



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ - CAMPUS DO CARIRI  
CENTRO DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO DO SEMIÁRIDO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO REGIONAL  
SUSTENTÁVEL (PRODER)**

**SIMONE BATISTA DE CARVALHO**

**TÉCNICAS DE USO SUSTENTÁVEL DA ÁGUA: SISTEMAS ALTERNATIVOS DE  
ABASTECIMENTO DE ÁGUA EM COMUNIDADES RURAIS NA CHAPADA DO  
ARARIPE-CE**

**JUAZEIRO DO NORTE – CE**

**2013**

SIMONE BATISTA DE CARVALHO

TÉCNICAS DE USO SUSTENTÁVEL DA ÁGUA: SISTEMAS ALTERNATIVOS DE  
ABASTECIMENTO DE ÁGUA EM COMUNIDADES RURAIS NA CHAPADA DO  
ARARIPE-CE

Dissertação apresentada ao curso de mestrado em Desenvolvimento Regional Sustentável da Universidade Federal do Ceará – *Campus Cariri*, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento Regional Sustentável.

**Área de Concentração:** Desenvolvimento Regional Sustentável.

**Linha de Pesquisa:** Ambiente e Desenvolvimento Regional Sustentável.

Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Maria Gorethe de Sousa Lima.

Co-orientador: Prof. Dr. Fernando José Araújo da Silva.

JUAZEIRO DO NORTE – CE

2013

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará

---

Carvalho, Simone Batista de.

**Técnicas de uso sustentável da água: Sistemas alternativos de abastecimento de água em comunidades rurais na Chapada do Araripe-CE** / Simone Batista de Carvalho - 2013.

109 f.: il. color., enc.; 30 cm.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Campus Cariri, Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento regional sustentável, Juazeiro do Norte - CE, 2013.

Área de Concentração: Desenvolvimento Regional Sustentável

Orientação: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Maria Gorethe de Sousa Lima.

1. Vulnerabilidade hídrica. 2. Comunidades rurais. 3. Políticas públicas. 4. Semiárido.

---

SIMONE BATISTA DE CARVALHO

TÉCNICAS DE USO SUSTENTÁVEL DA ÁGUA: SISTEMAS ALTERNATIVOS DE  
ABASTECIMENTO DE ÁGUA EM COMUNIDADES RURAIS NA CHAPADA DO  
ARARIPE-CE

Dissertação apresentada ao curso de mestrado em Desenvolvimento Regional Sustentável da Universidade Federal do Ceará – *Campus Cariri*, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento Regional Sustentável. Área de Concentração: Desenvolvimento Regional Sustentável.

Dissertação aprovada em: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

BANCA EXAMINADORA

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Maria Gorethe de Sousa Lima  
(Orientadora /UFC - *Campus Cariri*)

---

Prof. Dr. Fernando José Araújo da Silva  
(Co-Orientador / UFC - *Campus Cariri*)

---

Prof. Dr. Luiz Alberto Ribeiro Mendonça  
(UFC - *Campus Cariri* – Membro Interno)

---

Prof. Dr. Perboyre Barbosa Alcântara  
(IFCE – *Campus Juazeiro do Norte* / CE - Membro Externo)

Aos meus pais, Moreira e Fransquinha, pelo incentivo, amor e compreensão, e em especial para minha mãe que me deu forças para continuar este trabalho.

Aos meus filhos, Matheus e Letycia, por semearem em mim dedicação e amor.

Ao meu esposo, Manoel pela amizade, cumplicidade e paciência em minha ausência parcial no convívio familiar.

À minha irmã Samya, pelo incentivo, amor e companheirismo.

## AGRADECIMENTOS

A elaboração deste trabalho contou com ajuda de uma equipe, a qual expressarei meus agradecimentos.

À Deus, por ter iluminado e trilhado esta nova conquista em minha vida, o senhor a quem confio e creio, e que muitas outras conquistas irei alcançar, pois minha fé aumenta meus horizontes.

Á Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Maria Gorethe de Sousa Lima, pelos importantes ensinamentos na dissertação e da vida. Nesta pesquisa tive a oportunidade de trabalhar com uma excelente pesquisadora, com características de dedicação e estímulos repassados ao decorrer do trabalho. E na vida, aprendi como é bom ter com quem contar, uma pessoa discreta e que depositou confiança em mim. Obrigada por ter me orientado, já tivemos outras convivências, sendo colegas de trabalho, mas agora formamos um laço de amizade. Até já entendo os seus olhares e sua forma de falar.

Ao Prof. Dr. Fernando José de Araújo, co-orientador, pela contribuição na pesquisa, seus conhecimentos influenciaram em novas visões para vida acadêmica e profissional. Suas falas são agradáveis e de riquezas extremas. Obrigada pelo apoio e ensinamentos.

Ao Prof. Dr. Luiz Alberto pelas valiosas contribuições na pesquisa facilitando o estudo da pluviometria nas comunidades e também por suas orientações.

Ao Programa do mestrado em Desenvolvimento Regional Sustentável, agradeço a todos os professores, em especial a Prof<sup>ª</sup> Suely Chacon, pela contribuição ao meu crescimento acadêmico e profissional.

Aos amigos que fiz no mestrado pelo companheirismo, descontrações e aprendizado singulares de uma equipe interdisciplinar.

Aos amigos que fizeram parte do meu dia a dia, Josislane Crispim (Jô), Aurilene Barros e Adriana Araújo, onde compartilhamos momentos de lutas, risadas, emoções e confraternização, agradeço ao apoio, carinho e respeito.

Á Universidade Federal do Ceará, principalmente para “Tonho”(Antonio), nossas idas a Chapada, Joseilson e Lucimara, nas contribuições com as discussões da pesquisa, e Poliana Luna, pelo apoio e incentivo.

Ao Instituto Centro de Ensino Tecnológico – CENTEC, FATEC Cariri, aos professores, Raimundo de Sá Barreto Grangeiro (Diretor da FATEC Cariri), Michel Beserra, (Coordenador dos Cursos de Tecnologia em Saneamento Ambiental e Técnico em Meio

Ambiente) e Renata Ventura (Coordenadora Pedagógica) pela ajuda na utilização dos laboratórios e por ofertar flexibilidade quanto aos horários de aulas durante o mestrado.

À Associação Cristã de Base, Carla e Sr. Mário pelo apoio e dedicação no acompanhamento inicial da pesquisa.

Aos amigos, Anita (Anielle), Flávia, Vagner e Cicinho, do laboratório de Saneamento Ambiental, Manuella, Edna e Josi, do laboratório de Alimentos, obrigada pelo apoio e atenção nos laboratórios da FATEC Cariri facilitando as análises de minha pesquisa.

Às minhas alunas, Zeneide Belo, Cecília dos Santos e Hellen Betsaide, pela ajuda constante nas coletas e auxílio nas análises, a força que vocês me davam quando chegava cansada de uma coleta foi importante. Obrigada pelo carinho e dedicação.

As pessoas que residem nas comunidades Barreiro Grande, Mata Velha e Minguiriba na Chapada do Araripe – CE, pela contribuição em facilitar as pesquisas em campo, em especial ao Sr. Elias que dispôs de tempo para ajudar nas medições de chuva. Os ensinamentos que adquiri com vocês foram essenciais para compreender o desenvolvimento local.

Aos membros da banca examinadora, os professores, Fernando José Araújo da Silva (UFC), Luiz Alberto de Mendonça (UFC) e Perboyre Barbosa Alcântara (IFCE), pelas contribuições valiosas na qualificação, pré-defesa e finalmente a defesa. Obrigada a todos pela condução nas apresentações e contribuições na modelagem da pesquisa.

A todos os meus amigos, Rui Emanuel, Michele Chaves, Vagner Sales e Rosangela Tenório, pelo companheirismo e amizade.

A todos os meus familiares, irmãos, Wagner e Cláudio, tios, primos, avós e “avôs in memória”, sobrinhos e afilhados (Ruan e Samylla), pelo apoio incontestável e pelos prazerosos encontros de lazer. Em especial a Nicolý, “em memória”, minha pequenininha, seu nome já é sinônimo de vitória, você me mostrou que a cada dia devemos sorrir mais para a vida e enfrentar os obstáculos. Seu pouco tempo de vida foi bastante representativo para formar novas opiniões de vida. Te amo.

Quando olhei a terra ardendo  
Com a fogueira de São João  
Eu perguntei a Deus do céu, ai  
Por que tamanha judiação

Que braseiro, que fornalha  
Nem um pé de plantação  
Por falta d'água perdi meu gado  
Morreu de sede meu alazão

Até mesmo a asa branca  
Bateu asas do sertão  
Então eu disse, adeus Rosinha  
Guarda contigo meu coração

Hoje longe, muitas léguas  
Numa triste solidão  
Espero a chuva cair de novo  
Pra mim voltar pro meu sertão

Espero a chuva cair de novo  
Pra mim voltar pro meu sertão

Quando o verde dos teus olhos  
Se espalhar na prantação  
Eu te asseguro não chore não, viu  
Que eu voltarei, viu  
Meu coração

Eu te asseguro não chore não, viu  
Que eu voltarei, viu  
Meu coração

(Luiz Gonzaga, Asa Branca)



## RESUMO

As tecnologias de abastecimento de água implementadas por meio do Programa Um Milhão de Cisternas (PIMC) visam atender a vulnerabilidade hídrica do semiárido. Na Chapada do Araripe, vertente Cearense, várias comunidades rurais foram beneficiadas por este Programa. Esta pesquisa tem o propósito de avaliar quantitativamente e qualitativamente os sistemas alternativos de abastecimento de água, cisternas e barreiros, destinados aos diversos usos, inclusive abastecimento humano, das comunidades Mata Velha, Minguiriba e Barreiro Grande, localizadas na Chapada do Araripe – CE. Foram selecionados 12 (doze) pontos amostrais nas comunidades que compõem a área do estudo, constituídos por cisternas e barreiro. Para avaliar os aspectos quantitativos e qualitativos das tecnologias de abastecimento de água foram realizadas análises físicas, químicas e bacteriológicas da água, além de entrevistas abordando aspectos socioeconômicos e educacionais das comunidades, regime de distribuição de chuvas e medições de consumo per capita. Os resultados da análise qualitativa mostraram que as águas da maioria das cisternas apresentaram bactérias do grupo coliformes, atribuídas a falta de tratamento e cuidados no manejo e higienização das cisternas. Quanto aos metais pesados, verificou-se que na cisterna C4 (comunidade Mata Velha) a concentração de chumbo (0,02 mg/L) não atendia ao limite normativo (Portaria 2.914/2011). Nas amostras de coletadas em cisternas da comunidade Minguiriba, foram obtidas concentrações elevadas dos metais chumbo (cisternas C6, C7, C8 e C10) e manganês (cisternas C6 e C10). A qualidade da água do barreiro foi considerada inadequada para consumo humano, uma vez que os parâmetros pH, turbidez, amônia, ferro, alumínio e manganês estavam em desacordo com os padrões de potabilidade. Para melhorar a eficiência de tratamento da água com a pedra ume, é necessário que se considere, durante o tratamento, critérios técnicos adequados como características da água, parâmetros operacionais e tipo e dosagem do coagulante. No aspecto quantitativo, verificou-se que o regime de distribuição de chuvas entre as comunidades era irregular. Também foi constatado que a capacidade volumétrica das cisternas era insuficiente para garantir que o consumo per capita de água fosse compatível com o recomendado pela ONU. Na estação seca, 90% do consumo per capita de água eram inferior ao mínimo recomendado pela ONU. Mesmo na estação chuvosa, esse percentual foi de 60 %. A partir dos resultados desta pesquisa, deve-se fazer uma análise construtiva, no sentido de se adequar as políticas de implementação de cisternas de placa em comunidades rurais contempladas pelo PIMC. A realização de estudos mais detalhados sobre as condições social, ambiental, econômica e climática, o dimensionamento da estrutura física, a fiscalização dos carros-pipa e

dos corpos d'água utilizados para o abastecimento das cisternas e a capacitação dos usuários quanto à importância da higienização das cisternas e cloração da água, estão entre as medidas que podem contribuir para a prática de convivência sustentável com o semiárido.

**Palavras-chave:** Vulnerabilidade hídrica. Comunidades rurais. Políticas públicas. Semiárido.

## ABSTRACT

The water supply technologies implemented through the One Million Cisterns (P1MC) aim to solve the vulnerability of water semi-arid. In Araripe Chapada, Ceará, several rural communities were benefited from this program. This research aims to evaluate quantitatively and qualitatively the alternative systems of water supply, cisterns and barreiros, intended for various uses, including human supply of Mata Velha, Minguiriba and Barreiro Grande communities, located in Araripe Chapada - CE. They were selected twelve (12) sampling sites in communities that comprise the study area, consisting of cisterns and barreiros. To evaluate the quantitative and qualitative aspects of water supply technologies they were done physical, chemical and bacteriological analysis of water, besides interviews talking about socioeconomic and educational aspects of the communities, rainfall distribution program and measurement of per capita consumption. The results of the qualitative analysis showed that most of the water tanks had coliform bacteria group, attributed to the lack of treatment and care in the handling and cisterns cleaning. In samples collected in cisterns community Minguiriba, they were obtained high concentrations of lead metals (cisterns C6, C7, C8 and C10) and manganese (cisterns C6 and C10). Regarding heavy metals, it was found that the cistern C4 (Mata Velha Community) lead concentration (0.02 mg / L) did not get the regulatory limit (Decree 2.914/2011). The water quality of barreiros was deemed unsuitable for human consumption, since the parameters pH, turbidity, ammonia, iron, aluminum and manganese were not in accordance with the standards for drinking water. To improve the efficiency of water treatment with lime stone, it is necessary to consider, during treatment, appropriate technical criteria such as water features, operational parameters, and type and coagulant dosing. In quantitative terms, it was found that the regime of rainfall distribution was uneven between communities. It was also noted that the volumetric capacity of cisterns was insufficient to ensure that the per capita consumption of water was consistent with the recommended by ONU. In the dry season, 90% of the per capita consumption of water was less than the minimum recommended by ONU. Even in the rainy season, this percentage was 60%. Based on the results of this research, one must make a constructive analysis, in order to adjust policies to implement plate cisterns in rural communities covered by P1MC. The more detailed studies on the social, environmental, and economic climate conditions, the design of the physical structure, the monitoring of water trucks and water bodies used for the cisterns supply and training of users on the importance of cisterns hygienization and water

chlorination, are among the measures that can contribute to the practice of sustainable coexistence with the semiarid.

Keywords: Water Vulnerability. Rural Communities. Public policies. Semiarid.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Localização geográfica das comunidades Mata Velha, Minguiriba e Barreiro Grande no município do Crato – CE.....	40
Figura 2 –	Modelo de cisternas adotado pelo Programa Um Milhão de Cisternas, em comunidades localizadas na Chapada do Araripe – CE.....	42
Figura 3 –	Barreiro localizado na comunidade Barreiro Grande, na Chapada do Araripe– CE.....	42
Figura 4 –	Ilustração geral das condições estruturais e higiênico-sanitárias das cisternas das comunidades Mata Velha e Minguiriba, Chapada do Araripe, CE: (a) precárias condições do sistema de captação de água, (b) calha improvisada e antiga que conduz água para cisternas (c) balde para retirar água em desuso, (d) presença de partículas suspensas na água e (e) instalação de cisternas próximas a banheiros.....	49
Figura 5 –	Valores de pH determinados em amostras de água provenientes de cisternas das comunidades Mata Velha (C1 a C5) e Minguiriba (C6 a C10), localizadas na Chapada do Araripe/CE.....	51
Figura 6 –	Valores de alcalinidade total determinados em amostras de água provenientes de cisternas das comunidades Mata Velha (C1 a C5) e Minguiriba (C6 a C10), localizadas na Chapada do Araripe/CE.....	53
Figura 7 –	Valores de dureza total determinados em amostras de água provenientes de cisternas das comunidades Mata Velha (C1 a C5) e Minguiriba (C6 a C10), localizadas na Chapada do Araripe/ CE.....	54
Figura 8 –	Valores de turbidez determinados em amostras de água provenientes de cisternas das comunidades Mata Velha (C1 a C5) e Minguiriba (C6 a C10), localizadas na Chapada do Araripe/CE.....	56
Figura 9 –	Valores de condutividade elétrica determinados em amostras de água provenientes de cisternas das comunidades Mata Velha (C1 a C5) e Minguiriba (C6 a C10), localizadas na Chapada do Araripe/CE.....	57
Figura 10 –	Valores de STD determinados em amostras de água provenientes de cisternas das comunidades Mata Velha (C1 a C5) e Minguiriba (C6 a C10), localizadas na Chapada do Araripe /CE.....	58
Figura 11 –	Valores de cloretos determinados em amostras de água provenientes de	

	cisternas das comunidades Mata Velha (C1 a C5) e Minguiriba (C6 a C10), localizadas na Chapada do Araripe/CE.....	59
Figura 12 –	Valores de amônia determinados em amostras de água provenientes de cisternas das comunidades Mata Velha (C1 a C5) e Minguiriba (C6 a C10), localizadas na Chapada do Araripe/CE.....	61
Figura 13 –	Valores de nitrato determinados em amostras de água provenientes de cisternas das comunidades Mata Velha (C1 a C5) e Minguiriba (C6 a C10), localizadas na Chapada do Araripe/CE.....	62
Figura 14 –	Valores de Ferro total determinados em amostras de água provenientes de cisternas das comunidades Mata Velha (C1 a C5) e Minguiriba (C6 a C10), localizadas na Chapada do Araripe/CE.....	63
Figura 15 –	Distribuição mensal dos valores de precipitação nas comunidades Mata Velha e Minguiriba localizadas na Chapada do Araripe-CE.....	80

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Descrição dos pontos amostrais de Sistemas Alternativos de Abastecimento de Água, cisternas e barreiro, localizados nas comunidades MataVelha, Minguiriba e Barreiro Grande, Chapada do Araripe Cearense...	41
Tabela 2 –	Variáveis físicas e químicas analisadas em amostras de água de cisternas e barreiro de comunidades na Chapada do Araripe – CE, com seus respectivos procedimentos técnicos.....	44
Tabela 3 –	Ensaio bacteriológico realizado em amostras de água de cisternas e barreiro de comunidades na Chapada do Araripe – CE, com seus respectivos procedimentos técnicos.....	45
Tabela 4 –	Quantidade de pessoas por faixa etária nas comunidades Mata Velha e Minguiriba, localizadas na Chapada do Araripe – CE.....	47
Tabela 5 -	Concentração de metais pesados em amostras de água armazenadas nas cisternas de placa da comunidade Mata Velha, localizada na Chapada do Araripe/CE.....	65
Tabela 6 -	Concentrações de metais pesados em amostras de água armazenadas nas cisternas de placa da comunidade Minguiriba, localizada na Chapada do Araripe/CE.....	65
Tabela 7 –	Valores dos parâmetros físicos e químicos determinados em amostras de água bruta do Barreiro Grande e em amostras submetidas ao tratamento com a pedra ume, coletadas no período de nov/2011 a jun/2012, na comunidade Barreiro Grande, Chapada do Araripe/CE.....	68
Tabela 8 -	Concentrações de metais pesados obtidas em amostras de água bruta e tratada, coletadas no Barreiro Grande, localizado na Chapada do Araripe – CE.....	71
Tabela 9 -	Resultados das análises bacteriológica (em NMP/100mL) realizadas em amostras de água proveniente de cisternas da comunidade Mata Velha na Chapada do Araripe/CE.....	73
Tabela 10 -	Resultados das análises bacteriológica (em NMP/100mL) realizadas em amostras de água proveniente de cisternas da comunidade Minguiriba na Chapada do Araripe/CE.....	73
Tabela 11 –	Resultados das análises bacteriológicas (em NMP) em amostras de água provenientes do Barreiro Grande, localizado na Chapada do Araripe –	

	CE.....	75
Tabela 12 –	Resultados das concentrações de espécies iônicas, obtidas em amostras de água provenientes de cisternas localizadas nas comunidades Mata Velha e Minguiriba, Chapada do Araripe-CE.....	76
Tabela 13 –	Resultados das concentrações de íons, cátions e ânions, em amostras de água bruta e tratada (com pedra ume), provenientes do Barreiro Grande, Chapada do Araripe – CE.....	78
Tabela 14 -	Consumo per capita de água dos residentes da comunidade Mata Velha, localizada na Chapada do Araripe/CE, durante as estações seca (setembro/2012) e chuvosa (janeiro/2013).....	82
Tabela 15 -	Consumo per capita de água dos residentes da comunidade Minguiriba, localizada na Chapada do Araripe - CE, durante as estações seca (setembro/2012) e chuvosa (janeiro/2013).....	83
Tabela 16 –	Medida Separatriz (3º Quartil) dos dados de consumo per capita de água (L/hab.dia) das comunidades Mata Velha e Minguiriba, localizadas na Chapada do Araripe - CE, durante as estações seca (setembro/2012) e chuvosa (janeiro/2013) (n=6).....	84



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

a.C	antes de cristo
APIMC	Associação Prgrama Um Milhão de Cisternas
ANA	Agência Nacional das Águas
art.	artigo
ASA	Articulação do Semiárido
C	Cisterna
cap.	capítulo
CE	Condutividade elétrica
CT	Coliformes Totais
CTermo	Coliformes Termotolerantes
DNOCS	Departamento Nacional de Obras contra as Secas
<i>E.coli</i>	<i>Escherichia coli</i>
Eq.	Equação
FEBRABAN	Federação Brasileira dos Bancos
FLONA	Floresta Nacional do Araripe
°C	graus celsius
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
KAl(SO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	Sulfato de Alumínio e Potássio
L	litros
m <sup>2</sup>	Metros quadrado
µS/cm	Micro Siemens por centímetro
MDS	Ministério do Desenvolvimento Social
mg Ca <sup>2+</sup> /L	miligrama de Cálcio por litro
mg CaCO <sub>3</sub> /L	miligrama de Carbonato de Cálcio por litro
mg Cl <sup>-</sup> /L	miligrama de Cloretos por litro
mg Mg <sup>2+</sup> /L	miligrama de Magnésio por litro
mg N - NH <sub>3</sub> /L	miligrama de amônia por litro
mg N - NO <sub>2</sub> /L	miligrama de nitrito por litro
mg N - NO <sub>3</sub> /L	miligrama de nitrato por litro
mg/L	miligrama por litro
mgAl/L	miligrama de alumínio por litro
MI	Ministério da Integração Nacional

mm	milimetro
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MS	Ministério da Saúde
NMP	Numero Mais Provável
n°	numero
ONGs	Organizações não governamentais
P1MC	Programa Um Milhão de Cisternas
pH	Potencial hidrogeniônico
SAB	Semiárido brasileiro
SUDENE	Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste
THMs	trihalometanos
UNT	unidade de turbidez
VPM	Valor Máximo Permissível

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	18
<b>2 OBJETIVOS</b>	21
2.1 Objetivo Geral	21
2.2 Objetivos Específicos	21
<b>3 REFERENCIAL TEÓRICO</b>	22
3.1 Semiárido Nordeste: características e delimitações	22
3.2 Institucionalização no combate a seca	23
3.3 Políticas Públicas <i>x</i> Desenvolvimento Regional no Semiárido	25
3.4 Histórico do Programa Um Milhão de Cisternas	27
3.5 Cisternas	29
3.5.1 <i>Tipos de Cisternas</i>	31
3.5.2 <i>Práticas do uso de cisternas no mundo</i>	32
3.6 Barreiros	33
3.7 Caracterização da água de chuva	34
3.7.1 <i>Qualidade de água pluviais armazenadas em cisternas</i>	35
3.8 Processos de tratamento da água	36
3.9 Legislação para sistemas alternativos de abastecimento de água	37
<b>4 METODOLOGIA</b>	39
4.1 Tipos de pesquisa	39
4.2 Local e período do estudo	39
4.3 Caracterização das amostras de água	41
4.4 Critérios de inclusão na área da pesquisa	43
4.5 Análises laboratoriais	43
4.5.1 <i>Análises físicas e químicas</i>	43
4.5.2 <i>Análises Bacteriológicas</i>	45
4.6 Dimensionamento da demanda e oferta de água nas cisternas	45
4.7 Diagnóstico dos aspectos socioeconômico e sanitário	46
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	47
5.1 Diagnóstico do contexto social, econômico, educacional e sanitário das comunidades Mata Velha e Minguiriba, localizadas na Chapada do Araripe – CE	47
5.1.1 <i>Aspectos socioeconômicos, educacionais e sanitários</i>	47

5.2 Avaliação qualitativa da água utilizada no abastecimento das comunidades Mata Velha e Minguiriba, Chapada do Araripe – CE	50 51
5.2.1 <i>Caracterização física e química da água proveniente de cisternas</i>	
5.2.2 <i>Caracterização física e química da água proveniente do Barreiro Grande</i>	67 72
5.2.3 <i>Qualidade sanitária de fontes alternativas de abastecimento de água</i>	
5.2.4 <i>Análise da composição iônica em fontes alternativas de abastecimento humano na Chapada do Araripe, CE</i>	76
5.3 Avaliação quantitativa do fornecimento de água por cisternas de placa	79
5.3.1 <i>Distribuição da pluviometria nas comunidades Mata Velha e Minguiriba, localizadas na Chapada do Araripe – CE</i>	79
5.3.2 <i>Avaliação do consumo de água fornecida por cisternas de placa</i>	81
5.4 A viabilidade do Programa Um Milhão de Cisternas no combate à escassez hídrica nas comunidades residentes na Chapada do Araripe – CE	85
<b>6 CONCLUSÕES</b>	89

## **REFERÊNCIAS**

APÊNDICE A - CÁLCULO DO CONSUMO PER CAPITA

APÊNDICE B – VALORES DE CONSUMO DE ÁGUA TOTAL E DIÁRIO, PERÍODO ENTRE AS MEDIÇÕES DO NÍVEL D'ÁGUA DAS CISTERNAS E QUANTIDADE DE USUÁRIOS NAS RESIDÊNCIAS

APÊNDICE C – ENTREVISTA APLICADA NAS COMUNIDADES RURAIS NA CHAPADA DO ARARIPE CEARENSE

## 1 INTRODUÇÃO

O semiárido é a área de maior abrangência territorial entre os espaços naturais que conformam a Região Nordeste do Brasil. Do ponto de vista físico-climático, caracteriza-se por médias térmicas elevadas (acima de 26°C) e duas estações bem distintas: uma seca, na qual chove muito pouco, e uma úmida, quando ocorrem precipitações irregulares e diferenciadas. A ausência, escassez, irregularidade e má distribuição das precipitações pluviométricas na estação chuvosa, a intensa evaporação durante o período de estiagem e o elevado escoamento superficial das águas conjugam-se para conformar uma acentuada deficiência hídrica (D'ALVA *et al.*, 2005).

Programas voltados para vulnerabilidade hídrica do semiárido têm sido uma das principais estratégias de descentralização da gestão e implantação de ações de convivência nesta região, principalmente em comunidades rurais. Por exemplo, a segurança hídrica é uma estratégia elencada pelo Programa Um Milhão de Cisternas (P1MC), que tem como objetivo beneficiar cerca de 05 milhões de pessoas em toda região semiárida, com água potável para beber e cozinhar, através das cisternas de placas, desencadeando um movimento de articulação e de convivência sustentável com o ecossistema do semiárido (ARTICULAÇÃO DO SEMIÁRIDO, 2013).

O P1MC propõe uma reforma hídrica que democratize o acesso à água no semiárido, por meio da estocagem de água de chuva para o abastecimento das famílias nos períodos de estiagem. O programa aponta na direção de um novo projeto de desenvolvimento para a região, orientado pela perspectiva do direito coletivo das populações à água de qualidade para consumo, por meio de instrumentos simples, replicáveis, baratos e próximos as casas dos agricultores, como as cisternas de placas (MALVEZZI, 2007).

As cisternas armazenam água de chuva para os meses sem precipitação. Porém, sua utilização vai além da captação da água de chuva, pois as mesmas são abastecidas, também, por água oriunda de carros-pipa, sendo esta uma prática comum e negada pelos preceitos do Programa Um Milhão de Cisternas.

De acordo com Amorim e Porto (2001), o abastecimento das cisternas com carros-pipa, embora possa minimizar o problema da disponibilidade de água, torna-se uma fonte potencial de contaminação por fatores ligados à origem da água, pela vulnerabilidade a qual está exposta durante o transporte, pelas condições de higiene e limpeza dos carros.

Vários fatores são predisponentes para alterar a qualidade de água nas fontes alternativas de abastecimento nas comunidades rurais, podendo esta ser afetada pela poluição

atmosférica, pelo sistema de coleta da água da chuva (telhados e calhas), falta de manutenção das cisternas, forma inadequada de utilização e manuseio da água e por fatores ligados à origem da água.

Na Chapada do Araripe na vertente Cearense, várias comunidades rurais são beneficiadas pelo Programa Um Milhão de Cisternas (P1MC). Porém, devido os intensos períodos de estiagem, estas comunidades também utilizam barreiros como fonte de abastecimento. Dessa forma, as cisternas e os barreiros são as únicas fontes de abastecimento de água dessas comunidades. Mendonça *et al.* (2008) relatam que no topo da Chapada do Araripe, devido a grande permeabilidade dos terrenos oriundos dos arenitos, os cursos d'água superficial são fracamente desenvolvidos, sendo praticamente inexistentes um sistema de escoamento superficial. Mesmo após a ocorrência de eventos de chuvas não se encontram mais leitos de chuvas, salvo em pequenas áreas argilosas, em córregos formados ao longo da estrada e em áreas desmatadas compactadas.

Para agravar ainda mais a situação do abastecimento de água na área, foi verificado, através de visitas preliminares em campo, que além da água captada pelas cisternas não ser suficiente para suprir às necessidades durante o período de estiagem, com exigência de abastecimento por carros – pipa, não era submetida a processos de desinfecção. O único tratamento existente era realizado na água do barreiro, com a pedra ume, porém, de forma rudimentar, sem nenhum critério técnico.

Diante das argumentações discutidas na temática em apreço, as questões formuladas para a presente pesquisa foram desveladas nas seguintes vertentes:

- O abastecimento de água proveniente das cisternas é suficiente para suprir as necessidades das comunidades na Chapada do Araripe-CE?
- Os sistemas alternativos de abastecimento de água, cisternas e barreiros, são fontes seguras para o consumo humano, quanto aos aspectos físicos, químicos e bacteriológicos?
- Como as comunidades usuárias destes sistemas vivenciam a percepção de convivência com o semiárido cearense?

Diante da importância destes questionamentos, formulou-se a seguinte hipótese científica: os Sistemas Alternativos de Abastecimento de Água, cisternas e barreiro, quanto aos aspectos quantitativos e qualitativos, não suprem as necessidades das comunidades na Chapada do Araripe-CE, proporcionando barreiras para a convivência sustentável com o ecossistema do semiárido.

Ante o exposto, esta pesquisa tem o propósito de avaliar quantitativamente e qualitativamente os sistemas alternativos de abastecimento de água destinados aos diversos

usos das comunidades, principalmente para consumo humano. A pesquisa procura fornecer dados que possam subsidiar as organizações governamentais e não-governamentais para estruturarem políticas públicas que visem inserir a dimensão quanti-qualitativa às cisternas. Ressalta-se que a gestão integrada da qualidade e quantidade da água no semiárido nordestino demanda atenção, por ser a água um fator limitante para o desenvolvimento social e econômico desta região.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Avaliar os sistemas alternativos de abastecimento de água utilizados em comunidades rurais na Chapada do Araripe - CE, como forma de contribuir para a melhoria da qualidade de vida das famílias abastecidas por esses sistemas; notadamente no que se refere aos aspectos quantitativos e qualitativos da água e a formação e capacitação das comunidades para a convivência sustentável com o ecossistema do semiárido.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- a) Analisar as características físicas, químicas e bacteriológicas das águas dos sistemas alternativos de abastecimento, cisternas e barreiro;
- b) Avaliar o suprimento de água fornecido pelas cisternas para atender as necessidades das comunidades;
- c) Identificar o perfil do usuário, as condições sanitárias do meio e o grau de satisfação com o sistema;
- d) Analisar a viabilidade da implementação do Programa Um Milhão de Cisternas nas comunidades.



### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 Semiárido Nordeste: características e delimitações

A região Nordeste do Brasil ocupa uma área de 1.539.000 km<sup>2</sup>, dos quais a região do semiárido possui área de 982.563 km<sup>2</sup> (BNB, 2005) e abriga 19.167. 189 habitantes (IBGE, 2000). A expressão semiárido é normalmente utilizada para descrever precipitações médias anuais entre 250 e 800 mm, distribuídos entre três e cinco meses do ano (LOPES, 2006), a esse tipo climático corresponde a formação vegetal de caatinga, composta prioritariamente por arbustos que perdem as folhas nos meses mais secos ou por pastagens que secam na época de estiagem, algumas plantas sem folhas para reduzir ao máximo a perda por transpiração. A fisionomia desta região varia de acordo com as condições climáticas e edáficas (MOREIRA; TARGINO, 2007).

Não ter disponibilidade de água adequada para o consumo humano é uma característica peculiar na região semiárida, de acordo com estudos realizados por D'alva *et al.* (2005). Isto deve-se à intensa evaporação durante o período de estiagem e o elevado escoamento superficial. Tal constatação conduz a ações emergenciais de combate às estiagens. Neste sentido, Araujo (2003) retrata que a seca faz parte da paisagem do Nordeste brasileiro e a sistemática da sua ocorrência está imbricada com fatores ambientais revelados na pobreza dos solos, na baixa pluviosidade, escassez dos recursos hídricos e vegetação própria, as xerófitas.

Estudos realizados sobre o clima da região nordeste, concluíram que a área geográfica de abrangência do semiárido brasileiro não pode ser identificada por municípios que possuem insuficiência do índice pluviométrico. Esta hipótese foi descartada como critério exclusivo de seleção dos municípios, pois os conhecimentos acumulados sobre o clima permitem concluir não ser a falta de chuvas a responsável pela oferta insuficiente de água na região, mas sua má distribuição, associada a uma alta taxa de evapotranspiração, que resultam no fenômeno da seca, a qual periodicamente assola a população da região. Esta constatação fez com que o Ministério da Integração Nacional (MI), em 2005, instituisse uma nova delimitação do semiárido brasileiro, que atualizou os critérios de seleção dos municípios tomando por base três critérios técnicos (BRASIL, 2005):

- I. precipitação pluviométrica média anual inferior a 800 mm;
- II. Índice de aridez de até 0,5 calculado pelo balanço hídrico que relaciona as precipitações e a evapotranspiração potencial, no período entre 1961 e 1990; e

III. risco de seca maior que 60%, tomando-se por base o período entre 1970 e 1990.

Com estes critérios o semiárido brasileiro aumentou de 892.309,4 km<sup>2</sup> para 969.589,4 km<sup>2</sup>, sendo composto por 1.133 municípios dos estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia e do norte de Minas Gerais, totalizando uma população de 20.858.264 milhões de pessoas, das quais 44% residem na zona rural (D'ALVA *et al.*, 2005).

A problemática dos recursos hídricos nas regiões semiáridas mais habitadas é uma questão crucial para superação dos obstáculos ao desenvolvimento. É fato que os governos de muitas regiões semiáridas do mundo vêm atuando com o objetivo de implantar infraestruturas capazes de disponibilizar água suficiente para garantir o abastecimento humano e animal e viabilizar a irrigação. Todavia, esse esforço ainda é, de forma global, insuficiente para resolver os problemas decorrentes da escassez de água, o que faz com que as regiões continuem vulneráveis à ocorrência de secas, especialmente quando se trata do uso difuso da água no meio rural (CIRILO, 2008). No caso do Nordeste brasileiro, Villa (2001) destaca que a seca é um fenômeno natural que tem registro histórico no Nordeste brasileiro desde o ano de 1552.

### **3.2 Institucionalização no combate a seca**

Em relação aos efeitos produzidos da seca, Passador e Passador (2010) relata que a intervenção do poder público no Nordeste foi sempre marcado pela centralização e fragmentação das ações, e se concretizava com a criação de órgãos nacionais para o combate à seca. Estas se transformavam em objeto de disputas políticas entre os diversos segmentos da elite rural. A ação desenvolvida por esses órgãos limitava-se à construção de grandes açudes públicos, perenizando grandes extensões de rios, sobretudo a construção de milhares de pequenos e médios açudes dentro de propriedades privadas, de forma a assegurar água para a produção agropecuária e o funcionamento de agroindústrias.

Percebe-se que as medidas implementadas para remediar os efeitos da seca sempre tiveram caráter emergencial e assistencialista. Não há preocupação clara com origens de sequelas futuras para as comunidades assoladas pela seca. Araújo (2003) comenta que as ações devem ter planejamento permanente, mas as intervenções são episódicas e cessam à medida que o inverno ocorre, por serem ações que visam tradicionalmente o enfrentamento do problema de forma emergencial e estanque.

Complementando as ações emergenciais dos órgãos, Cirilo (2008) destaca ainda que a região Nordeste apresentava até a década de 1990, um histórico de políticas públicas equivocadas, quando não ausentes, calcadas especialmente na implantação de pequenos reservatórios altamente vulneráveis às estiagens e perfuração de poços no cristalino. Aliada a esses equívocos, a falta de gestão das águas foi a tônica da manutenção do quadro regional crítico a cada seca. Como forma de aliviar o sofrimento das populações desassistidas, as soluções eram: carros-pipa para transporte de água e frentes de trabalho para assegurar-lhes alguma renda para sustento. Em síntese, medidas puramente paliativas.

Silva (2006) relata que:

No evento RIO-92 o discurso sobre sustentabilidade retratou a viabilidade do semiárido e as propostas de convivência que pressionaram o estado brasileiro a elaborar outras respostas à questão hídrica no Nordeste, e a propor um novo modelo de desenvolvimento rural sustentável para o semiárido.

As primeiras iniciativas para lidar com a questão da seca foram direcionadas a oferecer água à zona do semiárido. Nessa ótica, foi criado o atual Departamento Nacional de Obras Contra a Seca (DNOCS), com a finalidade de centralizar e unificar a direção dos serviços, visando à execução de um plano de combate aos efeitos das irregularidades climáticas. Foram iniciadas as construções de estradas, barragens, açudes, poços, como forma de proporcionar apoio para que a agricultura suportasse os períodos de seca (PASSADOR; PASSADOR, 2010).

O DNOCS foi praticamente a única agência federal a atuar em todo o semiárido, como uma empreiteira estatal, a maior da América Latina. Sem as suas ações, o semiárido já seria quase um deserto, pois a passagem das chuvas é rápida, e as águas precisam, de fato, ser estocadas. Mas, há críticas, comentam que além do propósito insensato de combater a seca, compreensível na época, o órgão não democratizou o acesso a água. As grandes obras foram feitas, mas as populações mais pobres não tiveram acesso aos seus resultados. Acumulando terra e água, as oligarquias nordestinas construíram um poder assustador.

O DNOCS perdeu força, primeiro com o surgimento da Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) e atualmente com o fortalecimento de uma sociedade civil que implementa projetos como “Um Milhão de Cisternas” e “Uma Terra e Duas Águas” (MALVEZZI, 2007).

O fracasso dos modelos de gestão mostrou evidente, a recorrência dos constantes flagelos sociais decorrentes do fenômeno cíclico das secas, durante as quais as pessoas da zona rural, muitas vezes residentes a poucos quilômetros destes grandes reservatórios,

ficavam sem ter água sequer para beber. Destaca Cirilo (2008) que apesar das inúmeras políticas públicas implementadas ao longo da história do Nordeste semiárido, o que se observa é que elas se revelaram incompletas e desintegradas, pois a cada governo interromperam-se ou alteraram-se os projetos do governo anterior.

Destaca Silva (2003) que as ações governamentais estavam voltadas mais para os interesses políticos dos coronéis, nas perdas dos rebanhos e nas suas riquezas, do que na situação das famílias da seca, desta forma, as oligarquias colocavam a seca a seu favor e faziam dela um grande negócio que foi chamado de “indústria da seca”.

### **3.3 Políticas Públicas x Desenvolvimento Regional no Semiárido**

Ao se falar em desenvolvimento logo é destacado o papel do Estado, perfazendo um arranjo basal na implementação das políticas que venham a constituir o desenvolvimento sustentável. Como ele é ainda o grande fomentador de recursos, torna-se o maior responsável por conseguir ou não uma melhoria no nível de vida da população. Neste contexto, compreende-se a política pública como um conjunto de ações coletivas voltadas para a garantia de direitos sociais, configurando um compromisso público que visa dar conta de determinada demanda, em diversas áreas. Expressa a transformação daquilo que é do âmbito privado em ações coletivas no espaço público (PONTES; MACHADO, 2009).

Ainda não há no Brasil uma cultura de prevenção incorporada pelas políticas públicas e pela própria sociedade, e sim o predomínio de ações emergenciais. O atendimento aos desastres afetam o planejamento de outras ações do governo, pois além dos danos imediatos a serem reparados, há deslocamento das prioridades de gasto e de intervenção pública para demandas de curto prazo, em detrimento dos investimentos de longo prazo e da adoção de estratégias de desenvolvimento sustentável. Além disso, as políticas que agem na redução dos efeitos dos desastres atuam de forma desarticulada, e despense recursos públicos em soluções paliativas (VENDRUSCOLO; KOBIYAMA, 2007).

A democratização ao acesso a água, está entre as medidas de longo prazo baseadas em tecnologias alternativas e estratégias de convivência com o Semiárido Brasileiro (SAB) sendo cada vez mais priorizada em programas que visam o desenvolvimento sustentável da região. Para Carneiro *et al.*(2008), essas medidas envolvem aspectos relacionados ao acesso à água e tecnologias e usos adaptados às condições de seca e aridez, devendo ser integradas nos níveis do Governo Federal e dos governos estaduais, bem como envolver a sociedade civil e a população em geral.

As formas de abastecimento de água encontradas na região do semiárido são: os açudes, grandes reservatórios com capacidade de regularização plurianual, em bacias hidrográficas de maior porte, encontra-se presente em diversos Estados da região, porém em pequeno número. A segunda política de acumulação de água decorre do emprego de pequenos reservatórios com capacidade da ordem de poucos milhares de metros cúbicos, os chamados barreiros, espalhados por toda a região. Os altos índices de evaporação potencial, da ordem de 2.500 mm ao ano, trazem sério problema à política de acumulação de água, especialmente à pequena açudagem, que não resiste aos efeitos da seca prolongada. Além dos barreiros já citados, que ainda se constituem no tipo de obra mais executado para o atendimento da população rural difusa, os poços e cisternas rurais são as formas de captação e armazenamento de água mais comuns nesta região (CIRILO, 2008).

Durante muito tempo, a postura das ações governamentais era voltada para ações de macroescala, visando o “combate às secas”, apresentando como solução a construção de grandes barragens, a perfuração em larga escala de poços subterrâneos em propriedades particulares e o incentivo a projetos de irrigação, como os implantados nos vários açudes construídos pelo Departamento Nacional de Obras contra as Secas (DNOCS). Incontestavelmente, essas ações foram e ainda são importantes para o desenvolvimento econômico da região. Porém, atualmente, há uma mudança no enfoque das ações governamentais com relação ao semiárido, alterando-se o discurso para a “convivência com as secas”, passando a serem valorizadas as microações e as ações no nível dos indivíduos, as quais permitam a sustentabilidade do homem no seu ambiente (SILVA *et al.*, 2009).

Com esta nova visão, uma política que vem ganhando espaço é o Programa Um Milhão de Cisternas, possibilitando o desenvolvimento regional através da construção de cisternas em comunidades rurais desprovidas de sistema de abastecimento permitindo certa sustentabilidade hídrica. O P1MC foi iniciado com um projeto piloto e está atualmente na fase executiva e hoje possui característica de política pública, acercando-se do apoio formal dos governos (PONTES; MACHADO, 2009).

Atualmente a perspectiva de combate à seca vem se modificando, antes se preparava para uma luta contra a seca, hoje é a convivência com ela, já que demonstrou ser possível coexistir bem com o semiárido nordestino, desde que através de políticas públicas e práticas sustentáveis (PONTES; MACHADO, 2012).

Vários autores afirmam que o P1MC traduz desenvolvimento regional, neste sentido, Passador e Passador (2010) relata que este programa não pretende apenas a transferência de ativos e distribuição de renda, mas também promover mudança cultural e

fortalecimento do capital social. Por ter uma abordagem universalista e não baseada em reivindicações corporativas, propõe um padrão de relacionamento entre estado e sociedade sobre questões relacionadas às infraestruturas e aos serviços públicos. Visa assim o fortalecimento institucional das organizações de base, para o fortalecimento e desenvolvimento de alternativas locais e a gestão dos recursos públicos.

Este programa objetiva a possibilidade de ter uma vida digna no semiárido, com estímulo a cultura de convivência adequada ao ambiente, assim como, ter uma vida produtiva na região do ponto de vista econômico, orientado pela perspectiva do direito coletivo das populações à água de qualidade para consumo, por meio de instrumentos simples, replicáveis, baratos e próximos às casas dos agricultores (MEDEIROS *et al.*, 2010).

Observa-se que diante do histórico das políticas públicas relativas à escassez de água no semiárido brasileiro, quando eram tratadas de forma centralizada e fragmentada não conseguiam êxito para solucionar os entraves no combate a seca, já que as medidas implementadas eram assistencialistas e emergenciais.

Chacon (2007) retrata que para ocorrer mudanças com as políticas públicas, o primeiro passo seria definir um “público-meta”, e que este estivesse englobado no processo decisório. Seria, então, necessária a participação efetiva destas comunidades a serem beneficiadas, vale salientar que este preceito foi muito cobrado pelos organismos internacionais, como condição para os financiamentos que subsidiariam as políticas no território. Os projetos seriam, dessa forma, direcionados para a demanda, ou seja, o planejamento teria como dado prioritário a escuta daquilo que é de interesse e prioridade da própria comunidade, utilizando-se do seu poder participativo na tomada de decisão.

Portanto, as políticas adequadas neste contexto devem ser formuladas a partir de preceitos que levem em consideração uma visão holística, abrangendo os aspectos sociais, econômicos, culturais, ambientais e institucionais, compartilhando os mesmos ideais na busca da solução dos problemas.

### **3.4 Histórico do Programa Um Milhão de Cisternas**

O Programa Um Milhão de Cisternas (P1MC), é coordenado pela Articulação do Semiárido (ASA), um fórum de organizações da sociedade civil de 11 estados, que reúne cerca de 750 entidades - igrejas, organizações não-governamentais (ONG's) ambientalistas, associações de trabalhadores rurais e urbanos, associações comunitárias, sindicatos e federações de trabalhadores rurais, movimentos sociais, organismos de cooperação nacionais

e internacionais, públicos e privados. No processo, foi sistematizada uma metodologia para a sensibilização e mobilização das comunidades e das instituições governamentais e não-governamentais, de modo a envolver um maior número possível de atores no processo (PEREIRA, 2006).

Este programa resultou de convênio firmado com o Ministério do Meio Ambiente (MMA) – e que conta também com a participação da Federação Brasileira dos Bancos (FEBRABAN). O projeto, iniciado em 2000, pretendia, em cinco (05) anos, construir 1 milhão de cisternas de placas em toda a região semiárida brasileira, beneficiando cerca de 5 milhões de pessoas (SILVA *et al.*, 2009).

O P1MC abrange os estados da região Nordeste onde clima semiárido se apresenta com maior intensidade e, conseqüentemente, os efeitos da seca são mais danosos à população sertaneja (FRANCA, 2007).

D'alva *et al.* (2005) ao estudar sobre a demanda, cobertura e fiscalização do programa menciona que a experiência prévia de utilização das cisternas para captação de água da chuva se dá por iniciativa familiar e comunitária. A idéia da criação das cisternas ocorreu pelo apoio de organizações de base, a ASA, que concebeu o Programa de Formação e Mobilização Social para a Convivência com o Semiárido. A proposta visava garantir o acesso à água adequada ao consumo humano para todas as famílias rurais do semiárido brasileiro, por meio da formação, mobilização social e construção de cisternas de placas. Diante os impactos positivos na construção das cisternas (pilotos) em algumas comunidades, decidiu-se ampliar o projeto, associando-se a políticas governamentais. Posteriormente foi celebrado um convênio com a Agência Nacional das Águas (ANA) para a construção de 12.400 cisternas.

De acordo com o autor supracitado, no ano de 2003 foi firmado um Termo de Parceria nº 001/2003 com o Ministério do Desenvolvimento Social (MDS) e a Associação Programa 1 Milhão de Cisternas para o semiárido (AP1MC). Dessa forma, o Programa toma feições de política pública, com orçamento definido essa ação vem apoiando a construção de cisternas familiares, a mobilização e a capacitação de famílias rurais do semiárido para a gestão de recursos hídricos.

Para as comunidades serem incluídas no programa, a comissão municipal deverá realizar um levantamento da quantidade de famílias que necessitam de cisternas e realizar um cadastramento prévio. Com base neste cadastramento e tendo em vista a quantidade de cisternas alocadas para o município, a comissão municipal deverá selecionar as famílias a serem beneficiadas levando em consideração os seguintes critérios de priorização, nessa ordem:

- Famílias chefiadas por mulheres;
- Maior número de crianças de 0 a 6 anos;
- Maior número de crianças em idade escolar;
- Maior número de pessoas portadoras de necessidades especiais;
- Maior número de idosos.

O PIMC é fundamentado em alguns componentes, que seguem uma ordem prático-metodológica. Inicialmente são formadas as comissões municipais, executoras e comunitárias e são selecionadas e cadastradas as famílias que receberão as cisternas. Logo após começa a capacitação, que é a formação continuada das equipes técnicas, agentes multiplicadores, pedreiros e habilitação de jovens em confecção e instalação de bombas manuais. A seguir vem, a construção de cisternas propriamente ditas, envolvendo famílias e equipes técnicas, desde a demarcação do local da cisterna até a construção propriamente dita, normalmente concluída em cinco dias.

Para dar continuidade as ações da implementação das cisternas são fornecidos para as famílias material pedagógico e informativo com o intuito de aguçar a comunicação, buscando uma valorização da cultura local com a imagem positiva do semiárido, (PONTE, *et al.*, 2009).

O programa vem recebendo apoio e firmando parcerias também com instituições privadas, existem diversos exemplos da participação da iniciativa privada, tanto nacional como internacional, tais como: Federação Brasileira dos Bancos (FEBRABAN); Sindicato dos Metalúrgicos do ABC; cooperativas italianas (COSPE, UCODEP e FORLIMPOPOLLI); e doações de pessoas físicas, principalmente da Holanda. Com esta ajuda, até 2009, foram construídas mais de 266 mil cisternas, mobilizando 292 mil famílias, em 6.078 municípios. Também foram capacitadas 268 mil famílias em recursos hídricos, além de 5.500 pedreiros na região (PASSADOR; PASSADOR, 2010). O programa tem se revelado de fundamental importância para minimizar a vulnerabilidade hídrica de milhares de famílias do semiárido brasileiro.

### **3.5 Cisternas**

Dá-se o nome de cisternas aos tanques construídos para armazenar imediatamente as águas de chuva captadas em uma superfície próxima. A Portaria do Ministério da Saúde n.º 518/2004 (cap. 2, art. 4, inciso III) enquadra a cisterna como solução alternativa de abastecimento de água potável para as populações.



A cisterna é uma forma milenar de armazenamento de água das chuvas em regiões que não dispõem de fonte de água permanente, como o semiárido Nordestino do Brasil, possibilitando à população obter água limpa e fácil de tratar (PASSADOR; PASSADOR; 2010). Segundo Gnadlinger (2000), a coleta e o aproveitamento da água de chuva tem sido uma técnica bastante popular em muitas partes do mundo, especialmente em regiões áridas e semiáridas (aproximadamente 30% da superfície da terra).

A cisterna de placa, modelo adotado pelo PIMC, é uma tecnologia simples e barata, é um reservatório de água com formato redondo construído ao pé da casa, meio encravado no chão (2/3), meio fora. As cisternas armazenam as águas de chuvas captadas pelo telhado da casa e canalizadas por calhas ou bicas. Elas são vedadas, não permitindo a entrada de luz e insetos. Também possui uma canalização que serve para desviar as primeiras águas de chuva. Este sistema objetiva conservar limpa e apropriada ao consumo humano. O projeto também prevê um curso para as famílias beneficiadas para que possam aprender a gerenciar de forma racional a sua água de beber e cozinhar, com vistas de duração por todo o longo período de secas (entre 8 e 10 meses).

O volume armazenado nas cisternas é suficiente para abastecer uma família de até cinco pessoas durante o período de seca, com um consumo diário de 14 litros/pessoa. Para a saturação do reservatório, com capacidade para 16 mil litros, são necessários 500 mm de chuva em uma área de coleta (telhado) com um mínimo de 40 m<sup>2</sup>. Quando construídas seguindo os padrões técnicos e utilizando material de boa qualidade, as cisternas devem ter durabilidade mínima de 40 anos. Os problemas apresentados são decorrentes de uso de material de má qualidade, técnicas inadequadas de construção, não adequação de uso do material ao tipo de solo e falta de cuidados especiais de manutenção, tais como não deixar a cisterna vazia ou não construí-las próximas a árvores.

As cisternas caseiras têm se apresentado como a tecnologia mais viável para convivência com o semiárido. Para Poletto (2001), as cisternas reúnem uma série de vantagens: baixo custo, facilidade de disseminação da tecnologia entre os menos alfabetizados ou analfabetos, e possibilidade de ser articulada com a reeducação da família quanto ao cuidado necessário para a preservação da qualidade da água.

A influência das cisternas na saúde das famílias (principalmente idosos e crianças) é imediata. Facilita também o trabalho das mulheres, tantas vezes alquebradas pela labuta de buscar água em fontes (barreiros, aguadas, poços etc.) na maioria das vezes bastante distantes. Ocorre também uma relativa libertação destas comunidades carentes em relação aos donos dos açudes e aos carros-pipas, de proprietários privados ou pertencentes às pequenas

Prefeituras. Em quaisquer modalidades, todavia e invariavelmente, o acesso à água potável sempre esteve sob o controle das classes dirigentes locais e de seus interesses políticos, acostumados a domesticar a população pela sede (VILLA, 2001).

Embora existam aos milhares, espalhadas por todo o Nordeste, a quantidade de cisternas ainda é ínfima, quando comparada à necessidade da população rural (CIRILO, 2008).

### ***3.5.1 Tipos de Cisternas***

Existem vários formatos e materiais para construção de cisternas. Quanto ao formato, os mais freqüentes são os circulares e os retangulares. O circular é o formato mais utilizado, por ser considerado como o modelo mais econômico e o mais resistente. Os materiais mais usuais podem incluir ferro ou material galvanizado, concreto armado ou sem aço, ferrocimento, argamassa ou argila, polietileno e fibra de vidro (RUSKIN, 2001).

Segundo Gnadlinger (2000), os modelos de cisternas que podem ser utilizadas na região do semiárido são a cisterna de concreto com tela de arame, as de placa de cimento e enterrada, que é construída de tijolos e argamassa de cal. De acordo com o tipo de solo existente, as cisternas seguem modelos apropriados podendo ser enterradas, semi-enterradas ou apresentando sua estrutura totalmente sobre o solo. Entre os tipos diferentes de cisternas usadas para resolver o problema de água potável em áreas rurais do nordeste brasileiro, a cisterna de palca, tem sido a mais construída.

O conceito de cisternas de placas pré-moldadas foi desenvolvido no Brasil há mais de 30 anos, mais precisamente nos estados de Sergipe e Bahia, por um pedreiro sergipano residente durante anos em São Paulo, atuando na construção de piscinas, onde aprendeu a técnica de placas pré-moldadas de concreto. De volta à terra natal, o pedreiro utilizou sua experiência para elaborar um novo modelo de cisterna, com formato cilíndrico. Toda estrutura da cisterna, placas e vigas – é confeccionada apenas com placas feitas de argamassa de cimento e formas específicas. Posteriormente, com a ajuda de seu irmão, a técnica foi difundida para outros pedreiros da região (MATIAS; CAMPOS, 2001).

Existe um novo modelo de cisterna enterrável, assentada diretamente no solo, feita em polietileno, com grande resistência e baixo peso (CACUPÉ, 2012).

Cada região do Brasil busca alternativas de tecnologia de construção de cisternas que se adeque à realidade local e que seja aceito pela população. No estado de Santa Catarina, por exemplo, foi desenvolvido um tipo de reservatório, construído sobre o solo, com placas de

ardósia, montadas justapostas e envoltas por uma armadura de aço estrutural e uma tela fina com malha que possibilite a argamassagem manual. Este tipo de cisterna apresenta baixo custo e pode ser dimensionada por diferentes volumes de água de chuva (LISBOA *et al.*, 2009).

### **3.5.2 Práticas do uso de cisternas no mundo**

Embora discussões sobre o aproveitamento da água pluvial através de mecanismos elaborados possam ser recentes, de forma planejada ou não, esse aproveitamento da água da chuva ocorre há milhares de anos (JAQUES, 2005). Com necessidade da água e a falta de encanamentos que facilitassem a disponibilização da água para as pessoas, há milhares de anos atrás, era necessário criar mecanismos para tal, sem necessidade de grande complexidade, mas que facilitassem a busca pela água para os usos humanos, com fins potáveis ou não potáveis.

Os registros históricos sobre cisternas e outras formas diretas de captação para armazenamento de água de chuva remontam a dois mil anos, em regiões como a China e o deserto de Negev, hoje território de Israel e Jordânia. Nas Américas, a cidade do México, como um todo, é rico em antigas e tradicionais tecnologias de coleta de água da chuva datadas da época dos Astecas e Maias. Ao sul da cidade de Oxkutzcab, ao pé do monte Puuc, ainda hoje podem ser vistas as realizações do povo Maia, que no século X, já existia uma agricultura baseada no aproveitamento da água de chuva e as pessoas viviam nas encostas das montanhas sendo abastecidas por água potável através de cisternas com capacidade de 20 mil a 45 mil litros, chamadas *chultuns* (GNADLINGER, 2000).

Há registros ainda mais antigos de sistemas que utilizavam a água da chuva para fins potáveis. Em 3000 a.C. reservatórios escavados em rochas captavam a água da chuva para consumo humano. Anterior a 2000 a.C, na Europa, as vilas Romanas já eram projetadas prevendo a uso da água da chuva tanto para o uso doméstico quanto para o consumo humano. No início do século XVIII, na França, Philippe La Hire desenvolveu técnicas para o melhor aproveitamento da água, utilizando de mecanismos para filtrá-la tornando-a própria para o consumo (JAQUES, 2005).

Segundo Tomaz (2003), existem reservatórios escavados desde 3600 a.C. Na Pedra Moabita (datada de 850 a.C.), uma das inscrições mais antigas do mundo encontradas no Oriente Médio, o rei Mesha, dos moabitas, sugere que as casas tenham captação de água da chuva.

Na década de 1970, várias cidades da Índia tiveram nas técnicas de captação de água de chuva a solução para a sua produção agrícola e passaram da situação de importadoras a exportadoras de alimentos. Em meados da década de 1980, a população da cidade de Gopalpura, também na Índia, localizada em uma região propensa às secas, passou a reviver as práticas de captação de escoamento superficial. O sucesso do empreendimento motivou outras 650 cidades próximas a desenvolver esforços similares, levando à elevação do nível do lençol freático, rendimentos maiores e mais estáveis provenientes das atividades agrícolas e redução das taxas de migração. Impressionado com o sucesso da experiência do uso de técnicas de captação de águas de chuva, o ministro-chefe do estado indiano de Madhya Pradesh repetiu a iniciativa em 7.827 cidades. O projeto atendia a quase 3,4 milhões de hectares de terra entre 1995 e 1998 (PALMIER, 2001).

No mundo árabe, sistemas de captação de água de chuva sempre foram utilizados e desenvolvidos nessa região do planeta, que, historicamente, enfrenta crônica escassez de água. As técnicas de captação de água de chuva são praticadas há milênios em vários países da referida região, sendo comuns em países como a Arábia Saudita, Catar, Emirados Árabes Unidos, Iêmen, Omã e Tunísia. Nesses países utiliza-se o sistema de recarga de águas subterrâneas através da construção de barragens que fazem parte de planos nacionais de desenvolvimento (PETRY; BOERIU, 1998, apud PALMIER, 2001).

Com o aumento e a concentração da população, a captação de água de chuva tornou-se uma alternativa de grande importância, principalmente em locais com déficit no fornecimento de água, como zonas rurais e regiões de clima árido e semiárido como Arábia Saudita, África, Brasil, China, Estados Unidos, Nova Zelândia e Tailândia (LYE, 1992; PINFOLD *et al.*, 1993; AMORIM; PORTO, 2001; KUN *et al.*, 2004 apud SILVA, 2006).

### **3.6 Barreiros**

Os barreiros são escavações, normalmente tronco-piramidais invertidas, impermeabilizadas por solo argiloso pisoteado pelo gado, usados para interceptar e acumular o escoamento superficial. São geralmente rasos (raramente mais que 4 metros de profundidade), acumulando tipicamente entre 1.000 e 2.000 m<sup>3</sup> (MENDONÇA, 2001).

Segundo Cavalcanti (1999) os barreiros são construídos para pequenos agricultores da região que enfrentam, a cada ano, problemas para suprirem as necessidades de água de seus animais e de sua família. No entanto, são poucos os que utilizam barragens e/ou barreiros para o armazenamento dessas águas. A pouca utilização dos barreiros, se dá

principalmente pelo custo de implantação, visto que, na maioria dos casos, a utilização de máquinas para sua construção, torna a prática inviável para os pequenos agricultores.

São reservatórios com um ou mais compartimentos e de mais de três metros de profundidade, com fundo e parede de pedra, que não deixa a água se infiltrar e se perder. Pequenas valetas são construídas para direcionar a água de enxurradas para esses compartimentos, com a preocupação de evitar a passagem de sedimentos (LIMA; MACHADO, 2008).

### **3.7 Caracterização da água de chuva**

A precipitação está associada a toda água do meio atmosférico que atinge a superfície terrestre, podendo estar em diferentes estados: líquido, gasoso e sólido – chuva, neblina e geada. De acordo com Bertoni e Tucci (2004), por sua capacidade para produzir escoamento, a chuva é o tipo de precipitação mais importante para a hidrologia e sua disponibilidade numa bacia durante o ano é o fator determinante para quantificar, entre outros, a necessidade de abastecimento de água para uso doméstico e de irrigação.

Quando a água do mar, dos lagos ou do solo se evapora, não é ácida nem alcalina, é neutra. Entretanto, esse vapor de água combina-se com gases, como o dióxido de carbono encontrado na atmosfera, transformando-se num ácido fraco. Quando o ar está desprovido de poluentes, o único ácido que influencia o pH das precipitações é o ácido carbônico ( $H_2CO_3$ ). Este ácido dissolvido na água pura mantém o pH da chuva em torno de 5,65. Nestas condições, o fato do pH da água de chuva ser levemente ácido é considerado normal. É considerada ácida a chuva que apresenta valores de pH menores que 5,65 (DI BERNARDO *et al.*, 2002).

A chuva ácida é considerada um sério problema ambiental, pois o crescimento industrial e o urbano vêm aumentando a liberação acentuada de compostos ácidos na atmosfera. O enxofre e o nitrogênio são os dois mais importantes ingredientes antropogênicos da chuva ácida. Eles se convertem rapidamente em dióxido de enxofre e óxidos de nitrogênio. Uma parte da poluição rapidamente se precipita no solo, antes de ser absorvida pela umidade do ar, depositando-se nas árvores, edifícios e lagos, geralmente na área onde foi produzida. Estes depósitos mais tarde combinam-se com a água de chuva, transformando-se em ácidos. O resto da poluição pode permanecer no ar por mais de uma semana e ser transportada pelo vento a longas distâncias (BAINES, 1992).

### 3.7.1 *Qualidade de águas pluviais armazenadas em cisternas*

No semiárido brasileiro, a água de chuva normalmente não é contaminada. Ela pode se contaminar a partir do contato com as áreas de captação das cisternas, ou seja, os telhados das residências. Algumas práticas simples produzem resultados satisfatórios para evitar a poluição e/ou contaminação de água das cisternas. São elas: o descarte das águas das primeiras chuvas, construir as cisternas em locais que não representem riscos, como lixões, currais ou fossas e que não comprometam sua estrutura para a qualidade de água; lavar e desinfetar a cisterna pelo menos uma vez por ano; evitar que pequenos animais (galinhas, cabritos) subam na cobertura e levem sujeiras para dentro da cisterna; retirar a água da cisterna por meio de bomba, para evitar o contato direto com a água; deve conter uma porta para permitir sua limpeza, a qual deve ser mantida fechada. Como observa, são medidas que podem ser executadas, de forma simples e prática (BRITO *et al.*, 2008).

Essa lógica também é compartilhada por Andrade Neto (2003). Segundo o autor, a proteção sanitária de cisternas rurais para o abastecimento doméstico é relativamente simples, requerendo, basicamente, cuidados como o desvio das primeiras águas das chuvas, a tomada d'água por tubulação e o manejo adequado, sendo que esta última depende muito do nível de informação que o usuário tem sobre o tema.

A falta de sistemas de abastecimento de água em áreas rurais contribui para que a população procure outras fontes alternativas para seu consumo, que nem sempre são confiáveis do ponto de vista sanitário. De fato, uma pesquisa realizada pelo IBGE (2000) mostrou que 116 municípios brasileiros não possuem sistema de abastecimento de água, sendo que 56% destes estão na região nordeste. Na zona rural do semiárido a realidade é ainda mais grave, pois praticamente não existe água encanada na região.

A água constitui fator essencial para todo ser vivo, mas é também um veículo de doenças parasitárias e infecciosas, aumentando a frequência de moléstias crônicas, segundo Franco e Cantusio Neto (1997). Sistemas de abastecimento de água e esgotamentos sanitários adequados reduzem a veiculação de doenças relacionadas ao consumo de água, mas o domínio de técnicos e tecnologias para isso não é suficiente para superar os riscos e as vulnerabilidades a essas doenças. É necessário compreender o “contexto geográfico”, a “relação população – ambiente” e o “contexto social” do lugar, das comunidades e dos grupos demográficos (MILAGRES; SAYAGO, 2011).

O risco de doenças veiculadas pela água no meio rural é relativamente alto, principalmente em função da possibilidade de contaminação microbiana de águas que muitas

vezes são captadas em poços velhos, inadequadamente vedados e próximos de fontes de contaminação, como fossas e áreas de pastagem ocupadas por animais (ALVES, 2002 apud BEZERRA *et al.*, 2010).

Outra forma de abastecimento de água em comunidades rurais é proveniente de cisternas, a qualidade da água de chuva armazenada nestes reservatórios não depende apenas das condições atmosféricas, mas da superfície de captação, da calha e da tubulação que transporta a água à cisterna. O escoamento da água na superfície de captação carrega sujeiras como, pequenos animais mortos, fezes de aves e roedores, folhas, detritos, poeira e microrganismos (ANDRADE NETO, 2003).

Contaminantes, tanto biológicos como não biológicos podem, além de contaminar a água com microrganismos nocivos à saúde, causar sabores e odores desagradáveis à água. É importante construir cisternas, porém é necessário garantir a qualidade da água consumida (BEZERRA *et al.*, 2010).

Neste sentido, o primeiro passo para o aproveitamento de água de chuva consiste em desenvolver coletores de água nas coberturas, dimensionados de tal forma que levem em consideração os valores de precipitação da região e que separem as águas iniciais de chuva, devido à concentração de substâncias sólidas depositadas pelo vento e por pássaros (TOMAZ, 2003).

Quantidades elevadas de bactérias podem apresentar risco à saúde dos consumidores, pois algumas delas podem atuar como patógenos oportunistas (*Pseudomonas*, *Flavobacterium*, *Aeromonas* entre outras), especialmente problemáticas para indivíduos debilitados imunologicamente (PELCZAR *et al.*, 1980).

### **3.8 Processos de tratamento da água**

De acordo com Brito *et al.*(2007), os processos de tratamento de água mais baratos e que requerem menos tecnologias são os métodos simples, como fervura da água, filtração com areia ou filtro doméstico, exposição da água ao sol e adição de cloro líquido à água. No meio rural do semiárido brasileiro, as formas de tratamento da água, normalmente, resumem-se a filtração e cloração, principalmente para as águas de chuva armazenadas em cisternas.

A filtração consiste na remoção das partículas suspensas e coloidais e de microrganismos presentes na água por sua passagem através de um meio poroso. Em geral, a

filtração é a principal responsável pela produção de água com qualidade condizente com o padrão de potabilidade (DI BERNARDO, 1993).

Dentre outras formas de tratamento que vêm sendo utilizadas, a desinfecção da água por exposição solar tem sido capaz de destruir microrganismos patogênicos com a ajuda da luz solar, devido ao efeito bactericida. Isto se deve ao efeito sinérgico da ação dos raios ultravioleta, com comprimentos de onda de 320 a 400 nm, e da temperatura, levemente superior a 45°C. É um método simples e que trata pequenas quantidades de água. Sendo importante destacar que este tipo de tratamento só inativa microrganismos, mas não elimina a contaminação química (BETER, 2006).

A manutenção da qualidade da água adequada para o consumo implica adotar medidas para evitar contaminações. Quando a água é oriunda da chuva e/ou de caminhões pipas, com a garantia de ser potáveis, as medidas que fornecem uma barreira física aos contaminantes e a manutenção adequada da cisterna, em geral, são suficientes para manter a qualidade da água. É prudente sempre tratar a água da cisterna antes de usá-la, principalmente nos casos em que não se tem a garantia de que a cisterna é abastecida apenas por água de chuva. A cloração é um método de fácil aplicação e eficácia na prevenção de doenças de transmissão hídrica, contudo, pode originar a contaminação da água por trihalometanos (THMs). Estes que são subprodutos cancerígenos, resultantes da reação química do cloro com substâncias orgânicas em decomposição, como restos de folhas, restos de animais mortos e matéria fecal.

Assim, considerando também a eficiência do cloro em função da turbidez, torna-se ainda mais importante a utilização de barreiras físicas na cisterna, bem como a realização do tratamento por filtração, antes do tratamento da cloração, a fim de evitar a presença de matéria orgânica na água e, conseqüentemente, os trihalometanos, após a desinfecção (BEZERRA, *et al.*, 2010).

### **3.9 Legislação para sistemas alternativos de abastecimento de água**

O Ministério da Saúde publicou a Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011 que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Esta nova portaria é a quinta versão da norma brasileira de qualidade de água para consumo que, desde 1977, vem passando por revisões periódicas, com vistas à sua atualização e à incorporação de novos conhecimentos (RIBEIRO, 2012).



Os valores de referência de qualidade da água indicam a concentração máxima desejável de um componente, de modo a não acarretar riscos à saúde do consumidor. No Brasil, esses valores são regidos pela portaria do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011).

Os conflitos existentes para legislação voltada no armazenamento de água das cisternas deve-se não ter uma legislação específica para esta forma de distribuição de água (TAVARES, 2006). A Portaria menciona o enquadramento dos padrões de potabilidade de água provenientes de soluções alternativas de abastecimento. As cisternas enquadram-se nas características de uma solução alternativa, como pode ser identificado na definição formulada por BRASIL (2004):

III – solução alternativa de abastecimento de água para consumo humano – é toda modalidade de abastecimento coletivo de água distinta do sistema de abastecimento de água, incluindo, entre outras, fonte, poço comunitário, distribuição por veículos transportadores, instalações condominiais horizontal e vertical.

## 4 METODOLOGIA

A pesquisa foi realizada em sistemas alternativos de abastecimento de água utilizados por comunidades localizadas na Chapada do Araripe-CE, tema relevante quando a linha de pesquisa enfoca Desenvolvimento Regional Sustentável.

### 4.1 Tipos de pesquisa

A pesquisa foi tratada de forma exploratória, natureza qualitativa e quantitativa, delineados por pesquisa bibliográfica e experimental.

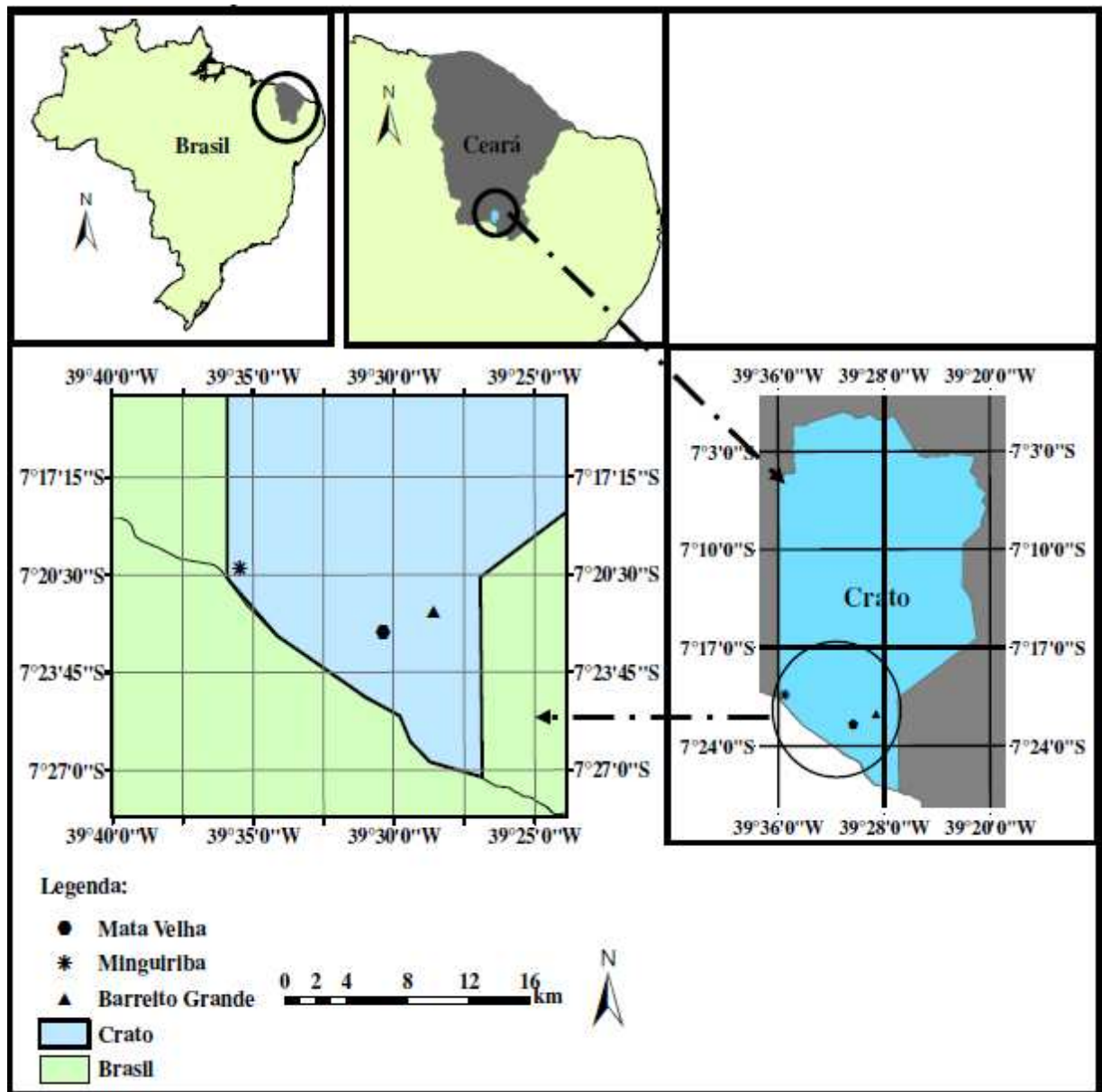
A pesquisa qualitativa se dedica à compreensão dos significados dos eventos, sem a necessidade de apoiar-se em informações estatísticas. Na pesquisa quantitativa, a base científica vem do Positivismo, considerada como investigação objetiva que se baseia em variáveis mensuráveis e proposições prováveis (PONTE *et al.*, 2006). Silva e Menezes (2001) comentam que o método quantitativo é bem aplicado no uso de recursos e de técnicas estatísticas, já o qualitativo não requer o uso de métodos e técnicas estatísticas. O ambiente natural é a fonte direta para coleta de dados e o pesquisador é o instrumento-chave. Os pesquisadores tendem a analisar seus dados indutivamente. O processo e seu significado são os focos principais de abordagem.

### 4.2 Local e período do estudo

O espaço amostral da pesquisa abrangeu as comunidades Mata Velha, Minguiriba e Barreiro Grande, localizadas na Chapada do Araripe, no município do Crato – CE (Figura 1). A pesquisa foi desenvolvida no período de novembro de 2011 a janeiro de 2013.

No território brasileiro, a Região Nordeste tem sido associada ao flagelo da seca. Mas no interior do estado do Ceará, existe a Região Cariri que apresenta aspectos diferenciados do sertão que a rodeia. Isso acontece por causa da existência da Chapada do Araripe, que está localizada no alto sertão nordestino brasileiro, na confluência das fronteiras dos Estados do Ceará, Pernambuco e Piauí, compreendendo, o topo, uma área de 6.066 Km<sup>2</sup>, delimitada aproximadamente, pelas coordenadas geográficas 38° 30' a 41°55' Oeste e 7° 10' e 7° 50' Sul (ALVES *et al.*, 2010).

**Figura 1** – Localização geográfica das comunidades Mata Velha, Minguiriba e Barreiro Grande no município do Crato – CE.



Ainda de acordo com o Alves *et al.* (2010), o topo da Chapada do Araripe divide-se em dois grandes setores: o setor oriental (porção leste), com altitude que varia de 870 a 974 metros, e o setor ocidental, que compreende uma superfície de 3.470 km<sup>2</sup> e está posicionada em cotas mais baixas, entre 750 e 890 metros. Por essa razão, a Chapada é considerada um divisor do semiárido, dividindo-se, assim, na porção Norte e Sul. Encontra-se bem caracterizada por 04 zonas fisiográficas:

- O topo da chapada que corresponde à área em estudo caracterizada pela vegetação de cerradão, solos férteis e escassez de água:
- A encosta, é um ecossistema frágil, onde está localizada a vegetação de floresta e os mananciais superficiais (fontes);

- Os brejos são considerados a produtora de alimentos para o sertão, pois diante sua característica determinada pela formação geológica onde as camadas sedimentares são inclinadas fazem com que as águas das chuvas penetrem nos solos permeáveis até aflorar em forma de fonte;

- O sertão, área mais seca do nordeste, caracterizado pela escassez de chuva e vegetação da caatinga, apresenta longos períodos de estiagem.

### 4.3 Caracterização das amostras de água

Foram selecionados 12 (doze) pontos amostrais nas comunidades que compõem a área do estudo, constituídos por cisternas e barreiro. Estes pontos foram identificados durante as coletas com as seguintes informações: código do ponto amostral, data da coleta, nome da localidade e do proprietário da cisterna, responsável pela coleta, bem como todas as observações importantes que podem influenciar na interpretação dos resultados da análise, como cisterna seca, presença de sujidades, rebaixamento do volume de água na cisterna e/ou no barreiro, e outras observações que forem necessárias. Na Tabela 1 está a descrição destes pontos.

**Tabela 1** – Descrição dos pontos amostrais de Sistemas Alternativos de Abastecimento de Água, cisternas e barreiro, localizados nas comunidades MataVelha, Minguiriba e Barreiro Grande, Chapada do Araripe Cearense.

<b>Codificação dos pontos</b>	<b>Descrição dos pontos</b>	<b>Comunidades</b>
C 1	Cisterna (nº 310.357)	Mata Velha
C 2	Cisterna (nº 310.392)	
C 3	Cisterna (nº 310.354)	
C 4	Cisterna (nº 310.358)	
C 5	Cisterna (nº 193.650)	
C 6	Cisterna (nº 360.218)	Minguiriba
C 7	Cisterna (nº 210.838)	
C 8	Cisterna (nº 210.821)	
C 9	Cisterna (nº 210.820)	
C 10	Cisterna (nº 210.830)	
B <sub>R</sub> -AB	Água bruta do Barreiro	Barreiro Grande
B <sub>R</sub> -AT	Água do Barreiro tratada com pedra ume	

As Figuras 2 e 3 ilustram as fontes alternativas de abastecimento nas comunidades MataVelha, Minguiriba e Barreiro Grande, Chapada do Araripe Cearense.

**Figura 2** – Modelo de cisternas adotado pelo Programa Um Milhão de Cisternas, em comunidades localizadas na Chapada do Araripe - CE.



**Figura 3** – Barreiro localizado na comunidade Barreiro Grande, na Chapada do Araripe – CE.



A inclusão do barreiro como ponto amostral se deve ao fato de que, em períodos de estiagem, as cisternas não suprem a demanda de água necessária para abastecer as residências, fazendo com que os usuários utilizem o barreiro como fonte complementar de água. Após ser captada e transportada para as residências, a água era submetida ao tratamento com pedra ume, com composição a base de sulfato de alumínio e potássio ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot 24 \text{H}_2\text{O}$ ), sem, no entanto, se considerar nenhum critério técnico.

#### 4.4 Critérios de inclusão na área da pesquisa

A Chapada do Araripe é povoada por várias comunidades, podendo ser observado em visitas em campo a semelhança cultural e econômica. A seleção das comunidades para este estudo fundamentou-se em critérios que pudessem favorecer as ações e diagnóstico para construção de dados relevantes para a pesquisa, como: o fácil acesso aos locais e maior tempo de permanência das famílias em suas residências, o que viabilizou as visitas em campo para as coletas de dados.

#### 4.5 Análises laboratoriais

As análises realizadas tiveram o intuito de averiguar a qualidade da água para consumo humano sendo discutidas de acordo com as condições higiênicas, culturais e de manejo, e o abastecimento proveniente de água de chuva e carros-pipa.

As variáveis físicas, químicas e bacteriológicas foram selecionadas de acordo com a Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011 que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

Ao todo foram realizadas seis (06) coletas, em cada ponto amostral, para determinação das características físicas, químicas e biológicas, exceto para metais pesados. Para metais pesados foi realizada apenas uma coleta, com o intuito de se obter dados que possam servir como indicativo da qualidade da água e como ponto de partida para estudos mais detalhados posteriormente.

##### 4.5.1 Análises físicas e químicas

As amostras para análises físicas e químicas foram armazenadas em garrafas plásticas, com capacidade de 2 litros, e preservadas em caixas isotérmicas com gelo e encaminhadas aos laboratórios de Saneamento da Universidade Federal do Ceará – *Campus Cariri* e de Análises Físico – Químicas de Águas e Efluentes da Faculdade de Tecnologia FATEC Cariri, Juazeiro do Norte - CE.

A Tabela 2 mostra as variáveis físicas e químicas determinadas na pesquisa, com seus respectivos procedimentos técnicos de acordo com o *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2005).

Além das variáveis citadas na Tabela 2, foram analisadas as concentrações dos metais pesados cádmio, chumbo, cromo, manganês e níquel em amostras de água coletadas nas cisternas e barreiro. Após coletadas, as amostras foram acidificadas com ácido nítrico PA, até pH igual a 2,0, e encaminhadas para o Laboratório Ambiental da SGS GEOSOL, em Minas Gerais, onde foram realizados os ensaios laboratoriais por digestão multiácida com leitura em *Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectroscopy* – ICP/OES (Espectrofotômetro de Emissão Óptica com Plasma Indutivamente Acoplado), conforme método 3030,3120B, descrito no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 22st (2012).

**Tabela 2** – Variáveis físicas e químicas analisadas em amostras de água de cisternas e barreiro de comunidades na Chapada do Araripe – CE, com seus respectivos procedimentos técnicos.

Variáveis físicas e químicas	Unidade	Metodologia
Alcalinidade total	mg CaCO <sub>3</sub> /L	Potenciométrico
Potencial hidrogeniônico (pH)	-	Eletrométrico
Condutividade Elétrica (CE)	µS/cm	Eletrométrico
Turbidez	UNT	Nefelométrico
Cloretos	mg Cl/L	Argentométrico
Dureza total	mg CaCO <sub>3</sub> /L	Titulométrico com EDTA
Cálcio	mg Ca <sup>2+</sup> /L	Titulométrico com EDTA
Magnésio	mg Mg <sup>2+</sup> /L	Método do Cálculo
Sódio	mg Na <sup>2+</sup> /L	Fotômetro de chama
Potássio	mg K <sup>2+</sup> /L	Fotômetro de chama
Bicarbonato	mg CaCO <sub>3</sub> /L	Titulométrico
Amônia total	mg N - NH <sub>3</sub> /L	Nesslerização direta
Nitrito	mg N - NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> /L	Colorimétrico por diazotização
Nitrato	mg N - NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /L	Salicilato
Sólidos dissolvidos totais (SST)	mg/L	Gravimétrico
Ferro Total	mg Fe/L	Colorimétrico da Fenantrolina

#### 4.5.2 Análises Bacteriológicas

Os ensaios bacteriológicos foram realizados de acordo com as técnicas recomendadas pelo *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2005). Na Tabela 3 encontram-se os ensaios realizados para determinação da qualidade bacteriológica da água das cisternas e barreiro, com suas respectivas metodologias.

**Tabela 3** – Ensaios bacteriológicos realizados em amostras de água de cisternas e barreiro de comunidades na Chapada do Araripe – CE, com seus respectivos procedimentos técnicos.

Ensaios	Unidade	Método
Coliformes totais		
Coliformes termotolerantes	NMP/100 mL	Tubos múltiplos (NMP)
<i>Escherichia coli</i>		

Na coleta de água para determinação de coliformes totais, termotolerantes e *E. coli* foram utilizados frascos de vidro com capacidade mínima de 125 mL esterilizados a 121°C por 15 minutos, e protegidos com papel laminado. As técnicas de assepsia foram utilizadas no ato da coleta para não ocorrer riscos de contaminação. As amostras foram acondicionadas em caixas isotérmicas contendo gelo (resfriamento temporário) e encaminhadas ao laboratório. O tempo entre a coleta e a análise da amostra no laboratório não excederam 12 horas.

#### 4.6 Dimensionamento da demanda e oferta de água nas cisternas

A caracterização do regime da distribuição de chuvas da área em estudo foi feita no período de novembro/2011 a janeiro/2013, com realizações de medições mensais da precipitação pluviométrica, com o auxílio de um pluviômetro, instalado em uma residência da comunidade Mata Velha, e um dos membros da família realizava a leitura de registro diário sempre às 7 horas.

Para caracterizar o regime de distribuição de chuvas na comunidade Minguiriba, foram utilizados os dados fornecidos pela Casa Sede da Flona Araripe (IBAMA), por ser um local mais próximo à área em estudo.

Os dados de volume coletado por precipitações e a quantidade de água abastecida por carros-pipa, números de usuários e intervalo de tempo foram utilizados no cálculo de



consumo per capita. A memória do cálculo empregada no presente estudo está contida nos Apêndices A e B.

Os dados de volumes total e útil de água armazenada nas cisternas foram obtidos por meio de medições das áreas das cisternas, como área da circunferência externa, altura, espessura da parede e nível d'água. O nível d'água foi obtido com base em seis (06) medições semanais, durante o período de estiagem (setembro/2011) e o período de eventos chuvosos (janeiro/2013).

Vale salientar que no período seco, os volumes de água utilizados nos cálculos do consumo per capita correspondiam a quantidade de água abastecida apenas por carros-pipa, pois não ocorreram precipitações. Entretanto, no mês de janeiro/2013 registraram-se eventos de chuva, em que as cisternas foram abastecidas tanto por carros-pipa como advindas das precipitações pluviométricas.

Para calcular o volume de água coletado pelas cisternas, no período de chuvas, foi considerado o coeficiente de escoamento da área de captação, conforme equação 1 (Eq. 1) (SILVA; ALMEIDA 2009):

$$V_c = \text{total de chuva(mm)} * \text{área do telhado(m}^2\text{)} * \text{coeficiente de escoamento} \quad (1)$$

Define-se coeficiente de escoamento como sendo a relação existente entre os volumes escoado e precipitado. Esse coeficiente varia com o tempo, com a intensidade de chuva e condições físicas da área de captação (SILVA *et al.*, 1984). O escoamento superficial de 0,7 utilizado para a pesquisa foi obtido através de recomendação de estudos realizados pela Embrapa (BRITO *et al.*, 2006).

#### **4.7 Diagnóstico dos aspectos socioeconômico e sanitário**

Os aspectos socioeconômicos e sanitários das comunidades foram avaliados por meio de entrevistas nas quais eram abordados aspectos relacionados com as condições sanitárias do meio e o grau de satisfação com a quantidade e qualidade da água (Apêndice C).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Diagnóstico do contexto social, econômico, educacional e sanitário das comunidades Mata Velha e Minguiriba, localizadas na Chapada do Araripe – CE.

#### 5.1.1 Aspectos socioeconômicos, educacionais e sanitários

A aplicação do questionário teve como objetivo compreender o contexto social, econômico e educacional dos residentes das comunidades em estudo.

A Tabela 4 dispõe da proporção de pessoas por faixa etária das comunidades Mata Velha e Minguiriba, localizadas na Chapada do Araripe - CE.

**Tabela 4** – Quantidade de pessoas por faixa etária nas comunidades Mata Velha e Minguiriba, localizadas na Chapada do Araripe – CE.

Faixa etária	Frequência	(%)
Crianças (0 – 5 anos)	18	26,47
Adolescentes e adultos	37	54,41
Acima de 60 anos	13	19,12
Total	68	100

De acordo com os dados da Tabela 4 pode ser observado que a faixa etária predominante dos usuários das cisternas é a de adolescentes e adultos, equivalente a 54,41% dos entrevistados.

Quanto ao número de pessoas por residência, verificou-se que, das dez residências entrevistadas, somente duas famílias eram constituídas por cinco (05) pessoas. Nas demais, a quantidade de pessoas por família era de aproximadamente 09 pessoas, número superior ao estabelecido pelo PIMC, já que, de acordo com o referido programa, a capacidade da cisterna de 16 m<sup>3</sup> objetiva armazenar um volume de água suficiente para uma família com 05 pessoas, durante 08 meses de seca.

Considerando a escolaridade, observou-se que a maioria (60%) dos moradores das duas comunidades possuía nível fundamental incompleto ou era analfabeta.

Quanto às condições econômicas, das dez famílias entrevistadas, sete viviam com menos de 02 salários mínimos. Quanto a verbas de auxílio de programas sociais somente seis (06) famílias eram beneficiadas por programas do governo, como a Bolsa Família. Ainda verificou-se que as principais fontes de renda eram a agricultura, aposentadoria, apicultura e construção civil.

No que se refere à acessibilidade aos setores básicos, saúde e educação, constatou-se grande carência, já que não existiam escolas e postos de saúde nas localidades. Os estudantes precisavam se deslocar para o distrito mais próximo, distante aproximadamente 10 km das comunidades. Quanto à saúde, dois (02) Agentes Comunitárias de Saúde faziam diariamente visitas às comunidades. A visita domiciliar do médico era realizada mensalmente.

Também foi verificado que as únicas fontes de abastecimento de água eram, realmente, as cisternas e barreiro. As águas das cisternas eram utilizadas para beber, cozinhar, higiene pessoal, atividades domiciliares e regar plantas. O barreiro era utilizado para dessedentação de animais e lavagem roupas. Dentre os usos da água, a lavagem de roupas foi identificada pelos usuários com o de maior consumo.

Ressalta-se que a realidade, em termos de abastecimento de água, identificada nas comunidades em estudo, é comum a várias outras comunidades do semiárido. De acordo com pesquisas realizadas pelo IBGE (2010), 31,5% das famílias rurais possuem acesso à rede geral de água, 54,8% utilizam poços e nascentes e 13,7% utilizam outras formas de acessar a água, que correspondem, inclusive, a buscas em fontes distantes, com longas caminhadas diárias, para o uso de uma água muitas vezes inadequada ao consumo humano.

Face às limitações mencionadas compreende-se porque, na maioria das residências visitadas, não se encontrou os proprietários. De acordo com relatos de outros moradores, estes proprietários só retornam para suas residências nos finais de semana. Este comportamento é atribuído a dificuldade encontrada no abastecimento de água associada a falta de emprego e de acesso à educação, ocasionando a procura por melhores condições sociais, econômicas e educacionais.

Quanto ao grau de satisfação com o sistema, 100% dos entrevistados estavam satisfeitos com o abastecimento através das cisternas, em termos quantitativos e qualitativos, mas demonstravam preocupação em tempos de estiagens, porque havia a necessidade do abastecimento ser realizado por carros-pipa. Estes carros são cadastrados pelo Exército e fornecem mensalmente água gratuita. A satisfação com o sistema foi evidenciada quando os moradores relataram que antes da construção das cisternas a utilização de água era feita através de barramento de água nas estradas, barreiros e compra de água.

Quanto às condições higiênico - sanitárias, a Figura 4 ilustra as condições de estrutura e cuidados com as cisternas.

**Figura 4** – Ilustração geral das condições estruturais e higiênico-sanitárias das cisternas das comunidades Mata Velha e Minguiriba, Chapada do Araripe, CE: (a) precárias condições do sistema de captação de água, (b) calha improvisada e antiga que conduz água para cisternas (c) balde para retirar água em desuso, (d) presença de partículas suspensas na água e (e) instalação de cisternas próximas a banheiros.



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)

De acordo com esta figura, percebe-se a falta de cuidados quanto ao sistema de captação de água das cisternas que visam assegurar a qualidade de água para fins potáveis.

Observa-se, de maneira geral, a falta de manutenção de residências e de cisternas, relacionada às precárias condições socioeconômicas das comunidades (Figura 4 a); calha

improvisada e antiga (Figura 4 b), que pode servir de suporte para pouso de pássaros, que deixam ali suas excretas, além de abrigar insetos e pequenos animais que, ao morrerem, podem ser conduzidos até o interior da cisterna; balde para retirar água em desuso (Figura 4 c), já que a maioria das bombas encontra-se com defeito; presença de partículas suspensas na água (Figura 4 d), decorrente do fato da porta de acesso à cisterna encontrar-se danificada, condição que facilita o aporte de insetos, folhas e dejetos de animais para o interior das cisternas, além de conduzir a situações de insegurança para as crianças da localidade; e a instalação de cisternas em áreas bem próximas a banheiros (Figura 4 e), o que pode resultar na contaminação da água, já que foram detectadas rachaduras nas paredes de algumas cisternas.

Barreiras sanitárias na captação e armazenamento de água nas cisternas, como o uso de desvio das primeiras águas, sistema de bomba manual, aspectos estruturais do reservatório, como o uso de tampas e acabamento interior liso para facilitar a limpeza podem proporcionar condições favoráveis para manter uma adequada qualidade de água (XAVIER, 2010).

A segurança sanitária das cisternas rurais depende da educação sanitária e da participação social da comunidade envolvida, mas também dependem de um projeto adequado, inspeção regular e manutenção do sistema (ANDRADE NETO, 2003).

## **5.2 Avaliação qualitativa da água utilizada no abastecimento das comunidades Mata Velha e Minguiriba, Chapada do Araripe – CE**

De acordo com Ingrh (2005) *apud* Barros (2009), a avaliação da qualidade da água deve ser feita de forma integrada, considerando-se o conjunto de informações de caráter físico, químico e biológico. As características desejáveis de uma água dependem de sua utilização. Para o consumo humano, há a necessidade de água potável, isto é, livre de matéria suspensa visível, cor, gosto e odor, de quaisquer organismos capazes de provocar enfermidades e de quaisquer substâncias orgânicas ou inorgânicas que possam produzir efeitos fisiológicos prejudiciais.

Neste estudo, a qualidade físico-química e bacteriológica da água proveniente das cisternas e barreiros das comunidades em estudo foi comparada com os valores máximos permitidos (VMP) pela Portaria do Ministério da Saúde (MS) nº 2914/2011, a qual estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

### 5.2.1 Caracterização física e química da água proveniente de cisternas

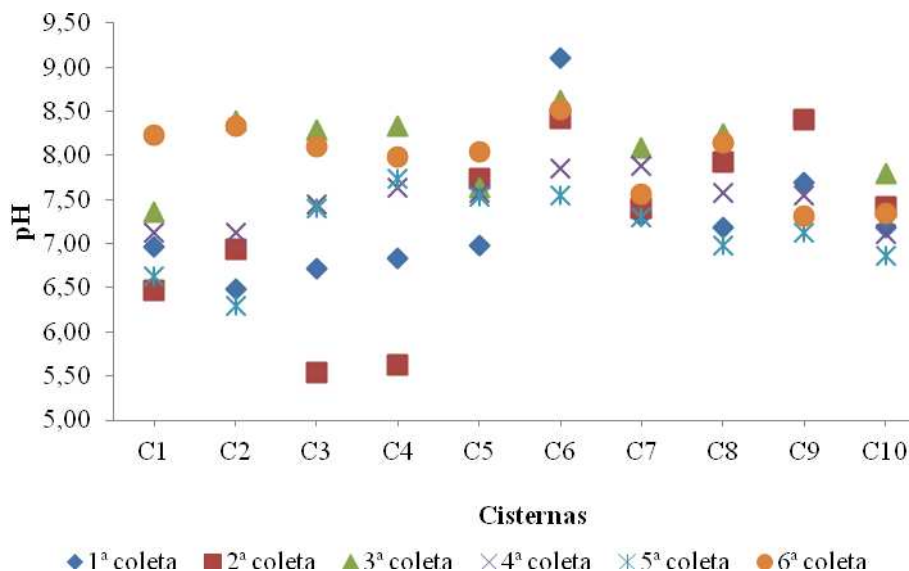
Os dados apresentados a seguir mostram os resultados relativos aos parâmetros físico-químicos determinados em amostras de água provenientes de cisternas utilizadas como fontes de abastecimento das comunidades Mata Velha e Minguiriba, Chapada do Araripe-CE.

#### Potencial hidrogeniônico (pH)

O potencial hidrogeniônico (pH) determina a concentração de íons  $H^+$  nas águas e representa a intensidade das condições ácidas ou alcalinas do ambiente aquático. Segundo Libânio (2005), o pH influi no grau de solubilidade de várias substâncias, na distribuição das formas livre e ionizada de diversos compostos químicos, definindo o potencial de toxicidade de vários elementos.

As variações dos valores de pH das amostras de água das cisternas analisadas neste estudo estão ilustradas na Figura 5.

**Figura 5** – Valores de pH determinados em amostras de água provenientes de cisternas das comunidades Mata Velha (C1 a C5) e Minguiriba (C6 a C10), localizadas na Chapada do Araripe/CE.



Na Figura 5 observa-se que os resultados de pH variaram de 5,5 a 9,1. Ao compará-los com os padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria do MS 2914/2011, que é de 6,0 a 9,5, verifica-se que as cisternas C3 (5,54) e C4 (5,63), apresentaram valores em

desacordo com a faixa estabelecida pela Portaria supracitada. Este fato pode ser atribuído ao abastecimento das cisternas apenas por água de chuva.

O pH natural da água de chuva é de aproximadamente 5,6 (BAIRD, 2002). Esse valor ocorre naturalmente por causa do equilíbrio com a concentração de gás carbônico na atmosfera, e é considerado como limite para a classificação de chuvas ácidas (CUNHA, 2009). De acordo com Tomaz (2003), geralmente o pH da água de chuva encontra-se na faixa de 4,5 a 5,8. Variações nos valores de pH de águas de chuva são função da eficiência da “limpeza atmosférica” pela água de chuva, assim como pelas condições geográficas dos ciclos de enxofre e nitrogênio ou emissões naturais de ácidos orgânicos (FORNARO, 2006).

Os valores de pH em amostras de água provenientes das cisternas estudadas apresentaram semelhanças com os observados em outras pesquisas. Xavier (2010) detectou valores de pH de 6,0 a 12,0 em cisternas rurais na cidade de Tuparetama, sertão de Pernambuco. Brito *et al.* (2005), ao estudarem a qualidade da água de 60 cisternas localizadas no município de Petrolina - PE, encontraram valor médio de pH de 7,7.

Estudos apontam fatores que podem contribuir para alterar os valores de pH de águas de cisternas, como a dissolução de materiais carreados pelo telhado em períodos chuvosos e as diferentes composições dos materiais do sistema de captação (JAQUES, 2005).

A água da chuva, que possui pH reduzido, ao entrar em contato com as paredes das cisternas dissolve seus constituintes, como cimento e cal, ocasionando o aumento do pH da água durante o armazenamento. Esta conclusão foi obtida por Tavares (2009), que ao analisar o pH da água de cisternas em municípios do estado da Paraíba, identificou que os valores encontrados para este parâmetro atendiam aos aspectos normativos, embora sempre maiores que 7,8.

Também Xavier (2010) considera que o pH da água armazenada em cisternas sofre influência de substâncias dissolvidas do revestimento da parede interna, principalmente do carbonato de cálcio, que eleva o pH da água armazenada tornando-a com características básicas.

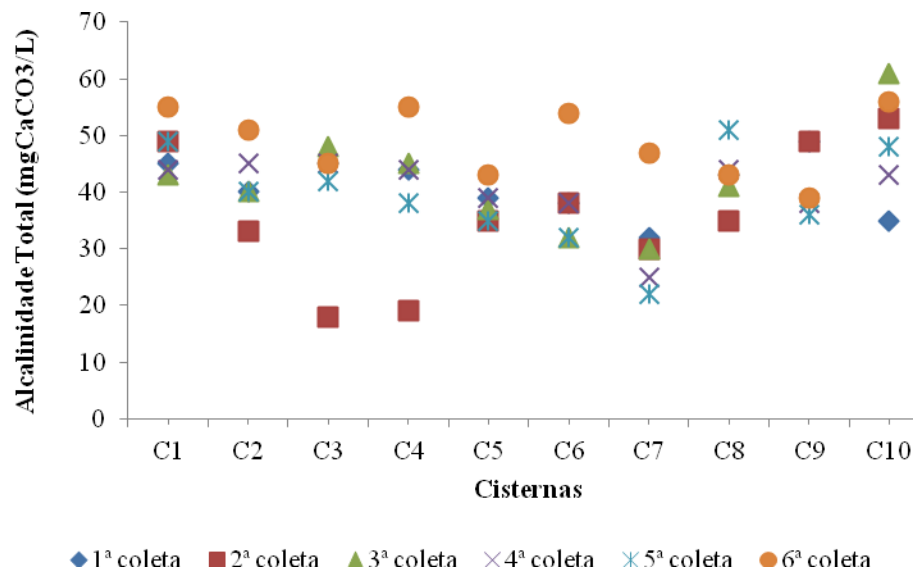
#### *Alcalinidade total*

A alcalinidade não é um parâmetro indicador de potabilidade. Porém, para esta pesquisa, tornou-se interessante avaliá-la, pois íons carbonatos e bicarbonatos podem ser liberados pelo cimento que reveste as paredes internas das cisternas, alterando a capacidade de tamponamento da água.

De acordo com Pivelli (2000), a alcalinidade provoca alteração no paladar e rejeição da água em concentrações inferiores às que eventualmente pudessem trazer prejuízos mais sérios.

A Figura 6 ilustra o comportamento dos valores de alcalinidade total em águas armazenadas nas cisternas estudadas.

**Figura 6** - Valores de alcalinidade total determinados em amostras de água provenientes de cisternas das comunidades Mata Velha (C1 a C5) e Minguiriba (C6 a C10), localizadas na Chapada do Araripe/CE.



A alcalinidade apresentou valores na faixa de 18,0 a 61,0 mgCaCO<sub>3</sub>/L, com média de 40,4 mgCaCO<sub>3</sub>/L (Figura 6). Na comunidade Mata Velha, a média dos valores foi de 39,4 mg/L. Na comunidade Minguiriba, a média foi de 41,4 mg/L, não expressando, assim, variações significativas entre as comunidades.

Observa-se que os menores valores de alcalinidade foram verificados nas cisternas C3 e C4. Estes valores são referentes a 2ª coleta, realizada no período de chuva; o que contribuiu para a redução do pH e da alcalinidade da água.

Xavier (2010), ao analisar os valores de alcalinidade do seu estudo, identificou que o fator condicionante para alterar as concentrações deste parâmetro foi a origem do abastecimento da água. Nas cisternas que receberam água de carros-pipa, a alcalinidade foi mais elevada, com valor médio de 107,0 mg/L. Ao receber contribuição de água de chuva, o valor médio foi reduzido para 57,0 mg/L. Nas cisternas abastecidas apenas com água de chuva, a média foi de 50,0 mg/L.



Tavares (2009) encontrou concentrações de alcalinidade que variaram de 25,5 a 147,5 mg/L. Ele observou que as maiores concentrações eram decorrentes do armazenamento de água em cisternas novas, e onde o abastecimento era realizado apenas por carros-pipa em períodos de estiagem. A redução deste parâmetro ocorreu quando as cisternas foram abastecidas apenas por água de chuva. Afirmou também que os íons responsáveis pela alcalinidade eram os bicarbonatos e carbonatos, presentes na constituição do cimento. Estes íons provavelmente foram disponibilizados para a água pela ação da água da chuva nas paredes internas da cisterna, que favorece o processo de dissolução.

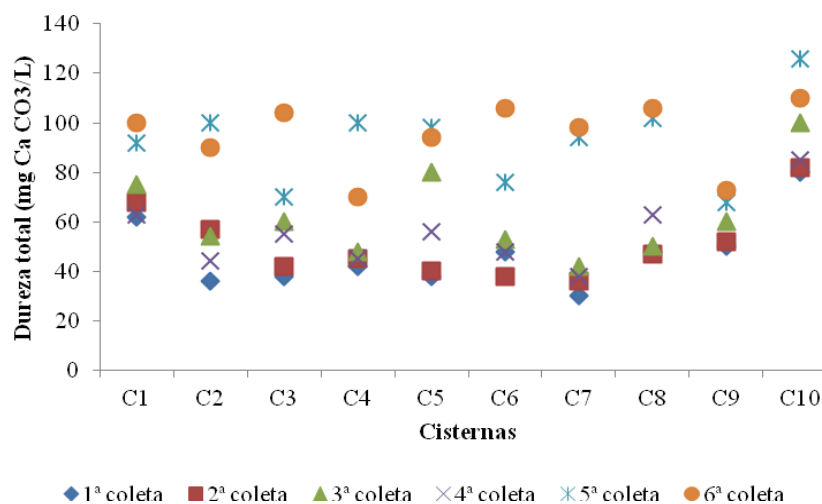
Silva (2006) também constatou que a alcalinidade apresentou maiores valores em estiagens devido a maior frequência de abastecimento por carros-pipa, e reduziu bruscamente com as chuvas.

### *Dureza total*

A dureza é geralmente definida como a soma de cátions polivalentes presentes na água e é expressa em termos de uma quantidade equivalente de  $\text{CaCO}_3$ . Os principais íons metálicos que conferem dureza à água são o cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) e o magnésio ( $\text{Mg}^{2+}$ ), quase sempre associados ao íon sulfato e, em menor grau, o íon ferro ( $\text{Fe}^{2+}$ , associado ao nitrato), o manganês ( $\text{Mn}^{2+}$ , associado ao nitrato) e o estrôncio ( $\text{Sr}^{2+}$ , associado ao cloreto) (DI BERNARDO *et al.*, 2011).

Os valores de dureza total obtidos nas águas das cisternas avaliadas neste estudo estão representados na Figura 7.

**Figura 7** – Valores de dureza total determinados em amostras de água provenientes de cisternas das comunidades Mata Velha (C1 a C5) e Minguiriba (C6 a C10), localizadas na Chapada do Araripe/CE.



Em relação aos dados encontrados, os valores de dureza variaram de 30,0 a 126,0 mgCaCO<sub>3</sub>/L, portanto inferiores ao valor máximo permitido para consumo humano, que é de 500,0 mgCaCO<sub>3</sub>/L (Portaria 2.914/2011). Na comunidade Mata Velha, a média dos valores foi de 65,03 mg/L e na Minguiriba foi de 68,99 mg/L, não apresentando, portanto, acentuadas variações.

Os maiores valores de dureza foram obtidos na 5<sup>a</sup> e 6<sup>a</sup> coletas, decorrentes de menores índices de eventos chuvosos, ocorrendo assim uma maior frequência de abastecimento por carros-pipa. Esta observação pode ser ratificada por Sousa (1999). Segundo este autor, como a dureza traduz, de certo modo, a mineralização da água, isto é, a quantidade de minerais nela dissolvidos, a água da chuva é, em geral, muito pouco mineralizada. Em zonas de florestas, em particular nos charcos criados em locais onde há uma grande quantidade de matéria vegetal em decomposição, a dureza da água é particularmente baixa e em geral ácida. Já em zonas calcárias é fortemente mineralizada, pois as rochas calcárias se dissolvem com relativa facilidade. Em zonas de savana, onde se verifica uma grande variação sazonal da quantidade de água presente nos charcos, há alturas em que a mineralização é elevada, após a evaporação da maior parte da água, deixando os sais dissolvidos para trás.

Xavier (2010) explica que, em sua pesquisa, os maiores valores de dureza foram obtidos nos meses em que as cisternas só eram abastecidas por carros-pipa. Porém, os valores médios (192,0 mgCaCO<sub>3</sub>/L) foram superiores aos obtidos nesta pesquisa (67,4 mgCaCO<sub>3</sub>/L). A mistura com água de chuva fez diminuir a dureza para 112,0 mgCaCO<sub>3</sub>/L, e as cisternas que tiveram abastecimento somente por água de chuva obtiveram valores inferiores a 76,0 mgCaCO<sub>3</sub>/L.

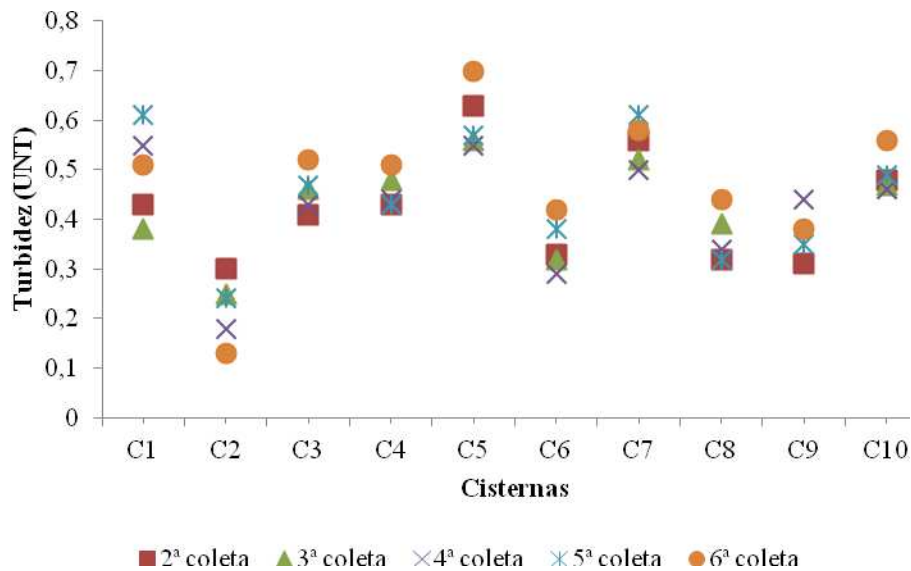
### *Turbidez*

Turbidez de uma amostra de água é o grau de atenuação de intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessá-la, devido à presença de sólidos em suspensão, tais como partículas inorgânicas (areia, silte, argila) e detritos orgânicos (como algas e bactérias, plâncton em geral, etc.) (PIVELI; KATO, 2005). É, portanto, a expressão de uma propriedade óptica e é indicada em termos de unidades de turbidez (NTU - Nephelometric Turbidity Unit).

A turbidez também é um parâmetro que indica a qualidade estética das águas para abastecimento público. O padrão de potabilidade (Portaria n° 2.914/2011) é de 5,0 UNT.

Na Figura 8 podem ser visualizados os dados de turbidez obtidos nas amostras de água coletadas nas cisternas das comunidades em estudo.

**Figura 8** - Valores de turbidez determinados em amostras de água provenientes de cisternas das comunidades Mata Velha (C1 a C5) e Minguiriba (C6 a C10), localizadas na Chapada do Araripe/CE.



Os valores de turbidez variaram de 0,13 a 0,70 UNT, sendo, portanto, compatíveis com o limite máximo permissível pela Portaria 2914/MS. Apesar de baixos, estes valores sugerem que materiais suspensos estão sendo carregados dos telhados e conduzidos para o interior das cisternas.

Os menores valores de turbidez foram obtidos na cisterna C2, já que seus usuários mantinham adequadas condições de higiene. É importante esclarecer que não foi possível a determinação dos dados na 1ª coleta devido a um problema técnico apresentado no equipamento.

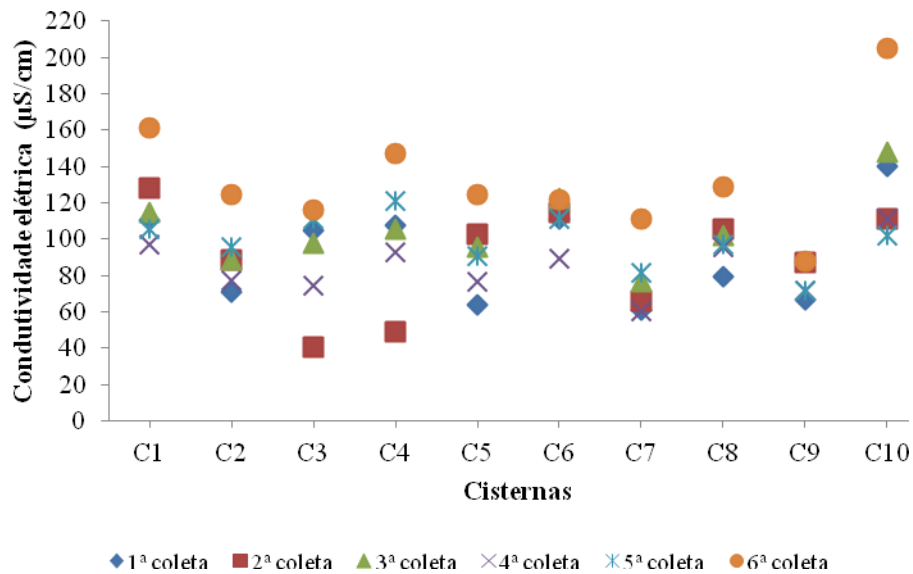
Kato (2006), ao monitorar a qualidade das águas de 20 cisternas no município de Poço Redondo, em Sergipe, detectou que 16 delas recebiam água transportada em carro pipa. Ele constatou que essas cisternas apresentaram valores de turbidez semelhante aos das cisternas que armazenavam somente água de chuva. As diferenças foram pequenas, com valor médio de 1,0 uT para água misturada e 0,8 uT para cisternas com água de chuva.

No entanto, Xavier (2010) encontrou resultados mais expressivos para turbidez de água misturada (água de chuva + água de carros-pipa) em cisternas, provavelmente porque as chuvas resuspendem os sedimentos acumulados no fundo das cisternas. Outro aspecto relatado pelo autor é o carregamento de partículas da área de captação, sugerindo, assim, a falta de cuidados com o desvio da primeira água.

### Conductividade elétrica

Outro indicador não referenciado pela Portaria do MS 2914/2011 é a condutividade elétrica (Figura 9), tendo importância para a pesquisa por caracterizar os íons na água que conduzem corrente elétrica, e indiretamente avaliar a consistência de outros resultados correlatos, como os sólidos totais dissolvidos (STD).

**Figura 9** – Valores de condutividade elétrica determinados em amostras de água provenientes de cisternas das comunidades Mata Velha (C1 a C5) e Minguiriba (C6 a C10), localizadas na Chapada do Araripe/CE.



As cisternas apresentaram valores de CE entre 40,5 a 205,0  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Os menores valores foram observados nas cisternas C3 e C4 no período referente a recarga por água de chuva depois de longo período de estiagem, que correspondeu a 2ª coleta. Já os valores mais elevados concentravam-se nos períodos em que ocorreu abastecimento tanto por carros-pipa como por água de chuva. Este fato é atribuído às águas fornecidas por carros-pipa serem provenientes de mananciais superficiais que, em decorrência de longos períodos de estiagem, associados às altas taxas de evaporação, possuem elevadas concentrações de sais e, em consequência, também elevados valores de condutividade elétrica. Para Ceballos (1998), flutuações acentuadas desta variável na água são bastante frequentes nos ecossistemas aquáticos no Nordeste.

Tavares (2009) encontrou valores situados entre 56,4 a 802,2  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Os maiores valores foram associados ao abastecimento ter sido realizado por água, proveniente de açudes, poços e barragens, transportada por carros-pipa, em períodos de estiagem. Schuring e

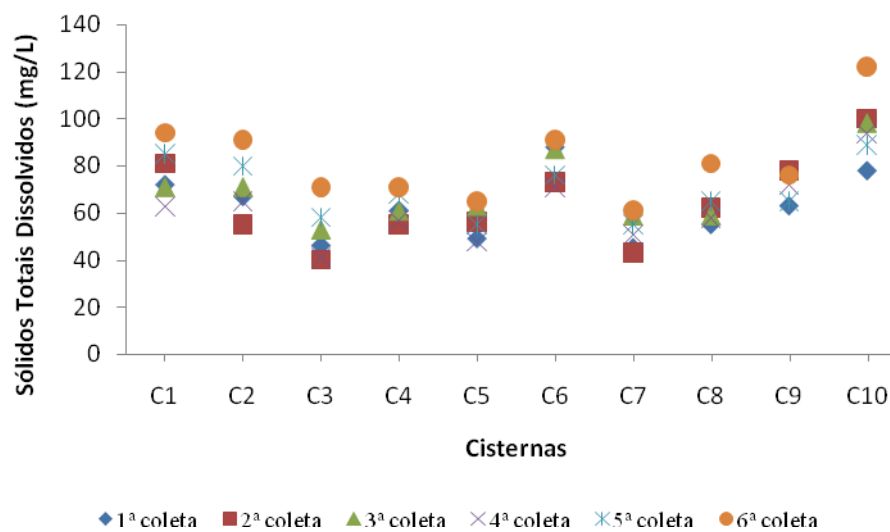
Schwientek (2005), ao estudar águas de cisternas em comunidades rurais do semiárido pernambucano, observaram valores entre 59  $\mu\text{S}/\text{cm}$  a 551  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Já Peters (2006), na cidade de Florianópolis, registrou valores entre 13,5 a 119,6  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

#### *Sólidos totais dissolvidos (STD)*

Os sólidos dissolvidos totais são constituídos por sais inorgânicos e pequenas quantidades de matéria orgânica na água. Os principais constituintes são cálcio, magnésio, sódio, potássio, carbonato, cloreto, sulfato e nitrato. Valores elevados de STD aumentam a solubilidade dos precipitados de alumínio e de ferro, e influenciam a cinética da coagulação (DI BERNARDO *et al.*, 2011).

Na Figura 10 constam as concentrações de sólidos totais dissolvidos (STD) obtidas nas amostras de água provenientes nas cisternas estudadas.

**Figura 10** - Valores de STD determinados em amostras de água provenientes de cisternas das comunidades Mata Velha (C1 a C5) e Minguiriba (C6 a C10), localizadas na Chapada do Araripe/CE.



Com relação as concentrações de STD, verificou-se que a variação foi de 40,0 a 122,0 mg/L (Figura 10), atendendo, portanto, ao aspecto normativo.

De acordo com Brito *et al.* (2006), os valores de STD variaram de 128,0 a 230,4 mg/L. Sua pesquisa foi realizada em cisternas abastecidas somente por água proveniente de carros-pipa, na comunidade de Atalho-PE. Xavier (2010) evidenciou que cisternas abastecidas por carros-pipa apresentaram valores mais elevados de STD, seguidas pelas cisternas com água misturada (água de chuva + carros-pipa) e cisternas abastecidas apenas com água de chuva.

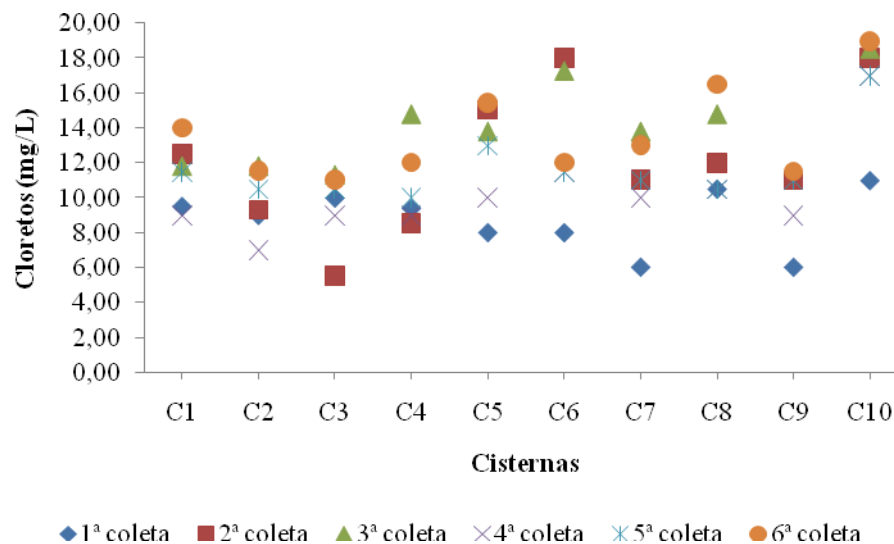
### Cloretos

As águas naturais, em maior ou menor grau, contêm íons cloretos resultantes da dissolução de minerais ou de sais, e da intrusão de águas salinas no continente (PEREIRA, 2004). Marques *et al* (2010) acrescentam que águas de chuvas que não sofrem influência do *spray* marinho, as concentrações de cloretos são baixas (< 5,0 mg/L), embora, durante a seca, as queimadas possam contribuir para a emissão de cloreto, que é liberado pelas cinzas na fumaça. Condesso de Melo *et al.* (2002), com base em dados de monitorização durante 5 anos, em Aveiro, também obteve concentrações de cloretos em águas de chuva próximas a 5,0 mg/L (5,29 mg/L).

Os cloretos em concentrações acima dos valores máximos permissíveis pela legislação conferem gosto salgado à água, impossibilitando o uso para os portadores de doenças renais e cardiovasculares (COSTA *et al.*, 2007).

A Figura 11 ilustra a variação das concentrações de cloretos obtidas nas águas das cisternas avaliadas.

**Figura 11** – Valores de cloretos determinados em amostras de água provenientes de cisternas das comunidades Mata Velha (C1 a C5) e Minguiriba (C6 a C10), localizadas na Chapada do Araripe/CE.



Nas cisternas em estudo, os valores de cloretos apresentaram média de 11,71 mg/L, mantendo-se inferior ao VPM de 250 mg/L estabelecido pela Portaria 2.914/2011. Dentre as comunidades do estudo, as concentrações de cloretos variaram entre 5,50 a 19,00 mg/L. Os valores de cloretos não apresentaram diferenças expressivas entre o abastecimento das cisternas por água de chuva e por carros-pipa.

A qualidade da água de 06 cisternas monitoradas nos municípios de Caruaru e Pesqueira, localizados em Recife, os teores de cloretos (18,98 mg/L) estiveram abaixo do limite estabelecido pela norma vigente (SOUZA *et al.*, 2011).

### *Formas de Nitrogênio*

Os compostos de nitrogênio estão entre os mais importantes gases que contribuem para a poluição do ar. A queima de combustíveis fósseis emite grandes quantidades de óxidos de nitrogênio ( $\text{NO} + \text{NO}_2$ ), formadores do smog-fotoquímico, produzindo nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) e nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), componentes da chuva ácida. Outro composto importante é a amônia, principal neutralizador da acidez atmosférica, removido pela fase úmida, formando íon amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) (SANTOS *et al.*, 2006).

Ressalta-se que a atmosfera é uma fonte importante de nitrogênio para águas naturais, devido a diversos mecanismos como: a biofixação desempenhada por bactérias e algas presentes nos corpos hídricos, que incorporam nitrogênio atmosférico em seus tecidos; e a fixação química, reação que depende da presença de luz, que contribui para a presença de amônia e nitratos nas águas. A chuva transporta tais substâncias, bem como as partículas contendo nitrogênio orgânico para os corpos hídricos (PIVELLI, 2000).

Estes compostos químicos são mais comuns nas águas dos barreiros, açudes e rios poluídos. Porém, como um número significativo de cisternas são abastecidas pelas populações rurais com águas provenientes destas fontes, é possível, também, encontrá-los nos reservatórios das cisternas (SILVA *et al.*, 2008).

O nitrogênio pode ser encontrado nas águas nas formas de nitrogênio orgânico, amoniacal, nitrito e nitrato. As duas primeiras chamam-se formas reduzidas e as duas últimas, formas oxidadas. Estas formas de nitrogênio podem estar associadas à idade da poluição, ou seja, se for coletada uma amostra de água de um rio poluído e as análises demonstrarem predominância das formas reduzidas significa que o foco de poluição se encontra próximo; se prevalecer nitrito e nitrato, ao contrário, significa que as descargas de esgotos se encontram distantes (PIVELLI, 2000).

O íon amônio ( $\text{NH}_4^+$ ), conhecido como amônia, ocorre em baixos teores em águas naturais, devido a degradação biológica de matéria orgânica. Concentrações mais elevadas pode ser indicação de contaminação por esgotos sanitários, industriais, ou afluxo de fertilizantes (PARRON *et al.*, 2011).

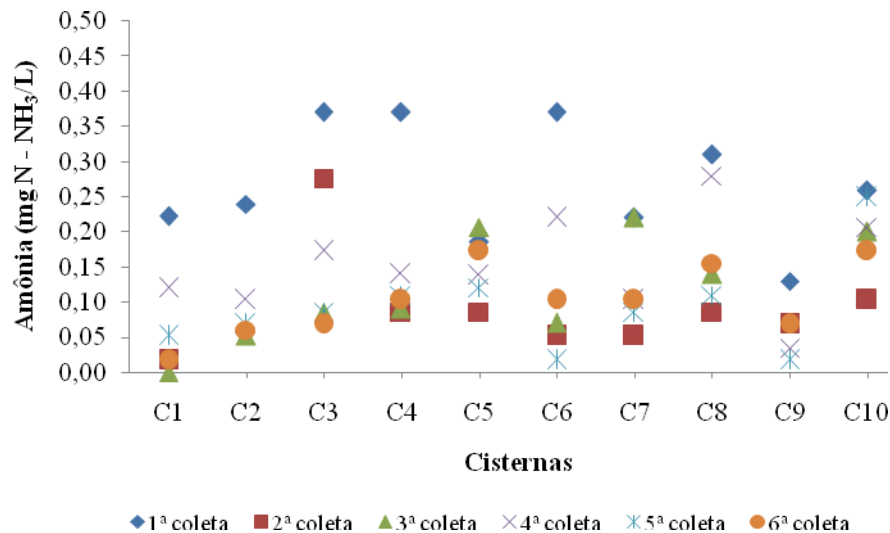
O nitrito é considerado um problema de saúde pública, pois concentrações elevadas podem causar doenças como a metahemoglobinemia ou Síndrome do Bebê Azul. Esta transforma hemoglobina em metahemoglobina, forma em que a molécula é incapaz de transportar oxigênio, provocando asfixia (AGUIAR, 1999).

O nitrato é uma substância química que em baixas concentrações se encontra de forma natural na água e no solo. Porém, essas concentrações podem ser alteradas devido ao uso intensivo de fertilizantes na agricultura e a coleta e disponibilização inadequada dos esgotos domésticos (ROSSI *et al.*, 2007).

A presença de nitrogênio na forma de nitratos corresponde a poluição remota, e menos perigosa, porque os organismos patogênicos de transmissão hídrica, prováveis participantes da degradação da matéria orgânica poluidora, praticamente são os de ordem intestinal e perecem em poucos dias, quando excretados para fora do seu habitat natural (AGUIAR, 1999).

As concentrações de amônia encontradas nas amostras de água das cisternas das comunidades Mata Velha e Minguiriba estão dispostas na Figura 12.

**Figura 12** – Valores de amônia determinados em amostras de água provenientes de cisternas das comunidades Mata Velha (C1 a C5) e Minguiriba (C6 a C10), localizadas na Chapada do Araripe/CE.



Os valores de amônia variaram de < 0,01 a 0,37 mg N – NH<sub>3</sub>/L (Figura 12), não excedendo, portanto, o VPM exigido pela Portaria 2.914/2011, que é de 1,5 mg N – NH<sub>3</sub>/L.

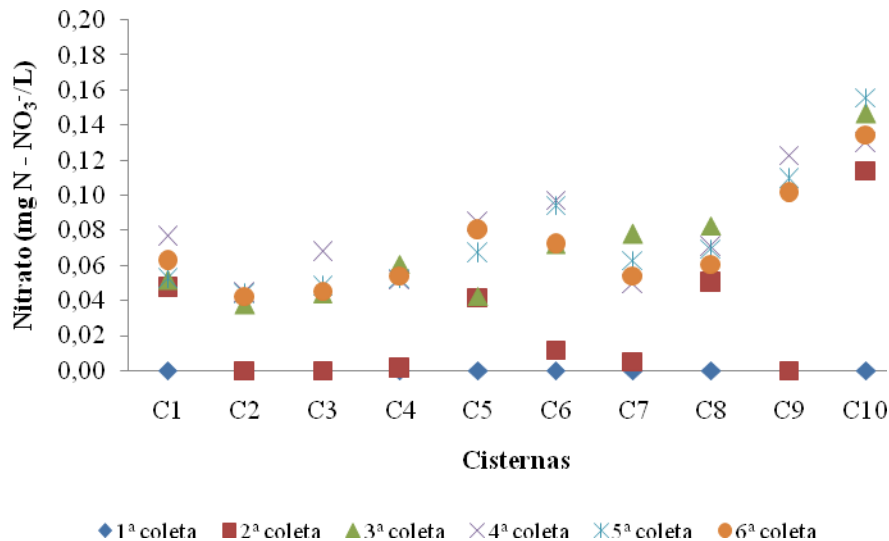


As comunidades Mata Velha e Minguiriba obtiveram média, respectivamente de 0,12 e 0,14 N – NH<sub>3</sub>/L. Nos diferentes períodos das coletas de água, os valores de amônia não apresentaram variações expressivas.

Com relação ao nitrito, verificou-se que as concentrações variaram de 0,00 a 0,78 mg N – NO<sub>2</sub><sup>-</sup>/L. Portanto, não representam riscos para os usuários, uma vez que a Portaria permite concentrações de até 1,00 mg N – NO<sub>2</sub><sup>-</sup>/L.

Os valores de nitrato encontrados nas amostras de água das cisternas estão apresentados na Figura 13.

**Figura 13** – Valores de nitrato determinados em amostras de água provenientes de cisternas das comunidades Mata Velha (C1 a C5) e Minguiriba (C6 a C10), localizadas na Chapada do Araripe/CE.



Ao se analisar os dados da Figura 13, verifica-se que as concentrações de nitrato variaram de < 0,01 a 0,16 mg N NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/L; atendendo, portanto, ao limite estabelecido pela Portaria 2.914/2011 do MS, que é de 10 mg N NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/L.

Os valores encontrados nesta pesquisa foram semelhantes aos registros por Anecchini (2005), que identificou que as concentrações de nitrato em águas armazenadas em cisternas do Espírito Santo não ultrapassaram valores de 0,21 mg N NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/L. Jaques, Ribeiro e Lapolli (2006) registraram concentrações de nitrato com valores médios de 0,50 mg N NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/L.

### Ferro Total

O ferro é o quarto elemento mais abundante da crosta terrestre, depois do oxigênio, silício e alumínio (SIENKO; PLANE, 1997).

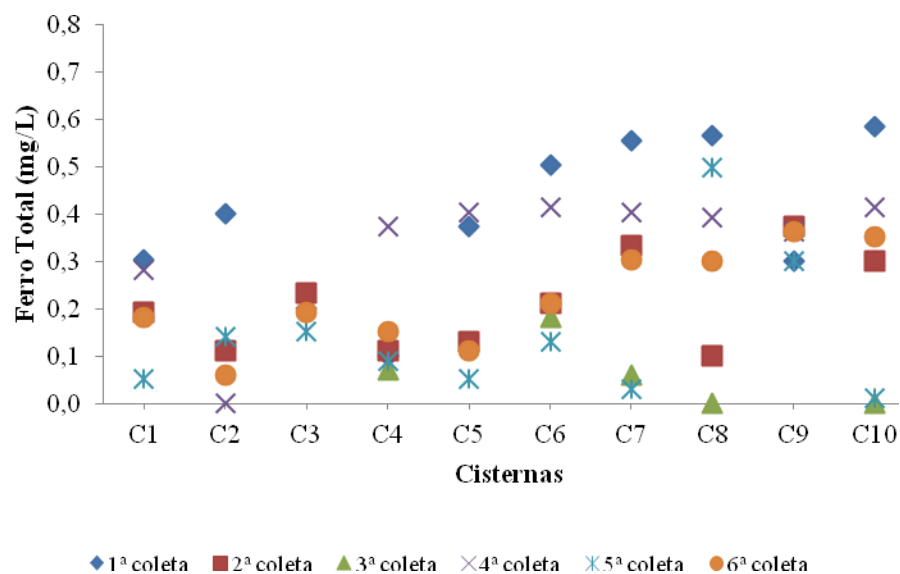
Segundo Fresenius *et al.* (1998), a maior parte do ferro na crosta terrestre está presente como  $Fe^{2+}$ , mas é rapidamente oxidado na superfície da Terra a  $Fe^{3+}$ , forma insolúvel na água.

O ferro e seus compostos são liberados para a atmosfera principalmente sob a forma de material particulado. É removido por sedimentação ou através da água das chuvas, sendo essa remoção relacionada com o tamanho das partículas e com as condições meteorológicas do local, como a velocidade dos ventos e a temperatura do ar.

De acordo com Querol *et al.* (1999), as principais fontes naturais de contaminação do ferro correspondem ao desgaste natural das rochas contendo minérios de ferro, meteoritos e o escoamento superficial do metal. Entre as fontes antropogênicas de origem urbana estão os efluentes de esgotos municipais e industriais e o escoamento superficial urbano. A utilização de fertilizantes na agricultura é outro fator relevante de contaminação ambiental de origem antropogênica (SHARMA *et al.*, 2000).

A Figura 14 ilustra as concentrações de Ferro total obtidas nas cisternas das comunidades Mata Velha (C1 a C5) e Minguiriba (C6 a C10), localizadas na Chapada do Araripe/CE.

**Figura 14** – Valores de Ferro total determinados em amostras de água provenientes de cisternas das comunidades Mata Velha (C1 a C5) e Minguiriba (C6 a C10), localizadas na Chapada do Araripe/CE.



As concentrações de Ferro variaram de  $< 0,01$  a  $0,6$  mg/L. Os valores que ultrapassaram a faixa recomendada pela Portaria ( $0,3$  mg/L) podem ser explicados pelo abastecimento das cisternas com água transportada por carros-pipa, captada em açudes localizados em áreas com geologia que favorece a elevados índices de ferro. Outro fator que pode contribuir para aumentar as concentrações de ferro na água é o precário estado de conservação da maioria dos carros-pipa que abastecem estas comunidades, detectado pela oxidação das superfícies internas do tanque de água.

O ferro, apesar de não ser tóxico, traz diversos problemas ao abastecimento público de água: confere cor e sabor à água, provoca manchas em roupas e utensílios sanitários e causa depósitos em canalizações de ferro-bactérias, que provocam a contaminação biológica da água (PIVELI, 2000). A legislação vigente para água destinada ao consumo humano preconiza uma concentração limite de  $0,3$  mg/L.

### *Metais pesados*

De acordo com Lima e Merçon (2011), o conceito de metal pesado ainda está em evolução, o que acarreta diversas incertezas em sua definição. As definições mais antigas baseiam-se em propriedades químicas como massa atômica, número atômico e massa específica. Entretanto, as conceituações mais recentes levam em consideração aspectos ambientais e toxicológicos. Nesse sentido, outros fatores importantes foram agregados a essa abordagem, tais como espécie química, biodisponibilidade, bioconcentração e amplificação biológica (BAIRD, 2011; MOREIRA & MOREIRA, 2004; VALLS & LORENZO, 2002).

Silva *et al.* (2005) ao analisar as concentrações dos metais pesados cádmio, chumbo, cromo, zinco e níquel em águas armazenadas em cisternas, evidenciou que se faz necessário a quantificação das concentrações destes metais, pois estes podem estar associados a constituição do cimento utilizado na construção da cisterna, na estrutura de captação ou em resíduos depositados na superfície de captação.

Neste trabalho foram considerados metais que possuem padrões de potabilidade para substâncias químicas que representam risco à saúde (cádmio, chumbo, manganês e níquel), estabelecidos pela Portaria 2.914/MS. É importante destacar que apesar dos efeitos tóxicos diferirem em relação às espécies de um metal, a legislação faz menção apenas à concentração total de cada metal, conforme determinado nesta pesquisa e apresentado nas Tabelas 5 e 6.

**Tabela 5** – Concentração de metais pesados em amostras de água armazenadas nas cisternas de placa da comunidade Mata Velha, localizada na Chapada do Araripe/CE.

Metais	Cisternas					VMP
	C1	C2	C3	C4	C5	
Cadmio (mg Cd/L)	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,005
Chumbo (mg Pb/L)	0,01	< 0,01	< 0,01	0,02	< 0,01	0,01
Cromo (mg Cr/L)	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,05
Manganês (mg Mn/L)	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,1
Níquel (mg Ni/L)	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,07

**Tabela 6** – Concentrações de metais pesados em amostras de água armazenadas nas cisternas de placa da comunidade Minguiriba, localizada na Chapada do Araripe/CE.

Metais	Cisternas					VMP
	C6	C7	C8	C9	C10	
Cadmio (mg Cd/L)	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,005
Chumbo (mg Pb/L)	0,04	0,03	0,02	0,01	0,02	0,01
Cromo (mg Cr/L)	0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,01	0,05
Manganês (mg Mn/L)	1,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,23	0,1
Níquel (mg Ni/L)	0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,07

De acordo com a análise das Tabelas 5 e 6, verifica-se que as amostras de água, coletadas nas cisternas da comunidade Mata Velha, apresentaram concentrações de metais pesados que atendem a legislação vigente; com exceção da amostra de água proveniente da cisterna C4, que apresentou 0,02 mg/L de chumbo, encontrando-se, portanto, em desacordo com o VMP da Portaria 2.914/2011. Nas amostras de água coletadas nas cisternas da comunidade Minguiriba, foram obtidas concentrações elevadas dos metais chumbo (cisternas C6, C7, C8 e C10) e manganês (cisternas C6 e C10).

Simons *et al.*(2000) ao analisar metais em águas de 125 cisternas, onde esta era a única forma de abastecimento de água, verificou que, das amostras analisadas, 14,4% apresentaram valores de chumbo em desacordo com as normas de qualidade de água vigente. Os problemas relacionados ao consumo de água com metais pesados podem ocorrer em longo prazo. O chumbo, por exemplo, possui capacidade acumulativa no organismo, podendo causar danos ao sistema nervoso central, sendo as crianças e os fetos de particular vulnerabilidade (WHO, 2004).

Muito embora o manganês não apresente inconvenientes à saúde nas concentrações normalmente encontradas em águas naturais, ele pode provocar problemas de ordem estética (manchas em roupas ou em vasos sanitários) ou prejudicar determinados usos industriais da água. Dessa forma, o padrão de potabilidade das águas determina valores máximos de 0,1 mg/L para o manganês (BRASIL, 2006).

A exposição prolongada ao manganês no ar ocasiona distúrbios emocionais e mentais, além de tornar os movimentos do corpo mais lento e descoordenado, doença chamada de manganismo. O uso de água potável contaminada com este metal pode desenvolver os sintomas do manganismo (COELHO; MENDES, 2007).

De acordo com Pedrotti e Fornaro (2009), a atmosfera é um compartimento de suma importância para o transporte de metais, sendo a deposição atmosférica considerada fonte significativa de metais tóxicos para os ecossistemas naturais, como o solo e as superfícies dos corpos d'água. Adicionalmente, as características físicas e químicas do aerossol, como tamanho da partícula, pressão de vapor e solubilidade em água, determinarão o processo pelo qual estas espécies serão removidas. Importante observar que o Pb e o Cd se apresentam, predominantemente, na fração fina, que corresponde ao material particulado. De acordo com Paoliello e Chasin (2001), as partículas pequenas podem ser transportadas a grandes distâncias das fontes de emissão.

As elevadas concentrações dos metais Pb e Mn, quando comparadas com o limite normativo, obtidas nas amostras de água provenientes das cisternas C4 (Pb = 0,02 mg/L), C6 (Pb = 0,04 mg/L; Mn = 1,01 mg/L), C7 (Pb = 0,03 mg/L), C8 (Pb = 0,02 mg/L) e C10 (Pb = 0,02 mg/L; Mn = 0,23 mg/L), podem ser atribuídas a deposição atmosférica úmida; que corresponde à absorção de poluentes gasosos e partículas por gotas de nuvem e consequente arraste durante a queda das gotas na forma de neblina, chuva ou neve (FORNARO, 2006). Ao serem arrastados pela chuva, os metais são conduzidos, por meio do sistema de captação (telhado, calhas e tubos), para o interior das cisternas.

Também deve-se considerar a contribuição por deposição seca (sedimentação gravitacional de gases e partículas na ausência de chuva), uma vez que, em períodos de estiagem, as cisternas são abastecidas por águas provenientes de açudes, sujeitos tanto a deposição úmida quanto a seca.

Outro fator que pode contribuir para o aumento da concentração de metais em águas de cisternas, como, por exemplo, de manganês, é o processo de corrosão de chapas de aço, aço carbono, dentre outras, utilizadas na construção dos tanques pipa. As ligas de aço são constituídas, dependendo de seu uso (adquirir resistência mecânica, resistência à fratura ou à fadiga, por exemplo), por diferentes elementos químicos, como C, Mn, Si, Cr, Al, P, S e Mo, em diferentes percentuais. No aço carbono, podem ser utilizados C, Fe, Mn, Si, S e P (ROMEIRO, 1997).

Estes resultados sugerem a necessidade de se selecionar os proprietários dos carros-pipa (pipeiros) com suas respectivas rotas e fontes hídricas, a fim de proporcionar abastecimento de água com qualidade e quantidade suficiente para garantir segurança alimentar e hídrica para as famílias da região.

Vale ressaltar que os resultados das concentrações de metais pesados apresentados nas Tabelas 5 e 6 não podem ser considerados conclusivos, pois foram obtidos a partir de apenas uma coleta de água. No entanto, servirão como indicativo da qualidade da água no tocante a presença e quantidade de metais pesados, além de servir como ponto de partida para estudos mais detalhados posteriormente.

### ***5.2.2 Caracterização física e química da água proveniente do Barreiro Grande***

No decorrer da pesquisa verificou-se que alguns usuários realizavam o tratamento da água do barreiro com a pedra ume, que tem como principal constituinte o alúmen de potássio ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot 24 \text{H}_2\text{O}$ ). Este sal contribui para a coagulação de impurezas que se encontram em suspensão e, principalmente, em estado coloidal na água, preparando-as para sua remoção nas etapas subsequentes do processo de tratamento, como a sedimentação (Di BERNARDO E DANTAS, 2005).

A coagulação, conforme ainda Di Bernardo e Dantas (2005) referem-se à desestabilização da dispersão coloidal em função da redução das forças de repulsão. Geralmente são utilizados os coagulantes sulfato de alumínio, cloreto férrico, polímeros sintéticos e vegetais.

Em estações de tratamento de água convencional, o sulfato de alumínio é o coagulante mais usado. Esta ampla utilização deve-se as seguintes vantagens: boa eficiência, fácil transporte e manejo, baixo custo e por ser produzido em várias regiões brasileiras. Porém apresenta a desvantagem de, em concentrações acima de 0,2 mg/L, poder causar riscos à saúde humana como distúrbios gastrintestinais, erupções na pele e úlceras (HUANG *et al.*, 2000; CLAYTON *et al.*, 1989 *apud* CARVALHO, 2008).

A Tabela 7 apresenta os resultados das características físicas e químicas de amostras de água bruta e tratadas com a pedra ume, provenientes do Barreiro Grande. Também são apresentados os resultados da eficiência da pedra ume na redução das concentrações de dureza, turbidez, cloretos, amônia, nitrito, nitrato, ferro, alumínio e manganês.

**Tabela 7** – Valores dos parâmetros físicos e químicos determinados em amostras de água bruta do Barreiro Grande e em amostras submetidas ao tratamento com a pedra ume, coletadas no período de nov/2011 a jun/2012, na comunidade Barreiro Grande, Chapada do Araripe/CE.

Parâmetro	Descritor estatístico						Eficiência de remoção (%)
	Água bruta			Água tratada			
	X	Min	Max	X	Min	Max	
pH	5,69	5,32	6,26	3,91	3,08	4,77	-
Alcalinidade (mgCaCO <sub>3</sub> /L)	3,00	1,00	4,00	-	-	-	-
Dureza (mgCaCO <sub>3</sub> /L)	73,33	70,00	84,00	26,20	10,00	44,00	64,27
CE (µS/cm)	18,92	10,52	25,00	26,20	21,00	38,00	-
Turbidez (UNT)	179,80	111,00	261,00	62,50	47,00	87,00	65,20
STD (mg/L)	26,00	27,00	76,00	46,00	27,00	76,00	-
Cloretos (mg/L)	31,53	20,02	43,04	11,51	3,00	38,04	63,50
Amônia (mg N – NH <sub>3</sub> /L)	2,05	1,09	2,67	0,57	0,48	0,67	72,20
Nitrito (mg N NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> /L)	0,78	0,35	1,42	0,02	0,01	0,04	97,40
Nitrato (mg N NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /L)	0,21	0,17	0,30	0,07	0,04	0,10	66,70
Ferro (mg Fe/L)	9,97	7,43	11,23	2,59	0,11	8,86	74,02
Alumínio (mg Al/L)	4,78	4,21	6,75	0,26	0,00	2,23	94,70
Manganês (mg Mn/L)	22,04	16,50	31,30	0,24	0,00	0,59	98,90

Ao se avaliar a concordância das médias dos valores dos parâmetros da Tabela 7 (exceto os de alcalinidade e de CE), obtidas nas amostras brutas, com os limites normativos, verifica-se que o pH, turbidez, amônia, ferro, alumínio e manganês estão em desacordo com a Portaria 2.914. Após tratamento com a pedra ume, apenas a média dos valores de amônia atenderam a norma vigente.

Nas amostras de água bruta, verificou-se que a média dos valores de pH foi de 5,69. Este fato pode estar associado à litologia do local, uma vez que processos de dissolução de minerais presentes em rochas conferem características ácidas à água. Ao serem submetidas ao tratamento com pedra ume, a média dos valores de pH foi reduzida para 3,91. Este comportamento é atribuído a protonação da água, resultante da hidrólise do sal de alumínio e potássio ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot 24 \text{H}_2\text{O}$ ).

Com relação a alcalinidade, as concentrações das amostras de água bruta variaram numa faixa bastante reduzida (1,0 a 4,0 mg  $\text{CaCO}_3/\text{L}$ ), a qual pode estar associada a processos oxidativos (como a nitrificação) que tendem a consumir alcalinidade. Durante os processos de nitrificação e nitratação, que são fases da nitrificação biológica, organismos autotróficos (bactérias do gênero *Nitrosomonas* e *Nitrobacter*) utilizam o anidrido carbônico ou o bicarbonato como fontes de carbono, resultando na redução da alcalinidade e do pH (BRASIL, 2006).

Os baixos valores de alcalinidade sugerem reduzida capacidade de tamponamento do meio, podendo ser susceptível a qualquer alteração de pH. De fato, após ser submetida ao tratamento com a pedra ume, toda a alcalinidade da água foi convertida em acidez, uma vez que valores de pH iguais a 4,5 correspondem ao limite de conversão de íons bicarbonatos a gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ).

Os elevados valores de turbidez (179,8 UTN) são atribuídos a elevadas concentrações de partículas sólidas suspensas, constituídas de partículas inorgânicas e de detritos orgânicos, levados ao corpo d'água pelo vento ou por escoamento superficial. Após a água ser submetida ao tratamento com a pedra ume, verificou-se que a média dos valores de turbidez foi reduzida para 62,50 UTN. Este resultado pode ser explicado pela composição de sulfato de alumínio e potássio que, por apresentar poder flocculante, auxilia na sedimentação de partículas suspensas.

Guedes *et al.* (2004), ao avaliar o coagulante sulfato de alumínio como redutor de turbidez de suspensões ricas em óxidos de ferro, verificou que, em todas as concentrações estudadas (10, 100 e 1000 mg/L), ocorreu um ligeiro aumento de turbidez para valores de pH superiores a cinco. Isto sugere que na faixa ácida de pH, na qual predominam espécies



positivas de alumínio, a redução de turbidez observada não se deve a interações de natureza eletrostática. A desestabilização da suspensão pode estar associada à adsorção por complexação de poliidroxocomplexos catiônicos sobre a superfície das partículas carregadas positivamente, uma vez que em valores de pH inferiores a 5 os poliidroxocomplexos catiônicos de alumínio constituem as espécies predominantes. Em valores de pH compreendidos entre 5 e 8 predominam a formação de hidróxido de alumínio e em valores superiores a 9 um enriquecimento do meio em hidroxocomplexos de Al (III) de carga negativa.

A média da concentração de cloretos nas amostras de água bruta foi igual a 31,53 mg/L. Após tratamento com a pedra ume, foi reduzida para 11,51 mg/L.

A condutividade elétrica e os sólidos são parâmetros que estão correlacionados, por medirem de forma indireta a presença de sais. Por essa razão, suas concentrações aumentaram após a água ser submetida ao tratamento com a pedra ume, uma vez que esta se constitui em um sal de alumínio e potássio.

Esnarriaga (2010) observou que em amostras de esgoto bruto tratados com sulfato de alumínio, os valores de condutividade foram mais elevados quando comparados com tratamento realizado com moringa. Isto decorre que houve um possível aumento de íons, como o sulfato durante sua adição na solução.

Observou-se, também, que na água bruta foram obtidas concentrações expressivas de amônia. Este resultado sugere contaminação recente por excretas de fezes e urina de animais. O uso da pedra ume ajudou na redução das concentrações de amônia, já que o processo de floculação permite agregar os íons em partículas maiores e assim ocorrer a sedimentação.

Os valores de nitrito variaram de 0,01 a 0,64 mg/L. Para nitrato, variou de 0,08 a 0,26 mg/L. Em relação ao tratamento com a pedra ume, as concentrações de nitrito e nitrato também reduziram seus valores.

As concentrações relevantes dos metais alumínio, ferro e manganês, devem-se, possivelmente, a litologia do local. As concentrações oscilaram entre 4,25 a 6,75 mg/L para o alumínio, 0,11 a 11,23 mg/L para o ferro e 16,5 a 26,88 mg/L para manganês. Após tratamento com a pedra ume, esses valores foram reduzidos para 2,59, 0,26 e 0,24 mg/L para ferro, alumínio e manganês, respectivamente.

Dados da literatura afirmam que os solos que compõe a Chapada do Araripe são representados pelas classes Latossol Amarelo e Latossol Vermelho-Amarelo. São solos muito profundos, bem drenados, de ótimas condições físicas, ocorrem em relevo plano e oferecem

facilidades de manejo e mecanização. Sua restrição fundamental recai na baixa fertilidade natural, acidez e na presença de alumínio tóxico, especialmente no setor oriental (CAVALCANTI; LOPES, 1994).

É importante lembrar que a utilização da pedra ume foi feita de forma bastante rudimentar pelos proprietários das cisternas avaliadas neste estudo, não tendo sido considerados os aspectos técnicos essenciais a esse tipo de processo como características da água, parâmetros operacionais e tipo e dosagem do coagulante.

De forma geral, a coagulação do material finamente dividido disperso em suspensões naturais é afetada por propriedades da água, tais como temperatura, alcalinidade, COT (carbono orgânico total) e pH, por parâmetros operacionais que afetam as condições hidrodinâmicas do meio e pela presença e natureza do agente coagulante e sua dosagem (GUEDES *et al.*, 2004).

Ante o exposto, é necessário que sejam realizadas pesquisas mais detalhadas visando-se entender qual o mecanismo de reação é responsável pela redução das concentrações das variáveis determinadas nesta pesquisa, após tratamento da água com a pedra ume. Associando-o as mudanças, por exemplo, na especiação do alumínio (poliidroxocomplexos catiônicos de alumínio, hidróxido de alumínio e hidroxocomplexos de Al(III) de carga negativa), na faixa de pH estabelecida no processo.

Outro aspecto importante refere-se ao conhecimento dos mecanismos de transporte, tais como o movimento Browniano, a força da gravidade ou a convecção forçada do fluido, responsáveis pela agregação, em flocos, das partículas desestabilizadas pela ação do coagulante.

Para se obter um indicativo da qualidade da água, quanto a presença de metais pesados, foram determinadas, em uma amostra de água, as concentrações dos metais Cd, Pb, Cr, Ni e Zn. Os resultados destas determinações estão na Tabela 8. Ressalta-se que estes resultados, por terem sido obtidos a partir de apenas uma coleta, servirão como ponto de partida para estudos posteriores.

**Tabela 8** – Concentrações de metais pesados obtidas em amostras de água bruta e tratada, coletadas no Barreiro Grande, localizado na Chapada do Araripe – CE.

Pontos amostrais do Barreiro	Metais				
	Cd (mg Cd/L)	Pb (mg Cd/L)	Cr (mg Cd/L)	Ni (mg Cd/L)	Zn (mg Cd/L)
Água bruta	<0,001	<0,01	0,01	<0,02	<0,1
Água tratada	<0,001	0,02	0,01	<0,02	<0,1
<b>Portaria 2914/ 2011 VMP</b>	<b>0,005</b>	<b>0,01</b>	<b>0,05</b>	<b>0,07</b>	<b>5,0</b>

De acordo com a Tabela 8 verifica-se que nas amostras de água bruta e tratada as concentrações dos metais Cd, Cr, Ni e Zn estão de acordo com os valores máximos permitidos pela Portaria do MS 2.914/2011. Apenas a concentração de Pb, na água tratada com a pedra ume, foi superior ao limite normativo.

Apesar destes resultados, a princípio, sugerirem que a pedra ume está contaminando a água tratada com Pb, uma vez que este metal pode fazer parte de sua composição, é necessário, para se obter resultados conclusivos, se realizar um cuidadoso programa de monitoramento das concentrações deste metal na água do barreiro, antes e após o tratamento com a pedra ume.

### **5.2.3 Qualidade sanitária de fontes alternativas de abastecimento de água**

A qualidade sanitária das fontes alternativas de abastecimento, cisternas e barreiro, foram avaliados através das concentrações de bactérias indicadoras de contaminação para água destinada ao consumo humano, são elas, Coliformes totais, Coliformes termotolerantes e *Escherichia coli*.

Os dados das Tabelas foram interpretados de acordo com a Portaria 2.914/11 do Ministério da Saúde, a qual permite, para soluções alternativas coletivas que abastecem menos de 20.000 habitantes, resultado positivo para C Total em apenas uma amostra, entre as amostras examinadas no mês. Para *E. coli*, o padrão é de ausência em 100 mL de amostra. É importante destacar que a referida Portaria não estabelece padrões microbiológicos para sistemas individuais de abastecimento, situação em que se encontram as cisternas consideradas neste estudo.

As Tabelas 9 e 10 apresentam uma síntese dos resultados (média geométrica - MG, valor mínimo - Min e valor máximo - Max) das análises realizadas nas águas provenientes das cisternas estudadas.

**Tabela 9** - Resultados das análises bacteriológica (em NMP/100mL) realizadas em amostras de água proveniente de cisternas da comunidade Mata Velha na Chapada do Araripe/CE.

<i>Descritor estatístico</i>		<i>C1</i>	<i>C2</i>	<i>C3</i>	<i>C4</i>	<i>C5</i>
C Totais	MG	1,60E+04	6,64E+01	4,02E+03	4,38E+02	5,49E+02
	Min	1,60E+04	3,30E+01	1,60E+03	1,70E+02	1,30E+02
	Max	1,60E+04	1,40E+02	1,60E+04	1,60E+03	1,60E+03
C Termo	MG	1,31E+03	5,14E+00	1,14E+02	9,62E+00	1,65E+01
	Min	1,10E+02	2,00E+00	8,00E+01	2,00E+00	2,00E+00
	Max	1,60E+04	8,00E+00	1,40E+02	1,70E+01	2,30E+01
<i>E. coli</i>	MG	3,30E+02	0,00E+00	2,95E+00	4,58E+00	3,83E+00
	Min	2,00E+01	0,00E+00	2,00E+00	2,00E+00	2,00E+00
	Max	1,60E+04	0,00E+00	7,00E+00	6,00E+00	7,00E+00

**Tabela 10** - Resultados das análises bacteriológica (em NMP/100mL) realizadas em amostras de água proveniente de cisternas da comunidade Minguiriba na Chapada do Araripe/CE.

<i>Descritor estatístico</i>		<i>C6</i>	<i>C7</i>	<i>C8</i>	<i>C9</i>	<i>C10</i>
C Totais	MG	2,17E+02	1,60E+04	1,32E+03	2,23E+03	1,85E+04
	Min	8,00E+01	1,60E+04	1,30E+02	8,00E+01	1,60E+04
	Max	1,60E+03	1,60E+03	1,60E+04	1,60E+04	3,30E+04
C Termo	MG	1,37E+01	9,68E+01	1,81E+01	1,32E+01	5,87E+01
	Min	2,00E+00	6,00E+01	1,40E+01	9,00E+00	9,00E+00
	Max	2,30E+01	1,30E+02	2,30E+01	1,70E+01	1,60E+03
<i>E. coli</i>	MG	1,02E+01	3,47E+01	6,04E+00	6,94E+00	2,52E+00
	Min	2,00E+00	2,00E+00	4,00E+00	6,00E+00	2,00E+00
	Max	1,30E+01	8,00E+01	9,00E+00	8,00E+00	4,00E+00

Legenda: C Totais – Coliformes totais; C Termo – Coliformes termotolerantes; *E. coli* – *Escherichia coli*

As Tabelas 9 e 10 mostram que todas as cisternas localizadas nas comunidades Mata Velha e Minguiriba apresentaram densidades de C Totais em desacordo com o padrão estabelecido pela Portaria 2.914. Com relação a densidade de *E. coli*, apenas a cisterna 2 (C2) atendeu completamente a referida portaria. Este resultado é atribuído aos cuidados com a higiene desta cisterna, uma vez que seus usuários afirmaram realizar processo de desinfecção e desprezar as águas das primeiras chuvas. Tais cuidados não eram tomados pelos usuários

das demais cisternas; por essa razão, suas amostras de água apresentaram padrão sanitário inadequado para o consumo humano. Nestas cisternas, não era adicionado cloro porque seus proprietários não gostavam do sabor da água tratada com cloro.

Em estudo realizado por Araújo *et al.* (2007), ao avaliarem a qualidade microbiológica em amostras de água armazenadas em cisternas, foram verificados elevados níveis de contaminação por coliformes totais e *Escherichia coli*, os quais foram associados à falta de cuidados adequados para a higienização e manejo das cisternas.

Bezerra *et al.* (2010) relatam que a cloração é um método de fácil aplicação e eficácia na prevenção de doenças de transmissão hídrica. Contudo, pode originar a contaminação por trihalometanos (THMs), que são subprodutos cancerígenos, resultantes da reação química do cloro com substâncias orgânicas, como restos de folhas, restos de animais mortos e matéria fecal. Assim, é importante realizar-se um tratamento prévio a cloração, como, por exemplo, a filtração, a fim de reduzir a matéria orgânica na água e, conseqüentemente, os trihalometanos, após a desinfecção.

Outro aspecto a ser considerado é que, em períodos intensos de estiagem, as cisternas não suprem a demanda de água necessária para atender as diversas necessidades das famílias constituídas por mais de 5 membros. Para atenuar esta situação, as cisternas são abastecidas, na maioria das vezes, por carros-pipa. Porém, deve-se ressaltar que além da origem da água transportada por carros-pipa ser de origem desconhecida, as condições higiênico-sanitárias destes carros são precárias. Estes fatores podem, conjuntamente, se constituir em importantes fontes de contaminação; e comprometer a saúde das comunidades usuárias destas cisternas.

Ante o exposto, constata-se a necessidade de se implementar barreiras sanitárias para garantir que a qualidade da água destas cisternas esteja adequada para o consumo humano.

Cavalcanti *et al.* (2005) ao realizar um levantamento dos meios utilizados para o transporte e armazenamento de água, em alguns municípios do semiárido do Nordeste, em período de seca, observou um carro-pipa coletando água em uma lagoa de estabilização (do Projeto Maria Tereza) para distribuição em comunidades no interior do município de Petrolina-PE. A origem desta água pode causar graves problemas de saúde às populações que consomem esta água.

A Tabela 11 apresenta uma síntese dos resultados estatísticos (Min: valor mínimo, Max: valor máximo, MG: média geométrica e  $\sigma$ : desvio padrão) das análises bacteriológicas realizadas nas amostras de água bruta e tratada, do barreiro em estudo.

**Tabela 11** - Resultados das análises bacteriológicas (em NMP) em amostras de água provenientes do Barreiro Grande, localizado na Chapada do Araripe – CE.

<i>Descritor estatístico</i>	<i>C Totais</i> (NMP/ 100 mL)	<i>C Termo</i> (NMP/ 100 mL)	<i>E coli</i> (NMP/ 100 mL)
<b>B<sub>R</sub>-AB</b>			
Min	1,6E+04	1,10E+02	2,0E+01
Max	1,6E+04	1,60E+04	1,6E+04
MG	1,6E+04	8,24E+02	3,3E+02
$\sigma$	0,0E+00	6,90E+03	7,03E+03
<b>B<sub>R</sub>-AT</b>			
Min	1,70E+01	8,00E+00	2,00E+00
Max	5,00E+01	1,70E+01	1,70E+01
MG	2,64E+01	1,11E+01	6,37E+00
$\sigma$	1,29E+01	3,9E+00	5,97E+00
<b>Redução (%)</b>	<b>99,835</b>	<b>98,6529</b>	<b>98,0697</b>

A água do barreiro é utilizada quando não há alternativa de abastecimento, com usos para tarefas domésticas, higienização corporal, beber e cozinhar, substituindo assim a água da cisterna. Nas amostras do B<sub>R</sub>-AB foram constatados os mais elevados níveis de densidade de coliformes. O tratamento com a pedra hume reduziu a densidade bacteriana observada na água bruta com remoções de 2,778; 1,8705 e 1,7143 unidades de Log<sub>10</sub>, para CT, CTMT e EC, respectivamente. O efeito do tratamento é semelhante ao que ocorre na turbidez, de maneira que a sedimentação de partículas suspensas promove também redução do conteúdo microbiano.

Mendonça (2001) também avaliou a água proveniente do Barreiro Grande, quando realizou um diagnóstico das condições sanitárias da água utilizada como fonte de abastecimento da Chapada do Araripe-CE. Ele verificou que a água do Barreiro Grande apresentava elevadas densidades de *Escherichia coli*, portanto relata a necessidade de atenção e cuidado desta forma de abastecimento, já que não são tomadas medidas de proteção para evitar o acesso de animais e pessoas que deixam dejetos, contribuindo para a baixa condição sanitária das suas águas.

### 5.2.4 Análise da composição iônica em fontes alternativas de abastecimento humano na Chapada do Araripe, CE

A Tabela 12 dispõe dos dados referentes à estatística descritiva relacionada às concentrações das espécies iônicas  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$  e  $\text{NO}_3^-$ , obtidas em amostras de água provenientes de cisternas localizadas nas comunidades Mata Velha e Minguiriba, na Chapada do Araripe - CE.

**Tabela 12** - Resultados das concentrações de espécies iônicas, obtidas em amostras de água provenientes de cisternas localizadas nas comunidades Mata Velha e Minguiriba, Chapada do Araripe - CE.

Descritor estatístico	Cátions				Ânions		
	$\text{Na}^+$ (mg/L)	$\text{K}^+$ (mg/L)	$\text{Ca}^{2+}$ (mgCaCO <sub>3</sub> /L)	$\text{Mg}^{2+}$ (mg/L)	$\text{Cl}^-$ (mg/L)	$\text{HCO}_3^-$ (mgCaCO <sub>3</sub> /L)	$\text{NO}_3^-$ (mg/L)
<b>C1</b>							
X	2,10	1,51	20,50	2,32	8,63	60,00	0,05
Min	0,82	0,34	17,60	1,71	8,00	49,00	0,01
Max	3,15	2,21	22,80	3,41	10,00	69,00	0,07
<b>C2</b>							
X	1,36	0,79	19,1	2,32	16,00	41,75	0,04
Min	0,75	0,34	13,6	1,23	14,00	38,00	0,00
Max	2,21	1,51	22,8	3,17	18,00	45,00	0,09
<b>C3</b>							
X	1,99	0,97	24,50	1,41	22,25	39,00	0,03
Min	0,88	0,34	20,80	-2,65	18,00	35,00	0,00
Max	3,61	1,59	27,60	3,17	27,00	42,00	0,05
<b>C4</b>							
X	1,40	0,81	22,90	2,14	18,75	42,75	0,07
Min	0,36	0,34	17,60	0,00	11,01	38,00	0,03
Max	2,86	1,59	30,80	3,66	25,00	45,00	0,09
<b>C5</b>							
X	2,99	3,16	20,50	0,93	15,38	37,25	0,02
Min	1,29	0,96	18,80	0,00	13,50	35,00	0,00
Max	5,00	5,98	21,20	2,44	18,00	39,00	0,05
<b>C6</b>							
X	3,84	5,66	14,60	3,11	15,50	36,50	0,04
Min	0,82	0,96	11,60	1,71	13,00	32,00	0,02
Max	9,19	17,23	17,20	3,90	18,00	39,00	0,05
<b>C7</b>							
X	2,68	1,38	13,63	2,50	16,00	24,67	0,02
Min	2,23	1,28	10,00	1,71	14,00	22,00	0,00
Max	3,14	1,59	16,50	3,41	18,00	27,00	0,05
<b>C8</b>							
X	1,98	1,42	29,55	0,48	24,25	40,25	0,05
Min	0,35	0,28	26,80	0,00	21,00	38,00	0,01
Max	3,14	2,84	31,00	2,69	27,00	43,00	0,07
<b>C9</b>							
X	2,59	5,64	21,60	0,19	15,00	36,50	0,03
Min	0,00	0,00	18,40	0,00	11,01	33,00	0,00
Max	3,61	9,10	26,00	0,74	18,00	39,00	0,06

Continua.

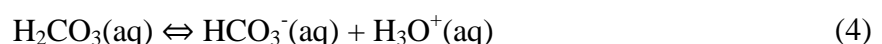
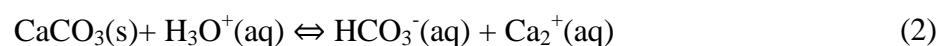
<i>Descritor estatístico</i>	<i>Cátions</i>				<i>Ânions</i>		
	<i>Na<sup>+</sup></i> (mg/L)	<i>K<sup>+</sup></i> (mg/L)	<i>Ca<sup>2+</sup></i> (mgCaCO <sub>3</sub> /L)	<i>Mg<sup>2+</sup></i> (mg/L)	<i>Cl<sup>-</sup></i> (mg/L)	<i>HCO<sub>3</sub><sup>-</sup></i> (mgCaCO <sub>3</sub> /L)	<i>NO<sub>3</sub><sup>-</sup></i> (mg/L)
<b>C10</b>							
X	0,24	0,50	32,50	1,36	19,63	55,25	0,05
Min	0,00	0,00	29,60	0,00	17,00	48,00	0,02
Max	0,82	1,59	36,40	2,21	21,00	59,00	0,07
<b>ΣX</b>	<b>2,12</b>	<b>2,18</b>	<b>21,94</b>	<b>1,68</b>	<b>16,84</b>	<b>41,39</b>	<b>0,04</b>

De acordo com a Tabela 12, a composição média das espécies catiônicas, determinadas nas cisternas apresentou a seguinte ordem decrescente: Ca<sup>2+</sup> (21,94 mg/L) > K<sup>+</sup> (2,18 mg/L) > Na<sup>+</sup> (2,12 mg/L) > Mg<sup>2+</sup> (1,68 mg/L).

O cálcio foi a forma catiônica mais prevalente, considerada de origem predominantemente continental/antropogênia.

De acordo com Silva (2002), os resultados do antropismo para o meio aquoso podem ter diversas fontes. Os íons Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup> e Cl<sup>-</sup>, quando em excesso, são eliminados pelo metabolismo humano (dejetos orgânicos) e servem como bons indicativos de poluição de origem orgânica. O Ca<sup>2+</sup> pode ser proveniente de materiais de construção, corretivos agrícolas, restos alimentares entre outros.

Quanto a composição das espécies aniônicas, foi obtida a sequência a seguir: HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> (41,39 mgCaCO<sub>3</sub>/L) > Cl<sup>-</sup> (16,84 mg/L) > NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (0,04 mg/l). Destes resultados, verifica-se que, dos ânions analisados, o bicarbonato foi o mais abundante. Sua origem está associada ao processo de dissolução de rochas carbonatadas (Eq. 2) e dissolução de CO<sub>2</sub> na água, proveniente da atmosférica, da decomposição da matéria orgânica e da taxa respiratória de microrganismos. A dissolução de CO<sub>2</sub> na água produz ácido carbônico (Eq. 3), que tende a se dissociar em H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> e HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> (Eq. 4) (MARMOS, 2007).



Os resultados das concentrações iônicas da água bruta e tratada (com a pedra hume) do Barreiro Grande, encontram-se na Tabela 13.



**Tabela 13** - Resultados das concentrações de íons, cátions e ânions, em amostras de água bruta e tratada (com pedra ume), provenientes do Barreiro Grande, Chapada do Araripe – CE.

<i>Descritor estatístico</i>	<i>Cátions</i>				<i>Ânions</i>		
	<i>Na<sup>+</sup></i> (mg/L)	<i>K<sup>+</sup></i> (mg/L)	<i>Ca<sup>2+</sup></i> (mgCaCO <sub>3</sub> /L)	<i>Mg<sup>2+</sup></i> (mg/L)	<i>Cl<sup>-</sup></i> (mg/L)	<i>HCO<sub>3</sub><sup>-</sup></i> (mgCaCO <sub>3</sub> /L)	<i>NO<sub>3</sub><sup>-</sup></i> (mg/L)
B <sub>R</sub> -AB							
X	0,37	0,42	6,65	4,11	19,00	3,25	0,24
Min	0,00	0,00	3,60	0,49	16,00	1,00	0,2
Max	0,82	0,96	12,8	7,54	22,00	5,00	0,27
B <sub>R</sub> -AT							
X	0,08	0,65	1,41	2,06	7,60	0,00	0,13
Min	0,00	0,33	1,22	0,46	0,30	0,00	0,08
Max	0,36	1,59	1,60	2,82	11,00	0,00	0,20

Na análise dos cátions, o cálcio, com média de 6,65 mgCaCO<sub>3</sub>/L, e o magnésio, com 4,11 mg/L tiveram incidência maior na água bruta do barreiro. Após tratamento com a pedra ume, estas médias foram reduzidas para 1,41 mg/L e 2,06 mg/L, respectivamente. Comportamento semelhante ocorreu com as demais espécies iônicas, exceto para o potássio. Após tratamento da água com a pedra ume, a concentração de K<sup>+</sup> aumentou na água; o que já era esperado, uma vez que este íon faz parte da composição da pedra ume.

Com relação aos ânions, a predominância foi do íon cloreto, com média de 19,00 mg/L. A presença desse íon está associada a lixiviação dos solos com os quais as águas tem contato. No caso específico do barreiro em estudo, animais como bois, porcos e cachorros, que utilizam a água do barreiro para dessedentação, deixam suas excretas; que são carregadas para o barreiro e, assim, contribuem para o aporte de cloretos nas águas.

Deve-se considerar, também, que na região em estudo, a evaporação é maior do que a precipitação. Em consequência, ocorre o aumento da concentração de sais em períodos de estiagem.

Ao se fazer um comparativo entre as concentrações iônicas da água bruta e da água tratada, verifica-se que o HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> foi a espécie iônica que apresentou maior percentual de redução (100%). Esse comportamento é semelhante ao observado com a alcalinidade da água bruta (Tabela 7). De fato, este comportamento já era esperado, uma vez que para a faixa de pH da água bruta (5,32 a 6,26), Tabela 7, a alcalinidade é devida exclusivamente a presença de bicarbonatos.

Ao serem tratadas com a pedra ume, as amostras de água foram protonadas e o pH foi reduzido para o valor médio de 3,91; valor inferior ao limite de conversão de bicarbonatos em gás carbônico (pH igual a 4,5).

### **5.3 Avaliação quantitativa do fornecimento de água por cisternas de placa**

#### ***5.3.1 Distribuição da pluviometria nas comunidades Mata Velha e Minguiriba, localizadas na Chapada do Araripe – CE***

A chuva é o tipo de precipitação mais importante para a hidrologia por sua capacidade de produzir escoamento, e sua disponibilidade em uma bacia durante o ano é o fator determinante para quantificar, entre outros, a necessidade de abastecimento de água para uso doméstico e de irrigação (BERTONI; TUCCI, 2004).

No que se refere ao Nordeste Brasileiro, verifica-se ao longo do ano um período curto de 3 a 4 meses com precipitações pluviométricas e um período longo, geralmente chamado de estiagem, sem a ocorrência de eventos significativos de precipitação. A demanda de evaporação é elevada nessa região durante todo ano, caracterizando um clima semiárido. Por esse motivo, é uma região muito carente em relação à distribuição de água (SOUZA, 2011).

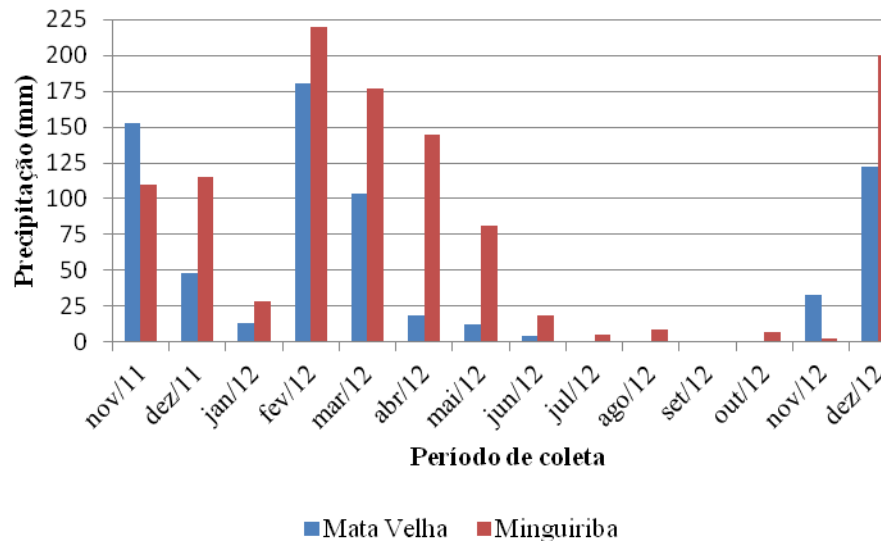
Nas comunidades localizadas na Chapada do Araripe Cearense, a água de chuva constitui um recurso hídrico primário, quando se considera a falta de atendimento por sistemas de abastecimento de água, prevalecendo somente às fontes alternativas, cisternas e barreiros, para atender as comunidades quanto ao fornecimento de água para consumo.

De acordo com as proposições de Cavalcanti e Lopes (1994), no Plano de Manejo da Chapada do Araripe, na área em estudo, o setor oriental apresenta condições climáticas mais úmidas e os solos são mais argilosos e mais álicos (com maior saturação de alumínio), ao contrário do que ocorre no setor ocidental, onde os solos são menos argilosos (geralmente textura média) e menos álicos, e o clima é mais seco.

Na pluviometria da Chapada há influência convectiva tanto do norte como do sul do Nordeste, favorecendo o aparecimento de dois picos anuais de precipitação. Durante os meses de março a junho ocorre a estação chuvosa principal que coincide com o posicionamento mais ao sul da Zona de Convergência Inter-Tropical. Uma pré-estação, período chuvoso compreendido de novembro a janeiro, é associada aos vórtices ciclônicos de altos níveis e às incursões de sistemas frontais oriundos das médias e altas altitudes na direção equatorial, além de convecções isoladas, devido principalmente a ocorrências de chuvas orográficas (STUDART, 1991).

A Figura 15 ilustra as variações mensais de pluviometria nas comunidades localizadas na Chapada do Araripe, CE.

**Figura 15** – Distribuição mensal dos valores de precipitação nas comunidades Mata Velha e Minguiriba localizadas na Chapada do Araripe-CE.



De acordo com os dados de chuvas acumuladas mensalmente nas comunidades Mata Velha e Minguiriba, observa-se uma variação espacial das chuvas durante o ano (Figura 15). O posto Minguiriba, monitorado pelo IBAMA, apresentou em todos os meses chuvosos, com exceção de nov/2011 e nov/2012, precipitações superiores ao do posto Mata Velha, localizado próximo às comunidades em estudo. Este comportamento é atribuído ao fato do posto Minguiriba encontrar-se mais próximo da encosta da Chapada, onde as precipitações são mais elevadas devido o efeito orográfico. As precipitações mensalmente variaram de 0,00 a 180,49 mm para comunidade Mata Velha, e para comunidade Minguiriba variou de 0,00 a 219,86mm. Portanto, a somatória do total de chuva acumulado no período estudado foi de 892,96 mm para o posto Minguiriba e de 487,31 mm para Mata Velha.

Ao analisar as condições climáticas do setor oriental verificou-se que nesta área há uma maior precipitação pluviométrica. Conforme dados colhidos na fazenda Ferreira Lopes nos anos 1984 a 1993, registra-se um total anual médio de 1.368,5 mm, concentrados 80% nos meses de dezembro a abril, com pico em março (CAVALCANTI; LOPES, 1994).

Jalfim e Baptista (2003), ao analisar o cenário da região semiárida retratou uma característica desta região que é a irregularidade das precipitações. A estação de chuva, o "inverno", é bastante curta: de quatro a sete meses. Já a estação seca, o "verão", dura de cinco

a oito meses. Além disso, a região convive com grandes diferenças locais: dentro do mesmo município, pode chover normalmente numa comunidade e não chover na vizinha.

Costa *et al.* (1998) corroboram constatando através de estudos realizados com as médias encontradas de precipitação na região em estudo, relatando então que:

A região norte-oriental [da chapada do Araripe], correspondente ao Cariri cearense, é marcada por precipitações mais acentuadas do que a região sul-ocidental, de Araripina a Ouricuri, em Pernambuco. Com efeito, os postos pluviométricos de Barbalha, Crato, Juazeiro do Norte e Missão Velha, alguns deles com período de observação de até 74 anos, acusaram uma precipitação média anual, da ordem de 1.033 mm. (...) Quanto à distribuição da precipitação durante o ano, a estação de Barbalha aponta o mês de março com média de 234 mm, como o máximo mensal, enquanto o mês de outubro, com apenas 2,5 mm, como o menor índice de precipitação mensal.

### ***5.3.2 Avaliação do consumo de água fornecida por cisternas de placa***

O Programa Um Milhão de Cisternas, traz em seus preceitos, que o volume é suficiente para abastecer uma família de até cinco pessoas, durante o período da seca, com um consumo diário de 14 litros/pessoa. Para o reservatório obter abastecimento adequado de 16 mil litros é necessário 500 mm de chuva em uma área de captação mínima de 40m<sup>2</sup> (PASSADOR; PASSADOR, 2010).

Na área de estudo, as comunidades são abastecidas somente por fontes alternativas, cisternas e barreiros, que visam proporcionar a convivência do homem nesta região. Porém, para que isso seja possível, é necessário que a precipitação pluviométrica seja suficiente para fornecer água em quantidade compatível com as necessidades diárias da população, tanto nos períodos chuvoso quanto seco.

Para estimar a quantidade de água utilizada pela população, é necessário conhecer o consumo médio diário de água de um indivíduo, comumente denominado de Quota “per capita” ou consumo “per capita”.

A definição de uma cota per capita mínima de água, de acordo com Matos (2007), depende não apenas das necessidades fisiológicas das pessoas, mas de uma análise mais ampla de aspectos antropológicos relacionados ao uso da água. Além das variáveis climáticas e estruturais existem os hábitos, a cultura local, as questões religiosas, como a lavagem das mãos e pés antes das orações, o número ideal de banhos por dia e sua duração, o volume de água mínimo para o preparo de alimentos, o volume suficiente para manter a salubridade da residência e vários outros fatores que dificultam a obtenção deste valor mínimo. Diante da

minuciosidade destes aspectos, que são relevantes para realizar a medição da cota mínima de água, encontraram-se dificuldades de disponibilidade de tempo com as comunidades em estudo para realizar as medições em campo.

As Tabelas 14 e 15 dispõem dos dados de consumo per capita de água nas comunidades Mata Velha e Minguiriba, localizadas na Chapada do Araripe Cearense, durante os meses de setembro de 2012 (estação seca) e janeiro de 2013 (estação chuvosa).

É importante ressaltar que no mês de setembro, devido à ausência de eventos chuvosos, as cisternas foram abastecidas apenas por carros-pipa. Durante o período chuvoso, o abastecimento das cisternas era realizado por água de chuva e carros-pipa.

**Tabela 14** – Consumo per capita de água dos residentes da comunidade Mata Velha, localizada na Chapada do Araripe/CE, durante as estações seca (setembro/2012) e chuvosa (janeiro/2013).

<b>Consumo per capita de água (L/hab.dia)</b>		
<b>Estatística Descritiva</b>	<b>Estação Seca</b>	<b>Estação Chuvosa</b>
	<b>C1</b>	
Min	4,68	5,85
Max	11,61	88,56
X	7,69	28,65
Md	7,37	14,53
cv (%)	33,00	120,00
	<b>C2</b>	
Min	3,45	20,58
Max	33,14	133,26
X	17,41	95,01
Md	13,32	115,14
cv (%)	67,00	51,00
	<b>C3</b>	
Min	3,39	7,98
Max	22,40	59,95
X	11,67	31,68
Md	11,64	21,85
cv (%)	59,00	67,00
	<b>C4</b>	
Min	21,82	0,00
Max	169,63	70,02
X	65,66	37,33
Md	56,56	52,74
cv (%)	92,00	85,00
	<b>C5</b>	
Min	24,19	25,74
Max	117,03	94,62
X	50,25	52,02
Md	41,29	32,18
cv (%)	76,00	60,00

**Tabela 15** – Consumo per capita de água dos residentes da comunidade Minguiriba, localizada na Chapada do Araripe - CE, durante as estações seca (setembro/2012) e chuvosa (janeiro/2013).

<b>Consumo per capita de água (L/hab.dia)</b>		
<b>Estatística Descritiva</b>	<b>Estação Seca</b>	<b>Estação Chuvosa</b>
<b>C6</b>		
Min	26,75	31,89
Max	40,12	156,47
X	33,81	97,39
Md	37,04	90,84
cv (%)	18,00	55,00
<b>C7</b>		
Min	0,00	9,67
Max	33,8	19,46
X	16,15	14,62
Md	20,73	15,17
cv (%)	91,00	26,00
<b>C8</b>		
Min	9,02	15,78
Max	177,5	470,48
X	68,31	172,71
Md	56,82	101,22
cv (%)	102,00	108,00
<b>C9</b>		
Min	15,24	102,34
Max	207,9	274,36
X	101,46	150,33
Md	68,55	119,94
cv (%)	75,00	48,00
<b>C10</b>		
Min	4,01	1,72
Max	53,25	73,59
X	27,41	47,91
Md	25,87	52,57
cv (%)	65,00	57,00

A análise das Tabelas 14 e 15 mostram que o consumo per capita variou na estação seca de 3,39 a 169,63 L/hab.dia, na comunidade Mata velha, e de 0,00 a 207,90 L/hab.dia, na comunidade Minguiriba. Na estação chuvosa, a variação foi de 0,00 a 133,26 L/hab.dia para a comunidade Mata velha e de 1,72 a 470,48 L/hab.dia na comunidade Minguiriba.

Os consumos per capita nulos identificados na cisterna C4 (comunidade Mata Velha), estação chuvosa, e na cisterna C7 (comunidade Minguiriba), estação seca, são eventos isolados que ocorreram devido estas cisternas encontrarem-se vazias no período da pesquisa.

Além das variações de consumo per capita, verificadas entre as cisternas de uma mesma comunidade, ou de comunidades diferentes, nos dois períodos estudados, constatou-se expressivas variações entre os dados de uma mesma residência. Na realidade, de modo geral, a dispersão dos dados em torno da média foi classificada, de acordo com Koch e Link (1971),

como de moderada ( $30 \leq CV < 80$ ) a forte ( $CV > 80$ ). Essa variação reflete a frequência de abastecimento de água por carros-pipa, as condições climáticas e hábitos dos usuários.

Os dados referentes ao consumo de água total e diário, período entre as medições do nível d'água das cisternas, quantidade de usuários nas residências e valores de assimetria encontram-se dispostos no Apêndice C.

Diante da evidência da distribuição não normal dos dados, foi utilizada, para avaliar o consumo per capita de água, a medida separatriz (3º Quartil) disposta na Tabela 16.

Tabela 16 – Medida Separatriz (3º Quartil) dos dados de consumo per capita de água (L/hab.dia) das comunidades Mata Velha e Minguiriba, localizadas na Chapada do Araripe - CE, durante as estações seca (setembro/2012) e chuvosa (janeiro/2013) (n=6).

	Cisternas									
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
<b>Estação seca</b>	8,19	25,03	11,88	57,69	42,04	37,14	33,08	87,68	148,55	32,45
<b>Estação chuvosa</b>	25,78	132,54	47,12	57,56	76,28	145,02	16,45	233,40	151,65	60,74

Ao analisar a Tabela 16 observa-se que, na estação seca, 75% (3º Quartil) dos consumos per capita de água, nas cisternas da comunidade Mata Velha (cisternas C1 a C5), eram iguais ou menores que 57,69 L/hab.dia (C4). Na comunidade Minguiriba (cisternas C6 a C10), o valor máximo, também considerando o 3º Quartil, foi de 148,55 L/hab.dia (C9). Na estação chuvosa, os maiores consumos, por comunidade, foram obtidos nas cisternas C2 (132,54 L/hab.dia) e C8 (233,40 L/hab.dia).

De acordo com a Organização das Nações Unidas (ONU), uma pessoa precisa de 110 litros de água tratada, por dia, para satisfazer – com conforto – suas necessidades básicas de consumo e higiene (MARONI, 2011).

Ante do exposto, verifica-se que, na estação seca, 90% dos consumos per capita de água estavam abaixo do mínimo recomendado pela ONU. Este *deficit* decorre das dificuldades que os usuários das cisternas enfrentam para suprir suas necessidades diárias de água ao deparar-se com as cisternas vazias, devido a falta de ocorrência de chuvas e a diminuição da frequência de abastecimento por carros-pipa.

A estação seca foi marcada por ações comunitárias como a distribuição de água entre os vizinhos que estavam com suas cisternas vazias e o uso desta para diversos fins, como regar plantas, dessedentação dos animais (criações de porcos, galinhas e ovelhas),

atividades domésticas (lavar louças, limpeza das residências), beber, cozinhar e higiene pessoal.

Na estação chuvosa, verifica-se que 40% dos consumos per capita de água (C2, C6, C8 e C9) corresponderam ao recomendado pela ONU; o que já era esperado, já que nesta estação a disponibilidade de água nas cisternas aumenta. Os usuários das demais cisternas (C1, C3, C4, C5, C7 e C10) apresentaram consumo inferior ao estabelecido pela ONU. Provavelmente por causa do aumento da quantidade de pessoas nas residências dos proprietários das cisternas, uma vez que permanecem no campo para cultivarem a terra, menor frequência de abastecimento por carro-pipa e o cuidado para garantir o fornecimento mínimo de água em períodos de estiagem.

Saliente-se que apesar de algumas residências abastecidas pelas cisternas apresentarem consumo per capita em concordância com o recomendado pela ONU, elas enfrentam, sob o aspecto qualitativo, problemas associados ao fato da água abastecida por carros-pipa ser de origem desconhecida, o que pode colocar em risco a saúde de seus consumidores.

Provavelmente, os fatores que influenciam no padrão de consumo doméstico de água no Brasil têm sido justificados pela interferência de diversos fatores, por vezes, difíceis de serem mensurados. A existência ou não de sistema de abastecimento público, a proximidade de água do domicílio, o clima, os hábitos da população, o grau de escolaridade dos usuários, a renda familiar, o valor da tarifa, as características da habitação e a falta de uma medição sistemática são alguns fatores que influenciam no consumo per capita de água (TSUTIYA, 2005 apud MATOS, 2007).

Razzolini e Gunther (2013) relatam que em regiões carentes da rede básica de serviços públicos, a falta de acesso a fontes seguras de água é fator agravante das condições precárias de vida. A busca por fontes alternativas pode levar ao consumo de água com qualidade sanitária duvidosa e em volume insuficiente e irregular para o atendimento das necessidades básicas diárias.

#### **5.4 A viabilidade do Programa Um Milhão de Cisternas no combate à escassez hídrica nas comunidades residentes na Chapada do Araripe – CE**

A democratização ao acesso a água, está entre as medidas de longo prazo baseadas em tecnologias alternativas e estratégias de convivência com o Semiárido Brasileiro (SAB) sendo cada vez mais priorizada em programas que visam o desenvolvimento



sustentável da região. Para Carneiro *et al.* (2008), essas medidas envolvem aspectos relacionados ao acesso à água e tecnologias e usos adaptados às condições de seca e aridez, devendo ser integradas nos níveis do Governo Federal e Estaduais, bem como envolver a sociedade civil e a população em geral.

O Programa Um Milhão de Cisternas, possibilita o desenvolvimento regional através da construção de cisternas em comunidades rurais desprovidas de sistema de abastecimento permitindo certa sustentabilidade hídrica (PONTES; MACHADO, 2006).

O programa oferta as famílias o acesso à uma água limpa e de qualidade para beber e cozinhar, verificando então, uma diminuição de doenças transmissíveis pela água, como diarreias e verminoses e, por conseqüência da mortalidade infantil. A mulher, geralmente a encarregada do abastecimento de água da casa, livra-se também da obrigação de caminhar quilômetros para buscá-la.

A implantação das cisternas na unidade familiar possui vantagens de reforçar a cidadania no que se refere ao acesso democrático à água, conseguindo manter o cidadão em sua região, contribuindo à valorização de sua cultura.

A partir dos dados qualitativos e quantitativos, encontrados na pesquisa, pode-se fazer uma análise construtiva, no sentido de se adequar as políticas de implementação de cisternas na área da pesquisa. A realização de estudos mais detalhados sobre: as condições social, ambiental, econômica e climáticas da área; o dimensionamento da estrutura física, desde a área de captação até o reservatório, compatível com as necessidades dos usuários; a fiscalização através de cadastros dos carros-pipa e dos corpos d'água, utilizados para o abastecimento das cisternas; e a capacitação dos usuários quanto à importância da higienização das cisternas e cloração da água, estão entre as medidas que podem contribuir para a prática de convivência sustentável com o semiárido.

Galizoni e Ribeiro (2004) destaca algo importante identificado ao longo de sua pesquisa, que ao transformar em política pública uma experiência bem sucedida de grupos organizados pela sociedade civil e expandi-las em outras áreas semelhantes, faz-se necessário lembrar que elas são semelhantes, não iguais. Precisam ter suas especificidades, conhecimentos e cultura locais respeitados. Mas para conseguir isto, é necessário compreender as diversas combinações existentes no meio rural entre água, ambiente, sistemas de produção e comunidades para então adaptar projetos às perspectivas e necessidades de cada região.

Em uma análise mais crítica sobre a implantação das cisternas Jalfim e Baptista (2003), detecta que apesar das informações animadoras, a cisterna não deve ser propagada

como a redentora do Semiárido. Ela cumpre um papel estratégico na segurança de água para o consumo humano. Seu sucesso, no entanto, não depende somente de sua eficiência como estrutura hídrica, pois está fortemente relacionada a uma estrutura mínima para atender às outras demandas de água. A apropriação do papel da cisterna na unidade familiar é de uma postura mais cidadã das famílias em relação à água que dependem fortemente de um processo de implantação no qual se propicia a ação participativa, a democratização dos recursos públicos na execução das obras, a valorização do conhecimento local, a reflexão e a educação sobre a problemática da água e abre-se a porta para o debate local sobre a questão da convivência com o Semiárido. Portanto, a política de implantação de cisternas no sertão não pode ser abordada como um processo de implantação de uma obra de engenharia civil, como a construção de uma rodovia ou de um grande açude público, a qual pode simplesmente ser entregue nas mãos de empreiteiras.

Imaginar estas comunidades sem o PIMC seria visualizar a localidade sem desenvolvimento social e econômico, refletindo na retirada do homem do campo em busca de manter qualidade de vida, e com isso acarretaria perdas de sua identidade cultural e todas as conseqüências que podem ser ocasionadas com o êxodo rural.

Retrata Jalfim (2001) que a experiência de anos de trabalho das ONG's apoiando a disseminação de cisternas tem demonstrado que o sucesso depende, com raras exceções, diretamente da metodologia adotada no processo de implantação. Ou seja, a apropriação do papel da cisterna na unidade familiar é de uma postura cidadã das famílias em relação à água dependem fortemente de um processo de implantação no qual se propicia uma ação participativa de cidadania, uma democratização dos recursos públicos na execução das obras, uma valorização do conhecimento local, uma reflexão e educação sobre a problemática da água e ainda um momento de abrir uma porta para um debate local sobre a questão de convivência com o semiárido.

Diante desta reflexão observa-se que as características intrínsecas do semiárido são semelhantes, mas não a forma de convivência já que fatores culturais, ambientais, econômicos e sociais são intervenientes neste processo para enveredar uma ótica diferenciada em cada localidade.

Para mudar esse quadro, não basta apenas tentar demonstrar a viabilidade dessa alternativa. É preciso um grande esforço no campo da formação e informação, que propicie um entendimento sobre o potencial e o papel da cisterna na solução do abastecimento de água para o consumo humano no sertão.

O programa um milhão de cisternas é pautado na concepção de que é possível ter uma vida digna no semiárido, estimulando a cultura de convivência adequada com o ambiente, assim como ter uma vida produtiva na região do ponto de vista econômico, orientado pela perspectiva do direito coletivo das populações à água de qualidade para consumo, por meio de instrumentos simples, replicáveis, baratos e próximos das casas dos agricultores (MEDEIROS *et al.*, 2010).

## 6 CONCLUSÕES

A problemática evidenciada pelas comunidades residentes na Chapada do Araripe - CE é atribuída aos aspectos quantitativos e qualitativos da água armazenada em cisternas e barreiro, utilizadas como fontes alternativas de abastecimento.

Para compreender a gestão do abastecimento de água, sob a perspectiva da sustentabilidade local, foram destacados os resultados das questões que instigaram esta pesquisa:

- Os sistemas alternativos de abastecimento de água, cisternas e barreiro, são fontes seguras para o consumo humano?

Quanto a preocupação com a escassez hídrica, constatou-se que, além do aspecto quantitativo, deve-se considerar o aspecto qualitativo. Dados obtidos das análises bacteriológicas evidenciaram que 90% das cisternas apresentaram densidades de coliformes totais, termotolerantes e *Escherichia coli* em desacordo com a legislação vigente.

Estes resultados sugerem que o abastecimento de água por meio das cisternas oferece riscos à saúde dos usuários. Medidas como o desvio das primeiras águas de chuva e higienização periódica das cisternas podem contribuir para o fornecimento de água de melhor qualidade. Portanto, para que as cisternas possam ser utilizadas como fonte de abastecimento de água, é necessário que seus usuários sejam orientados quanto a importância do adequado manejo e higienização das cisternas.

Outro aspecto a ser considerado refere-se ao abastecimento das cisternas por carros-pipa, que podem, também, contribuir para a contaminação biológica das águas das cisternas, uma vez que transportam água de origem desconhecida e, em algumas ocasiões, funcionam em péssimas condições higiênico-sanitárias. Necessita-se, portanto, de um criterioso processo de seleção dos proprietários dos carros-pipa (pipeiros), com suas respectivas rotas e fontes hídricas, a fim de proporcionar abastecimento de água com qualidade para garantir segurança alimentar e hídrica para as famílias da região.

Com relação a água do barreiro, utilizada por alguns usuários da comunidade Mata Velha, em períodos em que não havia outra fonte de abastecimento, foi detectado que a qualidade era inadequada para consumo humano, mesmo após ser submetida ao tratamento com a pedra ume. As condições inadequadas são associadas ao uso do barreiro para dessedentação de animais.

- O abastecimento de água proveniente das cisternas é suficiente para suprir as necessidades das comunidades estudadas na Chapada do Araripe-CE?

A partir da estimativa do consumo per capita de água, na estação seca, verificou-se que 90% desse consumo era inferior ao mínimo recomendado pela ONU, que é de 110 L/hab.dia. Mesmo na estação chuvosa, verificou-se que 60 % do consumo per capita de água não atendia ao recomendado pela ONU.

Este *deficit* hídrico, inicialmente, foi atribuído a falta de eventos chuvosos durante alguns meses e a impossibilidade econômica, da maioria dos usuários, para manterem o abastecimento das cisternas com água proveniente de carros-pipa. Porém, o Programa Um Milhão de Cisternas deixa claro que a capacidade volumétrica das cisternas é suficiente para abastecer uma família constituída por até cinco pessoas, durante o período da seca, com um consumo diário de 14 litros/pessoa.

Ao se refletir sobre essa afirmação, depreende-se que, na realidade, a capacidade volumétrica das cisternas é insuficiente para garantir que o consumo per capita de água seja compatível com o recomendado pela ONU. Principalmente ao se considerar que a maioria das famílias, usuárias dessas cisternas, é constituída por mais de cinco pessoas.

- Como as comunidades usuárias destes sistemas vivenciam a percepção de convivência com o semiárido cearense?

Para estas comunidades, as cisternas não representam uma solução alternativa de combate a escassez de água na região, mas sim a principal forma de abastecimento. Além de ser responsável pela fixação de muitas famílias no seu local de origem.

No entanto, esta tecnologia de captação de água, como forma de suprir as necessidades diárias das comunidades, necessita, para um melhor funcionamento, da compreensão dos gestores (municipal, estadual e federal), e da própria família residente no semiárido, sobre a viabilidade técnica e social proposta pelo PIMC.

As comunidades necessitam de um trabalho de orientação em relação à forma de consumo, manejo e conservação das cisternas, além de informação sobre os riscos a que se expõem em períodos de escassez hídrica. A implantação de medidas preventivas são ferramentas essenciais para manter a eficiência do programa e assegurar qualidade de vida à população.

Após análise dos diversos aspectos avaliados nesta pesquisa, no sentido de contribuir para a reflexão sobre as políticas de implementação de cisternas de placas,

verificou-se a necessidade de se realizar estudos mais detalhados sobre as condições social, ambiental, econômica e climática das comunidades contempladas pelo PIMC. Além de se avaliar o dimensionamento do sistema de captação, fiscalizar os carros-pipa e os corpos d'água utilizados para o abastecimento das cisternas e capacitar os usuários quanto à importância da higienização das cisternas e cloração da água. Estas estão entre as medidas que podem contribuir para a prática de convivência sustentável com o semiárido.

Neste sentido, é imprescindível que os usuários tenham acesso à informação e a promoção de políticas públicas que engajem, dentro dos seus limites territoriais, os aspectos educacionais, econômicos, sociais e culturais, de tal forma que possa ser garantido o acesso generalizado à água.

Ressalta-se que as discussões/reflexões realizadas durante esta pesquisa não atribuem responsabilidades, mas tornam-se uma fonte de informações pertinentes à viabilidade do PIMC, uma vez que a avaliação dos reais benefícios deste programa, para as famílias residentes em zonas rurais do semiárido Nordeste, só pode ser realizada em conjunto, envolvendo os usuários das cisternas, órgãos do governo e instituições de ensino e pesquisa.

## REFERÊNCIAS

- AGUIAR, R. B. **Impactos da ocupação urbana na qualidade das águas subterrâneas na faixa costeira do município de Caucaia, Ceará.** Dissertação de Mestrado em Hidrogeologia – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1999.
- ALVES, C. C. E.; SIEBRA, F. S. F.; BEZERRA, L. M. A.; OLIVEIRA, M. L. T. **Geopark Araripe: Um estudo geoturístico e ambiental no Geotopo Granito, Ceará/ Brasil.** VI Seminário Latinoamericano de Geografia e Física. II Seminário Ibero Americano de Geografia Física. Universidade de Coimbra, 2010.
- AMORIM, M C.; PORTO, E R. **Avaliação da qualidade bacteriológica das águas de cisternas: estudo de caso no município de Petrolina.** In: 3º Simpósio Brasileiro De Captação De Água De Chuva No Semiárido, 2001. Pernambuco – PE. Pernambuco: ABCMAC, 2001.
- ANDRADE NETO, C.O. (2003) **Segurança Sanitária das Águas de Cisternas Rurais.** IV Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva. Petrolina –PE. Jul. 2003.
- ANNECCHINNI, K. P. V. **Aproveitamento da água de chuva para fins não potáveis na região metropolitana de Vitória (ES).** Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória, 2005.
- APHA. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**, 20<sup>th</sup> edition. American Public Health Association. New York, 2005. 1527p.
- ARAÚJO, M. H. de - **Desigualdade e pobreza no Ceará: O caso do Projeto São José - 2003.**
- ARAÚJO, T. M. S.; GIRÃO, E. G.; ROSA, M. F.; ARAÚJO, L. F. P. **Monitoramento participativo da qualidade da água de fontes hídricas em comunidades rurais: o caso de Santa Bárbara, Jaguaretama – CE.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA, 6., 2007, Belo Horizonte – MG. Anais.... Belo Horizonte, 2007.
- ARTICULAÇÃO DO SEMIÁRIDO (ASA). **Programa de formação e mobilização social para a convivência com o semiárido: um milhão de cisternas rurais – P1MC.** Disponível no site: [http:// www.asabrasil. Org.br](http://www.asabrasil.Org.br). Acessado em 18 de abril de 2013.
- BAINES, J. **Coleção preserve o mundo.** São Paulo: Scipione, 1992, 47p.
- BAIRD, C. **Química ambiental.** Trad. M.A.L. Recio e L.C.M. Carrera. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002. 622 p.
- BANCO DO NORDESTE DO BRASIL (BNB). **Mapa de área de atuação Operacional.** Ceará, 2005.
- BARROS, I. J. C. **Sistemas de captação e aproveitamento de água de chuva em comunidades rurais da ilha de Santiago – Cabo Verde.** Universidade Estadual da

**Paraíba.** Centro de ciências biológicas e da saúde. Departamento de Biologia. Campina Grande/PB, 2009.

BETER, A. S. R. **Implementação do método SODIS(Solar Water Desinfection)em duas comunidades do semiárido paraibano: aceitabilidade e aspectos socioeconômicos.**

Dissertação e Desenvolvimento e Meio Ambiente. Universidade Federal da Paraíba, 2006.

BRASIL. **Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano** / Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Brasília: Ministério da Saúde, 2006, p. 212.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. **Grupo de trabalho interministerial para redelimitação do Semiárido nordestino e do Polígono das Secas: relatório final.** Brasília, DF, 2005.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº. 2914, de 14 de dezembro de 2011.

**Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil.** Brasília, DF, 26 de mar. 2004. Seção 1, p. 266.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº. 518, de 25 de março de 2004. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil. Brasília, DF, 26 de mar. 2004. Seção 1, p. 266.

BERTONI, J.C., TUCCI, C.E.M. (2004) Capítulo 5 – **Precipitação. Hidrologia – Ciência e Aplicação.** Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul / Associação Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre – RS, 3 ed., p.177-241.

BEZERRA, N. S.; SOUSA, M. J. G.; PINHO, A. I. - **Análise microbiológica de água de cisternas na localidade Cipó dos Tomaz, município do Crato-Ce.** Cadernos de cultura e ciência. Ano IV - Vol. 1- Nº 2- 2010.

BRITO, L. T. de L.; BRITO, M. C. C. de A.; LEITE, W. de M. **Qualidade de água para consumo humano** / Petrolina : Embrapa Semiárido, 2007. 16 p.; 21 cm. ----- (Embrapa Semiárido. Documentos, 196).

BRITO, L. T. de L.; SILVA, A. de S.; CAVALCANTI, N. DE B.; LEITE, W. de M. - **Manejo da Água Armazenada em Cisterna.** Instruções Técnicas da Embrapa Semiárido, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) - Petrolina, Dezembro 2008.

BRITO, L. T. L.; SILVA, A. S. S.; PORTO, E. R.; CAVALCANTI, N. B. **Cisternas Domiciliares: quantidade e qualidade das águas para consumo humano.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA ARÍCOLA, Anais... João Pessoa – PB, 2006.

BRITO, L. T. L.; PORTO, E. R.; SILVA, A. S.; SILVA, M. S. L.; HERMES, L. C.; MARTINS, S. S. **Avaliação das características físico-químicas e bacteriológicas das águas das cisternas da comunidade Atalho, Petrolina – PE.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA PARA SUSTENTABILIDADE DE ÁREAS RURAIS E URBANAS – TECNOLÓGICAS E CONSTRUÇÃO DA CIDADANIA, 5., 2005. Teresina – PI: ABCMAC.



CACUPÉ METALÚRGICA. **Instruções para instalação.** Disponível em: <[http://www.bellacalha.com.br/index\\_bra.html](http://www.bellacalha.com.br/index_bra.html)> Acesso em: 16 de dezembro de 2012.

CARNEIRO, A. P.; SILVA, H. P.; ABRAHAM, E.; MORATÓ, J.; SUBIRANA, A.; TOMASONI, M. (2008). **Uso da água nas terras secas da Iberoamérica: indicadores de eficiência hidroambiental e sócio-econômica.** Revista Científica y Técnica de Edcología y Medio Ambiente, 17 (1):60-71.

CARVALHO, A. J. H. **Uso de coagulantes naturais no processo de obtenção de água potável, Dissertação em Engenharia Urbana.** Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2008. 154 p.

CAVALCANTI, N. B.; BRITO, L. T. L.; RESENDE, G. M. **Transporte e armazenamento de água para consumo humano no sertão do nordeste em período de seca.** 5º Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva, Teresina, PI, 11-14/07/2005.

CAVALCANTI, N. DE B.; RESENDE, G. M. - **Formas de construção e utilização de barreiros na região semiárida da Bahia** - Petrolina, PE-1999.

CAVALCANTI, A. C.; LOPES, O. F. **Condições edafo-climáticas da Chapada do Araripe e viabilidade de produção sustentável de culturas.** Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. 42 p.

CHACON, S. S. **O sertanejo e o caminho das águas: políticas públicas, modernidade e sustentabilidade no semiárido.** Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 2007.

CEBALLOS, B. S. O.; KOING, A.; OLIVEIRA, J. **Dam reservoir eutrophication: a simplified technique for a fast diagnosis of environmental degradation.** *Water Research*, v. 32, n. 11, 1998.

CIRILO, J. A. **Políticas públicas de recursos hídricos para o semiárido.** Estudos avançados 22 (63), 2008.

COSTA I. Y. L. G.; SANTOS, C. A. G.; NÓBREGA, R. L. B. **Análise físico-química da água de chuva na cidade de João Pessoa para uso não potável.** 6º Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva Belo Horizonte, MG, 09-12 de julho de 2007.

COELHO, N. M. M.; MENDES, F. M. **Estudo do uso da moringa *oleifera* para remoção de prata e manganês em águas.** Instituto de Química. Universidade Federal de Uberlândia, 2007.

CONDESSO DE MELO, M. T.; CABANO, G.; MARQUES DA SILVA, M. A. **Evolução hidrogeoquímica do sistema multiaquífero Quaternário de Aveiro.** Proceedings 6º Congresso da Água, Porto, 2002.

COSTA, Valdir Duarte... [et al.] **Conhecendo o araripe: recursos hídricos in Projeto de proteção ambiental e desenvolvimento sustentável da apa-chapada do araripe e da biorregião do araripe.** Crato: MMA/FUNDETEC, 1998. 3 vol.p.1026 [pp. 618 - 715].

CUNHA, G. R.; DALMAGO, G. A. **Informações sobre pH de águas de chuva, em Passo Fundo, RS.** Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v. 8, n.2, 2000.

D'ALVA, O. A.; FARIAS, L. O. P. **Programa cisternas: um estudo sobre a demanda, cobertura e focalização.** Cadernos de Estudos Desenvolvimento Social em Debate. – n. 7 (2007)-. Brasília, DF: Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome; Secretaria de Avaliação e Gestão da Informação, 2005.

DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. D. B.; VOLTAN, P. E. N. **Tratabilidade de água e dos resíduos gerados em estações de tratamento de água.** São Carlos: LDiBe, 2011. 454 p.

DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. D. B. **Modelos e técnicas de tratamento de água,** 2 ed. V.1 São Carlos: Ed. Rima, 2005.

DI BERNARDO, L.; DI BERNARDO, A.; CENTURIONE FILHO, P. L. **Ensaio de tratabilidade de água e resíduos gerados em Estações de Tratamento de Água.** São Paulo: RiMa, 2002.

DI BERNARDO, L. **Métodos e técnicas de tratamento de água.** v. 1. Rio de Janeiro: ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1993.

ESNARRIAGA, E. S. **Influência de sementes trituradas de moringa Oleifera no tratamento de efluente bruto de fossa séptica biodigestora.** Dissertação em Química. Universidade Federal de Lavras, Corumbá - Mato Grosso do Sul, 2010.

FORNARO, A. **Águas de chuva: conceitos e breve histórico. Há chuva ácida no Brasil?** Revista USP, São Paulo, n.70, p. 78-87, junho/agosto 2006.

FRANCA, D. T. **Água de chuva: alternativas tecnológicas para a convivência com a seca e sistemas de abastecimento da população rural difusa no semiárido brasileiro.** MMA/ANA. [www.ana-mma\\_convivencia\\_seca](http://www.ana-mma_convivencia_seca). Acessado em 01.05.2007.

FRANCO, R. M. B; CANTUSIO NETO, R. **Ocorrence of cryptosporidial oocysts and Giardia cysts in bottled mineral water commercialized in the Campinas, State of São Paulo, Brazil.** Mem. Inst. Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, v. 92, p. 205-207, 1997.

FRESENIUS, W.; QUENTIN, K. E.; SCHNEIDER, W. **Water analysis – a practical guide to physico-chemical, chemical and microbiological water examination and quality assurance.** Springer, p. 804, 1998.

GALZIONI, F. M.; RIBEIRO, E. M. **Notas sobre água de chuva: o programa de um milhão de cisternas no semiárido mineiro.** In: ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDO POPULACIONAL, 14., 2004. Caxambú – MG. **Anais...**Caxambú, 2004, p. 13.

GNADLINGER, J. **Colheita de água de chuva em áreas rurais.** Juazeiro, BA: Irpaa, 2000.

GUEDES, C. D.; PEREIRA, J. G.; LENA, J. C. de; PAIVA, J. F. de **Coagulação/Floculação de suspensões ricas em óxidos de ferro por sulfato de alumínio** Quim. Nova, Vol. 27, No. 5, 715-719, 2004.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Indicadores de desenvolvimento sustentável.** Estudos e Pesquisas – Informações geográficas. nº 07. Brasil - Rio de Janeiro, 2010.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2000). **Cidades: 2000**. Disponível em <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 14 de Abril de 2005.

JALFIM, F. T. Considerações **sobre a viabilidade técnica e social da captação e armazenamento da água de chuva em cisternas rurais na região semiárida brasileira**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA NO SEMIÁRIDO, 3., 2001. Campina Grande – PB. **Anais eletrônicos**. Campina Grande, 2001.

JALFIM, F. T.; BAPTISTA, N. **UMA SAÍDA PARA SECA**. Uma saída para seca. Cadernos Le Monde Diplomatique, 2003. p. 46-49.

JAQUES, R. C. **Qualidade da água de chuva no município de Florianópolis e sua potencialidade para aproveitamento em edificações**. 2005. 61 f. Dissertação (Mestrado em Administração) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

JAQUES, R. C.; RIBEIRO, L. F.; LAPOLLI, F. R. **Qualidade da água de chuva no município de Florianópolis e sua potencialidade para aproveitamento em edificações**. In: SIMPÓSIO ÍTALO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 8, Fortaleza – CE, 2006.

KATO, M. T. **Qualidade de águas de cisternas utilizadas para fins de consumo humano no município de Poço Redondo – SE**. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE ENGENHARIA DE SAÚDE PÚBLICA, SANEAMENTO AMBIENTAL, SUSTENTABILIDADE E INCLUSÃO SOCIAL, 3., **Anais...**Fortaleza - CE, 2006.

KOCH JR.; LINK, R. F. 1971. **Statistical analysis of geological data** New York. New York: Jonh Willey & Sons. 2 v.

LIMA, R. P. DE; MACHADO, T. G. **“Aproveitamento de água pluvial: análise do custo de implantação do sistema em edificações”** Centro Universitário da Fundação Educacional de Barretos. Barretos, 2008.

LIMA, V. F.; MERÇON, F. **Metais pesados no ensino de química**. Química nova na escola. vol. 33, nº 34, nov./2011.

LISBOA, M. B.; ANDRADE, M; LISBOA, H. M. **Cisterna de placas de ardósia armadas**. 7º Simpósio Brasileiro De Captação E Manejo De Águas De Chuva. Caruaru, 2009.

LOPES, P. R. C. **Alternativas de manejo de solo e água para o Semiárido brasileiro**. Disponível em: <[www.comciencia.br/reportagens](http://www.comciencia.br/reportagens)>. Acesso em 16.fev.2006.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. Campinas, SP: Ed. Átomo, 2005.

MALVEZZI, R. **semiárido - uma visao holistica** – Brasilia: Confea, 2007. 140p. – (Pensar Brasil).

MARMOS, J. L. **Diagnóstico hidrogeoquímico do distrito agropecuário da Suframa, municípios de Manaus e Rio Petra da EVA(AM)**. Dissertação em Geociências – Universidade Federal do Amazonas. 2007.

MARONI, J. R. **Campeões do desperdício de água**. VIDA E CIDADANIA. 20011. Disponível em: < <http://www.gazetadopovo.com.br/vidaecidadania/conteudo.phtml?id=1164092&tit=Campeas-do-desperdicio-de-agua> > Acesso em: 22/07/2013.

MARQUES, R.; ZAMPARONI, C. A. G. P.; SILVA, E. C.; MAGALHÃES, A.; GUEDES, S. F.; FORNARO, A. **Composição química de águas de chuva em áreas tropicais continentais, Cuiabá – MT: Aplicação do sistema clima urbano (S. C. U.)**. Revista do Departamento de Geografia, 20, 2010, 63-75.

MATIAS, J. A. B.; CAMPOS, J. D. **Cisternas de placas pré-moldadas**. In: **Simpósio Brasileiro de Captação de Água de Chuva no Semiárido 3., 2001. Anais eletrônicos**. Campina Grande – PB.

MATOS, J. C. C. T. **Proposição de Método para a definição de cotas per capita mínimas de água para consumo humano**. Dissertação de Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília – DF, 2007.

MEDEIROS, J. C. DE A.; SILVEIRA, S. M. B.; NEVES, R. S. – **Água e cidadania no semiárido brasileiro: A experiência do Programa Um Milhão de Cisternas rurais (P1MC) da ASA Brasil**. VIII Congresso Latinoamericano de Sociologia Rural, Porto de Galinhas, 2010.

MENDONÇA, L. A. R. **Recursos hídricos da chapada do Araripe**. 2001. 193f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil – Recursos Hídricos) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará.

MENDONÇA, L. A. R.; FRISCHKORN, H.; SANTIAGO, M. M. F.; FILHO, J. M. **Qualidade da água na Chapada do Araripe e sua vulnerabilidade**. 1st Joint World Congress on Groundwater, (2008).

MILAGRES, V. R.; SAYAGO, D. A. V. **Qualidade da Água e Doenças Relacionadas ao Saneamento Ambiental Inadequado (DRSAI): uma abordagem perceptiva com os moradores do distrito Taquaruçu, Palmas (TO)**. XIV Encontro da Rede Luso-Brasileira de Estudos Ambientais – Vulnerabilidade Socioambiental na África, Brasil e Portugal: dilemas e desafios. Recife (PE): Setembro, 2011.

MOREIRA, F.R.; MOREIRA, J.C. **A importância da análise de especiação do chumbo em plasma para avaliação dos riscos à saúde**. *Química Nova*, v. 27, n. 2, p. 251-260, 2004.

MOREIRA, E.; TARGINO, I, **De território a território de esperança: organização agrária e resistência camponesa no semiárido paraibano**. Revista Nera - ano 10, n. 10, 2007.

PALMIER, L. R. **Perspectiva da aplicação de técnicas de aproveitamento de água em regiões de escassez**. In: DIÁLOGO INTERAMERICANO DE GERENCIAMENTO DE ÁGUAS, 4., 2001, Foz do Iguaçu. Anais... Foz do Iguaçu: 2001.

PAOLIELLO, M. M. B.; CHASIN, A. A. M. **Ecotoxicologia do chumbo e seus compostos**. Cadernos de referência ambiental. V.3. Salvador: CRA, 2001. 144p.

PARRON, L. M.; MUNIZ, D. H. F.; PEREIRA, C. M. **Manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química de água**. Dados eletrônicos – Colombo: Empraba Florestas, 2011.

PASSADOR, C. S.; PASSADOR, J. L. **Apontamentos sobre as políticas públicas de combate à seca no Brasil: Cisternas e Cidadania?** Cadernos Gestão Pública e Cidadania / v. 15, n. 56 • São Paulo: 2010.

PEDROTTI, A. P. G. F.; FORNARO, A. **Avaliação de metais traços e íons majoritários em águas de chuva na cidade de São Paulo**. Química Nova, vol. 32, nº 4, 839 – 844, 2009.

PELCZAR, M.; REID, R.; CHAN E. C. S. **Microbiologia**. McGraw-Hill - São Paulo, 2v. p. 1072, 1980.

PEREIRA, M. S. **Programa de formação e mobilização social para a convivência com o Semiárido Brasileiro: 1 milhão de cisternas rurais (P1MC)**. Juazeiro, 1º dez. 2006.

PEREIRA, R. S. **Identificação e caracterização das fontes de poluição em sistemas hídricos**. Revista Eletrônica de Recursos Hídricos. IPH – UFRGS. V.1, n.1. p. 20-36. 2004. <http://www.abrh.org.br/informacoes/rerh.pdf>.

PETERS, M. R. **Potencialidade de uso de fontes alternativas de água para fins não potáveis em uma unidade residencial**. Dissertação de mestrado em Engenharia Ambiental. Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

PIVELLI, R. P. **Qualidade e Poluição das águas: aspectos físico-químicos**. São Paulo/SP: CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo, 2000 (Curso via intranet – CETESB).

PIVELI, R. P.; KATO, M. T. **Qualidade das águas e poluição: aspectos físicos e químicos**. São Paulo: ABES, 2005. 285p.

POLETTI, I. **Água de Chuva – O segredo da convivência com o semiárido brasileiro, I – da indústria da seca para a convivência com o Semiárido brasileiro**. Brasília: Cáritas Brasileira, 2001. p. 16-24.

PONTES, E. T. M.; MACHADO, T. A. **Desenvolvimento Sustentável e Convivência com o Semiárido: o caso do programa um milhão de cisternas rurais no nordeste brasileiro**. Universidade Federal de Pernambuco, 2012.

PONTES, E. T. M.; MACHADO, T. A. **Programa Um Milhão de cisternas rurais no Nordeste brasileiro: políticas públicas, desenvolvimento sustentável e convivência com o Semiárido**. XIX Encontro Nacional de Geografia Agrária, São Paulo, 2009, pp. 1-25.

PONTE, V. M. R. *et al.* **Análise das Metodologias e Técnicas de pesquisas adotadas nos estudos brasileiros sobre *Balanced Scorecard*: Um estudo dos artigos publicados no período de 1999 a 2006** – Universidade de Fortaleza (UNIFOR)-CE/2006.

QUEROL, X.; ALASTUEY, A.; LOPEZ-SOLER, A.; PLANA, F.M.A.; ORTIZ, L.;

ALZAGA, R.; BAYONA, J.M.; LA ROSA, J. **Physico-chemical characterization aerosols in a rural area affected by the aznalcollar toxic spill**. Sci. Total Environ., v. 242, p. 89-104, 1999.

RAZZOLINI, Maria Tereza Pepe; GUNTHER, Wanda Maria Risso. **Impactos na saúde das deficiências de acesso a água**. Saude soc., São Paulo, v. 17, n. 1, Mar. 2008 .

RIBEIRO, A. C. M. **Nova portaria de potabilidade de água: Busca de consenso para viabilizar a melhoria da qualidade de água potável distribuída no Brasil**. Revista DAE 189, 2012

ROMEIRO, S. B. B. **Série Química e Tecnologia - Química na Siderurgia**. Área de Educação Química do Instituto de Química da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1997.

ROSSI, P.; MIRANDA, J. H.; DUARTE, S. N. **Curvas de distribuição de efluentes do íon nitrato em amostras de solo deformadas e indeformadas**. Artigo (graduação) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” ESALQ/USP, Piracicaba, 2007.

RUSKIN, R. H. **Armazenagem de água em cisternas. 1ª parte: uma velha idéia para um mundo moderno**. Água Latinoamérica, p.13-16,, Jul/ago., 2001.

SANTOS, M. A.; ILLANES, C.; DAMASCENO, T. V. F.; FONTENELE, A. P. G.; PEDROTTI, J. J.; FORNARO, A. **Determinação de compostos de nitrogênio em águas de chuva:  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$  e  $\text{NO}_3^-$** . 29ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química. Águas de Lindóia – SP, 2006.

SCHURING, K.; SCHWIENSTEK, S. **Quality of rainwater for domestic purposes harvested in different catchment systems within the semi-arid region of northeast Brazil**. Projeto de semester, University of Applied Sciences in Bremen, Germany, 2005.

SHARMA, V.K.; RHUDY, K.B.; CARGILL, J.C.; TACKER, M.E.; VAZQUEZ, F.G. **Cases and solutions: metals and grain size distribution in soil of the middle Rio Grande basin, Texas, USA**. Environmental Geology, v. 39, p 698-704, 2000.

SIENKO, M. J.; PLANE, R. A. **Elementos de transição II**. Química, São Paulo: Nacional, cap. 21, 1997.

SILVA, L. da ; ALMEIDA, H. A. **Estimativa do Potencial para Captação de água de Chuva em Quixadá, CE**. In: 7º Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva, 2009, Caruaru - PE.

SILVA, J. B. DA; GUERRA, L. D.; GOMES, R. A.; FERNANDES, M. - **Ecologia política das cisternas de placas: uma abordagem sociológica das medidas governamentais recentes relativas aos problemas de abastecimento de água em comunidades rurais de Boa Vista e Montadas-PB** - Cronos, Natal-RN, v. 10, n. 2, p. 121-143, jul./dez. 2009.

SILVA, A. S.; SILVA, C. M. M. S; FAY, E. F.; BRITO, L. T. L. **Indicador de qualidade de uso de água em cisternas no semiárido brasileiro (IUA-CD)**. Embrapa – Semiárido. Petrolina – PE, 2008.

SILVA, R. M. A. da. **Entre o combate à seca e a convivência com o semiárido: transições paradigmáticas e sustentabilidade do desenvolvimento.** Brasília: UnB, 2006.

SILVA, C. V.; CARDOSO, M. P.; PALMIER, L. R.; PÁDUA, V. L. **Potencial de liberação de metais em águas de chuva armazenadas em cisternas utilizadas para consumo humano.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA, 5., 2005, Teresina. Anais.Teresina: ABCMAC, 2005.

SILVA, R. M. A. **Entre dois paradigmas: combate a seca e convivência com o semiárido. Sociedade e Estado,** Brasília, v.18, n1/2, p. 361-385. 2003

SILVA, A. C. **Tratamento de percolado de aterro sanitário e avaliação da toxicidade de esgoto bruto e tratado.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio de Janeiro – COPPE/UFRJ, 2002.

SILVA, Edna Lúcia da; MENEZES, Estera Muszkat **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação.** – 3. ed. rev. atual. – Florianópolis: Laboratório de Ensino a Distância da UFSC, 2001. 121p.

SILVA, A. S. *et al.* **Captação e conservação de água de chuva para consumo humano: cisternas rurais – dimensionamento, construção e manejo.** EMBRAPA – CPTASA, Circular Técnica n. 12, 103p. 1984.

SIMMONS, G., HOPE, V., LEWIS, G., WHITMORE, J., GAO, W. **Contamination of potable roof-collected rainwater in Auckland, New Zealand.** *Water Research*, volume 35, número 6. Páginas 1518-1524. 2001

SOUSA, L. **Química da Água II – A dureza.** Boletim da Associação Portuguesa de *Killifilia* Vol. I, nº2. Mar./Abr. 1999

SOUZA, S. H. B.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; SANTOS, S. M.; PESSOA, S. G. S. **Avaliação da qualidade da água e da eficiência de barreiras sanitárias em sistemas para aproveitamento de águas de chuva.** Revista Brasileira de Recursos Hídricos (RBRH). Vol. 16. n. 3 – jul/set 2011.

STUDART, T. M. de C. **Variações sazonais das vazões de fontes da Chapada do Araripe.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 1991.

TAVARES, A. C. **Aspectos físicos, químicos e microbiológicos da água armazenada em cisternas de comunidades rurais do semiárido paraibano.** Dissertação Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – PRODEMA, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande-PB. 2009.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis.** São Paulo: Navegar Editora, 2003.

TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de Água.** São Paulo, 2ª Ed., Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2005.

VALLS, M. e LORENZO, V. **Exploiting the genetic and biochemical capacities of bacteria for remediation of heavy metal pollution.** *FEMS Microbiology Reviews*, v. 26, p. 327-338, 2002.

VENDRUSCOLO, S.; KOBIYAMA, M. (2007). **Interfaces entre Política Nacional de Recursos Hídricos e a Política Nacional de Defesa Civil, com relação aos desastres hídricos no Brasil.** In: PROHIMET - Jornada Internacional de Gestão de Risco de Inundações e Deslizamentos, São Carlos. PROHIMET. São Carlos: USP/EESC/DHS/NIBH, v. 1. p. 1-21.

VILLA, M. A. **Vida e morte no sertão**, São Paulo: Ática, 2001.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Guidelines for drinking water quality.** 3. Ed, Vol. 1: Recommendations, 2004.

XAVIER, R. P. **Influência de barreiras sanitárias na qualidade da água de chuva armazenada em cisternas no semiárido paraibano** – Dissertação Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – PRODEMA, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande-PB, 2010.



**APÊNDICE A -**  
**CÁLCULO DE CONSUMO PER CAPITA**

## APÊNDICE A - ETAPAS DO CÁLCULO DO CONSUMO PER CAPITA

- **Memória do cálculo de consumo per capita, exemplo Cisterna C10:**

Dados brutos de medição da cisterna:

Circunferência da cisterna (C) – 11,02 m<sup>3</sup>

Espessura da parede (e) – 0,06 m<sup>3</sup>

Altura (h) – 1,83 m

Cálculo do Raio da Circunferência, Diâmetro interno e externo

1º Cálculo do Raio da circunferência (R)

$$R = \frac{C}{2\pi} \quad \blacktriangle \quad R = \frac{11,02}{2\pi} \quad \blacktriangle \quad R = 1,75 \text{ m}$$

2º Cálculo do Diâmetro externo (D<sub>ext</sub>)

$$D_{ext} = 2 \cdot R \quad \dots \quad D_{ext} = 2 \cdot 1,75 \quad \dots \quad D_{ext} = 3,51 \text{ m}$$

3º Cálculo do Diâmetro interno (D<sub>INT</sub>)

$$D_{int} = D_{ext} - 2e \rightarrow D_{int} = 3,51 - 2 \cdot 0,06 \rightarrow D_{int} = 3,39$$

Cálculo do volume total, vazio e útil da cisterna

Obs: Para encontrar estes dados dos volumes foi necessário realizar as medições semanais do nível d'água da cisterna dispostos na Tabela A-1.

Tabela A-1 – Valores de medições do nível d'água da cisterna C10 localizado na comunidade Minguiriba na Chapada do Araripe – CE.

Data das medições	Medição do nível d'água (hnível)
<b>02/jan</b>	1,44 m
<b>09/jan</b>	0,72 m
<b>16/jan</b>	0,42 m
<b>23/jan</b>	0,24 m
<b>30/jan</b>	0,75 m
<b>05/fev</b>	0,77 m

1º Volume Total de água da cisterna

$$V_{Total} = \pi \cdot \frac{D_{int}^2}{4} \cdot h \quad \therefore \quad V_{Total} = \pi \cdot \frac{3,39^2}{4} \cdot 1,83 \quad \therefore \quad V_{Total} = 16,50 \text{ m}^3$$

2º Volume “vazio” de água da cisterna

$$V_{\text{vazio}} = \pi \cdot \frac{D_{\text{int}}^2}{4} \cdot (h - h_{\text{nível}}) \quad \therefore \quad V_{\text{vazio}} = \pi \cdot \frac{3,39^2}{4} \cdot (1,83 - 1,44) \quad \therefore$$

$$V_{\text{vazio}} = 3,52 \text{ m}^3$$

3º Volume útil de água da cisterna (1ª medição)

$$V_{\text{UTIL}} = V_{\text{TOTAL}} - V_{\text{VAZIO}} \quad \therefore \quad V_{\text{UTIL}} = 16,50 - 3,52 \quad \therefore \quad V_{\text{UTIL}} = 12,98 \text{ m}^3$$

Então, para cada medição de nível d'água ( $h_{\text{nível}}$ ) (Tabela 1) adota-se estes cálculos para encontrar o volume útil, pois serão necessários para o cálculo do consumo per capita.

Para estimar o consumo per capita foi necessário realizar o potencial de escoamento da água proveniente da água de chuva que escorre pelo telhado devido às perdas que podem ocorrer neste armazenamento dentro das cisternas, fato este não observado quando as cisternas são abastecidas por carros-pipa. A Tabela A -2 mostra os dados de pluviometria.

Tabela A-2 – Dados de precipitações encontrados a partir medições realizadas na comunidade Minguiriba localizada na Chapada do Araripe – CE.

Data dos eventos chuvosos	Total de Chuva (mm)
1-7/01	27,2
11-15/01	1,5
16-22/01	160
23-25/01	87,7

Dados:

Área de captação – 51,04 m

Escoamento superficial – 0,7

Realiza o cálculo do volume coletado de água da chuva das cisternas em litros:

$V_c = \text{total de chuva (mm)} \times \text{área do telhado (m}^2) \times \text{escoamento superficial}$

$$V_c = 27,2 \cdot 51,04 \cdot 0,7 \quad \therefore \quad V_c = 971,801/1000 \quad \therefore \quad V_c = 0,97 \text{ m}^3$$

Obtendo todos os dados de volume coletado para cada total de chuva, segue com a aplicação para determinar o consumo per capita, portanto foi necessária a aquisição de dados como:

Numero de pessoas ( $n$ ) = 15

Intervalo de tempo entre as medições = 7 dias

$$V_c = 0,97 \text{ m}^3$$

Inicialmente encontra-se o consumo total ( $C_{\text{Total}}$ )

$$C_{\text{Total}} = (1^{\text{a}} \text{ medida de } V_{\text{UTIL}} - 2^{\text{a}} \text{ medida de } V_{\text{UTIL}} - V_c) \cdot 1000 \quad \therefore$$

$$C_{\text{Total}} = (12,98 - 10,01 - 0,97) \cdot 1000 \quad \therefore \quad C_{\text{Total}} = 5520,10 \text{ litros}$$

Após obter todos os dados de consumo total das medições realizadas semanalmente, determina-se o consumo diário que seria:

Consumo diário =  $C_{\text{Total}} / \text{intervalo de tempo entre as medições}$

Consumo diário =  $5520,10 \text{ l}/7 \therefore 788,59 \text{ litros ao dia}$

Com estes achados, entendemos que por dia de acordo com a quantidade de usuários o consumo per capita é:

Consumo per capita =  $C_{\text{Diario}} / \text{numero de usuários}$

Consumo per capita =  $788,59 \text{ litros ao dia} / 15 \text{ usuários} \therefore 52,57 \text{ l.dia/usuário}$

Para obter a média do consumo per capita foi necessário realizar os cálculos com cada medição do nível d'água realizado semanalmente.

**APÊNDICE B**  
**VALORES DE CONSUMO DE ÁGUA TOTAL E DIÁRIO, PERÍODO ENTRE AS**  
**MEDIÇÕES DO NÍVEL D'ÁGUA DAS CISTERNAS E QUANTIDADE DE**  
**USUÁRIOS NAS RESIDÊNCIAS**

**APÊNDICE B.1 -**  
**VALORES DE CONSUMO DE ÁGUA TOTAL E DIÁRIO, PERÍODO ENTRE AS**  
**MEDIÇÕES DO NÍVEL D'ÁGUA E QUANTIDADE DE USUÁRIOS**  
**NAS RESIDÊNCIAS DAS CISTERNAS DA COMUNIDADE MATA VELHA**

Cisternas	Estação Seca		Nº de usuários	Estação Chuvosa		Nº de usuários
	Período (dias) - 7			Período (dias) - 7		
	Consumo total (L)	Consumo diário (L)		Consumo total (L)	Consumo diário (L)	
C1	654,86	72,76	11	744,98	93,55	11
	765,99	127,66		1985,24	283,61	
	811,05	90,12		6819,38	974,20	
	405,52	81,10		450,58	64,37	
	360,47	51,50		1118,514	159,79	
C2	279,65	31,07	9	3223,81	460,54	4
	1351,62	225,27		3731,30	533,04	
	978,76	108,75		576,25	82,32	
	1491,44	298,29		2059,60	294,23	
	838,94	119,85		3711,04	530,15	
C3	274,88	30,54	9	764,88	109,27	5
	641,39	106,90		2098,14	299,73	
	733,02	81,45		279,31	39,90	
	1007,90	201,58		1649,29	235,61	
	733,02	104,72		751,63	107,38	
C4	1832,55	203,62	9	1611,68	230,24	4
	3115,33	519,22		0,00	0,00	
	4581,37	509,04		177,71	25,39	
	7633,49	1526,70		1960,49	280,07	
	1374,41	196,34		1476,75	210,96	
C5	1088,59	120,95	5	900,90	25,74	5
	1238,74	206,46		2669,65	76,28	
	1201,21	133,47		3311,66	94,62	
	1051,06	210,21		1126,13	32,18	
	4096,08	585,15		1095,68	31,31	

**APÊNDICE B.2 -**  
**VALORES DE CONSUMO DE ÁGUA TOTAL E DIÁRIO, PERÍODO ENTRE AS**  
**MEDIÇÕES DO NÍVEL D'ÁGUA E QUANTIDADE DE USUÁRIOS**  
**NAS RESIDÊNCIAS DAS CISTERNAS DA COMUNIDADE MINGUIRIBA**

Cisternas	Estação Seca		Nº de usuários	Estação Chuvosa		Nº de usuários
	Período (dias) - 7			Período (dias) - 7		
	Consumo total (L)	Consumo diário (L)		Consumo total (L)	Consumo diário (L)	
C6	4333,93	481,55	13	744,98	9857,87	9
	3129,57	521,59		1985,24	3953,73	
	3129,57	347,73		6819,38	9135,99	
	2414,24	482,85		450,58	5722,64	
	2545,61	363,66		1118,514	2009,11	
C7	4867,38	540,82	16	1698,54	242,65	16
	184,27	30,71		1083,50	154,79	
	3501,16	389,02		2179,71	311,39	
	1658,45	331,69		1382,04	197,43	
	0,00	0,00		1842,72	263,25	
C8	4734,83	87,68	6	1792,27	256,04	6
	6390,16	177,50		9802,94	1400,42	
	568,18	10,52		19759,97	2822,85	
	1704,54	56,82		4251,05	607,29	
	378,79	9,02		662,88	94,70	
C9	823,07	91,45	6	11522,97	1646,14	6
	5347,89	891,31		5037,66	719,67	
	3701,75	411,31		6369,21	909,89	
	2011,95	402,39		4341,91	620,27	
	8731,62	1247,37		4298,25	614,04	
C10	7188,74	798,75	15	5520,10	788,59	15
	360,56	60,09		5345,79	763,68	
	3492,99	388,11		6377,47	911,07	
	2433,79	486,76		7727,16	1103,88	
	2253,51	321,93		180,28	25,75	

**APÊNDICE C**  
**ENTREVISTA APLICADA NAS COMUNIDADES RURAIS NA CHAPADA DO**  
**ARARIPE CEARENSE**



**APÊNDICE C -**  
**ENTREVISTA APLICADA PARA AS COMUNIDADES RURAIS NA CHAPADA DO**  
**ARARIPE CEARENSE**

Entrevistador: \_\_\_\_\_

Data da entrevista: \_\_\_\_\_

Localidade: \_\_\_\_\_

**Informações sócio-econômicas e educacionais**

1. Nome do responsável pela família:

\_\_\_\_\_

2. Condições de escolaridade de acordo com os componentes da família:

Não sabem ler e escrever \_\_\_\_\_

Ensino fundamental incompleto \_\_\_\_\_

Ensino fundamental completo \_\_\_\_\_

2º grau incompleto \_\_\_\_\_

2º grau completo \_\_\_\_\_

Ensino superior \_\_\_\_\_

3. Composição familiar:

-Quantas pessoas moram na casa? \_\_\_\_\_

-Quantas crianças menores de 05 anos? \_\_\_\_\_

-Quantas pessoas com mais de 60 anos? \_\_\_\_\_

4. Condições socioeconômicas:

- Renda mensal da família: \_\_\_\_\_

- Principal fonte de renda:

1. Agricultura

5. Carpinteiro

2. Criação de Animais

6. Pedreiro

3. Apicultura

7. Costureira

4. Aposentadoria

8. Outro: \_\_\_\_\_

## 5. Características da residência:

- Casa que você mora: 1.Própria 2.Alugada 3. Cedida 4.Arrendada 5. Outra condição:\_\_\_\_\_

- Tipo de material do telhado: 1.Telhado de cerâmica 2. Laje 3. Telhado de fibrocimento 4. Palha 5.Amianto/Zinco 6. Outro:\_\_\_\_\_

- Tem fossa sanitária: 1. SIM 2. NÃO

- Destino do lixo: 1. Coletado 2. Queimado 3. Enterrado 4. Disposto em terrenos a céu aberto 5. Outros:\_\_\_\_\_

## 6. Tipo de tratamento da água para consumo humano:

1. Filtração 2. Fervura 3. Cloração 4. Exposição ao sol 5. Não trata 6. Outro, como moringa, pedra ume, lírio branco:\_\_\_\_\_

-Se não, porque não realizam o tratamento:

## 7. A água da cisterna supre as necessidades, em termos quantitativos, da família:

( ) Sim ( ) Não, por quê:\_\_\_\_\_

- Se não há suprimento adequado qual outra fonte de abastecimento:

## 8. Há divisão da água da cisterna com outras famílias:

( ) Sim ( ) Não

## 12. Antes da construção da cisterna, qual era a fonte de abastecimento:

## 13. Origem da água de carros-pipas:

Poço Nascente Cisterna Chafariz Rio Lago Barreiro  
açude Outras:\_\_\_\_\_

- Qual a forma para aquisição do abastecimento por carro-pipa:

## 14. Frequência mensal de abastecimento de carro-pipa:

Semanal Quinzenal Mensal Outras:\_\_\_\_\_

## 15. Realiza limpeza/desinfecção da cisterna, com que periodicidade e como é realizada.