brasil e de outras partes do mundo, tendo como objetivo armazenar água da chuva que escorrem em telhados, terreiros para secagem de grãos, implúvios ou ainda para armazenar água conduzida nos carros-pipa para fins de consumo humano.

---

COSTA, W.D. **Barragens subterrâneas: uma intervenção de baixo custo para a Região Semi-Árida Nordestina.** 11 p. (s.d).

A técnica de acumulação de água em cisternas é conhecida desde dois mil anos atrás, em regiões como a China e o deserto de Neveg. No Brasil, as cisternas têm sido implantadas por entidades governamentais e não-governamentais, onde as técnicas foram aprimoradas às realidades locais, sendo o modelo mais divulgado o de placas pré-moldadas (COSTA, 2002).

No Brasil organizações como a Articulação no Semi-Árido Brasileiro (ASA) vem criando programas, como é o caso do “Programa de Formação e Mobilização Social para a Convivência com o Semiárido: um milhão de cisternas rurais (P1MC)”; o “Programa de Formação e Mobilização Social para a Convivência com o Semiárido Brasileiro: acesso e manejo sustentáveis da Terra e das Águas por meio de Tecnologias Sociais (P1+2)” e o “Programa Bomba d’Água Popular (BAP)”. Para os dois primeiros Programas, está em questão o aproveitamento das águas disponíveis e sua estocagem para os períodos críticos de água.

O P1MC busca o armazenamento das águas pluviais em cisternas, por meio do emprego de calhas nos telhados das casas, criado em julho de 2003, tinha por finalidade beneficiar cerca de cinco milhões de pessoas na região semiárida.

Segundo Hagemann (2009), cada cisterna tem a capacidade para armazenar 16 mil litros de água da chuva, captada dos telhados através de calhas. As cisternas são confeccionadas com placas pré-moldadas de concretos ou com camadas sucessivas de argamassa, armada com tela de arame galvanizado, as mesmas são construídas por pedreiros das próprias localidades treinados pelo programa e pelas famílias beneficiadas pela cisterna (Figura 2).

**Figura 2.** Construção de cisterna de Placas. Fonte: ASA, 2014.



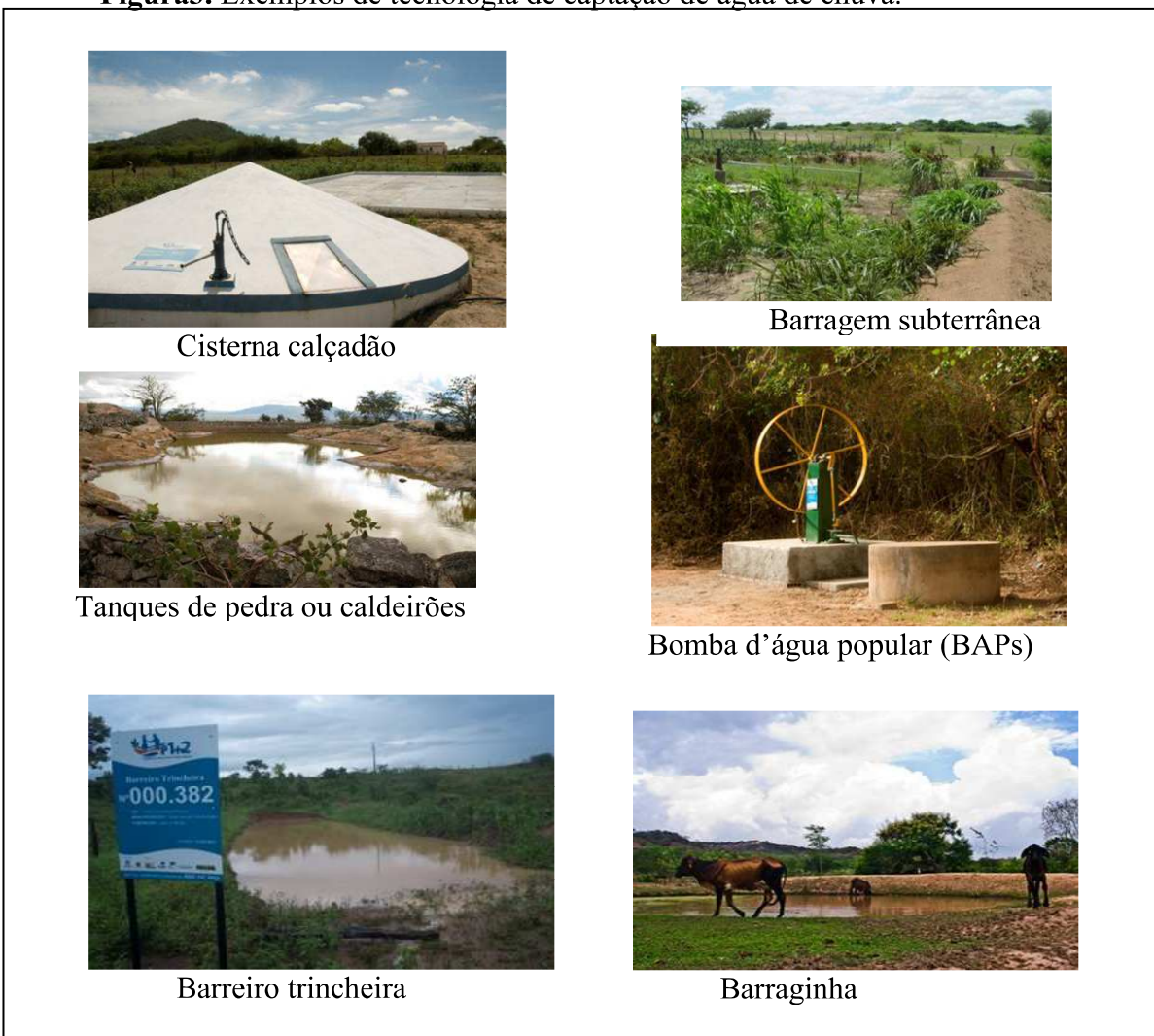
Desde que surgiu, até os dias de hoje, o P1MC construiu 499.387 mil cisternas, beneficiando mais de 2 milhões de pessoas (ASA, 2014). Para que esses resultados pudessem

ser alcançados, a ASA conta com a parceria de pessoas físicas, empresas privadas, agências de cooperação e do governo federal.

O Programa Uma Terra e Duas Águas (P1+2) corresponde a mais um programa de convivência com o Semiárido da ASA, o qual visa fomentar a construção de processos participativos de desenvolvimento rural, na região brasileira em questão, além promover a soberania, a segurança alimentar e nutricional e a geração de emprego e renda às famílias agricultoras, por meio de acesso e manejo sustentáveis da terra e da água para produção de alimentos.

As tecnologias adotadas pelo P1+2 são simples, baratas e de domínio dos agricultores e agricultoras. Atualmente, o P1+2 trabalha com sete tipos de captação de água (Figura 3), dentre elas a cisterna-calçadão, barragem subterrânea, barreiro-trincheira, barraginha, tanque de pedra e bomba d'água popular (ASA, 2014).

**Figura3.** Exemplos de tecnologia de captação de água de chuva.



#### **2.4.2.1 Tanques de pedra: caracterização geomorfológica e usos múltiplos da água.**

Os tanques de pedra são falhas, ou melhor, desnível na continuidade das camadas das rochas que apresentaram certo grau de rigidez por ocasião dos movimentos tectônicos (GUERRA,1997). Conforme o mapa Geológico do Estado da Paraíba (2002), esses afloramentos datam do Neoproterozóico, que é uma era do Éon Proterozóico cuja escala de tempo geológico corresponde entre 1 bilhão e 541 milhões de anos atrás, aproximadamente.

Quanto a gênese desses reservatórios existem várias hipóteses, dentre elas que os mesmos estejam ligados aos processos erosivos fluviais, através de turbilhonamento em redemoinhos de águas que carregaram fragmentos de rochas, produzindo atrito sobre o cristalino (XIMESES,1996).

Oliveira & Hackspacher (1989), estudando tanques no Estado do Rio Grande do Norte, após observações de caráter sedimentológico, geomorfológico, estrutural e geofísico (eletro- resistividade e sísmica rasa de refração), concluíram que os tanques nos locais estudados se formaram pela erosão produzida ao longo das fraturas por meio de ação física e química e que os sedimentos em seu interior não são de origem fluvial e sim de processos não convencionais de sedimentação, muito localizados, sendo parte resultante do intemperismo físico e químico das rochas subjacentes e parte carregada para o interior dos tanques através de águas pluviais durante as estações chuvosas e também pela ação eólica, durante o período de secas.

Bigarella et al. (1994) afirmam que numa superfície plana de rocha cristalina, determinados pontos, com ou sem diaclases, podem sofrer maior ação da umidade, originando pequenas depressões muito rasas (poças) que evoluem em formas embaciadas de larguras e profundidades progressivamente maiores.

Seguindo a linha de interpretação dos referidos autores, Ximenes (1996), destaca que na formação dos mesmos há controle de ordens litológica, geomorfológica e estrutural. O controle litológico é determinado pelas rochas de constituição granítica que ocorrem na região, pelo fato de que, na sua composição, haver grandes percentuais de feldspatos e micas, mais susceptíveis à ação do intemperismo químico provocado pela água que se acumula no interior dos tanques.

Nas poças acumula-se periodicamente água, a qual, na presença de restos orgânicos, atua na alteração dos silicatos, principalmente feldspatos. Com o aumento da profundidade, a água com ácidos orgânicos passa a atuar por tempo cada vez maior. Nas paredes da depressão verifica-se uma ação corrosiva de solapamento que faz com que a reação química atue

lateralmente para o interior da rocha, originando uma forma de bacia com bordas negativas, assumindo dimensões cada vez maiores e mantendo no seu interior a água (XIMENES, 1996).

Por fim, o controle estrutural é dado pela presença de diaclases e esfoliações na rocha granítica, as quais possibilitam a percolação de água, proporcionando as condições para a alteração da rocha, tendo como consequência o alargamento das fraturas. Estes três fatores em conjunto são os responsáveis pela existência dos tanques naturais, num processo muito lento.

Ximenes (1996) propôs seis estágios de desenvolvimento das depressões. Sendo o primeiro estágio, denominado de inicial, em que há dissociação dos minerais da rocha granítica a partir de uma diáclase, gerando várias aberturas ao longo da mesma; em seguida a o alargamento, neste estágio a rocha passa pelo intemperismo químico, o qual contribui na esfoliação da rocha e assim fazendo com que as pequenas aberturas aumentem na largura, tomando uma forma elipsoidal.

O terceiro estágio, denominado de expansão, as diversas aberturas ao longo da diáclase se unem e aumentam a depressão no comprimento, mas mantendo-a ainda muito rasa; no estágio de aprofundamento, é quando a depressão passa por nova etapa dos processos anteriores que agirão no fundo da mesma, tornando-a cada vez mais profunda. Existe também o estágio de maturidade, aonde a depressão vai se tornando profunda suficiente para permitir a deposição de fósseis. Suas formas mais comuns são: arredondada, elipsoidal, alongada ou irregular. Podem ainda ser totalmente fechadas ou abertas em uma das extremidades; por fim tem o estágio avançado: nesta fase a depressão alcança grandes dimensões. É possível que, com a continuidade dos processos, ela evolua para uma lagoa.

Couto (1980) afirma que a ação erosiva das águas meteóricas sobre os tanques foi muito efetiva durante o Pleistoceno final, coincidindo com as mudanças climáticas de condições úmidas para secas, o que acarretou a extinção das ricas savanas pleistocênicas e da correspondente fauna de vertebrados. Por isso, os tanques foram os últimos bebedouros naturais durante a fase de mudanças climáticas, constituindo-se em pontos naturais de convergência, ao mesmo tempo, dos vertebrados da rica fauna daquela época. Contudo os processos de preenchimento sedimentar dos tanques não podem ser generalizados para toda a área de ocorrência dos mesmos, ou seja, na região Nordeste.

Mabesoone et al. (1990) confirma essa ideia, por meio de estudos em tanques no Estado do Rio Grande do Norte, o qual observou, independente de conter ou não fósseis, que os tanques possuem um preenchimento sedimentar uniforme e seu acamamento mostra uma nítida divisão em três unidades bem distintas: a primeira, denominada de inferior, composta por uma massa arenosa grossa até fina, que pelo aspecto trata-se de material granítico,

intemperizado mais por processos físicos do que químicos. A segunda, classificada como intermediária, que mostra uma granulação variada, indo de pequenos seixos e grânulos até areia fina e, em muitos casos, uma matriz de silte e argila, podendo ocorrer também alguma matéria orgânica; e a terceira, chamada de superior, onde o sedimento volta a mostrar traços mais claros de intemperismo físico, principalmente, das rochas nas quais os tanques se formaram. Por se encontrar na superfície, o material deve ter sofrido também algum intemperismo químico, dado o aumento da porcentagem de argila. Em alguns tanques é possível ocorrer um processo inicial de pedogênese.

Os tanques de Pedra correspondem a reservatórios de água presentes em afloramento rochoso e é comum serem encontrados no semiárido nordestino. Conseqüentemente trata-se de mais uma alternativa de captação de água da chuva, particularmente na área rural onde geralmente, neles são encontrados ajustes de alvenaria para torná-los mais eficiente do ponto de vista da captação da água da chuva já que aumenta a capacidade de armazenamento desse recurso, o qual é utilizado para o uso humano, animal e lazer (ALMEIDA & LIMA, 2007).

Tais autores afirmam que apesar dos Tanques de Pedras serem uma alternativa viável ao armazenamento da água da chuva no semiárido nordestino, contudo por se tratar de reservatório superficial e aberto estão sujeitos à perda significativa de água para atmosfera.

O uso consuntivo que tem como exemplo, o abastecimento de água, este pode ser urbano ou rural, todavia o espaço rural tem um consumo, em geral, bem menor do que as dos núcleos urbanos, devido diferenças de estilo de vida e padrões de consumo, tendo uma importância maior para a irrigação e a dessedentação animais (SETTI, 2001).

Portanto o uso da água deve ter normas próprias, mas são necessárias normas gerais que regulamentem as suas inter-relações e estabeleçam prioridades e regras para a solução dos conflitos entre os usuários.

Segundo Barth(1987) existe água que pode ser de uso consuntivo, como a que serve para abastecimento urbano, industrial, para a irrigação e a de uso não-consuntivo, como a que utiliza-se para abastecimento, geração de energia, navegação fluvial, recreação, lazer, harmonia paisagística, pesca, assimilação de esgotos e uso de preservação.

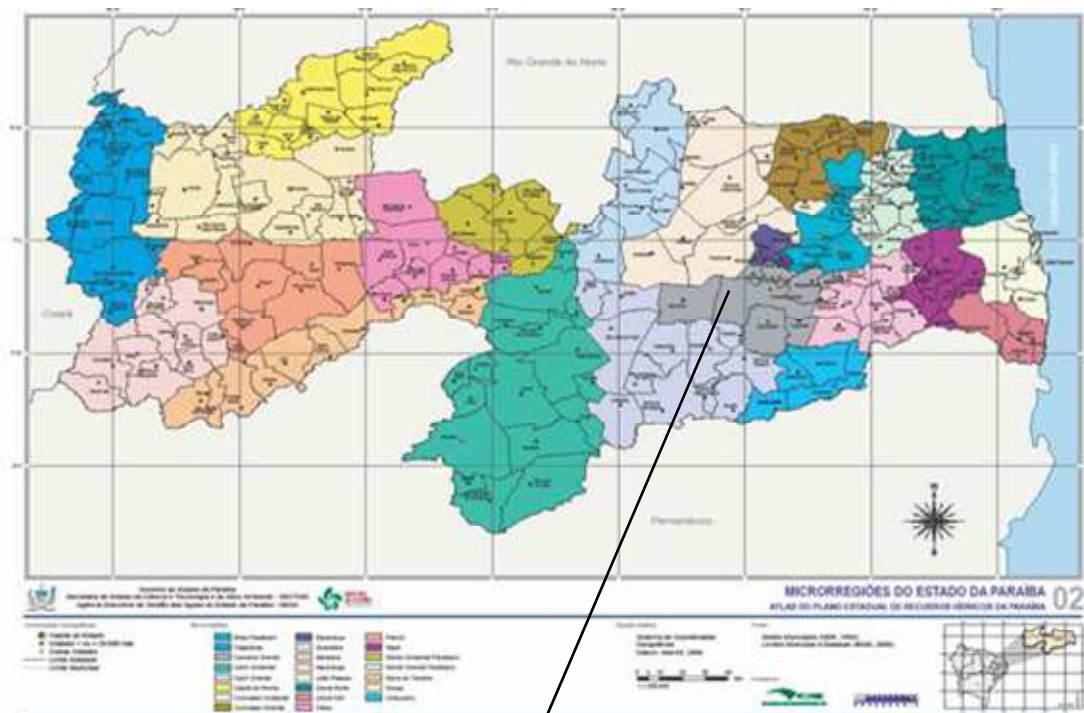
Conforme prevê a Lei nº 9.433, a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas. Assim, todos os setores usuários da água têm igualdade de acesso aos recursos hídricos. A Política Nacional só traz uma exceção a esta regra, que vale para situações de escassez, em que os usos prioritários da água passam a ser o consumo humano e a dessedentação de animais.

### 3- MATERIAL E MÉTODO

#### 3.1- Localização da área de estudo

O trabalho foi realizado na comunidade do Sítio Olho D'água, localizada no município de Pocinhos, PB, latitude  $7^{\circ} 07'54''S$ , longitude  $36^{\circ} 06'34''W$  e altitude 650m, distante 30 km de Campina Grande (Figura 4).

**Figura 4.** Mapa geográfico do Estado da Paraíba, com destaque para o município de Pocinhos, PB.





De acordo com o último censo o IBGE (2010), Pocinhos tem 17.020 habitantes, sendo 9.615 na zona urbana e 7.405 na zona rural. A economia do município é baseada na pequena agricultora familiar e de subsistência.

O clima, de acordo com a classificação climática de Koppen é do tipo semiárido quente (BSH), com temperatura média anual superior a 18 °C.

Geologicamente, o município de Pocinhos é constituído por um embasamento gnáissico-magmático/granítico, possuindo relevo levemente ondulado, com raras elevações, constando alguns afloramentos de rochas cristalinas. Os solos mais arenosos predominam na parte oriental e os argilosos na Ocidental. A hidrologia é formada por pequenos rios ou riachos intermitentes e a vegetação do tipo caatinga, tendo sido praticamente extinta com a exploração do sisal (principalmente na década de 1970 - 80) e pela retirada da lenha.

### 3.2 – Procedimentos metodológicos

#### 3.2.1 - Coleta e análises de dados de precipitação pluvial

Os dados de precipitação pluvial- mensais e anuais- da cidade de Pocinhos, PB, foram cedidos pela Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba, AESA, Campina Grande, PB, formando uma série correspondente ao período de 01.01.1980 a 31.12.2013.

Os totais de chuva mensal e anual foram obtidos acumulando-se, respectivamente, os valores diários e mensais. De posse desses valores determinaram-se as medidas de tendência central (média aritmética ( $\bar{X}$ -mm) e mediana) e de dispersão (desvio padrão da média- s, em mm) mediante as expressões 1 e 2:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}, \text{ sendo } \begin{cases} \bar{X} & \text{é a média aritmética} \\ \sum_{i=1}^n x_i & \text{total mensal ou anual de chuva} \\ n & \text{é o número de observações} \end{cases} \quad (1)$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}}, \text{ sendo } \begin{cases} \bar{x} & \text{a média aritmética} \\ \sum_{i=1}^n x_i & \text{total mensal ou anual de chuva} \\ n & \text{o número de observações} \\ \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 & \text{o desvio dos valores de } x_i \text{ em relação a média} \end{cases} \quad (2)$$

Utilizando-se a distribuição de frequência, 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, com as suas respectivas frequências, histogramas e polígonos de

frequência, mediante critérios estatísticos propostos por ALMEIDA & OLIVEIRA (2009); ALMEIDA & GOMES (2011).

O critério utilizado para o estabelecimento da estação chuvosa foi o da sequência de meses com os maiores valores medianos (mediana da série). Os dados anuais de precipitação foram ordenados em ordem crescente e em seguida calculados as probabilidades empíricas (Pr, em %) mediante a expressão 3:

$$Pr (\%) = \frac{n}{N - 1} \times 100 \quad (3)$$

Sendo: n= o número correspondente à ordenação

N= o último número da ordenação cronológica

Com os valores da Pr (%), escolheram-se os totais anuais de precipitação pluvial, equivalentes aos níveis de 25, 50 e 75% de probabilidade e os totais observados no ano mais seco, no ano mais chuvoso e o equivalente ao valor mediano da série pluvial, formando-se, assim, seis cenários do regime pluvial anual.

O volume potencial de captação (VPC) de água da chuva será calculado mediante a expressão 4, cujos procedimentos metodológicos detalhados encontram-se no trabalho de Almeida et al., (2014):

$$VPC (L) = \text{ totais de chuva (mm)} \cdot AC (m^2) \cdot C_e \quad (4)$$

Sendo: VPC= volume potencial captação da água da chuva (em litros),

AC= área de captação do telhado e/ou do tanque (m<sup>2</sup>),

C<sub>e</sub> = coeficiente de escoamento (adimensional), sendo utilizado o valor de 0,95 para tanque de Pedra e 0,75 para 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 m<sup>2</sup> de área.

### 3.2.2 Estimativas das áreas e volume potencial de captação de água de chuva.

Para se determinar o volume potencial de captação de água da chuva, utilizou-se a área de captação dos Tanques de Pedra, localizado no Sítio Olho D'Água, Pocinhos, PB (Figura 5), além dos telhados de oito (08) casas localizadas na respectiva comunidade rural.

**Figura 5.** Imagem de satélite com a localização geográfica do Sítio Olho D'Água. Pocinhos (PB).



Fonte: Google Earth (2014)

Para se determinar a área de captação dos tanques de Pedra foi demarcado a partir do divisor de água. Em seguida foi medido, com fita métrica, o comprimento ( $C$ , em m) e a largura ( $L$ , em m) de segmentos regularmente espaçados na rocha em intervalos de 50 m entre si. De posse dessas medições calcularam-se as áreas parciais ( $APC$ , em  $m^2$ ) e totais ( $ATC$ , em  $m^2$ ) de captação, utilizando-se as seguintes expressões:

$$APC (m^2) = C(m) \cdot L(m) \quad (5)$$

$$ATC (m^2) = \sum_{i=1}^n APC \quad (6)$$

O mesmo critério foi usado para estimar a área de captação nos telhados das casas, ou seja, medindo-se o comprimento ( $C$ ) e a largura da cobertura ( $L$ ), além do tipo de cobertura existente (telha de barro).

De posse das áreas de captação, os volumes potenciais de captação de água da chuva (VPC) foram estimados mediante a expressão (4), utilizando-se para isso os seis cenários anuais pré-estabelecidos de precipitação pluvial.

### 3.2.3 – Análise físico-químico da água armazenada nos Tanques de Pedras (naturais)

As amostras da água dos sete (07) Tanques de Pedras do referido Sítio Olho D'Água foram coletadas em várias posições do Tanque (nas margens e no centro), sendo acomodadas em recipientes plásticos de 200 ml, etiquetados com as respectivas identificações do tanque e das posições. Critério semelhante foi adotado para avaliar a água da cisterna da residência de Dona Lozinha.

Posteriormente, as amostras foram encaminhadas para análises no laboratório da Companhia de Água e Esgoto da Paraíba (CAGEPA), onde foram avaliados os seguintes parâmetros: cor, turbidez e pH. De posse desses valores, ambos foram comparados aos parâmetros de potabilidade estabelecidos pela Portaria do Ministério da Saúde (MS) nº518/04 para o consumo humano.

### **3.3 Reconhecimento geológico e geomorfológico do afloramento onde se encontra os tanques**

O reconhecimento geológico dos afloramentos rochosos foi feito adotando a metodologia proposta por Popp (1998), sendo observado na rocha as seguintes características: textura, estrutura, cor, composição mineralógica, teor de SiO<sub>2</sub> e modo de ocorrência. Além dos processos intempéricos, ou seja, ação dos agentes físicos, químicos e biológicos sobre a rocha.

### **3.4 – Diagnóstico socioambiental e econômico das famílias do Sítio Olho D' Água.**

O diagnóstico das famílias dos sítios Olho D' Água foi estabelecido a partir de questionamentos relacionados às variáveis sociais, ambientais, econômicas e tecnológicas, cujas perguntas formuladas versaram 24 tópicos, descritos em: quantidades de pessoas entre homens e mulheres, faixa etária, grau de instrução, tempo que reside na propriedade e se é proprietário. Também se buscou saber o tipo de habitação, se é de taipa ou de alvenaria. Deu-se ênfase a área da residência e o tipo de telhado para diagnosticar a capacidade de captação de água das residências.

Quanto às variáveis ambientais foi analisada a fonte água para consumo doméstico e o tipo de tratamento dessa água, além do consumo diário de água de cada família.

Do ponto de vista econômico foi analisada a origem da renda da família, o destino da produção agrícola e se tem algum benefício do governo federal. Por fim averiguo as tecnologias utilizadas pela população local, enfatizando assistência técnica, o uso de agrotóxico, e os tratamentos culturais, ou seja, se faz uso de adubação orgânica, química ou se não faz nem um tipo de adubação. As análises de todas as variáveis foram feitas mediante a distribuição de frequência.

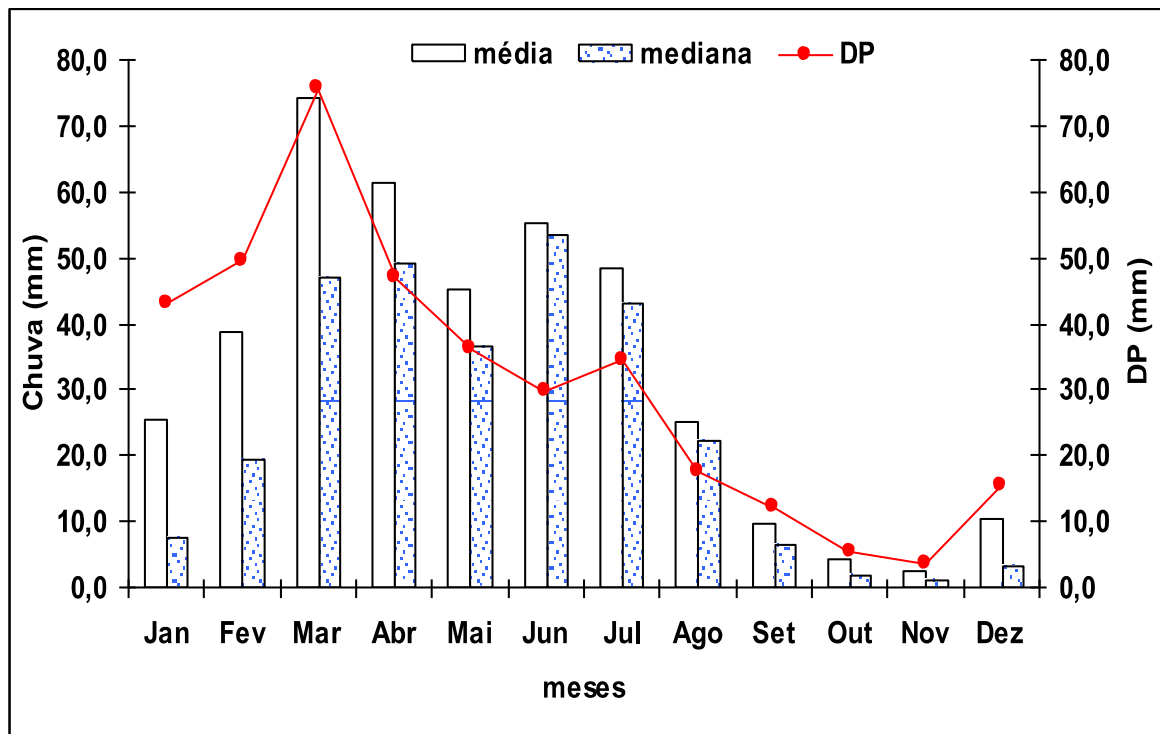
Os cálculos, as análises estatísticas e a confecção de gráficos foram feitos utilizando-se a Planilha Eletrônica Excel.

## 4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 - Regime pluvial de Pocinhos

A Figura 6 mostra a distribuição média mensal da média, mediana e desvio padrão da precipitação pluvial da localidade de Pocinhos, de uma série de 33 anos, do período compreendido entre 01.01.1980 a 31.12.2013. Observa-se que as médias aritméticas mensais da chuva estão sempre associadas a uma elevada variabilidade, quantificada pelos respectivos valores dos desvios padrão da média.

**Figura 6:** Distribuição mensal das médias, medianas e desvios padrão da precipitação pluvial. Pocinhos, PB, entre o período: 1980 a 2013



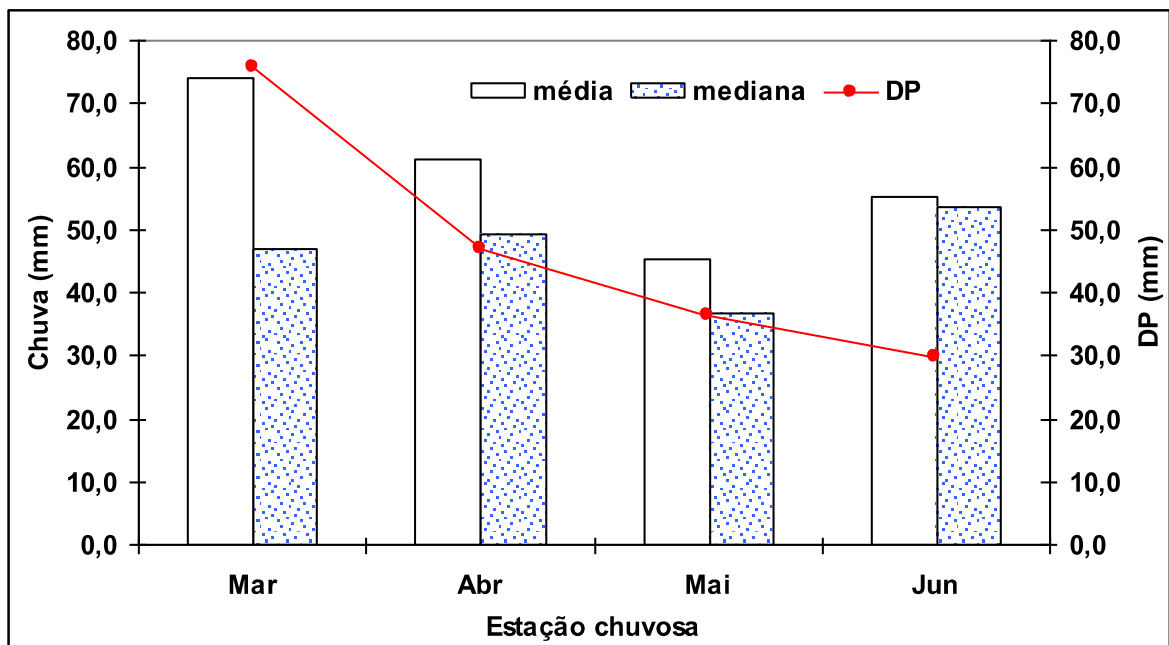
A configuração demonstra, portanto, que os valores dos desvios padrão da média (DPs) entre setembro e março superam os das médias esperadas da precipitação. Nota-se, também, que embora os DPs não sejam maiores que as médias de abril a agosto, eles são elevados o que indica uma elevada irregularidade no regime pluvial. A variabilidade constatada na série pluvial (Figura 6), quando comparada às médias com os desvios padrão associados, demonstra em síntese, a irregularidade temporal no regime mensal de chuvas em Pocinhos. Esses resultados confirmam os encontrados nas localidades mais secas do estado da Paraíba por ALMEIDA & FARIAS (2012).

Quando se compara as médias aritméticas mensais das chuvas com as medianas, observa-se que os valores são diferentes entre si, ou seja, que as médias são sempre maiores. Esse modelo de distribuição mensal de chuvas é assimétrico e o coeficiente de assimetria é positivo. Assim sendo, a mediana é o valor mais provável de ocorrer e não a média, embora esta seja a medida de tendência central mais usada.

Em virtude deste modelo de distribuição (assimetria), utilizar-se-á a mediana, em vez da média, que corrobora com as indicações sugeridas para esse tipo de distribuição por ALMEIDA & PEREIRA (2007), ALMEIDA & GOMES (2011), ALMEIDA (2012).

Em razão disto, a estação chuvosa (os meses) foi estabelecida como referência a mediana dos meses mais chuvosos como mostra a Figura 7. Observa-se, que mesmo nesses quatro meses, persistem com elevados desvios padrão, ou seja, que esse período pode ser seco ou com pouca chuva. No entanto, o somatório mediano da chuva, na estação chuvosa, equivale a 50,8 % do total anual, embora somente os meses mais chuvosos (março e junho) chovem o equivalente a 27,4 %.

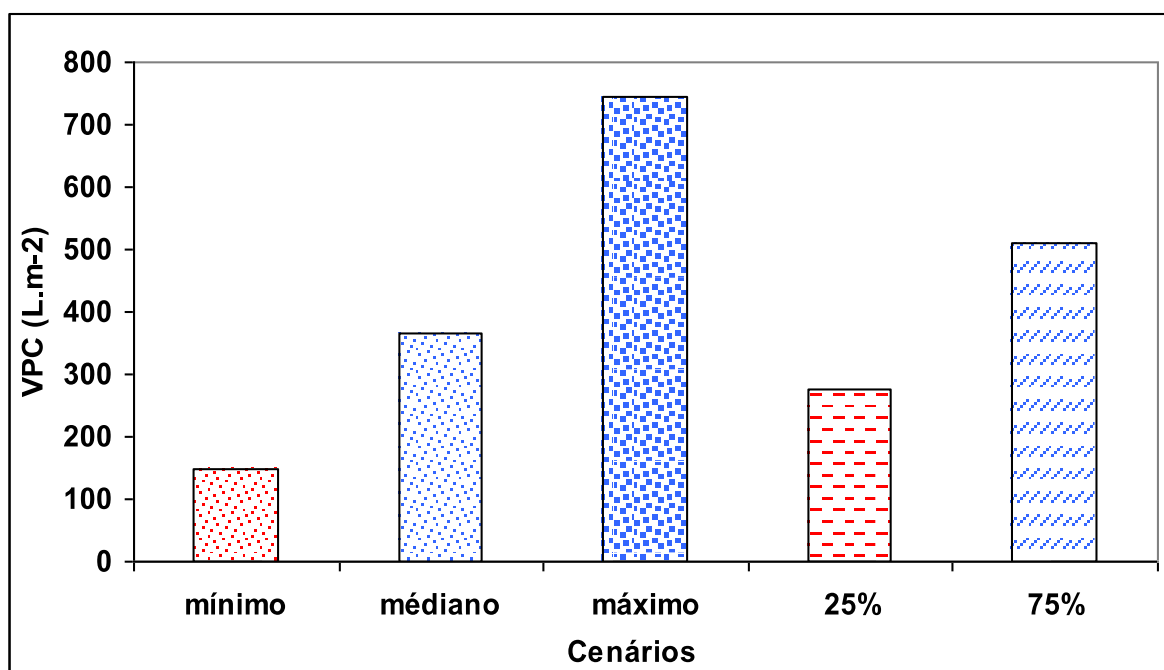
**Figura 7.** Distribuição das médias, medianas e desvios padrão da média nos meses da estação chuvosa. Pocinhos, PB, média do período: 01.01.1980 a 31.12.2013.



Devido a grande quantidade de dados de chuvas mensais do período analisado, optou-se para analisar os totais anuais, agrupando-os mediante a distribuição de frequência, e calculando-se os percentuais de probabilidade empírica.

Os volumes potenciais anuais de chuvas, em milímetros ou em litros por m<sup>2</sup>, discriminados pela: mediana, máximo, mínimo e os valores correspondentes aos níveis de 25, 50 e 75% de probabilidade são mostrados na Figura 8.

**Figura 8.** Volumes potenciais anuais de captação de água da chuva, nos seis cenários pré-estabelecidos, em Pocinhos, PB. Médias do período de 01.01.1980 a 31.12.2013.



As chances de chover mais que 288 ou menos de 505 mm, por exemplo, são de 25 e 75%, respectivamente. Já, a mediana (366 mm) tem 50% de probabilidade de ocorrer. Ainda com base nos dados da Figura 8 e admitindo-se o pior cenário, que seria a do ano mais seco da série (1993), que choveu 150 mm, a chance probabilística de repetir esse quantitativo é muito pequena (< 2,9%). Percentual semelhante ocorreria para o ano mais chuvoso (2013), que precipitou 743,8 mm.

#### 4.2 Aspectos litológicos e estruturais dos Tanques de pedras (naturais)

O afloramento de rocha contempla uma área de 80 m<sup>2</sup> e apresenta fraturas que chegam a mais ou menos sete (07) metros de profundidade. Observa-se nas Figuras 9 e 10, que os referidos afloramentos são alinhados na direção Norte-Sul.

**Figura 9.** Vista dos afloramentos rochosos no Sítio Olho D'Água, Pocinhos, PB.



Fonte: Google Earth (2011)

**Figura 10.** Imagem do Tanque de Pedra no Sítio Olho D'Água, Pocinhos, PB.



Fonte: autora, 2012.

As Figuras, 11 e 12 mostram algumas das imagens, dos afloramentos rochosos, com destaques para as posições externa e interna, dos Tanques no Sítio Olho D'Água, Pocinhos, PB, que compõem este trabalho.



**Figura 11.** Vista do Tanque de Pedra (angulo externa com a presença de alvenaria). Sitio Sítio Olho D' Água, Pocinhos, PB



Fonte: autora, 2013.

**Figura 12.** Vista do Tanque de Pedra (angulo interno com a presença de alvenaria). Sitio Olho D' Água, Pocinhos, PB.



Fonte: autora, 2013.

Considerando-se um estudo em macro escala esses afloramentos (reservatórios), encontram-se localizados no Planalto da Borborema, como confirma os estudos de Ross (2003).

Esses afloramentos têm como principal característica a presença de núcleos cristalinos representados por rochas intrusivas e metamórficas com diferentes idades ao longo do Pré-cambriano. Assim sendo, eles formam a mais importante feição geomorfológica do Nordeste Oriental.

Com base no Mapa Geológico do Estado da Paraíba (2002), o afloramento em estudo é composto por rocha granítica, que faz parte de um grande corpo magmático, formado no Neoproterozóico, abrangendo a parte sul de Pocinhos, Montadas, Remígio e São Sebastião de Lagoa de Roça.

Diferentemente da parte norte, em que esse mesmo corpo magmático é composto de rocha magmática granitizada. Tal corpo magmático, geomorfológicamente corresponde a um batólito de 800 km<sup>2</sup>, denominada de complexo gnáisico-migmatítico como denominado por DANTAS (1982).

Esses afloramentos formam grandes reservatórios inseridos na própria rocha como mostram as Figuras 13 e 14. O controle estrutural é dado pela presença de diáclases, ou seja, de fraturas e esfoliações na rocha granítica, as quais possibilitam a percolação de água, proporcionando as condições para a alteração da rocha, tendo como consequência o alargamento das fraturas, conforme descrição feita por Ximenes (1996). Constata-se que há 07 reservatórios hídricos nessa mesma direção e alongados, capazes de captarem água durante a época de chuva, conforme observado na Figura 9.

**Figura 13.** Vista dos reservatórios inseridos na rocha (fratura), com água. Sítio Olho D'Água, Pocinhos, PB



Fonte: autora, 2012

**Figura 14.** Vista do reservatórios inseridos na rocha (fratura), sem água. Sítio Olho D' Água, Pocinhos, PB.



Fonte: autora, 2013

As entrevistas com os moradores mostraram que 100% dos moradores afirmaram que utilizam a água dos Tanques, mas 50% deles disseram que usam água armazenada nas cisternas para consumo humano e a água dos Tanques, preferencialmente, é para dessedentação animal. Alguns moradores utilizam para uso doméstico quando as cisternas secam. Observou-se que há vazamento nas paredes de alvenaria e, conseqüentemente, perda de água do reservatório.

#### 4.2.1 Reconhecimento macroscópico da rocha.

A Figura 15 e o Quadro 1 mostram, respectivamente, algumas características físicas no trecho da rocha no afloramento estudado.

**Figura 15.** Rocha magmática plutônica (granítica), trecho do afloramento no município de Pocinhos, PB.



Fonte: Autora, 2012.

**Quadro 1.** Principais características físicas do afloramento rochoso, localizado no município de Pocinhos, PB, e analisadas com base nos critérios propostos por Popp (1998).

Descrição	Classificação	Coloração	Visualização
Textura	Afanítica		
	Fanerítica	Grosseira a Média	X
	Portiforítica		
Estrutura	Maciça		X
	Vesicular ou Amigdalóide		
	Brechada		
	Fluidal		
Cores	Claras	Acinzentada	X
	Intermediária		
	Escuras		
Composição mineralógica visível	Quartzo	Com	X
	Feldspato	muito	X
	Ferromagnésiano	pouco	X
Teor de SiO <sub>2</sub> (provável)	Ácida		X
	Intermediária		
	Básica		
	Ultrabásica		

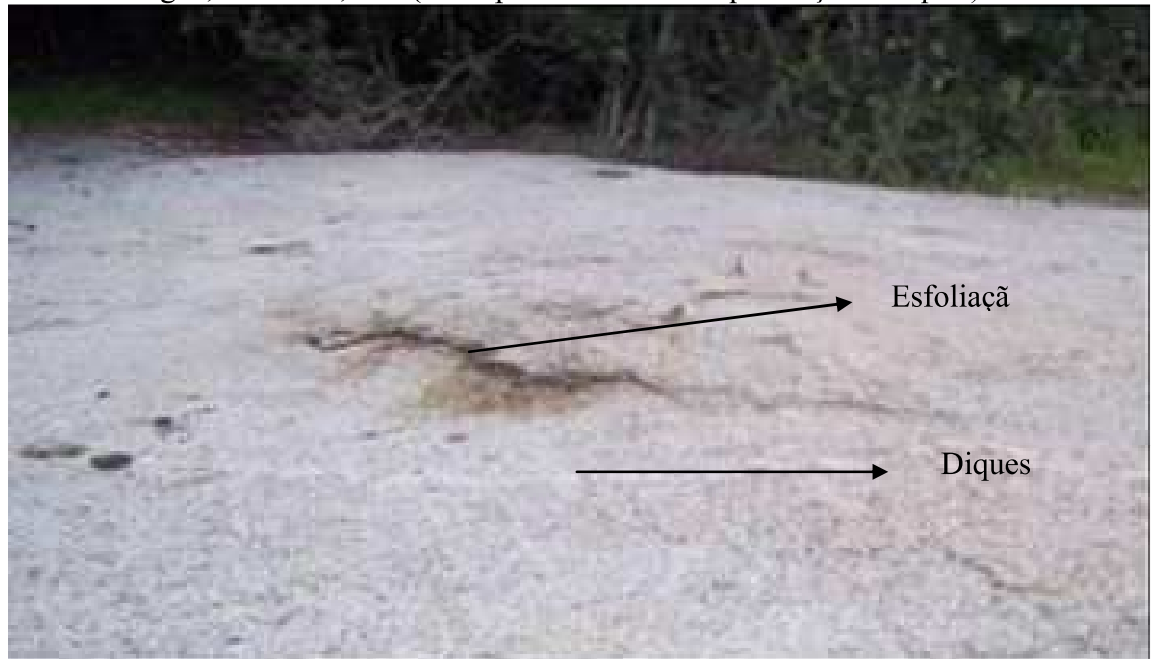
Percebe-se que o corpo magmático da rocha tem característica de uma rocha magmática plutônica, por possuir textura fanerítica, na qual é possível observar os cristais individuais bem visíveis tais como: mica, quartzo, feldspato e ferro magnésiano. Esses tipos de rochas são vulgarmente ditas de grão grosseiro, porque a textura forma-se pelo lento arrefecimento do magma em profundidade, fazendo com que os minerais constituintes se possam agrupar.

#### 4.2.2 Reconhecimento e descrição dos processos intempéricos

Intemperismo é um processo que altera física e quimicamente as rochas e seus minerais, tendo principais agentes os elementos do clima e o relevo. É conhecido, também, como meteorização e um importante agente no processo de formação de solos e modelador do relevo (POPP, 1998).

O reconhecimento dos processos de intemperismo pode ser observado na Figura 16. Nela pode-se perceber no afloramento rochoso que além da presença de diques (composto de feldspato), cuja ação do intemperismo físico resultou em lâminas ou escamas concêntricas na superfície, denominadas de esfoliação.

**Figura 16.** Intemperismo físico com esfoliação e diques no afloramento rochoso, localizado no Sítio Olho d'Água, Pocinhos, PB. (Intemperismo físico e a presença de diques)



Fonte: Autora, 2014

A esfoliação se deve a ação dos agentes externos, como por exemplo, a variação de temperatura, tanto diurno quanto noturna, como também, as variações que ocorrem nas estações do ano, as quais produzem contínuas dilatações e contrações na rocha. Além disso, plantas nascem nessas cavidades e/ou fraturas e o desenvolvimento do sistema radicular separam e removem fragmentos dos mais diferentes tamanhos.

O intemperismo químico é quando ocorre a quebra da estrutura química dos minerais que compõe a rocha ou sedimento (material de origem). Neste caso, as rochas passam por um processo de decomposição. A intensidade do intemperismo é relacionada, principalmente, com a temperatura e a chuva pluviosidade, ocorrendo, principalmente, nas regiões inter tropicais.

Na Figura 17 é bem visível a ação do intemperismo químico, por meio do aparecimento de certos minerais secundários, gerados a partir da alteração dos minerais originais, o qual ocorre sobre a ação da água. Particularmente, o feldspato e o

ferromagnesian mudaram de cor, neste caso para uma cor avermelhada (Quadro 1). Esses resultados confirmam os de Popp (1998), porque são comuns os silicatos, tais como o feldspato, micas e minerais ferromagnesianos se modificarem pela ação da água.

**Figura 17.** Visualização do intemperismo químico, através da modificação dos minerais no afloramento rochoso do Sítio Olho D'Água, município de Pocinhos, para uma cor avermelhada



Fonte: Autora, 2014

Outro tipo de intemperismo é produzido pela decomposição biótica de materiais orgânicos, sendo denominado de intemperismo biológico. Embora exista certa discussão sobre essa denominação, uma vez que quando um animal pisoteia o pasto, por exemplo, poderia ser considerada erosão física ou uma ação de um animal. Também pode ser ocasionado através da penetração das raízes das árvores nas fissuras do solo e alargam ou trituram as paredes rochosas.

Na Figura 18 é perceptível o intemperismo biológico, marcado pela presença de plantas na própria rocha. Isto ocorre em virtude da ação de restos de vegetais decompostos que fornecem substâncias úmidas, além de que as raízes penetram nas fraturas das rochas e durante seu crescimento ultrapassa a resistência da própria rocha, o que corrobora com a afirmação de Popp (1998). Neste caso, acredita-se que os organismos vivos, participam

diretamente da meteorização mecânica e da decomposição química, cujos resultados são a destruição de certos minerais, perda de coesão estrutural e desagregação.

**Figura 18.** Visualização de intemperismo biológico (planta na rocha), no afloramento rochoso do Sítio Olho D' água, município de Pocinhos, PB.

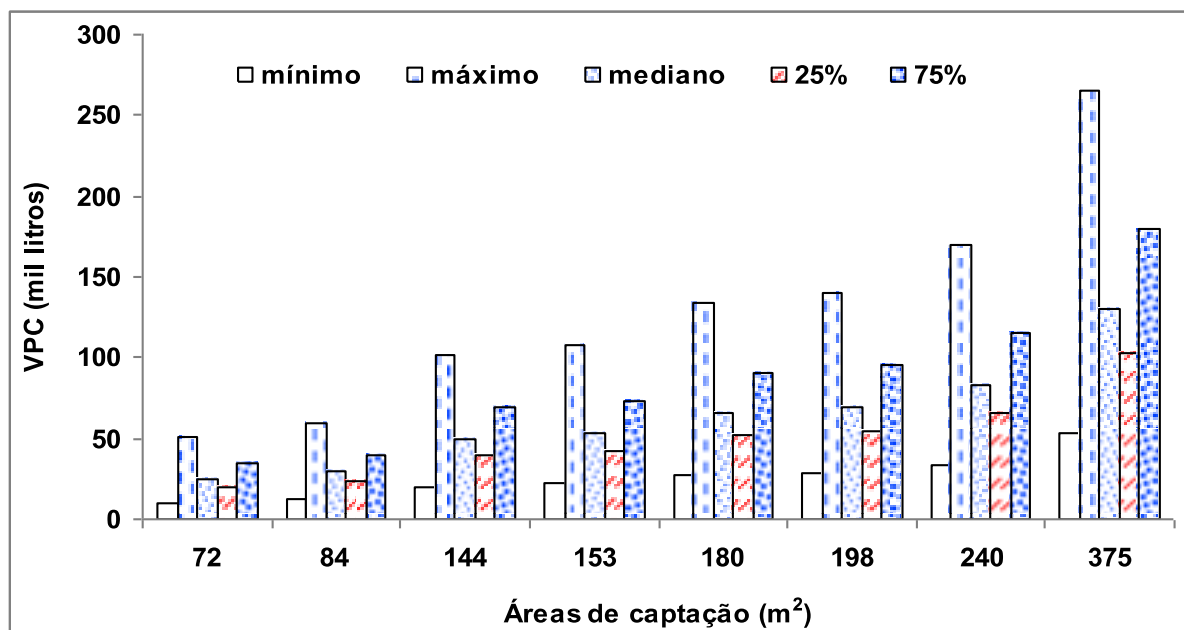


Fonte: Autora, 2014.

#### **4.3 Volumes potenciais de captação de água da chuva: nas casas e nos tanques naturais**

Os volumes potenciais de captação de água da chuva (VPC), para os diferentes regimes pluviais, foram estimados para as oitos casas conforme as suas respectivas áreas de captação e são apresentados na Figura 19.

**Figura 19.** Volumes potenciais anuais de captação de águas da chuva, em m<sup>3</sup>, para diferentes áreas de captação dos telhados residenciais. Sítio Olho D' Água, Pocinhos (PB), período de 01.01.1980 a 31.12.2013



Ao analisar os VPC da Figura 19, mesmo para a condição mínima de chuva e de área de captação (72 m<sup>2</sup>), percebe-se que essa casa capta cerca de 16 mil litros, enquanto com 375 m<sup>2</sup> esse valor equivale a 53 mil litros, ou seja, a casa com essa área tem um potencial cinco vírgula três vezes maior para captar a água da chuva. Quando se analisa a condição do regime mediano de chuva e para as médias de áreas de captação residencial, resulta-se num potencial médio de captação superior a 56 mil litros.

Destaca-se, entretanto, que, mesmo para a menor casa (área de captação) com 72 m<sup>2</sup> e para as demais condições de regime pluvial, os volumes potenciais de água da chuva que essa área capta superam 16 mil litros. Computando-se para os demais cenários anuais de precipitação pluvial: máximo, mediano e aos níveis de 25 e 50 % de probabilidades, os VPC são, respectivamente, de 50,9; 25,1; 19,7 e 34,5 mil litros.

Obviamente, para as casas com áreas de captação maiores e para qualquer cenário de chuva, inclusive, a do ano mais seco, elas captam volumes bem maiores que o volume fixo de um cisterna com capacidade para armazenar 16 m<sup>3</sup>. Fazendo-se uma análise simples entre a fonte (captação da água) e o reservatório para armazenar (cisterna), constata-se que as casas com áreas de captação superiores a 72 m<sup>2</sup>, captam volumes de água da chuva bem maiores que o volume de 16 mil litros (das cisternas), usado como referência no programa do Governo Federal.

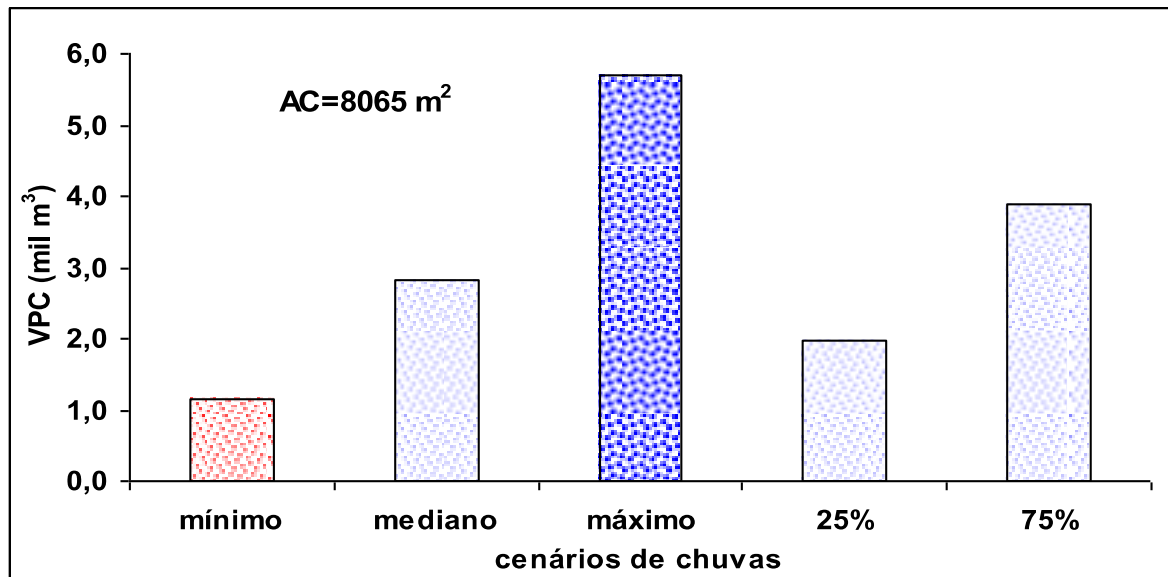
Esses exemplos demonstram, portanto, que ao fixar um único volume para as cisternas, no caso de 16 mil litros, que não há como fixar um tamanho único de cisterna sem



estabelecer o regime pluvial local. Esses resultados estão plenamente de acordo com os encontrados por Almeida et al., (2014) para outras localidades do semiárido paraibano.

Os volumes potenciais de captação de água da chuva no Tanque de Pedra do Sítio Olho D'Água são apresentados na Figura 20.

**Figura 20:** Volume potencial de captação de água da chuva (VPC) no Tanque de Pedra, localizado no Sítio Olho D'Água, Pocinhos, PB.



Constata-se, entretanto, que o VPC para condição mediana de chuva é cerca de 50 vezes maior que o VPC médio das casas analisadas. Adotando-se um consumo per capto diário de 50 litros (valor recomendado pela Organização Mundial da Saúde), durante sete meses (210 dias), a área de interceptação da chuva do referido tanque de pedra captaria uma quantidade (somente para a condição mediana de chuva) suficiente para abastecer uma população de cerca de 270 pessoas, obviamente, bem maior que a residente na zona rural e as que usam água do referido reservatório.

Mesmo para as duas condições extremas, ou seja, as do ano mais seco e ao nível de 25 % de probabilidade, a área superficial do Tanque de Pedra teria um potencial de captação de água da chuva capaz de fornecer esse mesmo padrão de consumo para cerca de 110 e 187 pessoas, respectivamente.

A fixação do ser humano em um determinado local está intimamente relacionado a disponibilidade quantitativa e qualitativa da água. A qualidade da água para consumo é vital para a saúde da população e deve estar livre de microrganismos patogênicos e substâncias químicas em níveis tóxicos, cuja legislação brasileira baseia-se na portaria nº 518 518/04 do

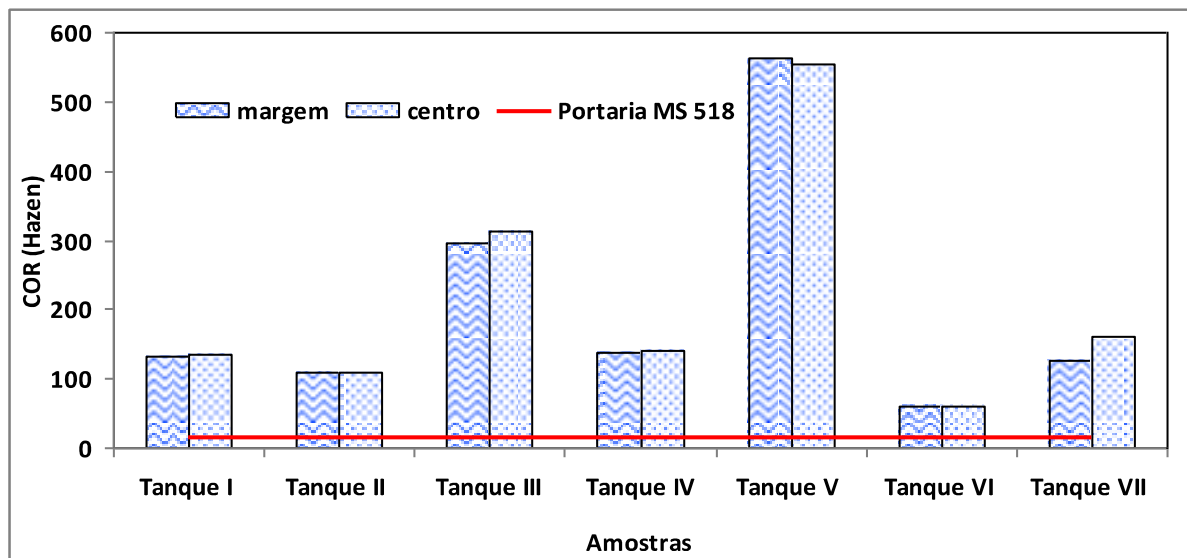
Ministério da Saúde, em que as empresas responsáveis por esta distribuição são obrigadas a analisar a qualidade da água.

#### 4.4 – Análise qualitativa da água dos tanques naturais do Sítio Olho D'Água, Pocinhos (PB).

A referida portaria dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

As análises da cor da água das amostras colhidas nos sete Tanques amostrados e nas posições referentes às margens e ao centro são mostradas na Figura 21.

**Figura 21.** Valores da cor da água nas amostras coletadas nos Tanque de Pedras, localizados no Sítio Olho D'Água, Pocinhos, PB, e analisadas pela CAGEPA.



A aparência da água é um dos fatores na satisfação do consumidor, sendo assim é de extrema importância que ela seja pura e incolor. A cor da água resulta da presença de substâncias dissolvidas ou em suspensão. Observa-se que não há praticamente diferença na cor, quando se compara a água na borda do Tanque com a do centro. Embora os valores estejam muito acima do que é estabelecido na portaria que estabelece o limite máximo de 15 unidades Hazen (uH).

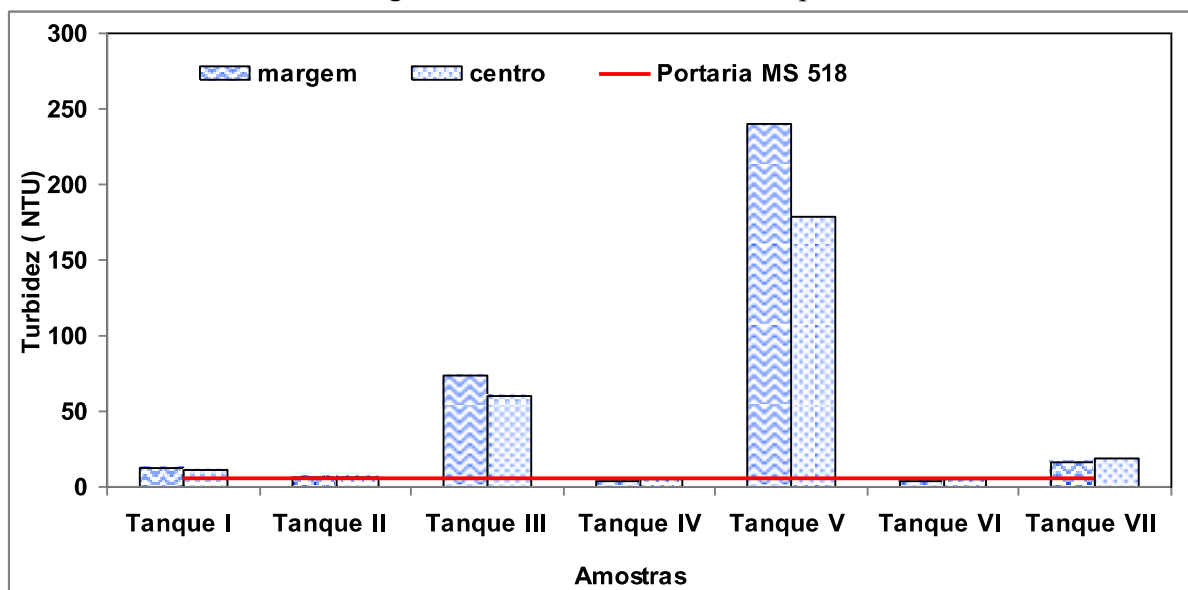
O Tanque identificado pelo número VI foi o que apresentou um menor valor da cor, mesmo assim muito acima do estabelecido pelo MS. Acredita-se que esses elevados valores se devam ao baixo nível de água e, conseqüentemente, uma maior presença de materiais sólidos. Essa condição afeta diretamente a turbidez da água, uma vez que diminui a capacidade de absorção da luz, conferindo assim uma aparência turva. Para Macedo (2004) as

alterações da cor indicam a presença de substâncias orgânicas, oriundas dos processos de decomposição e de alguns íons metálicos, como ferro e manganês e plâncton.

A turbidez é um parâmetro que caracteriza a qualidade da água devido à presença de sólidos em suspensão. A unidade de medida é denominada de Unidade de Turbidez Nefelométrica (UTN). O padrão de aceitação para o consumo humano estabelecido pela Portaria nº 518/04 MS é de 5 UTN.

Para as mesmas amostras do item cores foram analisadas para o parâmetro turbidez, cujos valores constam na Figura 22. Observa-se que a turbidez da água oscilou entre 3,98 (Tanque IV) a 240,00 NTU (Tanque V), para as amostras coletadas as margens. Já, para as amostras de água no centro, este parâmetro variou de 4,41 (tanque VI) a 179 NTU (tanque V). Especificamente as águas dos tanques III e V foram os que apresentaram os maiores índices de turbidez, resultando em uma água com aparência nebulosa, esteticamente indesejável e potencialmente perigosa, segundo os padrões estabelecidos pelo MS.

**Figura 22.** Valores da turbidez nas amostras de água coletadas nos Tanque de Pedras, localizados no Sítio Olho D'Água, Pocinhos, PB, e analisadas pela CAGEPA

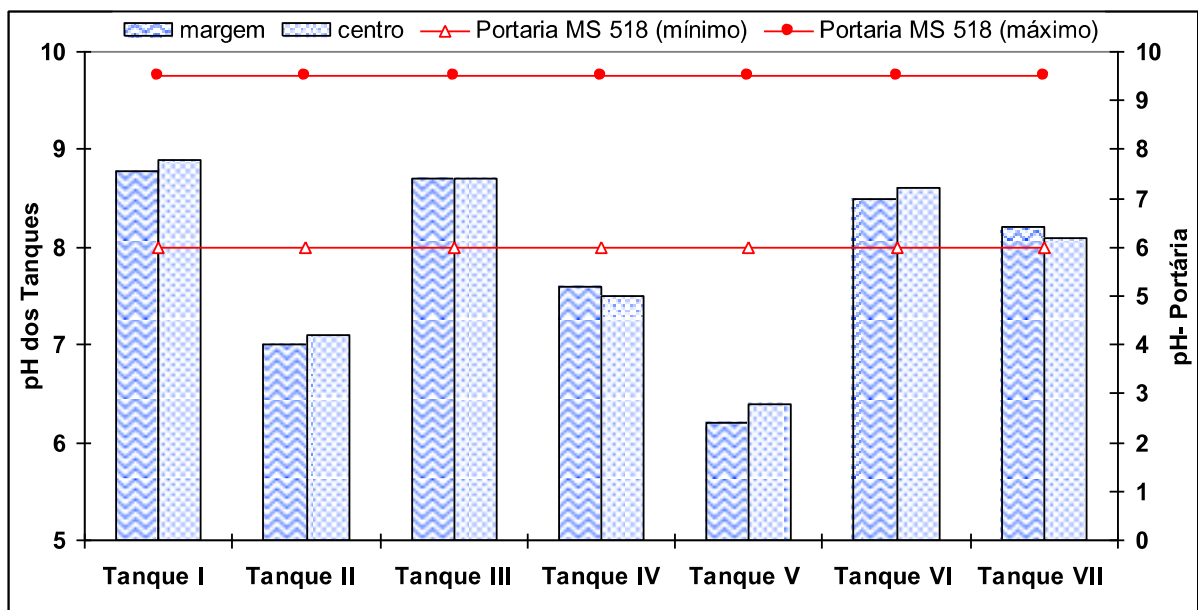


Contudo é possível analisar que as demais águas presentes nos tanques apresentam uma turbidez muito próxima do estabelecido pela MS, que é de 5 NTU (Unidade Nefelométrica de Turbidez), por exemplo o tanque II, onde as margens apresentaram uma turbidez (6,23 NTU) e ao centro (6,52 NTU). Já as águas dos tanques IV e VI têm índices de turbidez menores que os estabelecidos pelo MS, sendo o primeiro 3,19 NTU (margem) e 4,76 NTU (centro), enquanto que o segundo apresentou 3,98 NTU (margem) e 4,41 NTU (centro).

Tais diferenças de turbidez se devem à maior ou menor quantidade de materiais sólidos em suspensão, e em algumas situações dificultando a passagem da luz (HAGEMANN, 2009).

O potencial hidrogeniônico (pH) é extremamente importante nas etapas de tratamento de água, principalmente, na coagulação e desinfecção. Os valores do pH da água armazenada nos tanques são mostrados na Figura 23.

**Figura 23.** Valores do pH da água nos Tanque de Pedras, localizados no Sítio Olho D'Água, Pocinhos, PB, e analisadas pela CAGEPA.



Observa-se que os Tanques II, IV e V tem Ph bem diferentes quando comparados com os dos Tanques I, III, VI e VII, com valor individual menor que o estabelecido na portaria 518 do MS. Já, a água dos tanques I, III e VII tem pH muito próximo do valor máximo permitido pelo MS, sendo respectivamente, 8,77 (margem) e 8,9 (centro), 8,7 (margem) e 8,7 (centro), e 8,2 (margem) e 8,1 (centro).

Em síntese, os valores dos potenciais hidrogeniônicos da água dos tanques II e IV são intermediários aos estabelecidos pelo MS e o do tanque V, com um valor muito próximo do mínimo reconhecido pelo MS. Esses resultados estão de acordo com os encontrados por Silva & Oliveira, (2001), em que águas naturais o pH varia de 6,0 a 8,5 e o padrão de potabilidade, em vigor no Brasil, compreende uma faixa entre 6,5 e 9,5.

Destaca-se, entretanto que a maioria dos valores de cor e turbidez das amostras analisadas encontram-se acima dos estabelecidos pela Portaria do Ministério da Saúde (MS) nº 518/04. Assim sendo, tais águas não devem ser utilizadas diretamente para o consumo

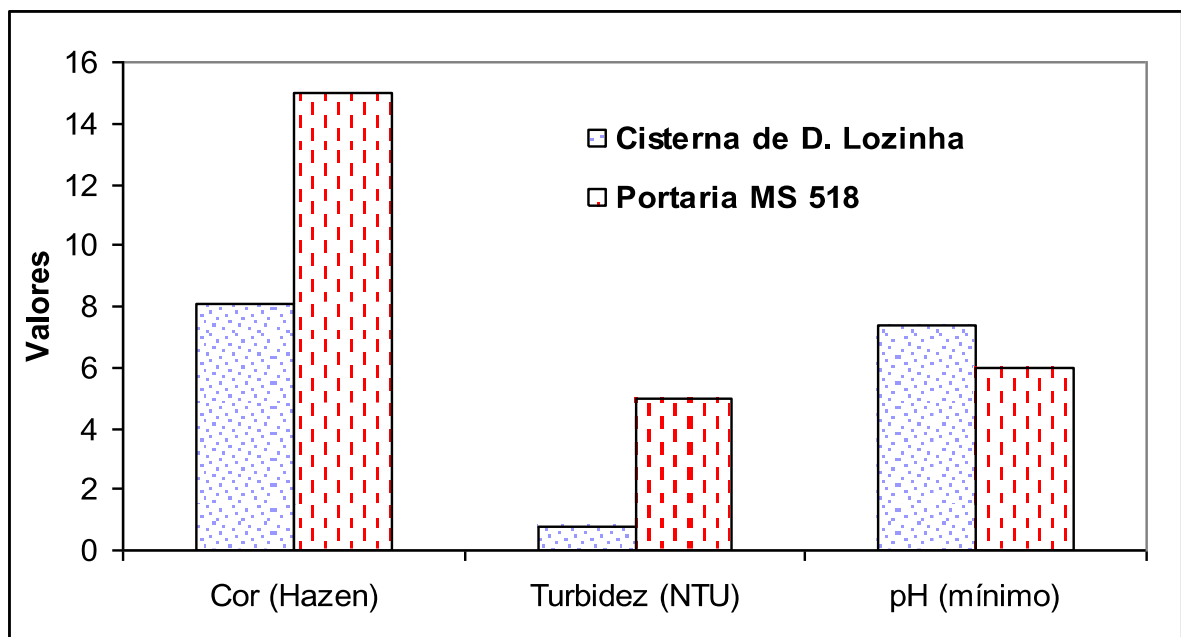
humano, ou seja, para fins potáveis há necessidade de tratamento adequado, principalmente, as águas dos tanques III e V.

Outro fator que influencia na qualidade da água dos tanques são as fezes de animais encontradas nos afloramentos rochosos. Ao chover há transporte desses dejetos para o interior do tanque, que certamente contaminará a água e o impossibilita o consumo sem tratamento.

Diante disto, é motivo de preocupação da população local, por que é a fonte principal ou única de água para a comunidade que não dispõe de água encanada. Essa condição contribui, em parte, com a estatística da CNBB (2004), ao afirmar que 90% da população rural brasileira não têm acesso a água encanada, o que não significa não ter acesso a água potável.

O mesmo critério de análise dos parâmetros químicos da água: cor, turbidez e pH foi adotado para analisar a qualidade água da cisterna de D. Lozinha, cujos valores são apresentados na Figura 24. Comparando-se os valores observados com os estabelecidos na Portaria nº 518/04 MS constatam-se que a cor e a turbidez foram menores, ou seja, de 8 unidades Hezen (uH), bem menor que o máximo de 15 unidades Hezen (uH), e de 0,8 NTU contra 5 NTU da referida portaria. O parâmetro químico (pH) foi de 7,4 que é um valor que se encontra dentro do recomendado pela portaria de MS 518/04 que é entre 6,0 e 9,5.

**Figura 24.** Valores analisados dos parâmetros químicos cor, turbidez e Ph da água da cisterna de D. Lozinha, Sítio Olho D'Água, Pocinhos, PB, pela CAGEPA



## 5 - CONCLUSÕES

Com base nos resultados encontrados no presente trabalho, conclui-se que:

- O regime de distribuição de chuvas é irregular, assimétrico e o coeficiente de assimetria é positivo;
- O desvio padrão da chuva é superior à própria média em, pelo menos, sete meses do ano;
- A mediana é a medida de tendência central recomendada;
- A estação chuvosa ocorre entre março e junho e chove o equivalente a 65% do total anual;
- Os volumes potenciais de captação de água da chuva (mínimo, mediano e o máximo) dos tanques naturais são, respectivamente, de 1,1; 2,8 e 5,7 mil m<sup>3</sup>;
- Os indicadores da qualidade da água potável dos tanques de pedras, medidos com base nos parâmetros cor e turbidez, foram maiores que os valores estabelecidos pela Portaria do Ministério da Saúde (MS) nº518/04, exceto o pH que encontra dentro da faixa recomendada;
- Além da perda de água dos tanques naturais para a atmosfera, também há perdas através de vazamentos presentes nas paredes de alvenaria;
- O afloramento rochoso está localizado em um batólito e é formado por rocha magmática plutônica;
- É perceptível a ação do intemperismo físico, químico e biológico nos sete afloramentos rochosos (tanques) do sítio Olho D' Água, Pocinhos, PB;
- Os tanques de pedras têm origem no processo de esfoliação na rocha, as quais possibilitam a percolação de água, proporcionando progressivamente o alargamento das fraturas;
- Os tanques naturais e as cisternas são estruturas hídricas que permitem aumentar a oferta de água no Sítio Olho D' Água;
- A renda familiar provém, principalmente, da aposentadoria.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB'SÁBER, Aziz. **O domínio morfoclimático das caatingas brasileiras**. São Paulo: Instituto de Geografia, USP, Geomorfologia, 1974.

ALMEIDA, H. A. de. **Climate, water and sustainable development in the semi-arid of northeastern Brazil**. In: Sustainable water management in the tropics and subtropics and case studies in Brasil, Unikaseel, Alemanha, v.3, p.271-298, 2012.

ALMEIDA, H. A. de, CABRAL, L. N. **Água e desenvolvimento sustentável na zona rural das microrregiões do agreste e curimataú da Paraíba**. Revista de Geografia (UFPE) V. 30, No. 3, p. 82-97, 2013.

ALMEIDA, H. A. de, FARIAS, M. P. **Regime pluvial e potencial de captação de água para as microrregiões mais secas da Paraíba**, 8, Campina Grande, PB, CD-R, 2012.

ALMEIDA, H. A. de & GOMES, M<sup>a</sup> V. de A. **Potencial para a Captação de Água da Chuva: Alternativa de abastecimento de Água nas Escolas Públicas de Cuité, PB**. XVII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, Guarapari, ES, 2011.

ALMEIDA, H. A. de, LIMA, A. S. **O potencial para a captação de água de chuvas em Tanques de Pedra**. In: 6<sup>o</sup> Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuvas, Belo Horizonte, MG, 2007, CD-ROM

ALMEIDA, H. A. de., OLIVEIRA, G. C. de S. **Potencial para a captação de água de chuvas em catolé de casinhas, PE**. In: Simpósio de Captação de água de chuvas no semi-árido, 7, Caruaru, PE. CD-ROM, 2009.

ALMEIDA, H.A. de. & OLIVEIRA, G. C. de Sousa. **Captação e Manejo de Água de Chuva: Avanços e Desafios em um Ambiente de Mudanças**. 7<sup>o</sup> Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva. Caruaru, Pernambuco, 2009.

ALMEIDA, H. A. de, PEREIRA, F. C. **Captação de água de chuva: uma alternativa para escassez de água**. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 15, Aracaju, SE, 2007, Anais..., Aracaju: CD-ROM

ALMEIDA, H. A. de, PEREIRA, F. C. **Captação de água de chuva: uma alternativa para escassez de água**. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 15, Aracaju, SE, 2007, Anais..., Aracaju: CD-ROM.

ALMEIDA, H. A. de; VIRIATO, C. L. **Qualidade de água armazenada em cisternas no cariri paraibano**. In: Simpósio de Captação de água de chuvas no semi-árido, 9, Feira de Santana, BA. CD-R, 2014.

BARBOSA, H. P. **Tabela de composição de alimentos do Estado da Paraíba – Setor Agropecuário**. Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Paraíba: UFPB, 1997.

BARTH Flávio Terra et al., **Modelos para gerenciamento de recursos hídricos**. São Paulo: Editora Nobel: ABRH, 1987.

BRASIL. Ministério das Cidades. **Transversal: Saneamento básico integrado às comunidades rurais e populações Tradicionais**. Guia do profissional em treinamento. Nível 2. Secretaria nacional de saneamento ambiental. Brasília - DF, 2009.

BRASIL. Ministério da integração nacional. **Nova delimitação do semi-árido brasileiro**. Brasília-DF, 2005.

BEEKMAN, G. B. **Gerenciamento Integrado dos Recursos Hídricos**. Brasília: IICA, 1999.64 p.

BIGARELLA, J.J.; Becker, R.D.; Santos, G.F.dos. **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais**. Vol. I – Fundamentos geológico-geográficos, alteração química e física das rochas, relevo cárstico e dômico. Florianópolis: Ed. UFSC, 1994.

BRITO, L.T. de L.; SILVA, A. de S.; MACIEL, J.L.; MONTEIRO, M.A.R. **Barragem subterrânea I. Construção e manejo**. Petrolina, PE: EMBRAPA-CPATSA, 1989. 38p.

COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTO DA PARAÍBA, Controle Físico- Químico e Bacteriológico, 2012.

CIRILO, J.A. 2008. **Políticas públicas de recursos hídricos para o semi-árido brasileiro**. Universidade de São Paulo, São Paulo. Vol. 63: 61-82.

CONFERÊNCIA NACIONAL DOS BISPOS DO BRASIL, **Campanha da Fraternidade-2004. Água, Fonte de vida**. São Paulo: Editora Salesiano, 2003.

COSTA, Margarida Rigueira da. **Avaliação do Potencial de Aproveitamento de Reservatórios Constituídos por Barragens Subterrâneas no Semiárido Brasileiro**. 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)- Universidade Federal de Pernambuco, PE. Disponível em: [www.cprm.gov.br/publique/media/diss-margarida.pdf](http://www.cprm.gov.br/publique/media/diss-margarida.pdf). Acesso em 13/07/2014.

COUTO, Paula C.de. **Fossil Pleistocene to Sub-Recent Mammals From Northeastern Brasil: I – Edentata, Megalonychidae**. Anais da Academia Brasileira de Ciências. Rio de Janeiro, 1980.

DANTAS, J. R. A. et. al. **Mapa Geológico da Paraíba**. Campina Grande: Grafset, 1982.

DYER, R. **Promotion of Rainwater catchmente in Soutern Africa**. In: **Conferência Internacional Sobre Sistema de Captação de Água de Chuva**. 1999, Petrolina. Anais eletrônicos...Petrolina: EMBRAPA, 1999. Disponível em: [www.cpatsa.embrapa.br/catalogo/star-inicio](http://www.cpatsa.embrapa.br/catalogo/star-inicio). Acesso em 25/06/2014.

GAN, M. A. **Um estudo observacional sobre as baixas frias da alta troposfera nas latitudes subtropicais do Atlântico Sul e Leste do Brasil**. Rel. INPE-2595-TDL/125, INPE, São José dos. Campos (SP), 1983.



GNADLINGER, J., **Estratégias para uma Legalização Favorável à Captação e ao Manejo de Água de Chuva no Brasil**. Anais do 5º Simpósio de Captação e Manejo de Água de Chuva, Teresina, PI, 2005.

\_\_\_\_\_, **J. Colheita da Água da Chuva em Áreas Rurais**. In: **Fórum Mundial da Água**, 2, 2000, Hague. Anais eletrônicos...Disponível em: [www.irpaa.org.br/colheita/indexb](http://www.irpaa.org.br/colheita/indexb). Acesso em: 11/06/2014.

GUERRA, A. J. T. **Secretaria de Planejamento da Presidência da República. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Dicionário Geológico e Geomorfológico. 6ª Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.

HAGEMANN, Sabrina Elicker. **Avaliação da qualidade da água da chuva e da viabilidade de sua captação e uso**. Dissertação de Mestrado, UFSM, Rio Grande do Sul, 2009.

KITA, I. et.al. **Local Government's financial assistance for Rainwater utilisation in Japan**. In: Conferência Internacional Sobre Sistemas de Captação de Água de Chuva, Petrolina. Anais eletrônicos...Petrolina: EMBRAPA, 1999. Disponível em: [www.cpsa.embrapa.br/catalogo/start-inicio](http://www.cpsa.embrapa.br/catalogo/start-inicio). Acesso em: 25/06/2014.

LOPES, Humbelina Silva Siqueira. **tecnologias limpas aplicadas ao tratamento de águas residuárias domésticas para reuso no semiárido**. Dissertação apresentada ao Programa de Pós- Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2012.

MABESOONE, J.M.; Oliveira, L.D.D.de; Damasceno, J.M.1990. **Desenvolvimento dos tanques fossilíferos no semi-árido norterriograndense**. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 36., 1990, Natal. Anais..., Natal: SBG, 2:733-741.

MACEDO, J.A.B. **Águas & Águas**. 2 A ed Belo Horizonte: CRQ-MG, 2004.

MAPA GEOLÓGICO DA PARAÍBA. **Ministério de Minas e Energia**, João Pessoa, 2002. Escala – 1:500.000.

MONTEIRO, L.C. **Barragem subterrânea: uma alternativa para suprimento de água na região semi-árida**. In: Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 3, Fortaleza, CE. 1984. Anais... Fortaleza, ABAS, 1984. v.1. p.421-430.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. **Nova Delimitação do Semiárido Brasileiro**, 2004. Disponível em: [www.asabrasil.org.br/userfiles/file\)cartilha-delimitação-semi-arido-pdf](http://www.asabrasil.org.br/userfiles/file/cartilha-delimitação-semi-arido-pdf). Acesso em 11/06/2013.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Normas e Padrão de Potabilidade de Águas Destinadas ao Consumo Humano** – Portaria nº518 de 25/03/2004, Brasil. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19433.htm) (Acesso em: 26/06/14).

NOBRE, C. A., MOLION, L. C. B. **The Climatology of Droughts and Drought Prediction.**, In: **Impacts of Climatic Variations on Agriculture**, v.2: Assesments in semi-arid regions. M. P. Parry, T. R. Carter e N. T. Konijn (eds), 1988, D. Reidel Pub. Co., 764p. Disponível em <http://www.cbmet.com/cbm-files/14-b0267cb99e61fa48970d05cee564ab36.pdf> (acessado em 26/06/13).

NUNES, Silene Maria. **Aspectos Éticos Quanto ao Acesso Desigual à Água Potável. Artigo de revisão. Centro Universitário São Camilo, 2009.** Disponível em: [www.saocamilo.sp.br/pdf/bioethikos/68/110a116.pdf](http://www.saocamilo.sp.br/pdf/bioethikos/68/110a116.pdf). Acesso em 14/06/2014

OLIVEIRA, L. D. D. de; HACKSPACHER, P. C. **Gênese e Provável Idade dos Tanques Fossilíferos de São Rafael, RN.** In: Congresso Brasileiro de Paleontologia, Curitiba, 1989.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater. v. 1: Policy and regulatory aspects. 2006. Disponível em: [http://whqlibdoc.who.int/publications/2006/924154\\_6824\\_eng.pdf](http://whqlibdoc.who.int/publications/2006/924154_6824_eng.pdf). Acesso em: 28 de abril de 2008.

PAZ, S. da P. V.; TEODORO, F. E. R.; MENDONÇA, C. F. **Recursos Hídricos, Agricultura Irrigada e Meio Ambiente. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n. 3, p. 465-473, set./dez. 2000.

PETERS, M.R. **Potencialidade de uso de fontes alternativas de água para fins não potáveis em uma unidade residencial, 2006.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

POPP, J.H. **Geologia Geral.** 5ª Ed. LTC, Rio de Janeiro, 1998.

REBOUÇAS, A.C. 1997. **Água na Região Nordeste: desperdício e escassez.** Universidade de São Paulo, São Paulo. Vol. 11(29): 127-154.

ROSS, J. L. S. (org.). **Geografia do Brasil.** 4ª Ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2003.

SANTIAGO, M.M.F.; REBOUÇAS, A.C. & FRISCHKORN, H. **Modelos de balanço isotópico e químico para avaliação de perdas de água por evaporação de fluxo subterrâneo de açudes.** Brasília, 4º Cong. Bras. Águas Subterrâneas, *Anais*, p 514-527, 1986.

SENRA, João Bosco. **Captção de água de chuva no Plano Nacional de Recursos Hídricos.** 6º Simpósio Brasileiro de Captção e Manejo de Água de Chuva, Belo Horizonte, MG, 2007.

SETTI, A. A. et. al. **Introdução ao Gerenciamento de Recursos Hídricos.** 2ª Ed. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica; Agência Nacional de Água, 2001.

SUASSUNA, J. **A propósito da Açudagem Nordestina.** Disponível em: [www.agenciaacartamaior.oul.com.br](http://www.agenciaacartamaior.oul.com.br). Acesso em: 02/06/13.

TUCCI, Carlos E. M. **A Gestão da Água no Brasil: Uma primeira Avaliação da Situação Atual e das Perspectivas para 2005.** Instituto de Pesquisa Hidráulica, UFRS, Rio Grande do Sul, 2000.

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

UVO, C. B. **A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e sua relação com a precipitação da Região Norte do Nordeste Brasileiro**. 1989. 81 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. (INPE-4887 - TDL/378).

VIEIRA, V.P.P.B. **Desenvolvimento sustentável e gestão de recursos hídricos no Nordeste semi-árido**. Fortaleza, II Simp. de Rec. Hidr. do Nordeste, *Anais*, p 1-10, 1994.

VICTORINO, Célia Jurema Aito. **Planeta Água Morrendo de Sede: Uma Visão Analítica na Metodologia do Uso e abuso dos Recursos Hídricos**. Edipucrs, Porto Alegre, 2007.

VILAR, M.S. de. **Condições Ambientais e da Qualidade da Água no Processo de Eutrofização de Açudes em Cascata no Semiárido Paraibano, 2009**. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA) - Universidade Federal e Estadual da Paraíba, PB.

XIMENES, C.L. 1996. **Geologia de uma área localizada na porção norte dos Municípios de Tururu e Itapipoca, CE, e caracterização de seus jazigos fossilíferos**. Graduação em Geologia, Universidade Federal do Ceará, Monografia de Graduação, 69 p.

ZERBINATTI, Everton Oberdan et. al. **Qualidade da Água Proveniente da Chuva Coletada em diferentes tipos de telhados**. Engenharia Ambiental, Espírito Santo do Pinhal, v.8, n.3, p. 019 – 037, jul./set. 2011.

Sites:

<http://www.aesa.pb.gov.br/> (acesso em: 12/01/2012).

<https://www.embrapa.br/met-2014> (acesso em: 13/05/14).

<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=251200> (acesso em: 04/03/13)

[www.onu.org.br/](http://www.onu.org.br/) (acesso: 04/03/13).

## APÊNDICE



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA**  
**PRÓ REITORIA DE PÓS GRADUAÇÃO E PESQUISA - PRPGP**  
**COORDENAÇÃO DO PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO LATO SENSU**  
**GEOAMBIÊNCIA E RECURSOS HÍDRICOS DO SEMIÁRIDO**

QUESTIONÁRIO SOCIOAMBIENTAL APLICADO À COMUNIDADE RURAL DO  
 SÍTIO OLHO D' ÁGUA, POCINHOS, PB.

Número do questionário: \_\_\_\_\_

Nome do proprietário: \_\_\_\_\_

Tamanho da propriedade (ha): \_\_\_\_\_

**A – Variáveis sociais e ambientais**

**1 – Demografia e grau de instrução**

1.1 Quantidade de pessoas residentes: \_\_\_\_\_; Homens: \_\_\_\_\_; Mulheres: \_\_\_\_\_

1.2 Faixa etária, em anos, dos membros da família:

<15 anos: \_\_\_\_ de 16 a 25: \_\_\_\_ de 26 a 36: \_\_\_\_ de 37 a 49: \_\_\_\_ >50 anos: \_\_\_\_

1.3 Quanto tempo reside nessa casa? \_\_\_\_\_

1.4 Grau de Instrução: analfabeto: \_\_\_\_\_; fundamental incompleto: \_\_\_\_\_; fundamental completo: \_\_\_\_\_; ensino médio incompleto: \_\_\_\_; ensino médio completo: \_\_\_\_\_ terceiro grau: \_\_\_\_\_.

1.5 Condição da propriedade: proprietário (\_\_\_\_); arrendatário (\_\_\_\_) outra (\_\_\_\_).

1.6 Tipo da habitação: taipa (\_\_\_\_); Alvenaria (\_\_\_\_); mista (\_\_\_\_); outra (\_\_\_\_).

1.7 Tipo de telhado: telha (\_\_\_\_); amianto (\_\_\_\_); laje (\_\_\_\_); outra (\_\_\_\_).

1.8 Qual é área de sua residência: \_\_\_\_\_ m<sup>2</sup>; comprimento: \_\_\_\_\_ m; largura: \_\_\_\_ m.

**2 – Água e uso da água**

2.1 Qual a fonte de água para o consumo humano doméstico? Açude (\_\_\_\_); cisterna (\_\_\_\_); poços artesianos (\_\_\_\_); tanques de pedra (\_\_\_\_); rio/riacho (\_\_\_\_); carro pipa (\_\_\_\_); outras (\_\_\_\_).

2.2 Tipo de tratamento usado: filtrada (\_\_\_\_); fervida (\_\_\_\_); tratada com cloro (\_\_\_\_); não tratada (\_\_\_\_) outra (\_\_\_\_\_)

2.3 Utiliza água dos tanques: SIM (\_\_\_); NÃO (\_\_\_)

2.4 Se a sua resposta for SIM, para quais finalidades?

( ) uso doméstico ( ) uso animal ( ) lazer ( ) molhar fruteira e hortaliças ( ) outros.

2.5 Qual o consumo de água da família diário? (\_\_\_\_\_) litros.

2.6 Como você utiliza a água?

Somente para uso doméstico ( ); usos doméstico e animal ( ); usos doméstico, animal e molhação do pomar ( ); outros (\_\_\_\_\_)

3 – Destino dos dejetos

(\_\_\_) fossa séptica; (\_\_\_) eliminação a céu aberto; (\_\_\_) outras (\_\_\_\_\_)

4 – Eliminação do lixo

(\_\_\_) queima; (\_\_\_) livre; (\_\_\_) outras (\_\_\_\_\_).

#### B – Variáveis econômicas

1 – Qual a origem da renda da família? ( ) Aposentadoria; ( ) Pensão; ( ) Agropecuária; ( ) comércio; outras (\_\_\_\_\_).

2 – Recebe algum tipo de auxílio (bolsa) do Governo Federal: SIM ( ); NÃO ( );

3 – Se receber, qual é o tipo de auxílio: bolsa família ( ); gás ( ); outros (\_\_\_\_\_).

4 – Quais benefícios sua propriedade já teve do Governo Federal, Estadual ou Municipal?

( ) construção de cisternas; ( ) empréstimo agrícola; outros (\_\_\_\_\_).


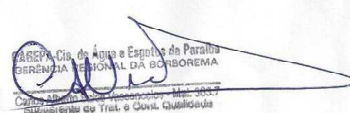
5 – Venda da produção: consumo de subsistência ( ); atravessador ( ); cooperativa ( ) \_\_\_\_\_.

#### C – Variáveis tecnológicas

1 – Tem assistência técnica: ( ) NÃO; REGULAR ( ); ESPORÁDICA ( ).

2 – Uso de agrotóxico: NÃO USA ( ); OCASIONALMENTE ( )

3 – Tratos culturais: faz adubação química ( ); faz adubação orgânica ( ); não faz adubação ( ); outras (cita) \_\_\_\_\_.

CAGEPA COMISSÃO DE ÁGUA E ESGOTO DO PARANHÁ		CONTROLE FÍSICO-QUÍMICO E BACTERIOLÓGICO					Emissão: 19/01/2012	
<b>MÊS / ANO: JANEIRO / 2012</b>								
CIDADE / MANANCIAL	DATA DA COLETA	COR (Hazen)	TURBIDEZ (NTU)	pH	CL (mg/L)	COLIFORMES		
		Trat	Trat	Trat	Trat	TOTAIS	E.C.	
POCINHOS / TANQUE DE PEDRA								
<b>PONTOS DE COLETA</b>								
Tanque Margem Erandi - I		131,4	12,1	8,77	-	-	-	
Tanque Margem Erandi - II		107,9	6,23	7,0	-	-	-	
Tanque Margem Erandi - III		296,8	73,40	8,7	-	-	-	
Tanque Margem Erandi - IV		138,9	3,19	7,6	-	-	-	
Tanque Margem Erandi - V		562,4	240,00	6,2	-	-	-	
Tanque Margem Erandi - VI		61,3	3,98	8,5	-	-	-	
Tanque Margem Erandi - VII		125,5	15,90	8,2	-	-	-	
Tanque Centro Erandi - I		135,1	11,60	8,9	-	-	-	
Tanque Centro Erandi - II		109,2	6,52	7,1	-	-	-	
Tanque Centro Erandi - III		312,7	60,30	8,7	-	-	-	
Tanque Centro Erandi - IV		140,5	4,76	7,5	-	-	-	
Tanque Centro Erandi - V		555,5	179,00	6,4	-	-	-	
Tanque Centro Erandi - VI		80,1	4,41	8,6	-	-	-	
Tanque Centro Erandi - VII		160,0	19,20	8,1	-	-	-	
Cisterna da casa de Dona Luizinha (Erandi)		8,1	0,80	7,4	-	-	-	
<b>ANALISTA RESPONSÁVEL:</b>								
 Sérgio Franklin Barbosa de Lima Químico Industrial - CRO 12.2.00176								
VALORES MÁXIMOS PERMITIDOS PELA PORTARIA 518/04 MS PARA ÁGUA DISTRIBUIDA		15,0	5,0	6,0 A 9,5	MIN 0,2 MÁX 2,0	AUSENCIA EM 100 ml *	AUSENCIA EM 100 ml	
<b>OBSERVAÇÃO:</b>								
E.C. = ESCHERICHIA COLI OU COLIFORME TERMOTOLERANTE								
* COLIFORMES TOTAIS - PARA SISTEMAS QUE ANALISAM MENOS DE 40 AMOSTRA POR MÊS, PODERÁ APRESENTAR UMA AMOSTRA POSITIVA EM 100 ml.								
<b>PARECER:</b>								
OS PARÂMETROS ANALISADOS NAS AMOSTRAS DE ÁGUA NÃO ESTÃO EM CONFORMIDADE COM A PORTARIA 2914/2011 DO MINISTÉRIO DA SAÚDE.								
 CAGEPA - Div. de Água e Esgoto do Paranhá GERÊNCIA REGIONAL DA BORBOREMA Controle de Qualidade de Água Serviço de Trat. e Cont. Qualidade								