UFPB UEPB UERN UESC UFAL UFSE UFRN UFS UFPI

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA / UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
PROGRAMA REGIONAL DE PÓS - GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE

GILSIA FABIANE OLIVEIRA MORAIS

Cisternas domiciliares: qualidade da água para consumo humano em comunidades rurais do semiárido Sergipano

PRODEMA

João Pessoa - PB
2016

GILSIA FABIANE OLIVEIRA MORAIS

Cisternas Domiciliares: qualidade da água para consumo humano em comunidades rurais do semiárido Sergipano

Dissertação apresentada ao Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA, Universidade Federal da Paraíba, e Instituto Federal de Sergipe em cumprimento às exigências para obtenção de grau de Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente.

Orientador: Profa. Dra. Nataly Albuquerque dos Santos
Co-orientador: Prof. Dr. Anderson Nascimento do Vasco

João Pessoa - PB
2016

FICHA CATALOGRÁFICA PELA BIBLIOTECA CENTRAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA

M827c Morais, Gilsia Fabiane Oliveira.
Cisternas domiciliares: qualidade da água para consumo humano em comunidades rurais do semiárido sergipano / Gilsia Fabiane Oliveira Morais. - João Pessoa, 2016.
86 f. : il. -

Orientadora: Nataly Albuquerque dos Santos.
Dissertação (Mestrado) - UFPB/CCEN

1. Água de chuva – Consumo humano. 2. Semiárido - Sergipe. 4. Coliformes. I. Título.

UFPB/BC CDU: 628.1.37(043)

GILSIA FABIANE OLIVEIRA MORAIS

Cisternas Domiciliares: qualidade da água para consumo humano em comunidades rurais do semiárido Sergipano

Dissertação apresentada ao Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA, Universidade Federal da Paraíba, e Instituto Federal de Sergipe em cumprimento às exigências para obtenção de grau de Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente.

Aprovado em: ___/___/___

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Nataly Albuquerque dos Santos
Presidente/Orientador

Profa. Dra. Marinoé Gonzaga da Silva
Membro Externo

Prof. Dr. Williame Farias Ribeiro
Membro Interno

AGRADECIMENTOS

A Deus pela força espiritual durante todas as etapas da minha vida, força esta indispensável para superar todos as adversidades ao longo da caminhada.

A minha mãe Clarete, exemplo de mulher, que sempre me apoiou em todos os projetos da minha vida.

Ao meu pai Gilson, por acreditar no meu potencial.

Ao meu esposo Fábio, pelo amor, compreensão e dedicação às crianças principalmente nos momentos difíceis, em que estava ausente. Agradeço a ele especialmente pela valiosa ajuda e participação na visitas de campo, além do tratamento estatístico dos dados desta pesquisa.

Aos meus filhos, Diogo e Letícia, fontes de inspiração nos momentos de cansaço, dúvidas e ausências para conciliar o trabalho, os estudos e papel de mãe.

Aos meus irmãos, Fabrizia, Gicele e Gilson, pelo carinho e torcida por mim mesmo à distância.

Aos meus parentes e amigos pelas palavras de incentivo.

A minha orientadora Nataly Albuquerque, que mesmo a distância me incentivou e contribuiu para a realização deste trabalho de pesquisa.

E ao meu coorientador Anderson Vasco, que com muita paciência soube o momento certo para orientar e chamar minha atenção para o cumprimento das correções e dos prazos.

Aos colegas de mestrado Luan, Ariana e Juliano pelas contribuições durante a elaboração do trabalho e nas apresentações da qualificação e defesa, e aos demais colegas pelo força e incentivo em todas as fases deste mestrado.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO 14

REVISÃO DE LITERATURA..... 19

1. RECURSOS HÍDRICOS – ASPECTOS GERAIS..... 19

2. SEMIÁRIDO BRASILEIRO E ESCASSEZ DE ÁGUA 20

3. O APROVEITAMENTO DA ÁGUA DE CHUVA EM CISTERNA 23

4. CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO 28

4.1. PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS..... 28

4.2. . PARÂMETROS MICROBIOLÓGICOS..... 30

5. ANÁLISE ESTATÍSTICA DE PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DE QUALIDADE DA ÁGUA 32

REFERÊNCIAS..... 34

HIPÓTESE 40

OBJETIVOS..... 40

1. Geral 40

2. Específicos 40

JUSTIFICATIVA 41

CAPÍTULO 1 – MANEJO, ASPECTOS SANITÁRIOS E QUALIDADE DA ÁGUA DE CISTERNAS EM COMUNIDADES DO SEMIÁRIDO SERGIPANO 42

RESUMO 42

ABSTRACT..... 43

INTRODUÇÃO 44

MATERIAL E MÉTODOS 46

ÁREA DE ESTUDO..... 45

RESULTADOS E DISCUSSÕES 47

CONCLUSÃO..... 56

REFERÊNCIAS 57

CAPÍTULO 2 - QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA DE CISTERNAS DOMICILIARES DO SEMIÁRIDO SERGIPANO 60

RESUMO 60

ABSTRACT..... 61

INTRODUÇÃO 62

MATERIAL E MÉTODOS 63

RESULTADOS E DISCUSSÃO 68

CONCLUSÃO 76

REFERÊNCIAS 77

CONSIDERAÇÕES FINAIS 80

APÊNDICE I - FORMULÁRIO DE PESQUISA-USUÁRIOS CISTERNAS. 82

APÊNDICE II – DADOS DOS PARÂMETROS DE QUALIDADE DÁGUA NOS MUNICÍPIOS DE TOBIAS BARRETO E SIMÃO DIAS 84

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Teste T para Coliformes Totais (NMP/100 mL) nos períodos chuvoso e seco 55

Tabela 2 - Teste T para *E. coli (*NMP/100 mL) nos períodos chuvoso e seco 55

Tabela 3 - Nível de precipitação nos municípios de Tobias Barreto e Simão Dias no período de 02/2015 a 03/2016 65

Tabela 4 - Metodologia analítica adotada na análise laboratorial (APHA, 2012) 64

Tabela 5 - Matriz de correlação das variáveis originais de qualidade da água das Cisternas nos municípios de Simão Dias e Tobias Barreto 68

Tabela 6 - Matriz dos componentes principais rotacionada pelo método Varimax e Escore Z 69

Tabela 7 - Concentração de Flúor (mg/L) nas cisternas em comunidades dos municípios de Simão Dias e Tobias Barreto em 11/03/2016 76

Lista de Figuras

Figura 1 - Mapa do território Centro-Sul Sergipano 45

Figura 2 - Fontes de água usadas pela população antes da construção das cisternas. 48

Figura 3 - Fontes de água usadas pela população quando a água da cisterna é insuficiente 48

Figura 4 - Número de moradores por domicílio que utilizam água da cisterna 49

Figura 5 - Usos múltiplos para água da cisterna 50

Figura 6 - Problemas estruturais em calhas e tubos condutores 50

Figura 7 (Simão Dias) - Problemas estruturais (A); Desvio manual das 1as águas da chuva (B); Frequência de limpeza da cisterna (C) 51

Figura 8 (Tobias Barreto) - Problemas sistema cisterna (A); Desvio manual das 1as. Águas da chuva (B); Frequência de limpeza da cisterna (C) 52

Figura 9 - Balde usado para retirar água de cisterna em comunidade de Sergipe 52

Figura 10 - Valores de Coliformes Totais em Tobias Barreto e Simão Dias..... 53

Figura 11 - Valores de *E. coli* em Tobias Barreto e Simão Dias 54

Figura 12 - Localização dos pontos de coleta em cisternas dos municípios de Simão Dias e Tobias Barreto 64

Figura 13 - Cargas dos componentes com rotação ortogonal pelo método Varimax 71

Figura 14 - Distribuição por box plot dos parâmetro de qualidade da água em cisternas para água de chuva e água mista nos municípios de Tobias Barreto e Simão Dias, Sergipe 71

Lista de Abreviações e Siglas

°C (graus Celsius): Unidade de Temperatura

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas)

ACP (Análise dos Componentes Principais)

AF (Análise Fatorial)

ANA (Agência Nacional das Águas)

ASA (Articulação no Semiárido Brasileiro)

Ca (cálcio)

$CaCO^3$(Alcalinidade)

CE (Condutividade Elétrica)

Cl^- (Cloretos)

CO_3^{2-}(Carbonatos)

CP (Componente Principal)

E. coli (Escherichia coli)

HCO_3^-(Bicarbonatos)

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística)

INMET (Instituto Nacional de Metrologia)

IDH (Índice de Desenvolvimento Humano)

ITP (Instituto de Tecnologia e Pesquisa)

ITPS (Instituto de Tecnologia e Pesquisa de Sergipe)

km^2(quilômetro quadrado): Unidade de área

L (Litro): Unidade de Volume

LD (Limite Detecção)

mm ano^{-1}(milímetro por ano) : precipitação pluvial

m^3 (metros cúbicos): Unidade de Volume

m^3s^{-1}(metros cúbicos por segundo): Unidade de Vazão

mg L^{-1} (miligrama por litro): unidade de concentração

Mg (magnésio)

MDS (Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome)

MMA (Ministério do Meio Ambiente)

MS (Ministério da Saúde)

NO_3^- (Nitratos)

NBR (Normas Brasileiras de Regulamentação)

OMS (Organização Mundial da Saúde)

OH^- (Hidróxidos)

P1MC (Programa 1 Milhão de Cisternas)

pH (Potencial Hidrogeniônico)

ppm (Partes por milhão): unidade de concentração

PVC (Policloreto de Vinila)

PSU (Unidade de salinidade)

SO_4^{-2} (Sulfatos)

UFC (Unidades Formadoras de Colônia)

UNIT (Universidade Tiradentes)

UNEP (Programa de Segurança das Nações Unidas - United Nations Environment Programme)

uH (Unidade de Cor)

uT (Unidade de Turbidez)

SAAC (Sistema de Armazenamento de Água de Chuva)

SD (Simão Dias)

SEMARH (Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos)

SPSS (Statistical Package for the Social Sciences)

SRH-SE (Superintendência de Recursos Hídricos de Sergipe)

TB (Tobias Barreto)

STD (Sólidos Totais Dissolvidos)

RESUMO

As tecnologias de captação e armazenamento de água da chuva têm melhorado o acesso a água e consequentemente a vida de comunidades rurais no semiárido do Brasil. Em regiões com chuvas escassas, estes sistemas têm auxiliado no suprimento para o consumo humano, em especial nos meses de estiagem, entretanto o acompanhamento e controle da qualidade da água devem ser realizados para diminuir os riscos à saúde das populações beneficiadas. Este trabalho teve como objetivo avaliar as formas de manejo e qualidade da água armazenada em cisternas domiciliares para o consumo humano em comunidades rurais nos municípios de Simão Dias e Tobias Barreto, em Sergipe. A metodologia adotada foi quali-quantitativa, desenvolvida com a aplicação de 44 formulários para o diagnóstico socioambiental das famílias e coleta de 44 amostras de água armazenada em cisternas para análise em laboratório. Os parâmetros condutividade elétrica, turbidez, salinidade, sólidos dissolvidos totais, cor, cloreto, fluoreto, alcalinidade, dureza, coliformes totais e *Escherichia coli* foram adotados para análise e avaliação da qualidade da água. Como a água da chuva armazenada na maioria das vezes não atende às demandas das famílias, o uso de água de outras fontes, chamada de mista, e trazida por carro-pipa é depositada nas cisternas, o que altera a qualidade da água. Os resultados da análise físico-química das 44 amostras revelaram que a qualidade da água da chuva atende aos padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria 2.914/11, entretanto os níveis de fluoreto encontrados nas águas da chuva e mista estavam abaixo do recomendado pela referida norma e não garantem a prevenção de cáries dentárias dos usuários das cisternas. A avaliação microbiológica da água apresentou contaminação por coliformes totais em todas as cisternas de ambos os municípios e por *E. coli* em 100% dos domicílios de Tobias Barreto e 75% dos de Simão Dias, tornando a água imprópria para o consumo humano sem tratamento prévio. O comprometimento sanitário da água possivelmente está relacionado às deficiências na manutenção e conservação do sistema de captação e armazenamento de água como telhados, calhas, dutos e cisterna; e ao manejo dos usuários na retirada da água das cisternas, no qual predomina o uso de baldes presos em cordas. A capacitação e mobilização dos beneficiários das cisternas são aspectos centrais para melhor qualidade da água, para minimizar possíveis riscos à saúde e garantir o correto funcionamento destes sistemas.

Palavras-chave: água de chuva; semiárido; microbiológico; coliformes; físico-químico

ABSTRACT

Rainwater harvesting and storage technologies have improved access to water and, consequently, the lives of rural communities in the semiarid region of Brazil. In regions with scarce rainfall, these systems have aided in the supply for human consumption, especially in the dry season, however the monitoring and control of water quality must be carried out to reduce the health risks of the beneficiary populations. This study aimed to evaluate the management and quality of water stored in household cisterns for human consumption in rural communities in the municipalities of Simão Dias and Tobias Barreto in Sergipe. The methodology adopted was qualitative and quantitative, developed with the application of 44 forms for socio-environmental diagnosis of the families and collection of 44 samples of water stored in cisterns for analysis in the laboratory. The parameters electrical conductivity, turbidity, salinity, total dissolved solids, color, chloride, fluoride, alkalinity, hardness, total coliforms and Escherichia coli were adopted for water quality analysis and evaluation.. As the rainwater stored by sometimes does not meet the demands of families, the use of water from other sources, called a The results of the physico-chemical analysis of the 44 samples revealed that the rainwater quality meets the drinking standards established by Ordinance 2,914 / 11, however the fluoride levels found in the rainwater and mixed waters were below the recommended level and Do not guarantee the prevention of dental cavities of tank usersmixed, and brought by car-kite is deposited in cisterns, which can change the quality of water. Microbiological evaluation of water revealed contamination by total coliforms in all cisterns of both municipalities and by E. coli in 100% of the households of Tobias Barreto and 75% of those of Simão Dias, rendering the water unfit for human consumption. The sanitary commitment of the water is possibly related to the deficiencies in the maintenance and conservation of the system of capture and storage of water like roofs, gutters, ducts and cistern; nd the management of users in the removal of water from cisterns, in which the use of buckets attached to ropes predominates. The training and mobilization of the beneficiaries of the cisterns are central aspects for better water quality, in order to minimize possible health risks and ensure the correct functioning of these systems.

Keywords: rainwater; semiarid; microbiological; coliforms; physical-chemical

INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural essencial à vida, mas em regiões semiáridas o desenvolvimento humano pode ser comprometido pelo restrito acesso a água de qualidade. Nestas áreas os ciclos de escassez decorrem das precipitações irregularmente distribuídas, concentradas em um curto período de tempo, que seguidas estiagens prolongadas provocam o desenvolvimento do fenômeno da seca.

No Brasil a seca está relacionada com fenômenos climáticos. Dentre as regiões prejudicadas nas suas atividades socioeconômicas, destacam-se a maior parte dos nove estados do Nordeste e o norte de Minas Gerais, onde o clima semiárido é predominante (MAFFRA e MAZOLA, 2007). Mesmo que a irregularidade ou insuficiência das chuvas sejam as causas primárias da seca, há uma cadeia de causas e efeitos que se alinham para explicar parte da complexidade desta situação, que inclui deficiência no total de chuvas, redução de umidade radicular, perdas econômicas, fome, migração e baixos escoamentos nos cursos d'água e/ou do sobreuso das disponibilidades hídricas (CAMPOS, 2012).

Uma nova visão vem emergindo em relação à estiagem no ambiente semiárido. O velho discurso de “combate à seca”, que não foi capaz de resolver os problemas socioeconômicos advindos com os longos períodos de estiagem, abriu caminho para novos discursos rotulados de “práticas de convivência com o semiárido”. Este novo paradigma vem influenciando a vida de famílias que enfrentam uma condição de fragilidade, principalmente quanto à escassez de água, inclusive para suprir prioridades do cotidiano como beber e cozinhar (ALMEIDA e SOBRINHO, 2015).

As iniciativas de captação de água de chuva no semiárido brasileiro têm se ampliado por meio da construção de cisternas na região. Neste cenário insere-se o Programa 1 Milhão de Cisternas (P1MC), que foi criado pelo Governo Federal com o apoio da Articulação no Semiárido Brasileiro (ASA), da Agência Nacional das Águas (ANA) e a sociedade, no qual o acesso à água para consumo humano no semiárido se transformou numa política de governo, inclusive com previsão orçamentária.

Para Heidmann (2009) política pública é definida como um conjunto de ações e diretrizes políticas fundadas em leis e empreendidas como funções de Estado por um governo, para resolver questões gerais e específicas da sociedade. Entretanto para Santos (2005) no P1MC, o conceito de política pública foi ampliado através da pactuação com diversas forças sociais para o enfrentamento das demandas e prover as

necessidades de segmentos atendidos, levando em conta que o caráter universal das políticas públicas vem sendo substituído pela intervenção focalizada com a canalização de recursos públicos para organizações não governamentais (SANTOS, 2005).

As famílias passaram a vivenciar um modo completamente novo de acessar políticas e serviços públicos em suas comunidades. Ao invés de ações que chegam prontas e para as quais não são sequer consultadas, o desenvolvimento do P1MC nas comunidades envolve, mobiliza e convoca as famílias a ser parte de todo o processo. A participação social e comunitária está prevista em todas as etapas de execução do programa. O processo de mobilização tem início com a articulação de uma comissão municipal, instância legítima de controle social dos programas da ASA e responsável pelo processo de seleção e capacitação das famílias, seguido da organização dos eventos de construção das cisternas (ASA, 2012).

O destaque do programa são as inovações que apresenta, especialmente por ser pautado em um sistema simplificado de aproveitamento de água de chuva e por ter um modelo de gestão sustentado na participação da sociedade civil organizada. E outro aspecto importante do P1MC é procurar garantir água de boa qualidade para consumo humano, diminuindo a incidência de doenças de veiculação hídrica, propondo a participação de toda a população beneficiada e levando em consideração as experiências de vida dos participantes (GOMES e HELLER, 2016).

Apesar da variabilidade pluviométrica, sabe-se que no Brasil está uma das regiões semiáridas mais úmidas do mundo tornando absolutamente viável a instalação de sistemas de captação e uso racional da água de chuva que podem se tornar uma política pública que represente uma contribuição efetiva, eficiente e essencial à satisfação das demandas sociais e assegurar acesso equitativo à água para todos os cidadãos (GNADLINGER, 2005).

O aproveitamento das águas da chuva é uma solução sustentável para manter as populações rurais nas regiões semiáridas, permite a convivência com as características naturais da região e promove o desenvolvimento econômico das famílias, que não precisam se deslocarem longas distâncias em busca de água. É fundamental considerar que o uso destas tecnologias sociais de captação água exige uso racional do recurso, pois estes sistemas têm capacidade de armazenamento limitada e definida para determinado perfil familiar. Quando a água armazenada não atende a demanda dos usuários, os mesmos precisam recorrer a outras fontes, incluída a de carro-pipa, cuja qualidade desconhecida representa um risco à saúde.

Em relação aos aspectos quantitativos, os projetos de construção de cisternas consideram um volume único de 16m^3, o que atende em média, uma família com 5 pessoas para beber e cozinhar durante o período de estiagem que pode durar 8 meses. Contudo, não são raras famílias maiores no semiárido nordestino e o tamanho da cisterna torna-se insuficiente. Estas observações demonstram a necessidade de algumas mudanças e avanços em relação à construção e operacionalização destes sistemas. A falta de água fragiliza a sustentabilidade do programa, uma vez que várias famílias precisam completar o volume acumulado durante o período de chuvas com água de caminhões pipa ou de outras fontes, sem garantia de qualidade, como açudes e olhos d'água ou poços distantes, com os quais se perde parte dos êxitos sociais. Essa constatação alerta para o dimensionamento do sistema baseado na área dos tetos, que é a área de escoamento mais usada na região nordestina, e na capacidade de armazenamento das cisternas (TAVARES et al, 2007).

Diante da escassez hídrica, o aproveitamento da água da chuva deve ser visto como uma estratégia de gestão de recursos hídricos. A gestão da água da chuva envolve uma série de fatores locais de âmbito socioeconômicos, ambientais, espaciais e técnicos, entre eles: falta de acesso à água potável, uso e ocupação dos solos, perfil econômico dos usuários atendidos, educação ambiental, organização social, aspectos relacionados à saúde (doenças de veiculação hídrica), regime pluviométrico e sua distribuição espacial, tempo de infiltração, área de coleta, tipo de telhado, número de pessoas, ocorrência de chuva, entre outros (VELOSO e MENDES, 2013).

Em regiões rurais, onde a água da chuva é utilizada para consumo humano, as medidas sanitárias de captação combinadas ao manejo adequado dos sistemas permitem preservar a melhor qualidade desta água. Dentre essas medidas algumas são muito simples: limpeza dos tetos das casas, calhas e dutos de captação e deslocamento; proteção da entrada da água na cisterna; limpeza periódica da cisterna; uso de recipientes limpos ou bombas para a retirada da água; e desinfecção com cloro antes do uso (ANDRADE NETO, 2014).

A água de chuva é uma alternativa interessante para combater os efeitos da estiagem, uma vez que pode ser captada e armazenada com equipamentos simples, com custo acessível e de nível tecnológico apropriado para pequena escala, além da capacidade de produzir resultados imediatos. É uma solução eficiente, tanto econômica quanto ecológica, para os problemas básicos da população local, especialmente no

âmbito do acesso à água para consumo doméstico, entretanto, a vigilância e controle da qualidade da água deve ser garantida para diminuir os riscos à saúde das populações beneficiadas (SILVA, PERELLO e MORAES, 2014).

Diante desta realidade, o uso das tecnologias sociais para captar água de chuva no semiárido são muito importantes para suprir necessidades básicas de comunidades dispersas, em especial no semiárido Sergipano, área de estudo desta pesquisa. Todavia, os cuidados para conservação e limpeza das áreas de captação e armazenamento da água, além do manejo na retirada e uso da água são essenciais na preservação da qualidade deste recurso. Processos educativos constantes são necessários para fortalecer os princípios de cuidado por parte dos usuários, já que o acesso à água de qualidade representa uma possibilidade de transformação social, melhoria da qualidade de vida e de saúde das famílias.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, C. L.; SOBRINHO, J. F**. As Cisternas de Placas no Cenário da Paisagem de Superfície Sertaneja no Semiárido Cearense.** XI Fórum Ambiental da Alta Paulista, v. 11, n. 6, 2015, p. 188-205. Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos. Periódico eletrônico. ISSN 1980-0827.

ANDRADE NETO, C. O. de. **Água de Chuva: alternativa para conviver com a seca.** In: Simpósio Ítalo-brasileiro de engenharia sanitária e ambiental. Universidade Federal do Rio Grande do Norte - Departamento de Engenharia Civil - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária - Laboratório de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (2014).

ASA - Articulação do Semiárido Brasileiro. Disponível em http://www.asabrasil.org.br/acoes/p1mcem (2012).

CAMPOS, J. N. B. **A evolução das Políticas Públicas no Nordeste**. A questão da água no Nordeste. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos Ciência, Tecnologia e Inovação. Agência Nacional de Águas (ANA). Cap. 9, 2012

GOMES, U. A. F.; HELLER, L. **Acesso à água proporcionado pelo Programa de Formação e Mobilização Social para Convivência com o Semiárido: Um Milhão de Cisternas Rurais: combate à seca ou ruptura da vulnerabilidade?** Eng Sanit Ambient | v.21 n.3 | jul/set 2016 | 623-633

GNADLINGER, J. **Estratégias para uma legalização favorável à captação e ao manejo de água de Chuva.** 5o Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva CD-ROM, Teresina- PI, 11-14.07.2005.

HEIDMANN, FRANCISCO G; SALM, JOSÉ FRANCISCO. **Políticas Públicas e Desenvolvimento: bases epistemológicas modelos de análise.** Editora Universidade de Brasília, 2009. 340 p.; ISBN 978-85-230-0906-9.

MAFFRA, C. Q. T.; MAZZOLA, M. ***As* razões dos desastres em território brasileiro.** In: Santos, R. F. Vulnerabilidade Ambiental: desastres naturais ou fenômenos induzidos**?** Brasília, Ministério do Meio Ambiente (2007).

SANTOS, DAISY MARIA DOS. **A Poeira, AS Pedras e a Água: O Programa Um Milhão de Cisternas em Tobias Barreto/SE.** Universidade Federal de Sergipe- São Cristóvão – Sergipe, 2005.

SILVA, N. de M. D.; PERELLO, L. W.; MORAES, L. R. S**. Qualidade Microbiológica da Água de Chuva Armazenada em Cisternas na Área Rural de Inhambupe, no Semiárido Baiano e seus fatores intervenientes.** Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais (GESTA). Gesta, v. 2, n. 1; p. 172-187, 2014 – ISSN: 2317-563X.

TAVARES, A. C.; NÓBREGA, R. L. B.; OLIVEIRA, L. A.; SILVA, M. M. P. da; CEBALLOS, B. S. O.**; Uso de Cisternas no Semiárido Paraibano. Estado de Conservação e Técnicas de Manejo. 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental.** ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (2007).

VELOSO, N. da S. L.; MENDES, R. L. R. **Aspectos Legais do Uso da Água da Chuva no Brasil e a Gestão dos Recursos Hídricos: Notas Teóricas.** Associação de Recursos Hídricos. Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Bento Gonçalves/RS, (2013).

REVISÃO DE LITERATURA

1. RECURSOS HÍDRICOS – ASPECTOS GERAIS

A água é parte integral do planeta Terra, sendo componente fundamental de dinâmica da natureza, que impulsiona todos os ciclos, sustenta a vida e é o solvente universal. Entretanto, 97% da água do planeta Terra está nos oceanos e não pode ser utilizada para irrigação, uso doméstico e dessedentação. Para os 3% restantes, grande parte deste volume está sob forma de gelo na Antártida ou na Groelândia e somente 100 mil km^3, ou seja, 0,3% do total de recursos de água doce está disponível e pode ser utilizado pelo homem. Este volume está armazenado em lagos, flui nos rios e continentes, e é a principal fonte de suprimento acrescido de águas subterrâneas (TUNDISI, 2003).

No Brasil, está aproximadamente 12% da reserva hídrica do Planeta, com disponibilidade de 182.633 $m^3\ s^{-1}$ (GOMES, 2009). Considerando a extensão territorial do planeta, a distribuição desse recurso é bastante desigual. Na região amazônica, que apresenta uma das mais baixas concentrações populacionais do país, concentra-se 72% da água, enquanto o Sul e Sudeste concentram 8%, o Nordeste 4% e o Centro-Oeste 16%. Além disso, o Brasil desperdiça 37% de sua água tratada por gestão inadequada, o que daria para abastecer toda a França, a Bélgica, a Suíça e norte da Itália (REBOUÇAS; BRAGA; TUNDISI, 2015).

No país a precipitação média anual é de 1797mm, variando de 800mm na região semiárida do nordeste a mais de 2500mm na região Amazônica, que apresenta chuvas regulares e abundantes concentradas nos meses de novembro a maio. Enquanto no nordeste brasileiro as chuvas são de menor intensidade e se concentram nos meses de março à julho (CONEJO e MATOS, 2007).

A água é um bem natural, comum, indispensável e principalmente insubstituível à vida. No entanto, é preciso considerar que de toda a água existente apenas uma pequena parcela, referente à água doce, pode ser usada para o consumo humano, após adequação de suas características físicas, químicas e biológicas, tornando-a potável. Em se mantendo os atuais níveis de consumo e de degradação da água esse recurso, antes abundante, passará a escasso e, em se tornando escasso, a sociedade terá que optar entre continuar a caracterizá-la como um bem comum, do qual todos têm acesso sem ter que

recorrer a nenhuma forma de pagamento, ou, ao contrário, passará a valorá-lo tornando-o um bem econômico, onde o mercado fica responsável por satisfazer a demanda (BARROS e AMIN, 2007).

A escassez de água já é uma realidade em muitas regiões do mundo e se revela por meio da falta do recurso propriamente dito ou por conflitos de uso. A água escassa para as necessidades básicas da vida humana onera os que por essa condição são afetados, ônus derivado da necessidade de buscar água cada vez mais longe e, por isso, com custos cada vez maiores. Os que sofrem com essa situação, se não puderem pagar os custos crescentes, terão que utilizar parte do seu tempo para a busca de água, reduzindo suas produtividades e suas subsistências (LANNA, 2008).

Apesar das limitações crescentes, o acesso à água de qualidade e em quantidade suficiente é um direito universal. No Brasil, a Lei n° 9.433/97, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, reafirma o direito à água das gerações presentes e futuras, e a utilização racional e integrada dos recursos hídricos. Em situações de escassez, a água que é um recurso público, limitado e por isso dotado de valor econômico, deve ter o uso prioritário para o consumo humano e a dessedentação de animais (BRASIL, 1997).

A degradação do meio reflete a ruptura das relações harmônicas do ser humano com o meio ambiente, mostrando a urgência em criar medidas e políticas públicas que promovam a sustentabilidade ambiental. O uso sustentável dos recursos hídricos, respeitando o ciclo natural ainda é um grande desafio, já que o problema perpassa por aspectos que abrangem a falta de sensibilização, as condições sociais, econômicas, culturais e mudanças paradigmáticas (OLIVEIRA et al, 2007).

2. SEMIÁRIDO BRASILEIRO E ESCASSEZ DE ÁGUA

O semiárido brasileiro compreende 1.133 municípios distribuídos em 09 Estados, sendo eles Alagoas, Bahia, Ceará, Minas Gerais, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte e Sergipe. Tem como vegetação predominante a caatinga, um bioma exclusivo do Brasil, além de ser a região semiárida mais populosa do mundo e também a mais chuvosa. Mesmo assim, observa-se um grande déficit hídrico, uma vez que a quantidade de chuva é menor que o potencial de evaporação, ou seja, o potencial de evaporação é três vezes maior do que a de chuva que precipita (BRASIL, 2005).

O Estado de Sergipe possui 75 municípios com uma população de 2,22 milhões de habitantes (IBGE, 2010). Excetuando-se o rio São Francisco, os mananciais superficiais utilizados para abastecimento público são de pequeno porte, não havendo um grande número de reservatórios de regularização. É importante considerar também a utilização de mananciais subterrâneos, que compõem a oferta de água para abastecimento público em 38% das sedes municipais, sendo 27% abastecidas exclusivamente por poços e 11% de forma mista, ou seja, superficial ou subterrâneo (BRASIL, 2010).

A característica climática em Sergipe decorre da irregularidade espacial e temporal com secas severas em alguns anos e enchentes em outros anos (47,26% de seu território estão dentro do polígono das secas). Esta condição permite classificar o clima em semiárido (precipitação média aproximadamente 700 mm ano^{-1}), agreste (região tropical subúmida ou intermediária mais seca; precipitação média aproximadamente ~ 1.000 mm ano^{-1}) e litoral úmido (precipitações médias superiores a aproximadamente 1.355 mm ano^{-1}). O período chuvoso é de abril a agosto, com máximas se concentrando em maio, junho e julho. A temperatura média anual do ar varia de 22,7 a 26,5 ºC. A umidade relativa média anual varia de 80% no Litoral Sudeste a 65% no noroeste do estado. O mês com menor umidade relativa é o mês de fevereiro (entre 60 a 70%) e o mês com maior valor é maio (entre 75 a 85%) (ARAGÃO et al., 2011; SEMARH, 2011).

Parte deste comportamento climático das regiões semiáridas do Brasil pode ser explicado pelo El Niño, um fenômeno que envolve o aquecimento desigual das águas do Pacífico Equatorial e modificação da pressão atmosférica, com desvios das correntes aéreas em várias direções, sobretudo sobre a Amazônia brasileira e sobre o Nordeste. O El Niño tem causado alterações na precipitação do nordeste brasileiro e o prolongamento das secas nas regiões semiáridas, enquanto que no sul do Brasil e norte da Argentina são registradas inundações (COSTA, 2012).

A seca, apesar de ser um fenômeno natural, sempre tem gerado dificuldades sociais para as pessoas que convivem com a mesma. Com os longos períodos de estiagem torna-se difícil o desenvolvimento da agricultura e a criação de animais. Desta forma, a seca provoca a falta de recursos econômicos, gerando fome e miséria, além da escassez hídrica. As secas atingem, ainda, as plantações e as safras o que reduz a oferta de alimento, comprometendo assim a alimentação de milhares de pessoas e a economia. Em síntese, as secas promovem um cenário de "tragédia socioeconômica" onde a

convivência com seus efeitos torna-se cada vez mais uma necessidade ímpar (GAMA et al, 2013).

Diante da grave ameaça do aumento da escassez de água doce, o Brasil necessita despertar para o grande potencial pluviométrico que possui no sentido de incluí-lo no escopo da Política Nacional de Recursos Hídricos e estabelecer o seu uso racional e o desenvolvimento de tecnologias de captação das águas pluviais. A coleta de água da chuva pode ser transformada em um instrumento eficiente para o estabelecimento de soluções para os problemas das estiagens prolongadas, associada a outras ações da política de gerenciamento dos recursos hídricos no sentido de garantir o acesso à água de boa qualidade e o seu uso consciente como elemento essencial à vida (SANTOS et al, 2007).

O nordeste brasileiro possui o semiárido mais chuvoso do planeta, com 750 mm/ano de pluviosidade média, que varia dentro da região, de 250 a 800 mm/ano. Entretanto, as populações rurais estão expostas à vulnerabilidade da distribuição irregular das chuvas, em decorrência da instabilidade climática, com eventos de chuvas intercalados por dias ou até semanas secas, denominados veranicos**,** e ainda estiagens prolongadas que duram um ou mais anos (MALVEZZI, 2007).

O programa de construção de cisternas mostra-se eficiente para reduzir a "pobreza hídrica" em comunidades dispersas. No regime de chuvas do semiárido, no qual há ocorrência de mais de seis meses sem chuvas, as cisternas não podem ser pensadas como uma solução definitiva (CAMPOS, 2012).

Com relação aos aspectos legais, a Constituição Brasileira Federal de 1988, através do seu Art. 225, assegura que "todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para a presente e futuras gerações" (BRASIL, 1988)**.** Entretanto a legislação brasileira ainda é pouco atuante em relação ao aproveitamento de águas de precipitação atmosférica.

No que se refere aos instrumentos normativos, destacam-se a Portaria do Ministério da Saúde Nº 2.914 (BRASIL, 2011b), e as normas da ABNT NBR (Associação Brasileira de Normas Técnicas - Norma Brasileira): NBR 15.527/2007, NBR 5.626/1998 e NBR 12.214/1992. A Portaria do MS Nº 2.914/2011 estabelece que "toda água destinada ao consumo humano, distribuída coletivamente por meio de sistema ou solução alternativa coletiva de abastecimento de água, deve ser objeto de

controle e vigilância da qualidade da água". Como as cisternas constituem um sistema individual de abastecimento de água e, em geral, não há monitoramento de sua qualidade como ocorre em fontes de abastecimento público, torna-se difícil garantir a qualidade da água das cisternas conforme os padrões estabelecidos na referida Portaria.

Segundo a NBR 15.527 (ABNT, 2007), as águas de chuva captadas nas áreas urbanas devem ser utilizadas para fins não potáveis, como descarga em bacias sanitárias, irrigação de plantas, lavagem de veículos, calçadas e estabelecimentos, e serem utilizadas por indústrias desde que previamente tratadas. No âmbito desta Norma, recomenda-se ainda o uso de telas, grades e dispositivos de desvio para remoção dos resíduos dispostos ao longo do sistema de captação.

A NBR 5.626 (ABNT, 1998) dispõe sobre instalações prediais de água fria, prevê que o sol não deve ter acesso ao interior da cisterna e que o sistema deve ser independente do sistema de abastecimento de água potável. E a NBR 12.214 (ABNT, 1992) sugere manutenção mensal de bombas e dispositivos de descarte e desinfecção, além de verificação de calhas e condutores duas vezes ao ano.

Faltam normas brasileiras (NBRS) que padronizem critérios técnicos envolvidos no uso potável de água em regiões semiáridas, fator prejudicial à credibilidade de modelos de captação de água de chuva, principalmente por que a crise de abastecimento não é um problema atual e que tem repercussões para as futuras gerações (VELOSO E MENDES, 2013).

Embora a água seja fundamental para todas as formas de vida, sua importância nem sempre é percebida, sendo desperdiçada e poluída, o que altera a sua qualidade e disponibilidade. Por isso, o cuidado com a água deve ser uma preocupação não mais exclusiva dos que vivem em regiões consideradas áridas ou semiáridas, mas de todos os seres humanos do planeta (MEDEIROS e FEITOSA, 2005).

3. O APROVEITAMENTO DA ÁGUA DE CHUVA EM CISTERNA

A água das nuvens é, naturalmente, evaporada das águas superficiais de lagos, rios e mares, deixando os sais, as partículas e os microrganismos. A água da chuva é precipitada das nuvens e, por isso, é geralmente excelente para vários usos, inclusive para beber, exceto em locais com forte poluição atmosférica, densamente povoados ou industrializados. Entretanto, em áreas rurais, a água de chuva normalmente não é

contaminada, situação que pode se modificar pelo contato com as áreas de captação com manutenção inadequada (ANDRADE NETO, 2014).

Os usos múltiplos da água aumentaram com o crescimento da economia, assim como os impactos quantitativos e qualitativos, o que vem promovendo e estimulando novas soluções para o gerenciamento de recursos hídricos a nível local, regional, nacional e internacional. A implementação da Agenda 21 foi importante para esta mudança de paradigma e menciona:

> *O gerenciamento do uso da água e a procura por novas alternativas de abastecimento como aproveitamento das águas pluviais, a dessalinização da água do mar, a reposição das águas subterrâneas e o reuso da água estão inseridos no contexto do desenvolvimento sustentável, o qual propõe o uso dos recursos naturais de maneira equilibrada e sem prejuízos para as futuras gerações (BRASIL, 2002).*

Alternativas que busquem soluções de convivência com o clima e o ecossistema local, promovam o desenvolvimento sustentável e permitam acesso à água de boa qualidade às populações, especialmente em áreas rurais do semiárido, podem mudar essa realidade dando novas condições sociais ao povo. A captação de água de chuva através de cisternas é uma das alternativas para o desenvolvimento social e econômico da região por ser uma tecnologia que reúne as condições de baixo custo, resistência e simplicidade na construção (CARVALHO, 2010).

O uso de cisternas para captação e armazenamento de água de chuva para consumo doméstico é uma prática milenar em várias regiões do mundo e, atualmente, tem merecido maior interesse e ampla aplicação. Está cada vez ficando mais evidente que cisterna não é uma tecnologia "atrasada", "de país pobre", "pra coisa pequena". Ao contrário, apesar de milenar, continua moderna, quando incorpora novos conceitos, materiais, técnicas construtivas, segurança sanitária e melhor aproveitamento. Ademais, é uma tecnologia ecologicamente sustentável e de aplicação difusa e socialmente justa (ANDRADE NETO, 2013)

O Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (United Nations Environment Programme — UNEP) destaca que a captação de água de chuva e seu posterior armazenamento em cisternas é uma das alternativas cada vez mais utilizadas

para reduzir o número de pessoas sem acesso à água para o consumo humano. Experiências em países como China, Nova Zelândia e Tailândia são realizadas especialmente em áreas rurais, nas quais grande parte da população depende da captação de água de chuva por meio de sistema de calhas acoplado aos telhados (UNEP, 2009).

No Brasil, a captação de água de chuva para o consumo humano tem sido a alternativa tecnológica do programa de abastecimento de água em curso nas áreas rurais do semiárido, denominado P1MC. O "Programa de Formação e Mobilização para a Convivência com o semiárido: Um Milhão de Cisternas Rurais (P1MC)", criado pela ASA (Articulação do Semiárido) em parceria com a sociedade civil e o governo, busca garantir água para consumo a um milhão de famílias rurais. Os recursos previstos no Orçamento Geral da União, através do Ministério de Desenvolvimento Social, garantiu até 03/04/2016 construção 581.231 de cisternas (ANA, 2016).

O programa desenvolvido pela ASA pretende beneficiar famílias rurais de baixa renda com dificuldade de acesso à água com a construção de cisternas de placas de cimento, para armazenamento da água da chuva, bem como proporcionar capacitação e formação para a convivência com o semiárido. Espera-se que as famílias possam melhorar suas condições de vida, facilitando o acesso à água para consumo humano e evitando que as mesmas dispensem grande parte do dia em longas caminhadas em busca de água, melhorando a qualidade da água e a sua preservação, dando a família condições de usufruir deste bem e contribuindo também para a garantia da segurança alimentar e nutricional (ARRUDA e FARIAS, 2008).

A nova proposta de desenvolvimento para o semiárido baseada na captação da água de chuva é uma alternativa às políticas públicas realizadas até a década de 1980, que buscaram o combate à seca (MEDEIROS, SILVEIRA e NEVES, 2010). As estratégias atuais para o semiárido que têm na convivência uma nova lógica de "pensar, agir e conduzir os debates acerca de um modelo de desenvolvimento apropriado para o Semiárido", pressupõem novas formas de aprender e lidar com esse ambiente (CARVALHO, 2010).

A criação da ASA permite o reconhecimento de que historicamente a região tem sido alvo de políticas emergenciais que acabam provocando a exclusão social de várias famílias agricultoras. Todas as alternativas criadas para o semiárido nunca passaram de grandes obras hídricas com a suposta ideia de combater a seca e solucionar a questão

que envolve a escassez de água na região, mas que foram modelos de transferência de tecnologias não adaptadas à realidade local (OLIVEIRA e DUQUE, 2010).

O modelo de desenvolvimento, baseado na convivência com o semiárido, efetiva-se na prática com as tecnologias sociais (cisternas), que se fundamentam no compromisso com as necessidades, potencialidades e interesses das populações locais, em especial dos camponeses e são baseadas na conservação, uso sustentável e recomposição ambiental dos recursos naturais do semiárido (SILVA, 2012).

Diante da escassez hídrica, o aproveitamento da água da chuva deve ser visto como uma estratégia de gestão de recursos hídricos. A gestão da água da chuva envolve uma série de fatores locais de âmbito socioeconômico, ambiental, espacial e técnico, entre eles: falta de acesso à água potável, uso e ocupação dos solos, perfil econômico dos usuários atendidos, educação ambiental, organização social, aspectos relacionados à saúde (doenças de veiculação hídrica), regime pluviométrico e sua distribuição espacial, tempo de infiltração, área de coleta, tipo de telhado, número de pessoas, ocorrência de chuva, entre outros (VELOSO E MENDES, 2013).

Como sistemas de aproveitamento da água da chuva, as cisternas de placa, são construídas a partir de placas de cimento pré-moldadas, têm formato cilíndrico, cobertas e enterradas 2/3 de sua estrutura para suportar a pressão da água. Por meio de um sistema de calhas acoplado aos telhados, recebem e armazenam a água de chuva, que estará protegida da evaporação e das contaminações causadas por animais. As cisternas construídas têm capacidade para armazenar 16.000L de água e refere-se ao consumo de água para beber e cozinhar, de uma família com cinco pessoas durante oito meses, tempo equivalente a estiagem (BRASIL, 2011a).

Embora construídas com a finalidade de captar e armazenar água de chuva, de melhor qualidade para o consumo humano, as cisternas podem ser abastecidas por meios artificiais, como o carro-pipa. Em geral, o uso de água de carro-pipa ocorre quando as águas armazenadas durante as chuvas não são suficientes para satisfazer a demanda familiar, seja porque as chuvas do período foram escassas ou porque a área de escoamento é reduzida ou porque a família tem numerosos membros que consomem mais água do que é possível armazenar no sistema instalado (TAVARES et al, 2007).

As ações e programas atuais de captação de água de chuva têm três importantes falhas tecnológicas: 1) usa a mesma tecnologia de construção de cisternas sem um questionamento suficiente; 2) adota o mesmo volume para as cisternas em todas as situações, sem considerar o regime pluviométrico local, o número de usuários, e nem a

área de captação; 3) não estão sendo executadas e nem divulgadas informações sobre a correta proteção sanitária (barreiras sanitárias físicas e culturais) da água. Não tem sido, também, dada a devida importância ao uso do tanque de descarte do primeiro milímetro de cada chuva, nem da bomba para retirada da água, na ingênua pretensão de garantir a qualidade da água apenas mediante desinfecção com cloro (ANDRADE NETO, 2013).

O sistema de armazenamento de água de chuva (SAAC), segundo SILVA, PERELLO E MORAES (2014) é formado pelos seguintes componentes:

- **Superfície de coleta** – é composta, sobretudo, por telhas cerâmicas, metal, vidro ou fibra de vidro. Apresentam a função de escoamento da água a ser recolhida, tendo como objetivo assegurar uma maior coleta de água, com aproveitamento máximo dos benefícios da chuva.
- **Telas de proteção de calhas** – é composta por armações metálicas que se encaixam ao longo da calha, e tem como função a remoção de detritos maiores, tais como folhas, galhos e flores, que possam vir a cair sobre o telhado e serem carreados pela chuva precipitada sobre a superfície de coleta.
- **Calhas e condutores** – são feitas de PVC, tubo de alumínio sem costura e aço galvanizado, sendo responsáveis por encaminhar a água da superfície de coleta até o dispositivo de descarte das primeiras águas (quando este existir) ou diretamente ao reservatório de armazenamento.
- **Sistema de descarte das primeiras águas** – pode ser realizado de forma manual, desconectando os tubos condutores, ou de forma automática (dispositivo que desvia um volume determinado de água automaticamente), tendo como função desviar os primeiros milímetros de água da superfície de coleta de cada chuva, no intuito de retirar as impurezas e detritos menores da atmosfera e da superfície de coleta acumulada entre duas chuvas.
- **Reservatório** – pode ser de fibra de vidro, PVC, madeira, metal, concreto fibrocimento e alvenaria, tendo como funções a retenção e o armazenamento da água de chuva captada por uma superfície de coleta próxima.
- **Bombeamento** – pode ser composto por bomba manual ou conjunto motor-bomba e tem como função interligar o reservatório aos pontos de uso. A elevação manual com balde e auxílio com corda tem sido também utilizada em substituição ao bombeamento.

- **Tratamento** – os tipos de tratamento são os mais variados possíveis, e dependem da qualidade da água captada, local de destinação espaço disponível para a sua implantação, tendo a função de melhorar a qualidade da água coletada.
- **Extravasor** – de PVC ou material metálico, tem como única função a saída do excesso de água do reservatório.

Mesmo diante da necessidade de ajustes, estas tecnologias sociais desenvolvidas para convivência com o semiárido estão contribuindo não apenas para a questão climática, mas também para a melhoria da qualidade de vida das populações onde foram implementadas. Esta constatação possivelmente esteja diretamente associada ao fato das mesmas permitirem efetiva incorporação dos saberes locais da própria comunidade, de organizações locais de desenvolvimento, bem como de universidades estaduais. Entre os pontos fortes, observa-se a preponderância de alguns aspectos considerados como "próprios" de tecnologias sociais, quais sejam: (i) articulação entre organizações de diversos setores produtivos; (ii) realização de capacitações para os usuários e (iii) resgate/valorização do conhecimento local (VENTURA, ANDRADE E GARCIA, 2014).

4. CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO

De acordo com Gnadlinger (2007) a qualidade de qualquer água é determinada pela qualidade da fonte de água, por sua exposição a contaminantes durante o processo da produção (captação, armazenamento, tratamento) e pela forma como a mesma chega ao consumidor.

Nas cisternas, a qualidade da água e os riscos à saúde humana decorrentes de seu consumo estão diretamente relacionados com os materiais utilizados na construção das estruturas, com o desenho físico e os componentes das mesmas, e com as práticas de operação e manutenção utilizadas pelos usuários dos sistemas. O desenho adequado dos sistemas de captação de águas pluviais, assim como a mobilização e capacitação dos beneficiários, são aspectos centrais na busca por minimizar possíveis riscos para a saúde e para garantir o correto funcionamento dos sistemas (GOMES et al, 2014).

É necessário garantir a qualidade da água consumida, seja ela oriunda de precipitações ou de carros-pipa, pois os riscos à saúde pública existem em ambas as

situações. E nas cisternas, sistemas alternativos e individuais de abastecimento de água, a segurança sanitária da água é uma questão a ser considerada, já que de acordo com a legislação brasileira da portaria 2.914, Ministério da Saúde, "toda a água destinada ao consumo humano deve obedecer ao padrão de potabilidade e está sujeita à vigilância de qualidade" (BRASIL, 2011b).

4.1. Parâmetros Físico-químicos

Condutividade Elétrica

A condutividade elétrica (CE) mede como a água conduz uma corrente elétrica, propriedade que é proporcional à concentração de íons na solução. Esses íons, que são produtos da transformação dos compostos químicos, conduzem a eletricidade por serem modificados negativamente ou positivamente quando dissolvidos na água (SILVA *et al*, 2008).

Turbidez

A turbidez é o parâmetro de qualidade de água que se refere à transparência da mesma. É a medida da interferência à passagem da luz (refração), causada devidos aos sólidos em suspensão. Essas partículas sólidas podem ser de: sílica, argila, matéria orgânica sob a forma de microorganismos e sua presença na água de alimentação pode provocar sedimentos nas linhas de água (PARRON, MUNIZ e PEREIRA, 2011).

Salinidade

Salinidade é uma medida especial de sólidos dissolvidos na água baseada nas concentrações de sais oceânicos. Tecnicamente, a medida da salinidade requer comparações com o SDT das amostras, condutividade ou outras propriedades físico-químicas (SILVA, 2008).

Sólidos totais dissolvidos

Os sólidos totais dissolvidos (STD), é a soma de todos os constituintes químicos dissolvidos na água. Mede a concentração de substâncias iônicas e é expressa em mg L^{-1} ou ppm (partes por milhão). A principal aplicação da determinação dos STD é de

qualidade estética da água potável e como indicador agregado da presença de produtos químicos contaminantes (PARRON, MUNIZ e PEREIRA, 2011).

Cor

A cor da água pode variar em função de diferentes fatores, sendo consequência de substâncias nela dissolvidas. As alterações observadas são decorrentes da absorção e reflexão diferenciada da radiação solar por partículas em suspensão, substâncias em suspensão ou mesmo moléculas da água (FAY E SILVA, 2006).

Cloretos

Na maioria das situações os cloretos têm procedência na dissolução de minerais ou pela intrusão da água do mar, podendo também provir dos esgotos domésticos ou industriais (PARRON, MUNIZ e PEREIRA, 2011).

Fluoreto

O fluoreto pode ocorrer em águas naturais ou pode ser adicionado em quantidades controladas nas estações de tratamento de água. Em casos raros, a concentração de fluoreto natural pode aproximar-se dos 10 mg/L, devendo estas águas serem desfluoretadas. A determinação da taxa de fluoreto é importante devido ao crescimento da prática de fluoretação da água como medida preventiva da cárie dentária (PARRON, MUNIZ e PEREIRA, 2011).

Alcalinidade

A alcalinidade é a propriedade que está relacionada com a capacidade de neutralizar um ácido, ou seja, é a quantidade de íons na água que reagirão para neutralizar os íons de hidrogênio. Os principais constituintes são hidróxidos (OH^-), carbonatos (CO_3^{2-}) e bicarbonatos (HCO_3^-) na água (FAY E SILVA, 2006).

Dureza

A dureza da água é resultado principalmente da presença de sais alcalinos de cálcio e magnésio, ou outros metais bivalentes, sendo que em menor quantidades.

A dureza total é a soma das concentrações de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) devida a bicarbonatos (HCO_3^-), sulfatos (SO_4^{-2}), cloretos (Cl^-) e nitratos (NO_3^-) (DI BERNADO e DANTAS, 2005).

4.2. Parâmetros Microbiológicos

Com relação a avaliação da qualidade da água das cisternas, os coliformes totais e a *Escherichia coli* foram os parâmetros escolhidos para caracterizar o padrão microbiológico. A compatibilidade da água para o consumo humano, segundo a portaria 2.914/2011, determina a ausência destas bactérias (BRASIL, 2011b).

Coliformes Totais

Os coliformes possuem representantes de vida livre e capazes de se reproduzirem no meio ambiente, portanto não são considerados, isoladamente, bons indicadores de contaminação fecal (WHO, 2008).

Escherichia coli

Já a *E. coli*, por ser de origem exclusivamente intestinal de animais de sangue quente (inclusive de humanos), é reconhecida como o melhor indicador de contaminação recente, que não se mantém viável em águas com baixas concentrações de nutrientes, podendo sugerir a provável presença de organismos patogênicos. No entanto, por ser mais sensível à cloração, a *E. coli* não é uma boa indicadora da presença de organismos mais resistentes, como vírus e protozoários (WHO, 2008).

Em relação às especificações para água de chuva, os sistemas de captação que armazenam água em cisternas acima do solo, costumam ser uma maneira relativamente segura de fornecimento deste recurso, mas têm como principais fontes de contaminação os pássaros, pequenos animais e sujeiras coletadas nos telhados. O impacto destas fontes pode ser minimizado por medidas simples, como: (WHO, 2008).

- As calhas devem ser limpas regularmente, 1vez por ano;
- Galhos de árvores pendentes devem ser diminuídos ao máximo porque podem ser uma fonte de poluição e facilitar o acesso à área de captação para pássaros e pequenos animais;
- Os canos de entrada das cisternas devem contemplar coadores/filtros de lixo de folhas;
- Recomenda-se instalar nas cisternas suportes “desviadores” para eliminar o primeiro fluxo, que não deixam entrar no tanque a água da chuva inicial que lava o telhado (20–25 litros);

- Na ausência desses suportes recomenda-se usar bicas separáveis (móveis), que podem fazer o mesmo efeito. A bomba manual substitui o balde e evita o contato do mesmo e da corda, muitas vezes sujos, com a água da cisterna.

A qualidade da água de chuva em áreas rurais, que em geral é boa, pode ser comprometida pelo contato com as áreas de captação com manutenção inadequada. Deficiências no manejo pelas famílias, verificado no costume de retirar água das cisternas com balde e não realização de limpeza anual do reservatório, comprometem a qualidade microbiológica da água. Adotar práticas simples incluindo descarte do primeiro milímetro de cada chuva, uso de bomba para retirada da água e limpeza anual do reservatório, melhora a qualidade da água para consumo humano e pode atender ao padrão de potabilidade (ANDRADE NETO, 2013).

As ações educativas precisam ser associadas à implantação destas tecnologias sociais. Deste modo é possível respeitar e utilizar as diversidades de percepções, concepções e modos de apropriação da água pelos habitantes das diferentes regiões; estimular o manejo adequado do líquido captado, incentivando a convivência do ser humano com sua terra semiárida; e gerar condições de sustentabilidade para estes projetos (SILVA et al, 2006).

Programas educativos são importantes para mudanças de práticas sanitárias das famílias no meio rural, principalmente em relação ao tratamento domiciliar da água. É importante destacar que a adição de água de outras fontes as da chuva armazenada na cisterna, compromete a qualidade da água. As campanhas que ensinem e reforcem a necessidade de tratamento domiciliar da água a ser consumida pela família, devem acontecer tanto para à captada e armazenada em cisternas quanto para a que vem de fontes alternativas de abastecimento (SILVA, HELLER E CARNEIRO, 2012).

Outro aspecto a considerar com relação ao comprometimento da qualidade da água é o aparecimento de doenças de veiculação hídrica, como as diarreias, em comunidades rurais consequentes da contaminação da água (ROCHA et al, 2006). A captação, armazenamento e uso corretos da água da chuva podem prover melhoria na saúde da população e ser usada como medida de prevenção de ocorrência de diarreia em crianças e adultos (LUNA et al, 2011).

Para garantir a qualidade e a segurança sanitária da água armazenada na cisterna deve ser realizado o tratamento com cloro antes do consumo humano. O cloro é eficiente e de baixo custo, promove a desinfecção da água e previne doenças de

veiculação hídrica. A desinfecção é efetuada com a adição de hipoclorito de sódio na proporção de 2 gotas para cada litro de água e aguarda 30 minutos para o consumo. O cloro age sobre a água por apenas 1 ou 2 dias, se a água for estocada por mais tempo, a higienização deve ser repetida periodicamente (BRASIL, 2014).

5. ANÁLISE ESTATÍSTICA DE PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DE QUALIDADE DA ÁGUA

Os métodos estatísticos multivariados permitem conhecer os parâmetros mais representativos da qualidade de um recurso hídrico, minimizar a subjetividade na análise de dados de qualidade de água e, assim, obter resultados mais conclusivos. Dentre os métodos e técnicas multivariadas disponíveis, a Análise dos Componentes Principais/Análise Fatorial (ACP/AF) é uma das mais usadas (PEREIRA et al, 2015).

A ACP/AF é utilizada para investigação das relações existentes em um conjunto de "p" variáveis, em geral correlacionadas, transformando-o em um novo conjunto de variáveis não correlacionadas entre si, denominadas Componentes Principais (CPs). A ACP consiste numa técnica matemática que possibilita classificar e estabelecer correlações entre elementos de uma população, partindo-se do princípio de que haja influência de um conjunto de variáveis interagindo concomitantemente em um determinado fenômeno (FRANÇA, 2009).

Inicialmente, o que se obtém da transformação das "p" variáveis originais correlacionadas, são "p" Componentes Principais. No entanto, mesmo que sejam necessárias as "p" CPs para reproduzir a variabilidade total do sistema, a maior parte desta variabilidade pode ser explicada por um número menor "k" de componentes principais ($k < p$). Assim, como as "k" componentes principais explicam praticamente a mesma quantidade de informação que as "p" variáveis originais, pode-se substituir as "p" variáveis originais pelas "k" CPs, reduzindo-se o número de variáveis do problema em questão, perdendo a menor quantidade de informação possível no processo (FRANÇA, 2009).

A AF tem objetivos semelhantes aos da ACP, visto que visa a redução da dimensão de dados multivariados e a melhor compreensão do relacionamento existente entre as variáveis (TRINDADE, 2013). Para diversos autores a AF é uma técnica na qual se supõe que as variáveis possam ser agrupadas de acordo com suas correlações e

que as variáveis dentro de um grupo particular estão altamente correlacionas entre si, mas muito pouco correlacionadas com variáveis pertencentes a outro grupo (FRANÇA, 2009; GUEDES et *al*., 2012; TRINDADE, 2013).

A ACP pode ser compreendida como um método de extração utilizado na AF que independe da normalidade dos dados, no qual os escores (dados) gerados são utilizados na análise fatorial para reduzir a dimensionalidade do problema investigado, e ainda para identificar fatores que reflitam o que as variáveis têm em comum. Os fatores são extraídos por ordem de importância, sendo o Fator 1 (componente 1) aquele no qual a maioria das variáveis tem carga significativa capaz de explicar o maior percentual da variância. O segundo Fator e os seguintes são baseados na quantia residual de variância. Consideram-se cargas fatoriais significantes valores obtidos com variância >0,50 (PEREIRA et al, 2015).

Estudo realizado no Rio de Janeiro avaliou a qualidade da água de poços artesianos, através de 16 amostras nas quais os parâmetros físico-químicos foram analisados pelo método estatístico multivariado AF/ACP. Inicialmente foi feita a matriz de correlação [R], constatando que todas as variáveis apresentaram correlação superior a 0,5 em pelo menos duas outras variáveis de qualidade da água. Empregou-se o procedimento de rotação ortogonal, utilizando o método Varimax, que obteve uma porcentagem acumulada da variância total dos dados originais de 90,52% e determinando dois fatores F1(indicativo de dissolução de carbonatos) e F2 (indicando uma contaminação com a água do mar e dissolução de silicatos) (MENDONÇA et al, 2016).

Os gráficos tipo Box-plot são as ferramentas usadas para representar o perfil espacial de cada parâmetro selecionado para avaliar a qualidade da água. Esta metodologia possibilita a visualização da assimetria da distribuição, a faixa de variação dos dados, além de permitir a detecção de possíveis pontos extremos, que podem ou não serem excluídos da análise. As representações de Box plot possibilitam ainda a visualização das seguintes grandezas estatísticas: a média, a mediana (divide o conjunto de dados ao meio, deixando metade dos dados abaixo e metade acima dela), o máximo, o mínimo, o 1o quartil (é o valor que deixa ¼ das observações abaixo dele), o 3o quartil (é o valor que deixa ¾ das observações abaixo dele) e os valores extremos da distribuição dos dados (RODRIGUES et al., 2014).

Ante o exposto, para análise da qualidade da água de cisternas, faz-se necessário considerar parâmetros físico-químicos e microbiológicos que permitam monitorar e

minimizar riscos para saúde dos usuários. As cisternas de captação de água de chuva apresentam fragilidades que podem comprometer a qualidade da água para consumo humano, principalmente relacionadas com as áreas de captação e a forma de manejo para retirar a água armazenada.

REFERÊNCIAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15.527**: Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis. Rio de Janeiro: ABNT, 2007.

_____NBR 5.626: Instalação predial de água fria. Rio de Janeiro: ABNT, 1998.

_____NBR 12.214: Projeto de sistema de bombeamento de para abastecimento público. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.

_____**NBR 16.098**: Aparelho para melhoria da qualidade da água para consumo humano. Requisitos e Métodos de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.

ANA - Agência Nacional de Águas. **Programa de Formação e Mobilização Social para a Convivência com o Semiárido: Um Milhão de Cisternas Rurais - P1MC.** Disponível em: http://www.ana.gov.br/GestaoRecHidricos/Usos.Múltiplos/arq/ PIMC.doc. Acesso em: 03de abril 2016.

ANDRADE NETO, C. O. DE**. Aproveitamento Imediato da Água de Chuva.** Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais. Gesta, v.1, n.1, p. 073-086 – ISSN: 2317-563X (2013).

ANDRADE NETO, C. O. de. **Água de Chuva: alternativa para conviver com a seca.** In: Simpósio Ítalo-brasileiro de engenharia sanitária e ambiental. Universidade Federal do Rio Grande do Norte - Departamento de Engenharia Civil - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária - Laboratório de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (2014).

ARAGÃO, R.; ALMEIDA, J. A. P.; FIGUEIREDO, E. E.; SRINIVASAN, V. S. **Mapeamento do potencial de erosão laminar na Bacia do Rio Japaratuba, SE, via SIG**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.15, p.731-740, 2011.

ARRUDA, D'ALVA. O.; FARIAS, L. O. P. **Programa cisternas: um estudo sobre a demanda, cobertura e focalização.** Cadernos de Estudos. Desenvolvimento social em debate. Número 7. Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome, Secretaria de Avaliação e Gestão. Brasília. 2008. 40p.

ASA - Articulação do Semiárido Brasileiro. Disponível em http://www.asabrasil.org.br/acoes/p1mcem (2012).

BARROS, F. G. N.; AMIN, M. M. **Água: um bem econômico de valor para o Brasil e o mundo.** Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional. ISSN 2388-3010/2007.

BRASIL. Agência Nacional de Águas (ANA). **Atlas Brasil: abastecimento urbano de água**: **resultados por estado.** (2010). Disponível em: <http://arquivos.ana.gov.br/imprensa/publicacoes/atlas/Atlas_ANA_Vol_02_Regiao_Nordeste.pdf>. Acesso em: 17 nov. 2015.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **Saneamento domiciliar - Manual de instruções de uso das melhorias domiciliares**. Ministério da Saúde - Fundação Nacional de Saúde. – Brasília: Funasa, 2014. 24 p

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome e Secretária Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional. **Cartilha do Programa Cisternas.** Brasília, **2011a** Site: http://www.mds.gov.br/programas/seguranca-alimentar-e-nutricional-san/cisternas.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional: Comissão de Políticas de Desenvolvimento Sustentável e da Agenda 21. In: ***Agenda 21 brasileira*: resultado da consulta nacional**. Por Maria do Carmo de Lima Bezerra, Marcia Maria Facchina e Otto Toledo Ribas, Brasília MMA/PNUD 2002. p156. ISBN: 85-87166-41-7. Brasília: MMA, 2002.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional e Secretaria de Políticas de Desenvolvimento Regional. **Nova Delimitação do Semiárido Brasileiro**. Brasília, 2005.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria No - 2.914, de 12 de dezembro de 2011.** Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativas ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. **2011b.** Disponível bem <http://www.funasa.gov.br/ sitefunasa/legis/pdfs/ portarias_m/pm1 2.914_2011.pdf>. Acesso em: 19/05/2016.

BRASIL. Presidência da República Casa Civil Subchefia para Assuntos Jurídicos. **Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, Art. 1o. da LEI 9.433 de 8/01/1997.** Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm. Acessado em 23/09/2016.

BRASIL. Presidência da República Casa Civil Subchefia para Assuntos Jurídicos**. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Art. 225, Capítulo VI do Meio Ambiente.** Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_ 03/constituicao/constituicaocompilado.htm. Acessado em 20/07/2016

CAMPOS, J. N. B. **A evolução das Políticas Públicas no Nordeste**. A questão da água no Nordeste. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos Ciência, Tecnologia e Inovação. Agência Nacional de Águas (ANA). Cap. 9, 2012

CARVALHO, L. de D. **Ressignificação e reapropriação social da natureza: práticas e programas de "convivência com o semiárido" no território de Juazeiro-Bahia.** Tese de Doutorado em Geografia. Centro de Educação e Ciências Humanas da Universidade Federal de Sergipe. 342 p.(2010).

CONEJO, J. G. L.; MATOS, B. A**. Cadernos de Recursos Hídricos (volume 2). Disponibilidade e Demandas de Recursos Hídricos no Brasil.** Editora Agência Nacional das Águas (ANA). Acesso Link: http://

arquivos.ana.gov.br/institucional/sge/CEDOC/catalogo/2007/disponibilidadese demanda Brasil (2007).

COSTA, J. de A. **O fenômeno El Niño e as secas no nordeste do Brasil.** Revista Científica do Instituto Federal de Alagoas - IFAL, v. 1, n. 4, jan./jul. 2012.

DI BERNADO, L.; DANTAS, A. D. B. **Métodos e Técnicas de Tratamento de Água**. 2a. ed. São Carlos: RiMa, 2005. 1565 p. 2v.

FAY, E. F.; SILVA, C. M. M. S. **Índice de uso sustentável da água (ISA-ÁGUA) – Região do sub médio São Francisco**. Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP, 2006.

FRANÇA, M. S. **Análise Estatística Multivariada dos Dados de Monitoramento de Qualidade de Água da Bacia do Alto Iguaçu: uma ferramenta para a gestão de recursos hídricos**. Curitiba-PR. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental) – Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná (2009).

GAMA, C. M. da; MEDEIROS, M. C. S.; FREITAS, J. P. de; SILVA, J. A. L.; DASMACENO, J. **Secas: Uma "Tragédia Socioeconômica"**. Editora Realize. Disponível em: http://www.***scielo***.br/pdf/rbh/v21n40/a06v2140.pdf. (2013)

GNADLINGER, J. **Rumo a um Padrão Elevado de Qualidade de Água de Chuva Coletada em Cisternas no Semiárido Brasileiro.** 6o Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva. Belo Horizonte, MG, 09-12 de julho de 2007.

GOMES, M.A.F. **A Água nossa de cada dia.** Revista Panorama Rural. Ano XI, n. 122 – abril 2009. p. 44 – 48.

GOMES, U. A. F.; DOMÈNECH, L.; PENA, J. L.; HELLER, L.; PALMIER, L. R. **A Captação de Água de Chuva no Brasil: Novos Aportes a Partir de um Olhar Internacional.** *RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos Volume 19 n.1 – Jan/Mar 2014, 7-16.*

GUEDES, H. A. S.; SILVA, D. D.; ELESBON, A. A. A.; RIBEIRO, C. B. M.; MATOS, A. T.; SOARES, J. H. P. **Aplicação da Análise Estatística Multivariada no Estudo da Qualidade da Água do Rio Pomba, MG.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.16, p.558-563, 2012.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 2010. Estimativa População em Sergipe para 2014.** Disponível em http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/popul. Acessado em: 26/03/2016

LANNA, A. E. **A economia dos recursos hídricos: os desafios da alocação eficiente de um recurso (cada vez mais) escasso.** Estudos avançados 22 (63), 2008- Scielo Brasil.

LUNA, C. F.; BRITO, A. M. de; COSTA, A. M.; LAPA, T. M. **Impacto do uso da água de cisternas na ocorrência de episódios diarréicos na população rural do agreste central de Pernambuco.** Rev. Bras. Saúde Materna Infantil. Recife, (3): 283-292 jul. / set., 2011.

MALVEZZI, R. **Semiárido: uma visão holística.** Brasília: Confea, 2007.140p.

MAFFRA, C. Q. T.; MAZZOLA, M. ***As* razões dos desastres em território brasileiro.** In: Santos, R. F. Vulnerabilidade Ambiental: desastres naturais ou fenômenos induzidos**?** Brasília, Ministério do Meio Ambiente (2007).

MEDEIROS, R. M. de; FEITOSA, M. H. M. **Representação do ciclo hidrológico sobre superfícies urbanas - um modelo de simulação numérica de reservatório de água sobre vias e telhados para o município de Teresina – Piauí**. In: Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva. 5., 2005. Teresina-PI. Anais... Petrolina – PE: ABCMAC, 2005.

MEDEIROS, J. C. de A.; SILVEIRA, S. M. B. y NEVES, R. S. **Água e cidadania no semiárido brasileiro: A experiência do Programa Um Milhão de Cisternas rurais (P1MC) da ASA Brasil.** VIII Congresso Latino americano de Sociologia Rural. Porto de Galinhas, 15-19 de novembro (2010).

MENDONÇA, M. L. T. G.; CRUZ, R. P. DA; GODOY, J. M. de O.; GUERRA, A. J. T.; JORGE, M. do C. O.; SILVA, I. O.; MENDONÇA, M.; GASPAR, V. T. D. M.; SILVA, S. C. M. DA; **Determinação dos parâmetros físicos e químicos mais relevantes da água para uso doméstico proveniente de poços artesianos.** 39a Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química: Criar e Empreender. Sociedade Brasileira de Química (SBQ) Goiânia – 2016.

OLIVEIRA, L. A.; SOUTO, R. Q.; TAVARES, A. C.; SILVA, M. M. P. da; CEBALLOS, B. S. O. de. **Percepção ambiental e viabilidade da educação ambiental em comunidades do cariri paraibano para o uso sustentável dos recursos hídricos.** 24º Congresso de Engenharia Sanitária e Ambiental. Belo Horizonte – MG, 2007.

OLIVEIRA, M.S; DUQUE. G. **O uso, o Manejo e a Gestão de bens comuns pelos camponeses através da intervenção da Articulação do Semiárido (Asa)** – In VIII Congresso Latino-americano de Sociologia Rural, Porto de Galinhas (2010).

PARRON, L. M.; MUNIZ, D H. de F.; PEREIRA, C. M. **Manual de Procedimentos de Amostragem e Análise físico-química da Água.** DOCUMENTOS. EMBRAPA FLORESTAS. COLOMBO- PR. ISSN 1980-3958, DEZEMBRO 2011

PEREIRA, L. A.; FRANTZ, L. C.; BASSI, L.; TEIXEIRA, C.; FACIN, A. K. **Aplicação da Análise Estatística Multivariada para Comparação entre os resultados do Monitoramento da Qualidade das Águas Superficiais obtidos a montante e a jusante das obras de implantação da BR-448/RS – Rodovia do Parque**. VI Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. Porto Alegre/RS (2015).

REBOUÇAS, A. da C.; BRAGA, B.;TUNDISI, J. G. . **Águas Doces no Brasil: Capital Ecológico, Uso e Conservação**. 4. ed. São Paulo: Escrituras, 2015. 732 p.

RODRIGUES, E. R. D.; HOLANDA, I. B. B.; CARVALHO, D. P.; BERNARDI, J. V. E; MANZATTO, A. G.; BASTOS, W. B.; **Distribuição espacial da qualidade da água subterrânea na área urbana da cidade de Porto Velho, Rondônia.** Revista Scientia Amazonia, v. 3, n.3, 97-105, 2014.

SANTOS, M. J. dos; OLIVEIRA, E. M. de; ARAÚJO, L. E. de; SILVA, B. B. da. **Seca e Captação de Água da Chuva no Semiárido de Sergipe: O P1MC como Objeto de Pesquisa.** 46o. Simp*ó*sio Brasileiro de Capta*çã*o e Manejo de *Á*gua de Chuva Belo Horizonte, MG, 09-12 de julho de 2007.

SEMARH - Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos de Sergipe. **Atlas digital de recursos hídricos do Estado de Sergipe.** Aracaju: SEMARH, 2011. CD Rom.

SILVA, A. de S.; SILVA, C. M. M. de S.; FAY, E. F.; BRITO, L. T. de L. **Indicador de qualidade de uso de água em cisternas no semiárido brasileiro (IUA-CD).** Universidade Federal de Campina Grande, Universidade Estadual da Paraíba, Embrapa Semiárido - Petrolina, 2008.

SILVA, C. V. da; HELLER, L.; CARNEIRO, M. **Cisternas para armazenamento de água de chuva e efeito na diarreia infantil: um estudo na área rural do semiárido de Minas Gerais.** Eng Sanit Ambient | v.17 n.4 | out/dez 2012 | 393-400.

SILVA, L. P. da**. "Desenvolvimento e Sustentabilidade no Semiárido Brasileiro: Uma Análise do Trabalho Desenvolvido pela Articulação no Semiárido Brasileiro na Região Sudoeste da Bahia".** *Pensamento Econômico*: *Desenvolvimento e Sustentabilidade*,16, 44-59. (2012).

SILVA, M. P. da; OLIVEIRA, L. A. de; DINIZ, C. R.; CEBALLOS, B. S. **Educação Ambiental para o uso sustentável de água de cisternas em comunidades rurais da Paraíba.** REVISTA DE BIOLOGIA E CIÊNCIAS DA TERRA. ISSN 1519-5228. Suplemento Especial - Número 1 - 2º Semestre 2006

SILVA, N. de M. D.; PERELLO, L. W.; MORAES, L. R. S**. Qualidade Microbiológica da Água de Chuva Armazenada em Cisternas na Área Rural de Inhambupe, no Semiárido Baiano e seus fatores intervenientes.** Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais (GESTA). Gesta, v. 2, n. 1; p. 172-187, 2014 – ISSN: 2317-563X.

TAVARES, A. C.; NÓBREGA, R. L. B.; OLIVEIRA, L. A.; SILVA, M. M. P. da; CEBALLOS, B. S. O.**; Uso de Cisternas no Semiárido Paraibano. Estado de Conservação e Técnicas de Manejo. 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental.** ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (2007).

TRINDADE, A. L. C. **Aplicação de Técnicas Estatísticas para Avaliação de Dados de Monitoramento de Qualidade das Águas Superficiais da Porção Mineira da Bacia do Rio São Francisco**. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Universidade Federal de Minas Gerais. UFMG. 2013

TUNDISI, JOSÉ GALIZIA. **Ciclo Hidrológico e Gerenciamento Integrado**. *Cienc. Cult.* [online]. 2003, vol.55, n.4, pp. 31-33. ISSN 2317-6660. Disponível em: <http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252003000 4000 18>Acesso dia: 17 nov. 2015.

UNEP — United Nations Environment Programme. **Rainwater harvesting: a lifeline for human wellbeing.** A report prepared for UNEP by Stockholm Environment Institute. 69 p., 2009.

VELOSO, N. da S. L.; MENDES, R. L. R. **Aspectos Legais do Uso da Água da Chuva no Brasil e a Gestão dos Recursos Hídricos: Notas Teóricas.** Associação de Recursos Hídricos. Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Bento Gonçalves/RS, (2013).

VENTURA, A. C.; ANDRADE, J. C. S.; GARCIA, L. F. **. Tecnologias Sociais de Convivência com o Semiárido como Estratégia de Mitigação/Adaptação às Mudanças Climáticas no Brasil.** Astrolabio, Nueva Època, número 12, 2014.

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION**. Guidelines for drinking-water quality: recommendations**. 3. ed. 2008. Vol 1. Disponível em: www.who.int/water_sanitation _health/dwq/gdwq3rev/en/ - 39k. Acesso em: 20/07/2016.

HIPÓTESE

As formas de captação, manejo e o tipo de água armazenada em cisternas domiciliares do semiárido Sergipano podem comprometer a qualidade da água consumida pela população.

OBJETIVOS

1. Geral:

- Avaliar o manejo, uso e qualidade da água usada para consumo humano armazenada em cisternas domiciliares construídas em comunidades rurais do semiárido Sergipano.

2. Específicos:

- Identificar o estado atual de uso e manejo das cisternas de captação de água para consumo humano construídas em comunidades dos municípios de Simão Dias e Tobias Barreto;
- Avaliar os parâmetros físico-químicos e microbiológicos da água armazenada em cisternas de placas de comunidades rurais dos municípios de Simão Dias e Tobias Barreto;
- Realizar análise multivariada dos parâmetros físicos e químicos e o Teste T para microbiológicos da água das Cisternas nas referidas comunidades;
- Determinar os níveis de fluoretos nas águas das referidas cisternas e comparar com os valores recomendados para prevenção de cárie dentária;

JUSTIFICATIVA

Este estudo justifica-se pela importância do conhecimento da qualidade da água armazenada em cisternas domiciliares em comunidades do semiárido Sergipano, podendo contribuir para a transformação social, melhoria da qualidade de vida e de saúde das famílias beneficiadas.

CAPÍTULO 1

MANEJO, ASPECTOS SANITÁRIOS E QUALIDADE DA ÁGUA DE CISTERNAS EM COMUNIDADES DO SEMIÁRIDO SERGIPANO

RESUMO

Em regiões semiáridas do Brasil as tecnologias de captação de água da chuva auxiliam no suprimento para consumo humano de várias famílias, principalmente nos meses de estiagem. Para conhecer esta realidade, a pesquisa foi desenvolvida em comunidades rurais dos municípios de Simão Dias e Tobias Barreto, em Sergipe, com o objetivo de avaliar as formas de manejo e qualidade da água armazenada em cisternas domiciliares. A metodologia adotada foi do tipo quali-quantitativa, desenvolvida com a aplicação de 44 formulários para o diagnóstico socioambiental das famílias e coleta de 44 amostras de água armazenada nas cisternas para análise microbiológica em laboratório. Os resultados das amostras de água revelaram contaminação microbiológica por coliformes totais em todas as cisternas de ambos os municípios e por *Escherichia coli* em 100% dos domicílios de Tobias Barreto e 75% dos de Simão Dias. O comprometimento sanitário da água possivelmente está relacionado às deficiências na manutenção e conservação do sistema de captação e armazenamento de água como telhados, calhas, dutos e cisterna; e ao manejo dos usuários na retirada da água das cisternas, no qual predomina o uso de baldes presos em cordas. Verificou-se estatiscamente que em ambos períodos de coleta, chuvoso e seco, nos municípios analisados, houve contaminação da água, tanto pelos Coliformes totais quanto pela *E. coli*. A capacitação e mobilização dos beneficiários das cisternas são aspectos centrais para melhor qualidade da água, para minimizar possíveis riscos à saúde e garantir correto funcionamento destes sistemas.

Palavras-chave: água de chuva; controle microbiológico; coliformes; semiárido

TANK WATER MANAGEMENT, SANITARY ASPECTS AND QUALITY IN SEMIARID COMMUNITIES OF SERGIPE

ABSTRACT

In semiarid regions of Brazil, rainwater collecting technologies help supply several families for human consumption, especially during the dry season. In order to understand this reality, the research was carried out in rural communities of the municipalities of Simão Dias and Tobias Barreto, in Sergipe, so that the management and quality of water stored in domestic water tanks (cisterns) could be evaluated. The qualitative and exploratory methodology was adopted, developed with the application of 44 forms for the socioenvironmental diagnosis of the families and collection of 44 samples of water stored in the cisterns for microbiological analysis in the laboratory. The results of the water samples revealed microbiological contamination by total coliforms in all cisterns of both municipalities and by Escherichia coli in 100% of Tobias Barreto households and 75% of those of Simão Dias. The sanitary commitment of the water is possibly related to the deficiencies in the maintenance and conservation of the water capture and storage system, such as roofs, gutters, ducts and cistern; And due to the management of users in the removal of water from the cisterns, in which the use of buckets attached to ropes predominates. It was statistically verified that in both rainy and dry collection periods in the analyzed municipalities, water was contaminated by both total coliforms and E. coli. The training and mobilization of the beneficiaries of the cisterns are central aspects for better water quality, in order to minimize possible health risks and to ensure the correct functioning of these systems.

Keywords: rainwater; Microbiological control; coliforms; semiarid.

INTRODUÇÃO

As regiões semiáridas brasileiras são marcadas pela escassez de água. A irregularidade pluviométrica, alta evapotranspiração e os longos períodos de estiagens são características naturais destas áreas e explicam parte desta problemática. Para permitir a convivência das famílias com esta realidade, o aproveitamento da água da chuva é uma alternativa viável, já que este recurso natural existe, mas por ser distribuído de modo desigual precisa de armazenamento para atender as demandas dos moradores principalmente nos meses de estiagem.

Para ampliar a prática de acúmulo de água de chuva e atender necessidades básicas como beber e cozinhar da população que vive no semiárido, políticas públicas de construção de cisternas rurais vêm se ampliando. O P1MC, financiado pelo governo federal e em parceria com entidades civis, tem como meta construir 1 milhão de cisternas nas regiões semiáridas e garantir água de qualidade para o consumo de famílias rurais.

Em sistemas de abastecimento de água desta natureza, a qualidade da água e os riscos à saúde humana decorrentes de seu consumo estão diretamente relacionados com os materiais utilizados na construção das estruturas, com o desenho físico e com as práticas de operação e manutenção utilizadas pelos usuários. O controle das características estruturais dos sistemas de captação de águas pluviais, assim como a mobilização e capacitação dos beneficiários, são aspectos centrais na busca por minimizar possíveis riscos para a saúde e garantir o correto funcionamento dos mesmos (GOMES et al, 2014).

Nas áreas rurais semiáridas, a água da chuva normalmente não é contaminada, entretanto o contato com as superfícies de captação das cisternas (telhados), o transporte pelas calhas e dutos e o manejo por parte dos moradores podem elevar as possibilidades de contaminação. Quando a cisterna acumula somente água de chuva e tem manejo cuidadoso, incluindo descarte do primeiro milímetro de cada chuva e o uso de bomba para retirada da água, a qualidade é muito melhor e pode atender o padrão de potabilidade. A segurança sanitária de sistemas de captação de água de chuva em cisternas depende da educação dos usuários e do manejo seguro, mas, também, de um projeto adequado, inspeção regular e manutenção do sistema (ANDRADE NETO, 2013).

A contaminação microbiológica pode comprometer a qualidade da água da chuva e causar efeitos deletérios à saúde dos usuários das cisternas, como as doenças de veiculação hídrica. Segundo Álvares (2005), para o conhecimento da qualidade da água de consumo, os indicadores microbiológicos mais utilizados são coliformes totais e termotolerantes, helmintos e protozoários. Como esses bioindicadores podem causar uma série de enfermidades e estão relacionados à origem e transmissão hídrica, conhecidas como doenças relacionadas à água, o monitoramento da qualidade da água é importante para saúde das famílias.

Tecnologias sociais de captação e armazenamento de água devem ser implantadas em conjunto com ações de educação ambiental, veículo de sensibilização e transformação, para estimular o fortalecimento e uso das barreiras sanitárias que preservem a qualidade do recurso. As ações educativas são ferramentas no processo de mudança de atitudes e desenvolvidas de forma contínua fomentam a preservação dos recursos naturais, mas devem respeitar e utilizar as diversidades de percepções, concepções e modos de apropriação da água dos habitantes das diferentes regiões (SILVA et al, 2006).

A valorização das barreiras sanitárias nas etapas de captação, armazenamento e manejo das águas pelas famílias é uma das estratégias da educação ambiental que garante água de boa qualidade e contribui para a eliminação de doenças de veiculação hídrica. A educação para a água não pode estar centrada apenas nos usos que fazem dela, mas na visão de que a água é um bem que pertence a um sistema maior, integrado, que é um ciclo dinâmico sujeito às interferências humanas (BACCI; PATACA, 2008).

Considerando a importância da política de captação e armazenamento de água de chuva em comunidades rurais do semiárido, sobretudo por não possuírem sistema de abastecimento público de água, esta pesquisa pretende analisar as formas de captação, armazenamento e manejo, bem como a qualidade microbiológica da água acumulada em cisternas domiciliares de comunidades rurais dos municípios Sergipanos de Simão Dias e Tobias Barreto.

MATERIAL E MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo desta pesquisa compreende comunidades rurais dos municípios de Simão Dias e Tobias Barreto, localizados no Território centro sul Sergipano (Figura 1). Estes apresentam extensão territorial de 564.702km^2 com 38.702 habitantes e 1.021,30km^2 com 48.040 habitantes respectivamente (IBGE, 2010). É uma região com condições climáticas semiáridas, temperatura média anual que varia entre 20,3^{o}C a 32,8^{o}C e precipitação pluviométrica inferior a 1100mm decaindo para menos de 750mm/ano (SEMARH/SRH, 2016).

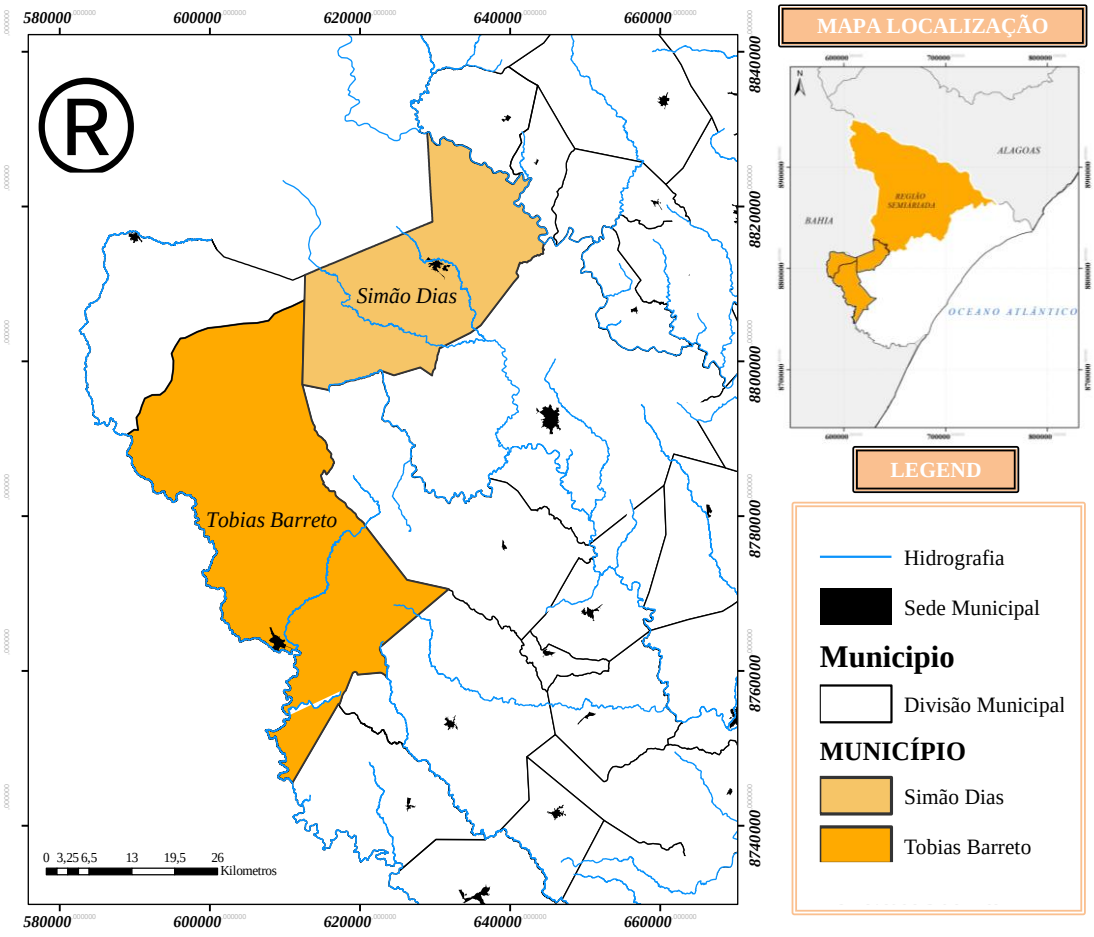


Figura 1 - Mapa do território Centro-Sul Sergipano (Fonte: SERGIPE, 2014)

A escolha desta área de estudo para avaliação das características de captação, armazenamento e manejo das cisternas rurais se justifica por sua representatividade na política social P1MC (programa 1 milhão de cisternas) executada pela Articulação do Semiárido (ASA) e também pelo baixo índice de desenvolvimento humano (IDH).

O IDH municipal de Tobias Barreto é de 0,55 e em de Simão Dias de 0,59, segundo dados do IBGE em 2010. Com relação às cisternas construídas pelo P1MC nestes municípios, os números revelaram que até o ano de 2015, o quantitativo foi de 2408 unidades em Simão Dias, para atender 8528 pessoas, e de 2056 cisternas em Tobias Barreto para beneficiar 7817 pessoas. Estes valores representando mais de 69% das cisternas domiciliares construídas no território centro sul Sergipano (BRASIL, 2015).

A amostra foi definida de acordo com o número de cisternas construídas pela ASA naqueles municípios, representando 1% das cisternas instaladas em cada um deles, que corresponderam a 20 domicílios em Tobias Barreto e 24 em Simão Dias. O critério de escolha para visita fundamentou-se na técnica "snowball", na qual o 1º. entrevistado indicou o próximo participante que também é beneficiário do sistema de captação e armazenamento de água e assim sucessivamente (BAILEY, 1994).

A metodologia adotada foi do tipo qualitativa e quantitativa, desenvolvida com a aplicação de 44 formulários para o diagnóstico socioambiental das famílias, anexados de Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, e coleta de 44 amostras de água armazenada nas cisternas para análise microbiológica em laboratório. A opção por esse método de análise de dados deve-se ao fato do mesmo permitir a observação, descrição e análise de um fenômeno, bem como explorar suas dimensões, o modo como se manifesta e como os componentes estão correlacionados.

Os formulários da pesquisa socioambiental foram aplicados aos chefes familiares das residências que possuíam cisternas domiciliares construídas pela ASA. Esta etapa da pesquisa buscou conhecer as características de captação, armazenamento e manejo destes sistemas distribuídos nas comunidades rurais. No município de Simão Dias foram visitadas: Apertado de Pedra (4), Areal (3), Aroeira (3), Paracatu (4) e Sítio Alto (10). Em Tobias Barreto, as comunidades estudadas incluíram: Campestre do Abreu (8), Barriga (2), Jacaré (5) e Assentamento Novo Marimbondo (5).

Os parâmetros microbiológicos analisados de acordo com as técnicas da APHA (2012), coliformes totais (ME-LPA-01) e *Escherichia coli (*ME-LPA-06*)*, definiram a metodologia quantitativa para análise da qualidade da água. Para esta avaliação foram

coletadas 44 amostras de água, das quais 20 no mês de setembro de 2015 (período chuvoso), sendo 10 em cada município. E no mês de março de 2016 (período seco), foram feitas mais 10 coletas em Tobias Barreto e 14 em Simão Dias.

A retirada de água da cisterna, no momento da coleta, foi feita pelo usuário como de costume, com balde ou bomba manual, a fim de reproduzir as mesmas condições de manejo. Os recipientes para as amostras, autoclavados e etiquetados pelo laboratório, foram preenchidos com a água das cisternas e acondicionados adequadamente sob refrigeração para entrega no Instituto de Tecnologia e Pesquisa (ITP) na Universidade Tiradentes em Aracaju/SE no mesmo dia da coleta para preservar as características do material.

Sobre os resultados microbiológicos das amostras de água foi realizado o teste estatístico T de Student, com nível de confiança de 95%, para comparar as médias quantitativas das coletas nos períodos chuvoso e seco, das quais se desconhecia as respectivas variâncias, e determinar se há diferença significante de contaminação na água da cisterna com a variação sazonal (AYRES, 2012).

Os dados microbiológicos de qualidade da água foram representados utilizando os diagramas do tipo Box-Plot. Esta metodologia possibilita a visualização das variâncias dos parâmetros em análise e suas influências ambientais através da representação dos valores médios e das assimetrias da distribuição ocorridas nos diversos pontos de coleta (RAMOS JÚNIOR e CRUZ, 2012; THEBALDI et al., 2011; RODRIGUES et al., 2014).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A importância do programa de cisternas para o semiárido Sergipano reside na possibilidade de armazenamento e acesso à água de qualidade, já que nas comunidades rurais visitadas em Tobias Barreto e Simão Dias não há abastecimento público de água, e antes da implantação de cisternas a principal fonte de água das famílias pesquisadas era barragens e açudes (Figura 2).

O consumo de água da baixa qualidade ocorre em outras comunidades rurais do semiárido, como na Tiquara (BA), na qual antes da aquisição das cisternas os moradores usavam água proveniente de poços artesianos (67%) com características salobras, além

de barreiros (19%), açudes (5%), carros-pipa (2%) e outras fontes (7%) (NETO et al, 2013).

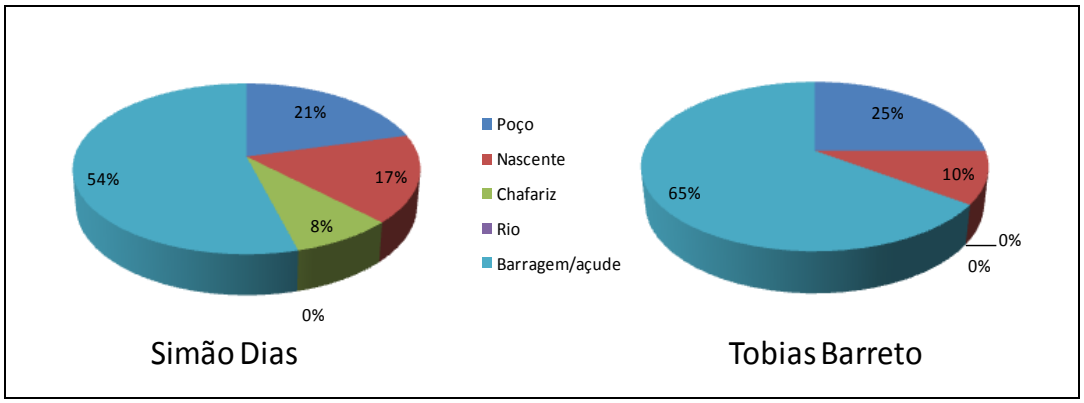


Figura 2 - Fontes de água usadas pela população antes da construção das cisternas

O aproveitamento da água da chuva pelas comunidades de Sergipe representa um consumo de água de melhor qualidade, contudo foi constatado que a água armazenada nas cisternas analisadas não atende as demandas de todas as famílias durante o período de estiagem. Nestes casos, o uso das fontes de água anteriores às cisternas e o uso de carros-pipa são as formas de sobrevivência destas populações.

Em Simão Dias os moradores recorreram a outras fontes de água quando a da cisterna é insuficiente, sendo os tipos usados chafariz (42%), carro-pipa (25%) e poço (8%). Para as famílias de Tobias Barreto, as outras fontes são carro-pipa (30%), poço (25%) e barragem/açude (10%). Entretanto para 35% das cisternas de Tobias Barreto e 25% das de Simão Dias a água de chuva nunca acaba e permite que os moradores consumam de água de melhor qualidade, mesmo no período de estiagem, e não precisem buscar água distante de casa como a maioria dos usuários (Figura 3).

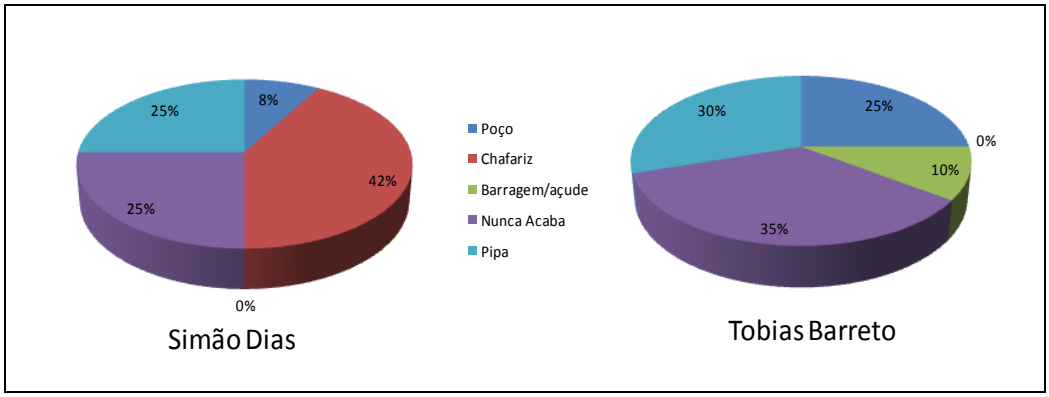


Figura 3 - Fontes de água usadas pela população quando água da cisterna é insuficiente

O consumo humano de água de qualidade desconhecida abastecida com carros-pipa é uma preocupação expressa em vários estudos (BRITO et al, 2005; SILVA, 2006;

TAVARES, 2009), como também a mistura do remanescente de água da chuva armazenada na cisterna com a de carro-pipa, situação ocorrida em 30% de residências rurais do sertão da Paraíba, segundo Araújo (2014).

O consumo racional da água das cisternas é fundamental pois estas tecnologias sociais armazenam 16.000 litros para atender famílias com até 5 integrantes para necessidades básicas como beber, cozinhar, lavar as mãos e utensílios domésticos de uso imediato (BRASIL, 2011). A maioria das comunidades estudadas apresentou 3 a 4 moradores por domicílio (Figura 4) e expressa a situação da região nordeste, onde a maioria dos domicílios também tem este número de moradores segundo censo do IBGE (2010).

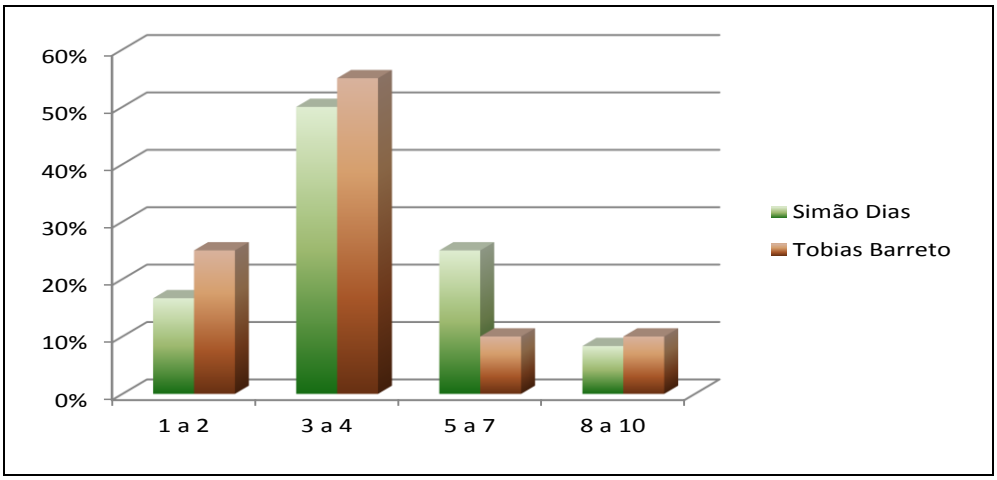


Figura 4 – número de moradores por domicílio que utilizam água da cisterna

A análise do gráfico da figura 4 mostra uma mudança no tamanho das famílias, já que em Simão Dias 25% delas são constituídas por 5 a 7 moradores, o que significa maior tendência de consumo de água neste município e explica por que um maior número dos seus moradores deste município buscaram por outras fontes de água (75%) em relação aos de Tobias Barreto, cujo percentual é de 65%.

A sustentabilidade do programa de cisternas domiciliares também pode ser comprometida pelos múltiplos usos da água da chuva. Beber e cozinhar representa 70% do consumo em Tobias Barreto e 58% em Simão Dias, contudo outras formas de uso da água também foram verificadas nos dois municípios, sendo banho a mais significante e que corresponde a 20% em Simão Dias e 12% em Tobias Barreto, além de limpeza e lavagem de roupa (Figura 5).

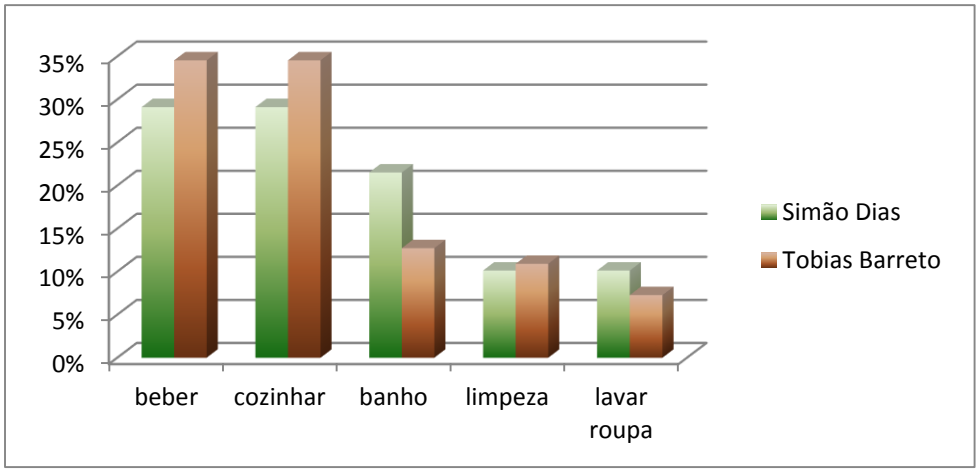


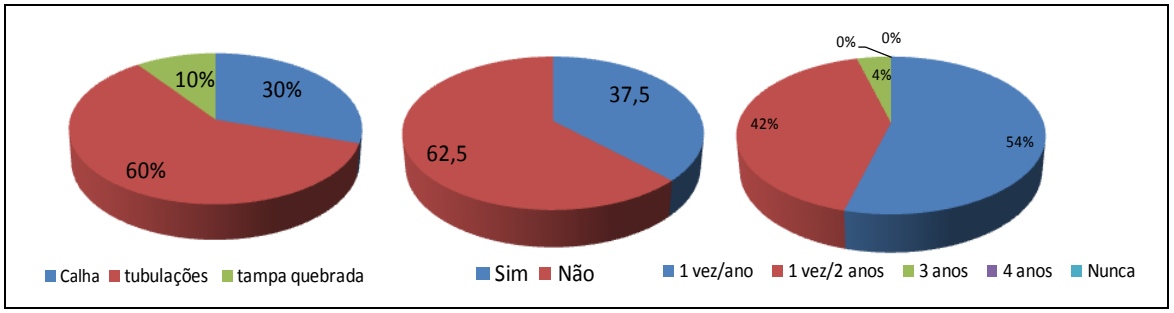
Figura 5 - usos múltiplos para água da cisterna

Tavares (2007) relatou que a falta de manutenção e conservação dos sistemas de captação e armazenamento, e o manejo inadequado da água da chuva podem comprometer a boa qualidade deste tipo de água em zona rural e contribuir para a contaminação da água da cisterna promovendo riscos para saúde da população.

As cisternas pesquisadas nas comunidades de Simão Dias e Tobias Barreto apresentaram fatores que podem comprometer a qualidade da água da chuva captada e armazenada, como: problemas estruturais envolvendo tubulações mal adaptadas ou sujas, calhas deformadas e incompatíveis com os tubos condutores, tampas quebradas ou empenadas, além de variações na frequência de limpeza do reservatório e desvio manual das primeiras águas da chuva, já que inexistem dispositivos de desvio automático (Figura 6).

Figura 6 – Problemas estruturais em calhas e tubos condutores (Fonte: própria, 2016)

A captação da água da chuva em Simão Dias através de telhados apresentou problemas nas tubulações em 60% dos domicílios pesquisados, além de má conservação das calhas de direcionamento da água (30%) e 10% de tampas das cisternas quebradas (Figura 7A). Quanto ao procedimento de desvio manual das primeiras águas de chuva, que visa promover a limpeza do telhado e condutores horizontais e verticais para evitar que as sujeiras acumuladas ao longo do período de estiagem sejam levadas para a cisterna, 62,5% dos domicílios não efetuam este serviço, o que pode contaminar a água captada pelo carreamento de poeiras acumuladas (Figura 7B). Com relação à limpeza das cisternas, tem-se: 54% são lavadas 1vez/ano, 42% das famílias fazem a lavagem 1vez a cada 2 anos e 4% após 3 anos (figura 7C).

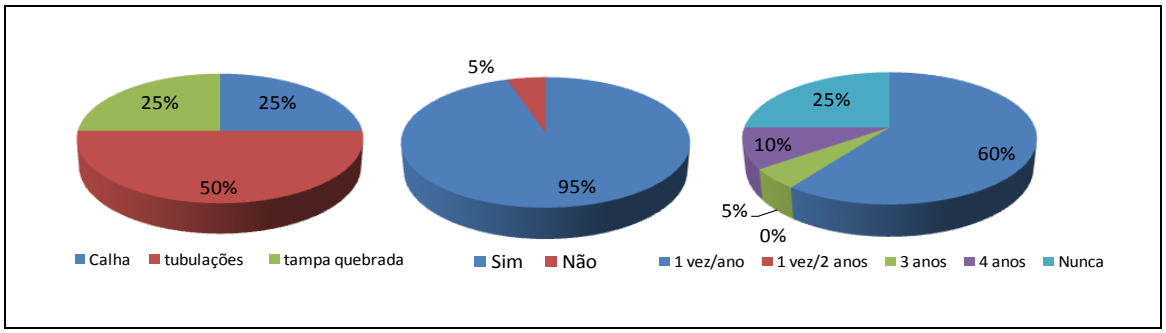


A B C

Figura 7 (Simão Dias) - Problemas estruturais (A); Desvio manual das 1[as] águas da chuva (B); Frequência de limpeza da cisterna (C).

Como o telhado, calhas e tubulações funcionam não só como estruturas físicas de captação e armazenamento da água da chuva mas também como barreiras sanitárias, o manuseio de forma adequada pode minimizar a contaminação microbiana da água da chuva armazenada na cisterna (XAVIER, 2011).

Para as comunidades rurais visitadas em Tobias Barreto, ocorreram problemas na estrutura de 50% das tubulações, 25% das calhas e 25% das tampas das cisternas (Figura 8A). O desvio manual das primeiras águas é realizado por 95% dos moradores (Figura 8B) e representa aspecto bastante positivo para melhor qualidade da água consumida. A limpeza anual da cisterna ocorre em 60% dos domicílios, enquanto 25% nunca fez a higiene, 10% faz a cada 4 anos e 5% após 3 anos de uso (Figura 8C).



A B C

Figura 8 (Tobias Barreto) - Problemas estruturais (A); Desvio manual das 1as. Águas da chuva (B); Frequência de limpeza da cisterna (C).

Cisternas avaliadas no semiárido baiano apresentaram comportamento semelhante ao de Tobias Barreto/SE com relação ao cuidado da limpeza das áreas de captação no início no período chuvoso, e mostraram que 88,8% das famílias da zona rural de Serrinha/BA desviam as primeiras águas da chuva e contribuem para garantir a qualidade da água (SANTOS, 2008).

A estrutura da cisterna é um ambiente vulnerável à contaminação, devendo ser mantida íntegra, com tampa fechada, interior lavado a cada período de estiagem e ter o sistema de bombeamento manual para evitar contato com a água armazenada e preservar sua qualidade. Entretanto, o hábito de retirar água através de balde significa risco de contaminação pela abertura da cisterna e introdução deste recipiente, que se apoiado no chão pode entrar em contato com fezes de animal de sangue quente e tornar-se veículo de transporte de microorganismos para água armazenada.

Figura 9 – Balde usado para retirar água de cisterna em comunidade de Sergipe (Fonte própria/2016)

Nas comunidades pesquisadas, a retirada da água das cisternas ocorre principalmente com baldes. Nos domicílios de Tobias Barreto, 100% dos moradores usam o balde para acessar a água, mas em Simão Dias 81,5% das residências recorrem a este método e as 18,5% restantes, usam a bomba manual. Este equipamento vem instalado na cisterna e representa a forma mais recomendada para preservar a qualidade da água, mas os moradores alegam dificuldade de manuseio e quebra do mesmo como justificativa para utilizar o balde (Figura 9).

Como a contaminação microbiológica é o principal fator de degradação das águas de chuva, as concentrações microbiológicas em cisternas devem ser monitoradas. Os padrões de potabilidade da água, segundo a portaria 2.914/2011 do MS, consideram que os coliformes totais e os coliformes termotolerantes do tipo *E. coli* devem estar ausentes na água destinada ao consumo humano.

As análises microbiológicas nos dois municípios revelaram que a água, de chuva e mista, em todas as cisternas está imprópria para o consumo humano por causa da presença de coliformes totais, revelando deficiência na limpeza do sistema de captação e armazenamento das cisternas e ou baixa qualidade da água de carro-pipa (Figura 10).

Em Simão Dias, os coliformes totais apresentaram valores de 3 NMP/100mL a 920 NMP/100mL, enquanto Tobias Barreto teve a contaminação variando de 6 NMP/100mL a 390 NMP/100mL (Figura 10). A dispersão dos valores de contaminação em Simão Dias é mais acentuada por causa da baixa adesão dos moradores no desvio das primeiras águas de chuva para limpeza do sistema. Na pesquisa socioambiental, apenas 37,5% dos moradores disseram fazer este procedimento no início do período chuvoso, fundamental para assegurar melhor qualidade da água.

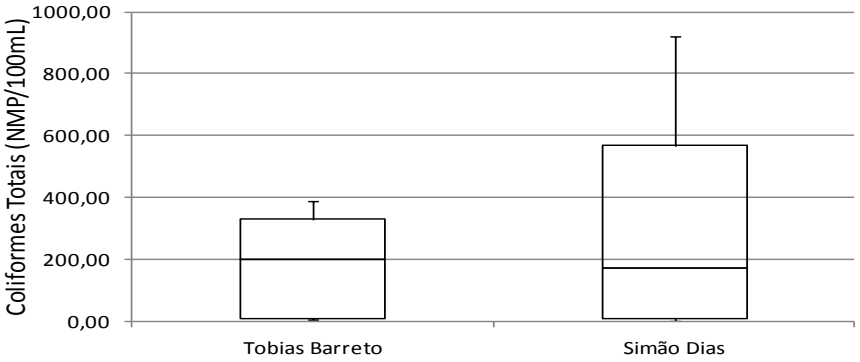


Figura 10 - Valores de coliformes totais em Tobias Barreto e Simão Dias

Para os coliformes do tipo *E. coli*, as análises da água no semiárido Sergipano tiveram valores de até 360 UFC/100mL tornando a água inadequada para ingestão sem prévia descontaminação. Nas comunidades de Tobias Barreto, 100% das amostras estavam contaminadas, enquanto em Simão Dias, foram 75% de resultados insatisfatórios já que 25% dos valores foram nulos, como demonstra o valor mínimo e o 1o. quartil do gráfico box-plot (Figura 11).

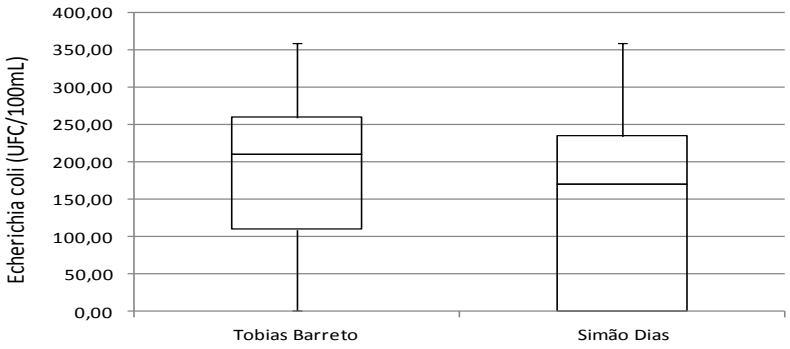


Figura 11 - Valores de *E. coli* em Tobias Barreto e Simão Dias

A presença de *E. coli* nas cisternas indica contaminação fecal recente e pode estar relacionada com o manejo dos usuários na retirada da água armazenada, realizada com baldes. Esta condição representa o comportamento adotado pelos usuários de Tobias Barreto e o nível de contaminação de 0,8 a 360 UFC/100ml encontrado. Em contrapartida, Simão Dias por ter 18,5% dos domicílios usando bomba manual, tem melhor qualidade de água (Figura 11).

Para verificar o comportamento dos níveis de contaminação microbiológica nas águas das cisternas, nos períodos chuvoso e seco, foi realizado o teste estatístico T-Student. Com este teste de hipóteses calcula-se o valor de T e T crítico a fim de analisar se as médias microbiológicas são iguais (hipótese nula) ou diferentes (hipótese não nula) nos distintos períodos de análise. O número de coletas analisados foram 20 em Tobias Barreto (10 período chuvoso e 10 período seco) e 24 amostras em Simão Dias (10 período chuvoso e 14 período seco).

Os resultados do T crítico foram superiores ao T calculado para coliformes totais e *E. coli* nos dois períodos sazonais, significando a rejeição da hipótese nula, ou seja, as médias de contaminação são diferentes nos períodos chuvoso e seco. A análise da qualidade da água nesta amostra apresentou maior contaminação microbiológica no período chuvoso e representa riscos à saúde dos usuários neste período pelo maior consumo de água da cisterna já que no período seco ocorre uso de outra fontes de água (Tabelas 1 e 2).

Tabela 1 - Teste T para Coliformes Totais (NMP/100mL) nos períodos chuvoso e seco (TB - Tobias Barreto e SD - Simão Dias)

Grupo coliforme	N	Média	Desvio padrão	T	DF (T crítico)	Significância (2 extremidades)
Período chuvoso (10 TB e 10 SD)	20	1081,000	1243,559	2,178	42	0,035
Período seco (10 TB e 14 SD)	24	352,958	974,259	2,130	35,693	0,040

Os valores médios de contaminação por Coliformes Totais no período chuvoso foram superiores ao seco possivelmente pela precária limpeza das áreas de captação no final de cada estiagem, causando maior carreamento de contaminantes para a cisterna. Já no período seco, no qual já houve repetidos episódios de chuvas que limpam os telhados e calhas, além da presença de água de outras fontes trazidas por carros-pipa, a contaminação por coliformes totais foi menor (Tabela 1).

Tabela 2 - Teste T para *E. coli* (NMP/100mL) nos períodos chuvoso e seco (TB - Tobias Barreto e SD - Simão Dias)

Grupo *E. Coli*	N	Média	Desvio padrão	T	DF (T crítico)	Significância (2 extremidades)
Período chuvoso (10 TB e 10 SD)	20	215,3400	108,96652	5,935	42	0,000
Período seco (10 TB e 14 SD)	24	39,0417	88,15031	5,820	36,425	0,000

O uso de baldes presos em cordas é a forma de manejo predominante para retirada da água das cisternas em ambos os municípios, e por isso a causa mais provável de contaminação da água por *E. coli*. Desse modo, no período chuvoso que a cisterna tem mais água, o consumo e uso de baldes aumentam. Na estiagem, o uso da cisterna é restrito a quantidade de água armazenada, que geralmente é menor, ou as pessoas precisam optar por outras fontes até que ocorra novo período chuvoso (Tabela 2).

Confirmada a contaminação microbiológica por coliformes totais e termotolerantes nas áreas de estudo, recomenda-se que os usuários devem fazer a descontaminação da água da cisterna com cloro antes do consumo para eliminar as

bactérias, já que a filtração remove partículas. A pesquisa nos domicílios demonstrou que 75% dos entrevistados fazem o tratamento da água com práticas diversas, como cloração, filtração e coando, enquanto 25% disseram que não tratam a água da cisterna antes do consumo.

Dentre os tipos de tratamento para água da cisterna utilizados, verificou-se em Simão Dias que 38,5% dos moradores usaram cloro, 36,9% realizaram filtração e 23% apenas coaram a água. Em Tobias Barreto, a cloração ocorreu em 40% dos casos, 36% retiraram as impurezas coando e 24% disseram apenas filtrar a água antes do consumo.

Finalmente durante a pesquisa de campo verificou-se uma prática cultural nas comunidades estudas, em que 75% das cisternas visitadas em Tobias Barreto e 66,7% em Simão Dias apresentaram peixes no interior. O diagnóstico socioambiental destas famílias rurais de Sergipe revelou que os moradores criam peixes na cisterna por acreditarem que essas espécies se alimentam de microrganismos que possam vir a adentrar nos reservatórios.

Estudo realizado no semiárido baiano, no município de Filadélfia, identificou realidade semelhante, na qual a criação de peixes em cisterna, para 49% das famílias tem como objetivo controlar larvas de mosquito (MENEZES et al, 2013).

CONCLUSÕES

O aproveitamento da água da chuva pelas comunidades de Sergipe representa um consumo de água de melhor qualidade já que as comunidades estudadas utilizavam como fontes de água barragens, açudes e poços.

Constatou-se que a água armazenada nas cisternas não atendeu as demandas de todas as famílias durante o período de estiagem. Nestes casos, o uso das fontes de água anteriores às cisternas e o uso de carros-pipa são as formas de sobrevivência destas populações.

A sustentabilidade do programa de cisternas domiciliares ficou comprometida em Simão Dias, no qual 25% dos domicílios são constituídos por 5 a 7 moradores e apenas 58% da água armazenada é usada para beber e cozinhar, sendo o restante distribuído para banho, limpeza e lavagem de roupas, o que significa maior tendência de consumo de água neste município e a busca por fontes de água distintas da água da chuva.

Nas comunidades pesquisadas verificou-se que a retirada da água das cisternas ocorre com baldes em 100% dos domicílios de Tobias Barreto e 81,5% dos de Simão Dias, em substituição à bomba manual, elevando as chances de contaminação da água.

O diagnóstico socioambiental revelou que 75% das cisternas visitadas em Tobias Barreto e 66,7% em Simão Dias apresentam peixes no interior.

As amostras de água analisadas em laboratório apresentaram contaminação microbiológica por coliformes totais nas cisternas de todas as comunidades, e por *E. coli* em 100% dos domicílios de Tobias Barreto e 75% para Simão Dias, sendo consideradas impróprias para o consumo humano segundo a portaria 2.914/2011 do ministério da saúde.

O teste T demonstrou que a contaminação microbiológica foi mais elevada no período chuvoso se comparada com o seco, nos dois municípios estudados. Com relação aos Coliformes Totais, possivelmente decorreu da precária limpeza das áreas de captação no final de cada estiagem, causando maior carreamento de contaminantes para a cisterna. E a causa mais provável de contaminação da água por E. coli envolve o manejo de retirada da água, que é predominantemente feito com baldes, e que se eleva no período chuvoso quando a cisterna tem mais água.

REFERÊNCIAS

ÁLVARES, M.L.P. **Qualidade bacteriológica da água distribuída e consumida antes e após o programa Bahia Azul: fatores determinantes na cidade do Salvador.** 2005. 168f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2005.

ANDRADE NETO, C. O. de**. Aproveitamento Imediato da Água de Chuva.** Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais. Gesta, v.1, n.1 – Andrade Neto, p. 073-086, 2013 – ISSN: 2317-563X.

AYRES, M. **Elementos de Bioestatística** 2.ed. Belém-pa: 2012.

BACCI, D. de La C.; PATACA, E. M. **Educação para a água**. Estudos Avançados. São Paulo - SP, v. 22, n. 63. 2008.

BAILEY, K. **Methods of social reserarch.4ed**. New York: The free pass, 1994. 588p.

BRASIL, **Articulação do Semiárido Brasileiro - ASA**. Disponível em http://www.asabrasil.org.br, 2015.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome e Secretária Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional. **Cartilha do Programa Cisternas.** Brasília, 2011 Site: http://www.mds.gov.br/programas/seguranca-alimentar-e-nutricional-san/cisternas.

BRITO, T. de L.; ANJOS, J. B. dos; PORTO, E. R.; SILVA, A. de S.; SOUZA, M. A.; XENOFONTES, G. H. S. **Qualidade físico-química e bacteriológica das águas de cisternas no município de Ouricuri-PE.** In Simpósio de Captação e Manejo de água de chuva para sustentabilidade de áreas rurais e urbanas- tecnologias e construção da cidadania. Teresina - PI. **Anais...** Petrolina-PE: ABCMAC, 2005.

GOMES, U. A. F.; DOMÈNECH, L.; PENA, J. L.; HELLER, L.; PALMIER, L. R**. A Captação de Água de Chuva no Brasil: Novos Aportes a Partir de um Olhar Internacional. *RBRH* –** Revista Brasileira de Recursos Hídricos Volume 19 n.1 – Jan/Mar 2014, 7-16.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 2010**. Disponível em http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/popul/. Acessado em 23/03/2016

MENEZES, G. F. F. de; SANTOS, D. B. dos; BATISTA, R. O.; AZEVEDO, D. de O.; **Indicadores de qualidade, manejo e uso da água pluvial armazenada em cisternas do semiárido baiano.** Revista Agrarian. ISSN: 1984-2538 – 2013.

NETO, M. D. da S.; SANTOS, D. B. dos; MEDEIROS, S. de S.; AZEVEDO, C. A. V. de; JÚNIOR, G. G. LINS & ALMEIDA, W. C. de. **Percepção, manejo e uso da água das cisternas em comunidade do semiárido Baiano.** Associação Brasileira de Educação Agrícola Superior - ABEAS - v.28, n.1, p.56-62, 2013. ISSN - 0101-756X.

RAMOS JÚNIOR, A. B. S.; CRUZ, M. J. M; **Variabilidade Espaço-Temporal de Parâmetro Físico-Químico e Metais Pesados no Rio São Paulo, Município de candeias, Bahia**. Revista Geociências, São Paulo, UNESP, v. 31, n. 4, p. 622-637, 2012.

RODRIGUES, E. R. D.; HOLANDA, I. B. B.; CARVALHO, D. P.; BERNARDI, J. V. E; MANZATTO A. G.; BASTOS, W. B.; **Distribuição espacial da qualidade da água subterrânea na área urbana da cidade de Porto Velho, Rondônia**, Revista Scientia Amazonia, v. 3, n.3, 97-105, 2014.

SANTOS, M. A. F. dos **Qualidade da Água de Chuva Armazenada em Cisternas Rurais e as Modificações Decorrentes do Manuseio na Região de Serrinha-BA.** 71f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2008.

SEMARH/SRH - Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Atlas digital de recursos hídricos do Estado de Sergipe.** Disponível em:(http://www.semarh.se.gov.br/meteorologia/modules/tinyd0/index.phpid=45). Aracaju: SEMARH, 2011. CD Rom. Acessado em abril/2015.

SERGIPE. SRH - Superintendência de Recursos Hídricos. **Atlas digital sobre os Recursos Hídricos de Sergipe.** ARACAJU: SEPLANTEC-SRH, CD-ROM. 2014.

SILVA, M. P. da S.; OLIVEIRA, L. A. de; DINIZ, C. R.; CEBALLOS, B. S. O. **Educação Ambiental para uso sustentável de água de cisternas em comunidades rurais da Paraíba.** Revista de Biologia e Ciências da Terra. Suplemento Especial - Número 1 - 2º Semestre 2006. ISSN 1519-5228.

TAVARES, A. C.; NÓBREGA, R. L. B.; OLIVEIRA, L. A.; SILVA, M. M. P. da; CEBALLOS, B. S. O.**; Uso de Cisternas no Semiárido Paraibano. Estado de**

Conservação e Técnicas de Manejo. 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (2007).

THEBALDI, M. S.; SANDRI, S.; FELISBERTO, A. B.; ROCHA, M. S; NETO, S. A; Qualidade da água de um córrego sob influência de efluente tratado de abate bovino, **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** v.15, n.3, p.302–309, 2011.

XAVIER, ROGÉRIO PEREIRA; SIQUEIRA, LEONARDO PEREIRA; VITAL, FERNANDO ANTÔNIO CHAVES; ROCHA, FRANCISCA JANAÍNA SOARES; IRMÃO, JOÃO INÁCIO & CALAZANS, GLÍCIA MARIA TORRES. **Microbiological quality of drinking Rainwater in the inland region of Pajeú, Pernambuco, northeast Brasil.** Rev. Inst. Med. Trop. São Paulo. 53(3):121-124, May-June, 2011.

CAPÍTULO 2

QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA DE CISTERNAS DOMICILIARES DO SEMIÁRIDO SERGIPANO

RESUMO

A captação direta de água de chuva e o armazenamento em cisternas é uma alternativa para o suprimento e consumo humano em regiões semiáridas. A qualidade da água consumida pelas famílias é um ponto de fragilidade das políticas de convivência com os efeitos da seca pois pode sofrer influências das características de conservação destes sistemas e do manejo dos usuários na retirada da água das cisternas. Para conhecer a qualidade física e química da água armazenada em cisternas domiciliares de comunidades rurais sergipanas, foram avaliados parâmetros de qualidade de água para o consumo humano, destinada à ingestão, preparação e produção de alimentos e higiene pessoal, independentemente da sua origem. Com metodologia quantitativa e qualitativa, a pesquisa foi desenvolvida por meio da coleta e análise laboratorial de 44 amostras de água retiradas de cisternas nos períodos chuvoso e seco para avaliação dos parâmetros condutividade elétrica, turbidez, salinidade, sólidos dissolvidos totais, cor, cloreto, fluoreto, alcalinidade e dureza. Como a água da chuva armazenada por vezes não atende às demandas das famílias, o uso de água de outras fontes, chamada de mista, e trazida por carros-pipa é depositada nas cisternas, o que altera a qualidade da água da chuva. Os resultados da análise física e química das 44 amostras de água revelaram melhor qualidade da água de chuva em ambos os municípios, entretanto os níveis de fluoreto encontrados nas águas de chuva e mista estavam abaixo do recomendado pela portaria 2.914/2011 e não garantem a prevenção de cáries dentárias dos usuários das cisternas.

Palavras-chave: parâmetros físico-químicos; água de chuva; consumo humano

PHYSICAL AND CHEMICAL QUALITY OF THE WATER OF DOMICILIAN TANKS OF SEMIÁRIDO SERGIPANO

ABSTRACT

Direct rainwater harvesting and tank storage is an alternative for human consumption and supply in semi-arid regions. The quality of the water consumed by the families is a fragile point of the policies of coexistence with the effects of the drought, since it can suffer influences of the conservation characteristics of these systems and the management of the users in the withdrawal of the cistern water. In order to know the physical and chemical quality of the water stored in domestic cisterns of rural communities in the state of Sergipe, water quality parameters for human consumption were evaluated for ingestion, preparation and production of food and personal hygiene, regardless of their origin. With a quantitative and qualitative methodology, the research was developed through the collection and laboratory analysis of 44 samples of water withdrawn from cisterns in the rainy and dry periods to evaluate the parameters electrical conductivity, turbidity, salinity, total dissolved solids, color, chloride, fluoride, alkalinity and hardness. As stored rainwater sometimes does not meet the demands of families, the use of water from other sources, called a mixed one, and brought by car-kite is deposited in cisterns, which can change the quality of rainwater. The results of the physical and chemical analysis of the 44 water samples revealed better rainwater quality in both municipalities, however, the levels of fluoride found in rainwater and mixed water were below that recommended by ordinance 2.914/2011 and do not guarantee the prevention of dental caries of tankers.

KEY WORDS: parameters physical-chemical; rainwater; human consumption.

INTRODUÇÃO

A captação da água da chuva para cisternas domiciliares é uma alternativa para abastecimento de famílias do semiárido brasileiro que vem se ampliando nos últimos anos, por diminuir os efeitos da seca para as populações dispersas, através de tecnologias simples e viáveis economicamente.

As cisternas representam uma nova possibilidade de desenvolvimento para o semiárido, que contrariamente às políticas públicas que buscaram o combate à seca, propõem um novo modelo de viabilidade da região e de convivência com o clima regional (MEDEIROS, SILVEIRA e NEVES, 2010).

Outro aspecto importante destes projetos de armazenamento de água de chuva é o fato de proporcionarem às famílias melhoria da qualidade de vida, uma vez que a água é um elemento importante, essencial e de consumo diário para todas as pessoas. Entretanto, a qualidade da água para consumo humano, que depende do manejo correto das cisternas e do tratamento adequado da água para que a qualidade se mantenha adequada ao longo do tempo, é uma das principais problemáticas do uso da água nas regiões semiáridas (NETO E PEZZATO, 2012).

Para Gomes et al (2014), a qualidade da água das cisternas e os riscos à saúde humana decorrentes de seu consumo estão diretamente relacionados com os materiais utilizados na construção das estruturas, com o desenho físico e os componentes das mesmas, e com as práticas de operação e manutenção utilizadas pelos usuários dos sistemas. O desenho adequado dos sistemas de captação de águas pluviais, assim como a mobilização e capacitação dos beneficiários, são aspectos centrais na busca por minimizar possíveis riscos para a saúde e para garantir o correto funcionamento dos sistemas.

Estudos revelaram a importância do monitoramento de características físico-químicas e microbiológicas referentes à qualidade da água armazenada e destinada ao consumo humano, seja de chuva ou transportada por carros-pipa, no sentido de garantir a sobrevivência nas regiões semiáridas e diminuir os riscos à saúde, principalmente nos períodos de estiagem (AMORIM E PORTO, 2001).

Para conhecer características de qualidade da água das cisternas domiciliares de comunidades rurais de Sergipe foram realizadas análises dos parâmetros físico-químicos condutividade elétrica, salinidade, sólidos totais dissolvidos, turbidez, cor, cloreto,

fluoreto, alcalinidade e dureza, considerando o padrão de potabilidade recomendado para o consumo humano segundo a portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde, além de análises estatísticas dos dados obtidos no sentido de verificar a existência de diferenças significantes nos períodos chuvoso e seco.

O monitoramento da qualidade da água de cisternas e de seus parâmetros físico-químicos envolve grande número de variáveis a serem analisadas, que podem frequentemente ocultar a interpretação dos dados obtidos. Para isso, o uso de técnicas de estatística multivariada como a análise fatorial tem sido amplamente empregada na avaliação da qualidade da água (GIRÃO *et al*., 2007; KUMARESAN e RIYAZUDDIN 2008; SOJKA et al., 2008; SCHAGERL et al., 2010; SONG et al., 2011).

Mesmo com as vantagens advindas do uso das cisternas, o monitoramento de características físico-químicas e microbiológicas é fundamental para avaliar a qualidade da água armazenada e os riscos para o consumo humano. Este trabalho teve como objetivo caracterizar a qualidade físico-química da água armazenada em cisternas domiciliares de comunidades rurais sergipanas nos municípios de Simão Dias e Tobias Barreto, nos períodos chuvoso (água de chuva) e seco (água mista), que resulta do complemento da água da cisterna com outras fontes trazidas por carro-pipa.

MATERIAL E MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo desta pesquisa compreende as comunidades rurais dos municípios de Simão Dias e Tobias Barreto, localizados no território centro sul Sergipano, os quais apresentam extensão territorial de 564.702 km^2 com 38.702 habitantes e 1.021,30 km^2 com 48.040 habitantes respectivamente segundo a pesquisa do IBGE/2010 (Figura 12).

As comunidades rurais visitadas em cada município são apresentadas no mapa abaixo segundo a localização do georreferenciamento feito com GPS GRAMIN (Figura 12). No município de Simão Dias foram visitados os povoados Aroeira (3 coletas), Paracatu (4 coletas), Areal (3 coletas), Apertado de Pedra (4 coletas), e Sítio Alto (10coletas), totalizando 24 amostras de água. No município de Tobias Barreto foram realizadas 20 coletas distribuídas no Assentamento Novo Marimbondo (5 coletas), Jacaré (5 coletas), Campestre do Abreu (8 coletas) e Barriga (2 coletas).

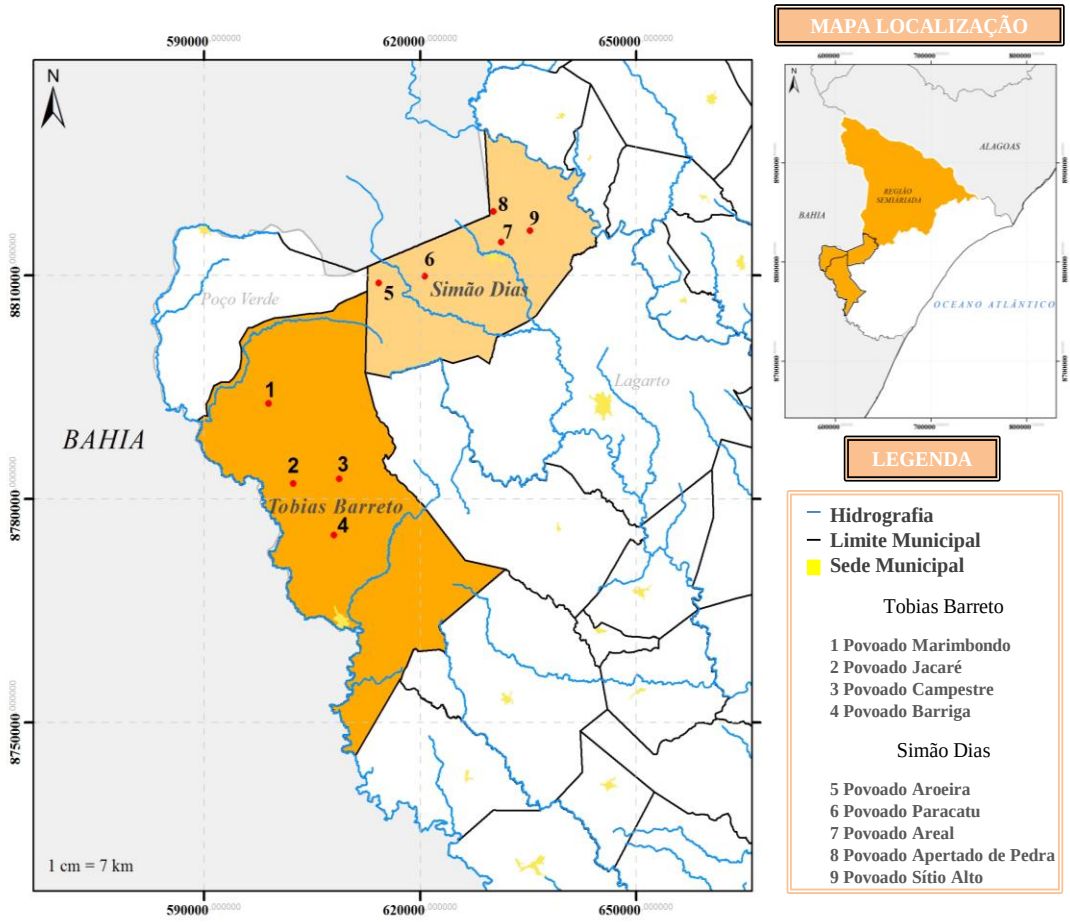


Figura 12 - Localização dos pontos de coleta em cisternas dos municípios de Simão Dias e Tobias Barreto (Fonte: SERGIPE, 2014)

A região de Simão Dias e Tobias Barreto caracteriza-se como semiárida através de suas condições climáticas com temperatura média anual que varia entre 20,3ºC e 32,8ºC. A precipitação pluviométrica mensal, de fevereiro/2015 a março/2016, apresentou valores inferiores a 324,1 mm/mês em Tobias Barreto e 138,5 mm/mês em Simão Dias, segundo informações fornecidas pelo INMET (2016) (Tabela 3).

Esta amostragem de precipitação pluviométrica corresponde ao período de coleta das amostras de água das cisternas. Foi importante considerar as características dos períodos de coleta, pois o índice de chuvas contribuiu para o abastecimento das cisternas e consequente fornecimento de água para as famílias. Nos meses de estiagem, o consumo e demandas das famílias ficam restritos e por vezes não são atendidos, sendo necessário o abastecimento da cisterna com água de fontes desconhecidas através de carros-pipa.

Tabela 3 - Nível de precipitação nos municípios de Tobias Barreto e Simão Dias no período de 02/2015 a 03/2016

DATA	Precipitação Mensal (mm)	
	Tobias Barreto	Simão Dias
02/2015	63,9	50,3
03/2015	29,0	4,0
04/2015	95,7	202
05/2015	324,1	113,1
06/2015	140,0	76,4
07/2015	91,7	62,8
08/2015	108,1	24,4
09/2015	28,0	24,2
10/2015	39,4	0,3
11/2015	6,6	5,2
12/2015	26,1	10,2
01/2016	189,8	138,5
02/2016	74,5	32,5
03/2016	28,1	18,2

(Fonte: INMET,2016)

Para esta pesquisa, a metodologia adotada foi do tipo quantitativa e qualitativa, desenvolvida por meio da coleta e análise laboratorial de 44 amostras de água armazenada em cisternas de placa de comunidades rurais de Simão Dias e Tobias Barreto, municípios que têm grande representatividade na política social P1MC (Programa 1 milhão de Cisternas) pelo número de unidades construídas na região, através da Articulação do Semiárido (ASA).

As referidas coletas de água foram realizadas no mês de setembro/2015, somente em cisternas que ainda tinham água de chuva para comparar com outra fonte de água no período da estiagem, e por isso foi caracterizado como período chuvoso. Enquanto no mês de março/2016, considerado como período seco, as amostras foram realizadas em cisternas abastecidas com água mista. Em ambos os períodos as amostras foram enviadas para análise dos parâmetros físico-químicos em laboratório. A condição de caracterizar por período chuvoso e seco pretendeu demonstrar o tipo abastecimento das cisternas por água de chuva e carro-pipa, e assim identificar o tipo de água consumido pelas pessoas, bem como as diferenças físico-químicas entre os dois tipos.

Com o objetivo de conhecer aspectos físico-químicos da qualidade da água armazenada em cisternas do semiárido Sergipano foram analisados os parâmetros: condutividade elétrica, turbidez, salinidade, sólidos totais dissolvidos, cor, cloreto, fluoreto, alcalinidade e dureza (Tabela 4).

Tabela 4 - Metodologia analítica adotada na análise laboratorial (APHA, 2012).

Item	Parâmetros	Metodologia	Unidade
01	Condutividade Elétrica	Sonda Multiparâmetros HANNA - HI9829	$S.cm^{-1}$
02	Turbidez	SM 2130 B (ITP)	uT
03	Salinidade	Sonda Multiparâmetros HANNA - HI9829	PSU
04	Sólidos totais dissolvidos	Sonda Multiparâmetros HANNA - HI9829	$mg.L^{-1}$
05	Cor	SM 2120 C (ITP)	uH
06	Cloreto	SM 4500 B (ITP)	$mg.L^{-1}$
07	Fluoreto	Cromatografia Iônica (ITPS)	$mg.L^{-1}$
08	Alcalinidade	SM 2320 B (ITP)	$mg.L^{-1}$
09	Dureza	SM 2340 C (ITP)	$mg.L^{-1}$

Fonte: Laboratórios ITP e ITPS e Sonda Multiparâmetros

As amostras de água foram enviadas para o Instituto de Tecnologia e Pesquisa na Universidade Tiradentes (UNIT) para análise de parte dos parâmetros. A sonda multiparâmetros HANNA - HI9829 foi utilizada em campo para avaliar condutividade elétrica, salinidade e sólidos totais dissolvidos. Entretanto, o fluoreto em virtude da técnica de análise, foi encaminhado para o Instituto Tecnológico e de Pesquisa do Estado de Sergipe (ITPS). Os resultados obtidos foram comparados com os parâmetros da Portaria Nº 2.914, de 12 de Dezembro de 2011 do Ministério da Saúde, que estabelece o padrão de potabilidade da água para consumo humano.

Os parâmetros físico-químicos selecionados para analisar a qualidade da água das cisternas foram correlacionados mediante o uso de análise estatística multivariada do tipo Análise Fatorial/ Análise de Componente Principal (AF/ACP), através do software SPSS 13.0 (Statistical Package for the Social Sciences), com o objetivo de identificar o grau de correlação entre os parâmetros, e explicar em termos de suas dimensões, que influências podem haver nas suas variações quantitativas nos tipos de água armazenada, de chuva ou chuva com a de carro-pipa (mista).

A confiabilidade e a garantia dos resultados obtidos nesta pesquisa decorreram do uso da técnica multivariada AF/ACP, observados alguns pré-requisitos. O número de variáveis (p) ser inferior ao número de observações (n). Quando $p > n$, as soluções poderiam se tornar instáveis quando estimadas as matrizes de covariância e correlação na análise de componentes principais ou na análise fatorial (OUYANG, 2005).

A análise fatorial inclui a análise de componentes principais e de fatores comuns. É aplicada quando há diversas variáveis, que correlacionadas entre si, objetivam identificar um número menor de novas variáveis alternativas, não

correlacionadas e que, de algum modo, sumarizem as informações principais das variáveis originais encontrando os fatores ou variáveis latentes (MINGOTI, 2005).

Para a aplicação da análise de componentes principais, fez-se inicialmente a matriz de correlação de Pearson que transforma a matriz de dados em uma matriz de correlação, a qual permitirá a seleção das variáveis mais significativas, ou seja, aquelas que apresentarem coeficientes de correlação com variância maior que 0,5 (WANG et al., 2011). Para MORAES E KENYA (2006) o coeficiente de correlação linear é uma medida numérica da força de relação entre duas variáveis que representam dados quantitativos. Se o valor da correlação linear estiver próximo de -1 ou +1, existe uma relação significativa entre as variáveis, entretanto se o coeficiente estiver muito próximo de zero, conclui-se que não há correlação significativa.

Na segunda etapa, a matriz de correlação é decomposta em componentes principais. A seleção do número de componentes principais (CP) teve como base os princípios sugeridos por Jolliffe (2002), no qual a porcentagem acumulada da variância total entre 70 e 90% oferece uma ideia razoável da representação da variância original. Adotou-se, como critério para a seleção dos componentes principais, a porcentagem acumulada de 70% da variância total dos dados originais.

A análise fatorial/Análise de componentes principais (AF/ACP) demanda três etapas: a primeira consiste na preparação da matriz de correlação; a segunda na extração dos fatores comuns e a possível redução de variáveis explicativas e, por último, na rotação dos eixos relativos aos fatores comuns, com o objetivo de tornar a solução mais simples e facilmente interpretável (TOLEDO e NICOLELLA, 2002).

Para entender a distribuição das cargas de cada variável de qualidade de água nos componentes principais (CP1 e CP2) foi realizada a transformação de cada carga fatorial (escore bruto) em Escore-Z (escore padronizado), que pretende mostrar o quanto a carga (escore) está acima ou abaixo da média em termos de unidades padronizadas de desvio.

E finalmente, foi realizada a construção dos diagramas de caixa do tipo Box-Plot para demonstrar o perfil espacial dos parâmetros físico-químicos. Esta ferramenta tem a finalidade de detectar valores discrepantes, bem como identificar a forma de distribuição, avaliar e comparar a variabilidade do conjunto de dados. Possibilita também a visualização das grandezas estatísticas como média, mediana, máximo, mínimo, 1º quartil, 3º quartil e os valores extremos. O 1º quartil (inferior) representa um

percentil de 25% e o 3º quartil (superior) representa um percentil de 75% dos dados observados. (RODRIGUES et al., 2014).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para verificar a qualidade físico-química da água de sistemas alternativos e individuais nas comunidades rurais de Tobias Barreto e Simão Dias, os dados obtidos com as análises laboratoriais das coletas de água das cisternas foram submetidos a análise estatística multivariada para avaliar simultaneamente todos os parâmetros indicativos.

A análise multivariada do tipo fatorial/análise dos componentes principais começou com o cálculo da matriz de correlação das características físico-químicas da água das cisternas para demonstrar as variáveis mais significativas. O resultado mostrou que os parâmetros condutividade, salinidade, sólidos totais dissolvidos, cor, dureza e alcalinidade apresentaram correlação linear significante com valores entre 0,5 e 1,0, e tiveram correlação com pelo menos outra variável da distribuição, o que expressa uma forte relação entre os parâmetros indicativos de qualidade da água (Tabela 5).

Tabela 5 – Matriz de correlação das variáveis originais de qualidade da água das Cisternas nos municípios de Simão Dias e Tobias Barreto

	COND	SALI	TDS	TURB	CLOR	COR	DUR	ALC
CONDUTIVIDADE	1,00							
SALINIDADE	**0,80**	1,00						
STD	**0,96**	**0,78**	1,00					
TURBIDEZ	0,45	0,20	0,45	1,00				
CLORETO	0,46	0,34	0,47	0,19	1,00			
COR	**0,50**	0,35	**0,50**	**0,55**	0,36	1,00		
DUREZA	0,27	0,18	0,26	0,24	**0,67**	0,39	1,00	
ALCALINIDADE	0,13	0,03	0,08	0,10	0,31	0,29	**0,78**	1,00

Em negrito, as variáveis mais significantes com valores de 0,5 a 1,0

A matriz de correlação dos parâmetros originais também mostrou que as variáveis turbidez e cloreto não se apresentaram significativas na variância total, por não terem coeficiente de correlação superior a 0,5, o que implicaria na redução do número de variáveis originais. Entretanto, como estas variáveis se correlacionaram com uma outra da distribuição (turbidez com cor e cloreto com dureza), foram mantidas na matriz de correlação original (Tabela 5).

A correlação linear pouco significante da variável turbidez pode ser explicada pelo baixo teor de sólidos suspensos nas águas de chuva e mista, expressos nos resultados laboratoriais indicativos de boa qualidade da água para consumo (Figura 12-B do Box-Plot). Com relação ao cloreto, possivelmente houve pouca influência dos sais de carbonatos e dissolvidos, como expresso nos dois grupos de cargas (CP2 e CP1), através das análises estatísticas dos escores bruto e padronizado (escore Z) como mostra a Tabela 6.

A segunda etapa da análise estatística fatorial resultou na decomposição da matriz de correlação para formar os grupos indicadores da qualidade da água das cisternas, representados pelos fatores comuns e independentes, chamados de componentes principais (CP2 e CP1). A matriz dos componentes principais originou-se com a aplicação do procedimento de rotação ortogonal, chamado método Varimax (Tabela 6).

Tabela 6. Matriz dos componentes principais rotacionada (método Varimax) e Escore Z

Variáveis	Componente		Escore Z	
	1	2	1	2
Condutividade Elétrica	0,95	0,12	1,27	-0,91
Salinidade	0,84	-0,02	0,29	-1,02
STD	0,95	0,10	1,22	-0,94
Turbidez	0,54	0,19	-0,73	-0,37
Cor	0,57	0,41	-0,01	0,50
Cloreto	0,42	0,62	0,13	-0,03
Dureza	0,16	0,94	-0,41	1,34
Alcalinidade	-0,44	0,88	-1,76	1,44
Autovalor	3,93	1,75	--	--
% variância explicada	49,07	21,84	--	--
% variância acumulada	49,07	70,92	--	--

A nova matriz dos componentes principais apresenta melhor significado interpretativo para os parâmetros por separar as variáveis físico-químicas por componente principal. O melhor comportamento das variáveis de qualidade de água foi conseguido com a composição de dois componentes (CP1 e CP2), que expressam a relação entre os fatores comuns e as variáveis, além de identificar as variáveis com maiores inter-relações em cada componente (Tabela 6).

Na Tabela 6, os dois componentes principais (CP1 e CP2), determinados pela AF/ACP, explicam 70,92% da variância total das variáveis originais. Os valores elevados dos pesos fatoriais sugerem quais são as variáveis mais significativas em cada

componente. Assim na CP1, as variáveis mais significativas são sólidos totais dissolvidos e condutividade elétrica e na CP2, as variáveis mais significativas são dureza e alcalinidade.

A primeira componente (CP1) explica 49,7% da variabilidade dos dados, está associada a variáveis indicativas de cargas de sólidos totais dissolvidos na água e mostra a correlação de escores brutos na matriz de cargas. Enquanto a CP2 corresponde a 21,84% da variância acumulada e mostra a correlação entre as variáveis alcalinidade, dureza e cloreto, dita componente principal mineral.

A presença de sólidos dissolvidos na cisterna pode ser decorrente do deslocamento de partículas das áreas de captação no período de chuvas, que depositadas no fundo das cisternas e não removidas por limpeza antes do novo ciclo de chuvas influenciam na qualidade da água. Nas comunidades pesquisadas, 95% dos moradores de Tobias Barreto e 37,5% dos de Simão Dias realizaram o desvio manual das primeiras águas da chuva para evitar a entrada de sólidos nas cisternas, o que predispõe melhor qualidade para a água do município de Tobias Barreto.

A aplicação do Escore Z nas variáveis de qualidade da água buscou padronizar estes escores (dados) a partir de uma média de distribuição nos dois componentes principais. No componente 1, os valores acima da média (positivos) em termos de unidades padronizadas de desvio, foram influenciados pelos sais dissolvidos. Neste caso, o cloreto aparece como escore positivo possivelmente pelo abastecimento de água de carro-pipa no período de estiagem, já que na água de chuva este parâmetro teve comportamento irrelevante (Figura 12-H do Box-Plot).

A padronização dos escores no componente 2 mostrou que a qualidade da água, possivelmente vinda de fontes desconhecidas, tem relação com as variáveis alcalinidade e dureza, nas quais os carbonatos são os elementos fundamentais. Segundo Cunha et al (2012), as substâncias minerais podem influenciar a cor da água, principalmente em sistemas públicos de abastecimento de água, onde a cor é esteticamente indesejada para o consumidor, e pode ter origem mineral ou vegetal, causadas por substâncias metálicas como o ferro e o manganês.

A água trazida por carro-pipa pode ser fonte de sólidos para as cisternas e comprometer a qualidade físico-química da água. Em Tobias Barreto, 30% das famílias recorreram ao carro-pipa para suprir demandas na estiagem e em Simão Dias, 25% delas usaram esta fonte de água. Para Carvalho e Silva (2014), a influência de sais dissolvidos

na água é resultante de água proveniente de carros-pipa, quando abastecidos em poços subterrâneos.

A presença de carbonatos e bicarbonatos pode influenciar na elevação da alcalinidade e dureza, sendo observada em cisternas com construção recente e em águas de carro-pipa, que sofrem influência da constituição do local de abastecimento (XAVIER, 2010).

Para facilitar a visualização do comportamento das variáveis de qualidade da água nos componentes principais, a última etapa da análise estatística AF/ACP representou graficamente a transformação ortogonal dos eixos pelo emprego do método Varimax. Segundo Andrade et al (2007), este processo maximiza a variância entre os componentes, alterando a raiz característica sem afetar a proporção da variância total explicada pelo conjunto, conforme a Figura 13.

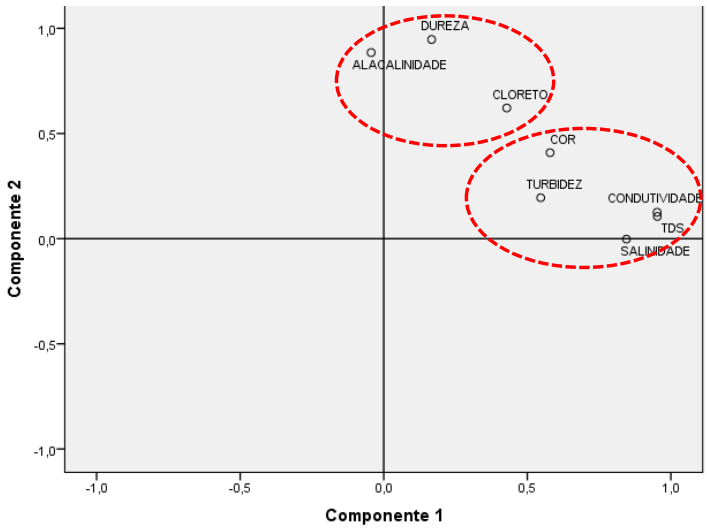


Figura 13 - Cargas dos componentes com rotação ortogonal pelo método Varimax

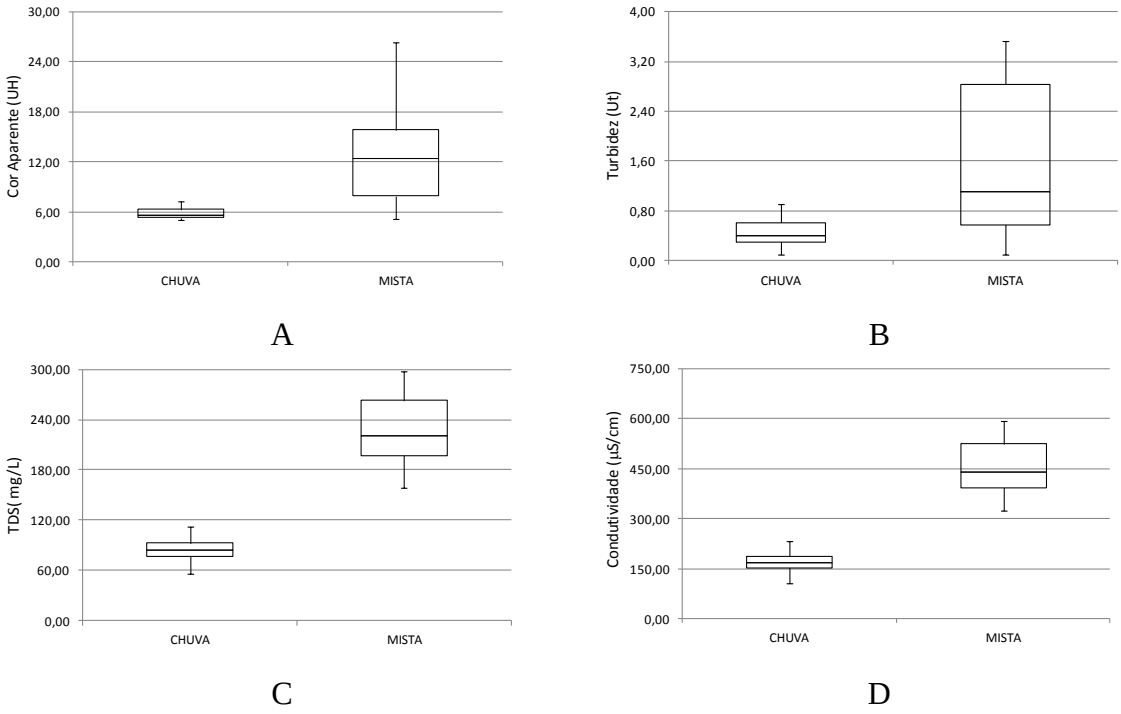
Após análise estatística multivariada ACP/AF dos parâmetros físico-químicos da água das cisternas, os escores das variáveis foram apresentados na Figura 14 por meio de gráficos tipo caixa (Box-Plot) para demonstrar a qualidade da água de chuva e mista, abastecida com carro-pipa.

Nas cisternas com água de chuva os resultados foram satisfatórios para cor aparente (Figura 14A), e variaram de 5uH a 7,3uH (média de 5,7uH), sendo 15uH o limite recomendado. Enquanto para turbidez os valores foram de 0,1uT a 0,9uT, com média de 0,68uT, para 5uT indicados para consumo humano (Figura 14B). Estas características da cor aparente e turbidez sugerem que a limpeza do sistema de captação

e armazenamento está satisfatória ou que as partículas sólidas estão depositadas no fundo do reservatório, podendo interferir na qualidade da água num novo ciclo de chuvas que possa deslocá-las, se a limpeza das cisternas não for realizada.

Diferentemente, nas cisternas com água mista, a cor e a turbidez foram influenciadas possivelmente pela presença de sólidos suspensos na água provenientes do abastecimento por carro-pipa, cuja origem é desconhecida. Assim a cor aparente da água apresentou valores de 5,1uH a 26,3uH, com média de 13,05uH, e a turbidez de 0,1uT a 3,53uT, com média de 2,23uT, que mesmo mais elevados que na água de chuva, estão dentro dos limites de potabilidade para consumo humano.

Estudo realizado no semiárido paraibano comparou águas de chuva e carro-pipa, e o tempo de construção de cisternas. Os resultados das análises de cor aparente e turbidez foram elevados no período chuvoso e nas cisternas antigas possivelmente devido à deficiência na limpeza anual e à suspensão do material depositado do fundo da cisterna após a entrada de novo volume de água da chuva. Apesar das medidas de turbidez não terem apresentado diferenças significativas, no mês em que as cisternas receberam água de carros-pipa os valores foram mais elevados, reduzindo-se com o início das chuvas pela diluição da água armazenada (TAVARES, 2009).



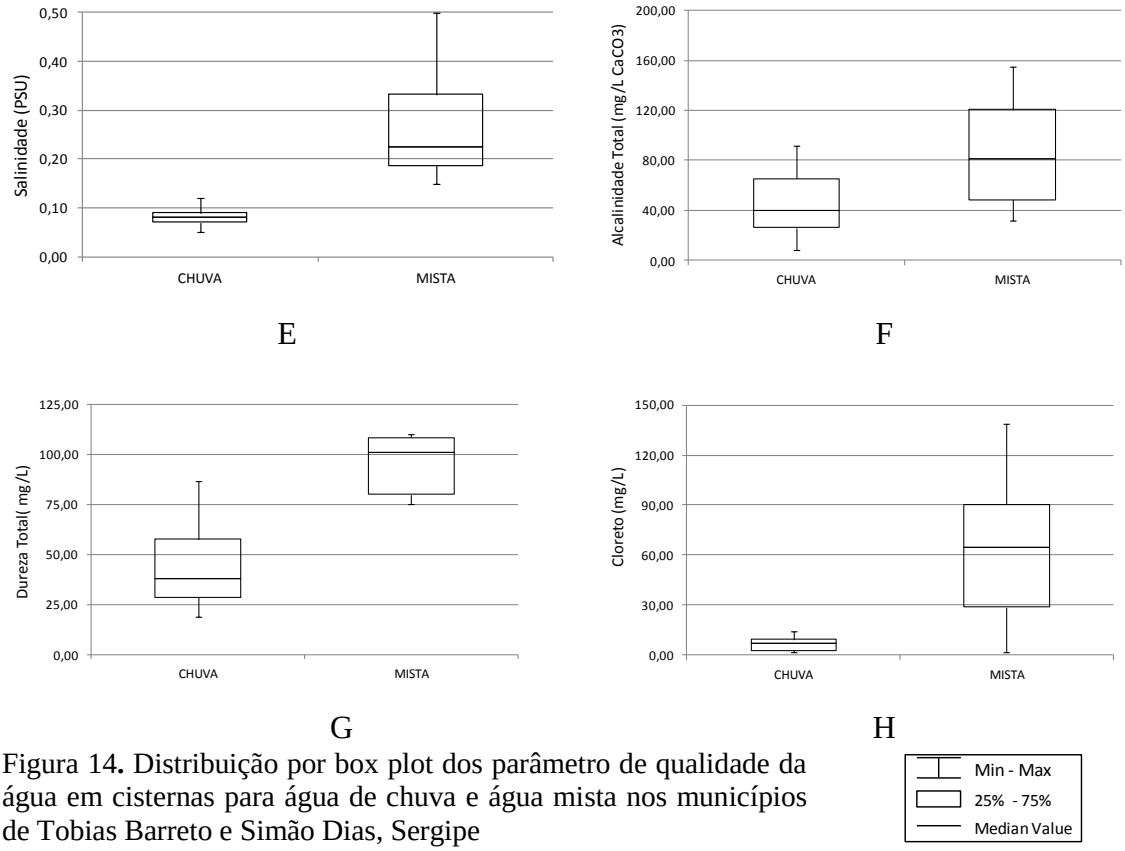


Figura 14**.** Distribuição por box plot dos parâmetro de qualidade da água em cisternas para água de chuva e água mista nos municípios de Tobias Barreto e Simão Dias, Sergipe

As concentrações de sólidos totais dissolvidos (STD) estiveram sempre abaixo do padrão da Portaria 2.914/2011(MS), que é 1000mg.L^{-1}. Nas cisternas com água mista a concentração apresentou valores de 159mg.L^{-1} a 298mg.L^{-1} (Figura 14C) mostrando uma diferença representativa quando comparados com água de chuva, que variou de 56 mg.L^{-1} a 113mg.L^{-1}. Mesmo com as deficiências de limpeza do sistema de captação e armazenamento, a água da chuva apresenta melhor qualidade que a mista.

Em reservatórios de água pluvial, os STD podem ficar elevados conforme haja a presença de materiais sobre os telhados e os mesmos sejam carreados pela água para dentro das cisternas, onde sofrerão reações químicas e se dissociarão em íons (SILVA et al, 2008).

Quando analisados os dados de condutividade elétrica (Figura 14D) e salinidade (Figura 14E), as concentrações observadas em água de chuva foram bem menores que as de água de fonte desconhecida, chamada de mista. A boa condição de limpeza durante a captação da chuva pode ter contribuído para redução de detritos levados para a cisterna, que diminui a formação de íons na água e consequentemente os sólidos dissolvidos e a condutividade elétrica.

Contrariamente, nas cisternas Sergipanas abastecidas com água de outras fontes, os parâmetros condutividade e salinidade mostraram-se mais elevados, o que evidencia concentração inversa de sólidos se comparados com água de chuva. Para Casali (2008), em cisternas abastecidas com água de poços subterrâneos, que apresentam na sua constituição nutrientes oriundos do contato direto com rocha matriz, a água apresenta alto teor de sais. Enquanto para Silva et al (2008), outra causa de aumento de condutividade elétrica é a existência de poluentes na água provenientes do escorrimento superficial de áreas agrícolas.

A condutividade elétrica nas águas pluviais analisadas teve resultado médio de 167 $S.cm^{-1}$, variando de 112 $S.cm^{-1}$ a 234 $S.cm^{-1}$e a salinidade oscilou de 0,05 a 0,12 PSU, com média de 0,08 PSU, bem abaixo do padrão de 0,50 PSU recomendado para o consumo humano. Todavia, nas cisternas abastecidas com carro-pipa, a condutividade elétrica foi mais elevada e variou de 318 $S.cm^{-1}$ a 593 $S.cm^{-1}$ (com média de 441,5 $S.cm^{-1}$), enquanto a salinidade foi de 0,15 a 0,5PSU (com média de 0,23 PSU), demonstrando mais sais dissolvidos na água.

Os resultados da condutividade elétrica nas cisternas das comunidades de Sergipe, tanto com água de chuva quanto mista, apresentaram valores acima de 100 $S.cm^{-1}$, indicado como padrão para consumo humano pelo Ministério da Saúde, contudo não há risco para a saúde, apenas um sabor salino na água.

Nas áreas rurais de Simão Dias e Tobias Barreto o comportamento da alcalinidade (Figura 14F) e dureza (Figura 14G) para água de chuva e mista mostrou-se adequado ao consumo humano, que é de 30 a 500 mg/L de CaCO3 e 500 mg/L respectivamente. Ressaltam-se os valores destes parâmetros para água mista, que foram mais elevados em relação aos de água de chuva, possivelmente pelos maiores índices de carbonatos na água mista.

Esta relação foi observada pelos resultados encontrados nas análises, nos quais as cisternas com água mista apresentaram alcalinidade de 32 a 155 $mg.L^{-1}$ (média de 81,50 $mg.L^{-1}$ de CaCO3) e dureza de 75 a 110 $mg.L^{-1}$ (média de 101,05 $mg.L^{-1}$), se comparados com as que tinham água de chuva, que tiveram resultados menores com alcalinidade variando de 8 a 92mg (média de 39,5 $mg.L^{-1}$ de CaCO3) e dureza de 18,8 a 86,5 $mg.L^{-1}$ (média de 38 $mg.L^{-1}$) (Figuras 14F e 14G).

A água armazenada em cisternas pode ter sua composição alterada pelo material constituinte da cisterna. O sistema de armazenamento de água pode afetar a qualidade

da água quando cisternas de concreto e ferrocimento são novas e podem elevar o pH devido à liberação de cal em excesso (HAN HEIJNEN, 2012).

Dentre as cisternas pesquisados nas comunidades sergipanas, 14 delas foram construídas há mais de 5 anos, continham água mista e apresentaram valores de 155 $mg.L^{-1}$ de CaCO3 para alcalinidade e 173 $mg.L^{-1}$ de CaCO3 para dureza. Enquanto para as outras 30 cisternas entregues há mais de 5 anos, e que armazenavam água de chuva, os resultados foram de 92 $mg.L^{-1}$ de CaCO3 para alcalinidade e 86,5 $mg.L^{-1}$ de CaCO3 para dureza.

As cisternas mais novas e com tendência de pH mais elevado pela liberação de componentes constitutivos de sua estrutura podem ter influenciado para elevação os resultados apresentados para água mista, mas não foram determinantes pois este tipo de água tem influência de sua fonte de captação. Enquanto nas cisternas com água de chuva, a presença de carbonatos se justificaria pelo contato com as áreas de captação e armazenamento. Os resultados mostram que mesmo decorridos 5 anos de construção das cisternas, os valores de alcalinidade e dureza podem ter sofrido influência.

Estudo em Pernambuco mostrou que os maiores valores de pH e de alcalinidade foram observados em águas de carro-pipa provenientes das cisternas novas com 1 e 2 anos de construídas. O pH esteve entre 8,4 e 8,7 e a alcalinidade entre 191,67 e 310,79 mg CaCO3/L, em ambas as cisternas, enquanto nas cisternas mais antigas o pH esteve em torno de 7,2 e a alcalinidade foi sempre inferior a 200 mg CaCO3/L. Essas concentrações, aceitáveis para consumo humano, podem ser provenientes da dissolução de compostos presentes nos materiais (cimento) utilizados na construção das cisternas (SOUZA et al, 2011).

As concentrações de cloreto (14H) encontradas nas cisternas estudadas foram bem reduzidas se comparadas com os 250 $mg.L^{-1}$ recomendados pela portaria 2914/2011 do MS. Nas cisternas com água mista, os resultados variaram de 2 $mg.L^{-1}$ a 139 $mg.L^{-1}$, enquanto na água da chuva armazenada, os valores encontrados foram de 2 $mg.L^{-1}$ a 14,3 $mg.L^{-1}$, mostrando melhor qualidade e pequena dissolução de minerais neste tipo de água.

Dentre os parâmetros de qualidade da água das cisternas, o fluoreto foi pesquisado em apenas 4(quatro) comunidades rurais, sendo 2 em Simão Dias e 2 em Tobias Barreto (Tabela 7). As concentrações de flúor abaixo de 0,01 foram encontradas nos domicílios com água de chuva. Enquanto os resultados de flúor de 0,023mgF/L Aroeira – SD e 0,035mgF/L Jacaré - TB em negrito foram encontrados em cisternas

com água de carro-pipa. Estes valores são insignificantes e estão abaixo de 1,5mgF L^{-1}, recomendado pelo ministério da saúde.

Tabela 7 - Concentração de Flúor (mg L^{-1}) nas cisternas em comunidades dos municípios de Simão Dias e Tobias Barreto em 11/03/2016

Domicílio	Simão Dias		Tobias Barreto	
	Aroeira	Areal	Maribondo	Jacaré
01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
02	**0,023**	<0,01	<0,01	<0,01
03	<0,01	<0,01	<0,01	**0,035**

Nota: < LD - Valor abaixo do Limite de Detecção do método.
Em negrito, os valores detectados pela cromatografia iônica.

A prevenção da cárie dentária pelo flúor é reconhecida em ações de saúde pública, sendo mais eficiente quando a água é empregada como veículo. Considerando a efetividade, custo e frequência de consumo da água, a fluoretação das águas de abastecimento tem sido apontada como o melhor método de exposição sistêmica ao flúor (NARVAI, 2000).

Nas comunidades de Simão Dias e Tobias Barreto, levando-se em consideração os padrões de potabilidade recomendados pelo Mistério da Saúde, as águas de chuva e mista das cisternas analisadas não apresentaram fluoretos em concentrações que possam causar danos ao organismo, como também não estão em níveis adequados para prevenção da cárie dentária.

Estudo realizado no semiárido Baiano observou que nas cisternas da zona rural a maior concentração de fluoretos foi encontrada na água da vila do Arroz 0,515mgF L^{-1}e a menor na Barra 0,035mgF L^{-1}. A maioria das cisternas (88,89%) apresentou menos que 0,255mgF L^{-1}. Estes percentuais de flúor também são considerados ineficientes na prevenção de cárie (CASTRO, SAMPAIO E FORTE, 2011).

CONCLUSÕES

Os resultados das análises físico-químicas das amostras de água coletadas das cisternas nos períodos chuvoso e seco, que apresentaram água de chuva e mista

respectivamente, atenderam as recomendações de potabilidade da água para consumo humano.

Os parâmetros sólidos totais dissolvidos, condutividade elétrica, salinidade, turbidez, cor, alcalinidade, dureza e cloretos apresentaram resultados mais satisfatórios para água de chuva demonstrando melhor qualidade para este tipo de água se comparados com água de carro-pipa.

O teor de fluoreto na água da chuva das áreas rurais analisadas foi insignificante, com resultado de <0,001 mg L^{-1}. Em duas cisternas localizadas nas comunidades Aroeira (Simão Dias) e Jacaré (Tobias Barreto), foram detectados 0,0235mgF L^{-1} e 0,0355mgF L^{-1} respectivamente e ocorreram em domicílios que receberam água de carro-pipa.

Os resultados das análises de fluoreto mostraram que na água de chuva das comunidades pesquisadas não há fluoreto e nas cisternas com água mista, as concentrações estão abaixo do recomendado pelo Ministério da Saúde e não previnem a cárie dentária nos usuários das cisternas.

REFERÊNCIAS

AMORIM, M. C. C.; PORTO, E. R. **Avaliação da qualidade bacteriológica das águas de cisternas: estudo de caso no município de Petrolina-PE**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA NO SEMI- ÁRIDO. Campina Grande, PB. Anais... Campina Grande, PB: Embrapa Algodão; Petrolina, PE: Embrapa Semiárido, 2001. 1 CD-ROM.

ANDRADE, E. M.; ARAÚJO, L. F. P.; ROSA,M. F.; GOMES,R.B.; LOBATO,F. A. O.; **Assessment of the surface water quality in the upland of Acaraú watershed, Ceará, Brazil.** Revista Ciência Rural, 37 (6), 1791-1797, 2007.

BRASIL. Lei Federal n. 6.050, de 24 de maio de 1974. **Dispõe sobre a obrigatoriedade da fluoretação das águas em sistemas de abastecimento.** Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF, 27 jul. 1974. Acessado em: 22/02/2015

CARVALHO, L. A.; SILVA, D. D. A**valiação da Qualidade de Águas de Cisternas da Zona Rural e Urbana do Município de Cuité – PB.** EDUCAÇÃO CIÊNCIA E SAÚDE, v.1, n.1, Julho a Dezembro de 2014. **ISSN 2358-7504** http://www.ces.ufcg.edu.br/periodicos.

CASALI, C. A. **Qualidade da água para consumo humano ofertada em escolas e comunidades rurais da região central do Rio Grande do Sul**. 2008. 173f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo) – Programa de Pós-Graduação em Ciências do Solo, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

CASTRO, T. A.; SAMPAIO, F. C.; FORTE, F. D. S. **Fluoretos em Diferentes Fontes de Águas para Consumo Humano em Campo Alegre de Lourdes-BA.** Revista Brasileira de Ciências da Saúde. Volume 15 Número 4 Páginas 421-428 2011. ISSN 1415-2177.

CUNHA, H. F. A. et al. Qualidade **físico-química e microbiológica de água mineral e padrões da legislação**. Revista Ambiente & Água, v.7, n.3, p. 155-165, 2012.

GIRÃO, E. G. ANDRADE, E. M.; ROSA, M. F.; ARAÚJO, L. F. P.; MEIRELES, C. M.; **Water quality assessment of the Jaibaras River, Ceará, Brazil using principal component analysis**. Revista Ciência Agronômica, 2007. 38(1), 17-24.

GOMES, U. A. F.; DOMÈNECH, L.; PENA, J. L.; HELLER, L.; PALMIER, L. R**. A Captação de Água de Chuva no Brasil: Novos Aportes a Partir de um Olhar Internacional. RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos** Volume 19 n.1 – Jan/Mar 2014, 7-16.

HEIJNEN, H. **A Captação de Água da Chuva: Aspectos de Qualidade da Água, Saúde e Higiene. 8º.** SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA. Campina Grande – PB, 2012.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 2010.** Acessado em http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/popul/.

INMET - INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Dados Meteorológicos.** Disponível em: http://www.inmet.gov.br/. Acessado no dia 6 de Maio de 2016.

JOLLIFFE, L. T. **Principal component analysis**. 2ª.ed. New York: Springer, 2002. 487p.

KUMARESAN, M; RIYAZUDDIN, P. **Factor analysis and linear regression model (LRM) of metal speciation and physico-chemical characters of groundwater samples**. Environmental Monitoring and Assessment, 138(1-3) 65-79. 2008.

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 Latino americano de Sociologia Rural. Porto de Galinhas, 15-19 de novembro. 2010.

MINGOTI, S.A. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada. Belo Horizonte**: Editora UFMG: Belo Horizonte, 2005.

MORAES, O. B.; KENYA, A. **Utilização da Análise Fatorial para a Identificação de Estruturas de Interdependência de Variáveis em Estudos de Avaliação Pós-Ocupação**. XI Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído (ENTAC) (2006).

NARVAI PC. **Cárie dentária e flúor: uma relação do século XX**. Ciência Saúde Coletiva 2000; 5(2): 381-92.

NETO, G. F. da S.; PEZZATO, M. M. **Água da chuva para consumo humano: melhorias e desafios**. SIMPÓSIO BARSILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA/CAMPINA GRANDE-PB. (2012).

OUYANG, Y. **Evaluation of river water quality monitoring stations by principal component analysis**. Water Research, 39, p. 2621-2635, 2005.

RODRIGUES, E. R. D.; HOLANDA, I. B. B.; CARVALHO, D. P.; BERNARDI, J. V. E; MANZATTO A. G.; BASTOS, W. B.; **Distribuição espacial da qualidade da água subterrânea na área urbana da cidade de Porto Velho, Rondônia.** Revista Scientia Amazonia, v. 3, n.3, 97-105, 2014.

SCHAGERL, M. BLOCH I. ; ANGELER D.G., FESL C. ; **The use of urban clay-pit ponds for human recreation: assessment of impacts on water quality and phytoplankton assemblages**. Environmental Monitoring and Assessment, 165, 283–293, 2010.

SERGIPE. SRH - Superintendência de Recursos Hídricos. **Atlas digital sobre os Recursos Hídricos de Sergipe.** ARACAJU: SEPLANTEC-SRH, CD-ROM. 2014.

SILVA, A. de S.; SILVA, C. M. M. de S.; FAY, E. F.; BRITO, L. T. de L**. Indicador de qualidade de uso de água em cisternas no semiárido brasileiro (IUA-CD).** Universidade Federal de Campina Grande, Universidade Estadual da Paraíba, Embrapa Semiárido - Petrolina, 2008.

SOJKA, M. SIEPAK M, ZIOŁA A, FRANKOWSKI M, MURAT-BŁAZEJEWSKA S, SIEPAK J.et al., **Application of multivariate statistical techniques to evaluation of water quality in the Mała Wełna River (Western Poland).** Environmental Monitoring and Assessment, 147(1-3), 159-170. (2008).

SONG, M. W. et al., **Water quality of a tributary of the Pearl River, the Beijiang, Southern China: implications from multivariate statistical analyses.** Environmental Monitoring and Assessment, 172, 589-603, 2011.

SOUZA, S. H. B. de S.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; SANTOS, S. M. dos S.; PESSOA, S. G. dos S. **Avaliação da Qualidade da Água e da Eficácia de Barreiras Sanitárias em Sistemas para Aproveitamento de Águas de Chuva. RBRH — Revista Brasileira de Recursos Hídricos** Volume 16 n.3 - Jul/Set 2011, 81-93. Universidade Federal de Pernambuco – UFPE.

STANDARD methods for the examination of water and wastewater. 16th ed. Washington: APHA, 2012.

TAVARES, ADRIANA CARNEIRO**. Aspectos físicos, químicos e microbiológicos da água armazenada em cisternas de comunidades rurais do semiárido Paraibano. 2009. 166f.** Dissertação (mestrado em meio ambiente e desenvolvimento) Universidade Estadual de Campina Grande-PB.

TOLEDO, L. G. de; NICOLLELLA, G. **Índice de qualidade de água em microbacia sob uso agrícola e urbano.** Scientia Agrícola, v.59, p.181-186, 2002.

XAVIER, ROGÉRIO PEREIRA. **Influência de barreiras sanitárias na qualidade da água de chuva armazenada em cisternas no semiárido paraibano.** Universidade Federal de Campina Grande, 2010. Dissertação em Engenharia Civil e Ambiental. Campina Grande – PB.

WANG, L et al. **Analysis and evaluation of the source of heavy metals in water of the River Changjiang.** Environmental Monitoring and Assessment, 173, 301-313, 2011.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As tecnologias para captação de água de chuva em regiões semiáridas são essenciais para o suprimento do consumo humano, principalmente nos meses de estiagem. Entretanto a vigilância da qualidade da água consumida pelas famílias é fundamental para diminuir os riscos à saúde, já que nestas regiões não há abastecimento público de água.

As características sanitárias da água de chuva e mista armazenada nas cisternas mostraram-se comprometidas, provavelmente pela deficiência na manutenção e conservação do sistema de captação e armazenamento de água como, telhados, calhas, dutos e cisterna; e com o manejo e retirada da água das cisternas.

Diante dos resultados microbiológicos insatisfatórios, recomenda-se que os usuários devem fazer a filtragem e descontaminação da água da cisterna com produtos à base de cloro antes do consumo, principalmente para os moradores que ingerem a água do modo como retiram da cisterna.

As características físico-químicas da água das cisternas, chuva e mista, atenderam o padrão de potabilidade para o consumo humano, contudo a água trazida por carros-pipa apresentou qualidade inferior a de chuva, que para manter sua boa qualidade típica de áreas rurais os usuários precisam ter mais rigor durante a captação e manejo.

Esta pesquisa demonstrou que as comunidades rurais de Sergipe apresentaram fragilidades com relação ao consumo de água. A captada da chuva, precisa de mais controle no sistema de captação e armazenamento da cisterna e também de uso racional para que a população consiga sobreviver durante a estiagem com água de boa qualidade e atenda às necessidades de beber e cozinhar.

Reconhece-se a necessidade de ações de educação ambiental como parte das políticas de implantação de cisternas de modo a fortalecer o uso de barreiras sanitárias, valorizar a água como recurso natural, promover mudança de hábitos, além de melhores condições de saúde e qualidade de vida para as populações do semiárido. E também de

maior participação do poder público no monitoramento da qualidade da água consumida por estas populações que não dispõem de abastecimento público de água.

A fluoretação das águas de chuva armazenadas em cisternas poderia ser incluída na política de construção e implantação de cisternas como uma medida de prevenção e proteção para saúde dentária de comunidades beneficiadas.

APÊNDICE I

PESQUISA SÓCIOAMBIENTAL - USUÁRIOS DAS CISTERNAS

No. _____

Coordenadas: _____

1. Dados de identificação do usuário/beneficiário da cisterna:

Idade: ( ) 20 a 29 anos ( ) 30 a 39 anos ( ) 40 a 49 anos ( ) 60 a 69 anos ( ) acima de 70 anos

Sexo: ( ) masculino ( ) feminino Naturalidade: _____

Escolaridade: _____ Profissão: _____

Endereço: _____

2. Dados domiciliares: Caracterização dos moradores:

2.1. Pessoas que moram na casa?

( ) 1 a 2 ( ) 3 a 4 ( ) 5 a 7 ( ) 8 a 10

2.2. Sempre morou nesta localidade? ( ) Sim ( ) Não

3. Abastecimento de Água

3.1 Qual a origem da água que a família consome para beber?

( ) poço ( ) cisterna ( ) chafariz ( ) rio ( ) barragem e açude

3.2. Armazenamento de água para beber

( ) caixa d´água ( ) cisterna ( ) pote ( ) filtro ( ) tonel ( ) outros

3.3. A família trata a água de beber?

( ) Sim ( ) Não (salte para questão 3.10)

3.4. Formas de tratamento da água para beber: (múltiplas respostas)

( ) filtração ( ) cloração ( ) fervura ( ) não trata ( ) outro

3.5. O cloro é adicionado

( ) no filtro ( ) na cisterna ( ) na caixa d´água ( ) no pote

3.6. Há quanto tempo está utilizando água de chuva armazenada em cisterna?

( ) < 1 ano ( ) 1 ano ( ) 2 anos ( ) 3 anos ( ) 4 anos ( ) 5 anos ou mais

3.7. A água da cisterna é usada para: (múltiplas respostas)

( ) beber ( ) cozinhar ( ) banho ( ) limpeza ( ) lavar roupa

3.8. A água da cisterna é de boa qualidade? ( ) Sim ( ) Não
3.9. Origem da cisterna
( ) construída pelo morador ( ) projeto social P1MC ( ) associação

3.10. Como era o abastecimento de água da família antes da cisterna?
( ) poço ( ) nascente ( ) chafariz ( ) rio ( ) barragem/açude

3.11. Quando acaba a água da chuva acumulada na cisterna, de onde vem a água para uso da família?
( ) poço ( ) rio ( ) barragem/açude ( ) nunca acaba ( ) carro-pipa

3.12. Realiza limpeza da cisterna? ( ) Sim ( ) Não
3.13. Frequência de limpeza
( ) 1x/ano ( ) 2x/ano ( ) 1x/2 anos ( ) 3 anos

4.0. Condição de Moradia
4.1. O sistema de coleta e armazenamento de água na cisterna apresenta alguma inadequação?
( ) Sim ( ) Não (salte para questão 4.12) ( ) Não sabe

4.2. Qual a inadequação? (múltiplas respostas)
( ) calha ( ) tubulações (dutos) ( ) rachadura/vazamento
( ) tampa quebrada ( ) tampa empenada ( ) sem tampa
( ) reboco quebrado ( ) objetos em cima da cisterna

4.3. Realiza o descarte das 1as. Água da chuva ( ) Sim ( ) Não
4.4. Qual o método que usa para retirar água da cisterna
( ) balde ( ) bomba manual ( ) outros

5. Esgotamento Sanitário
5.1. Existência de banheiro ( ) Sim ( ) Não
5.2. Localização do banheiro ( ) dentro do domicílio ( ) fora do domicílio
5.3. Esgotamento do banheiro
( ) fossa seca ( ) fossa séptica individual ( ) fossa séptica coletiva
( ) corpo d´água (rio/riacho) ( ) jogado no ambiente ( ) não sabe

5.4.Localização da fossa séptica em relação a casa (observação in loco pelo entrevistador) ( ) em frente ( ) atrás ( ) ao lado

5.5. Localização da fossa séptica em relação a cisterna
( ) acima ( ) abaixo ( ) ao lado

APÊNDICE II

DADOS DOS PARÂMETROS DE QUALIDADE DÁGUA NOS MUNICÍPIOS DE TOBIAS BARRETO E SIMÃO DIAS

Município de Tobias Barreto											
DATA	Condutividade	Salinidade	TDS	Turbidez	Alcalinidade Total	Cloretos	Dureza total	Cor Aparente	Coliformes Totais	Escherichia coli	Povoado
1	175,00	0,08	88,00	0,90	26,00	9,50	28,20	7,10	240,00	240,00	Barriga
2	158,00	0,07	79,00	0,40	31,00	14,30	18,80	5,30	390,00	330,00	Barriga
3	153,00	0,07	77,00	0,30	21,00	4,80	23,50	< 5,0	1900,00	210,00	Campestre
4	141,00	0,07	71,00	0,25	26,00	9,50	28,20	8,50	3200,00	360,00	Campestre
5	184,00	0,09	92,00	0,30	37,00	14,30	32,90	< 5,0	120,00	5,00	Campestre
6	181,00	0,09	94,00	0,25	31,00	14,30	47,00	6,30	3100,00	350,00	Campestre
7	165,00	0,08	85,00	0,30	16,00	9,50	32,90	5,00	220,00	170,00	Campestre
8	156,00	0,08	81,00	0,20	21,00	9,50	23,50	< 5,0	190,00	0,80	Campestre
9	149,00	0,07	78,00	0,40	16,00	9,50	18,80	5,50	3200,00	260,00	Campestre
10	220,00	0,08	113,00	0,40	31,00	14,30	42,30	7,30	280,00	220,00	Campestre
11	163,00	0,08	82,00	0,30	42,00	< 3,0	38,40	< 5,0	< 10	< 10	Jacaré
12	173,00	0,08	86,00	0,30	38,00	< 3,0	48,00	6,20	< 10	< 10	Jacaré
13	502,00	0,24	251,00	2,60	32,00	87,00	76,90	19,60	210,00	110,00	Jacaré
14	214,00	0,10	107,00	0,40	92,00	7,00	67,30	5,50	< 10	< 10	Jacaré
15	267,00	0,12	134,00	0,70	77,00	7,00	48,00	< 5,0	310,00	170,00	Jacaré
16	328,00	0,15	164,00	0,60	52,00	31,30	76,90	10,90	< 10	< 10	Maribondo
17	160,00	0,07	80,00	0,30	45,00	< 3,0	33,60	< 5,0	< 10	< 10	Maribondo
18	213,00	0,10	107,00	0,45	51,00	< 3,0	62,50	5,30	< 10	< 10	Maribondo
19	444,00	0,50	222,00	0,50	39,00	66,10	76,90	13,90	< 10	< 10	Maribondo
20	439,00	0,21	220,00	8,30	54,00	62,60	106,00	14,60	< 10	< 10	Maribondo

Município de Simão Dias											
DATA	Condutividade	Salinidade	TDS	Turbidez	Alcalinidade Total	Cloretos	Dureza total	Cor Aparente	Coliformes Totais	Escherichia coli	Povoado
1	7,40	150,00	0,07	76,00	0,50	26,00	9,50	28,20	< 5,0	170,00	Sítio Alto
2	7,74	169,00	0,08	86,00	0,50	8,00	9,50	32,90	5,00	220,00	Sítio Alto
3	8,00	163,00	0,08	86,00	0,90	42,00	4,80	28,20	< 5,0	2800,00	Sítio Alto
4	7,80	146,00	0,07	74,00	0,50	31,00	4,80	18,80	< 5,0	450,00	Sítio Alto
5	7,53	136,00	0,07	70,00	0,40	21,00	9,50	28,20	< 5,0	230,00	Sítio Alto
6	8,14	159,00	0,08	81,00	0,35	41,00	14,30	32,90	< 5,0	1600,00	Sítio Alto
7	8,20	170,00	0,08	87,00	0,60	31,00	4,80	37,60	< 5,0	230,00	Sítio Alto
8	7,80	225,00	0,11	95,00	0,65	52,00	14,30	42,30	5,70	110,00	Sítio Alto
9	8,10	148,00	0,07	76,00	1,90	37,00	9,50	37,60	< 5,0	2800,00	Sítio Alto
10	7,83	167,00	0,07	85,00	0,60	26,00	9,50	47,00	< 5,0	170,00	Sítio Alto
11	9,02	593,00	0,29	298,00	0,60	118,00	101,00	110,00	8,80	< 10	Aroeira
12	9,17	260,00	0,12	130,00	0,50	76,00	13,90	57,60	6,80	< 10	Aroeira
13	7,95	318,00	0,15	159,00	3,53	155,00	< 3,0	110,00	26,30	< 10	Aroeira
14	9,00	234,00	0,11	117,00	2,50	78,00	< 3,0	57,60	6,20	< 10	Areial
15	8,64	112,00	0,05	56,00	0,80	52,00	< 3,0	28,80	< 5,0	< 10	Areial
16	8,74	224,00	0,10	11,00	0,20	86,00	< 3,0	57,60	< 5,0	< 10	Areial
17	9,13	182,00	0,08	91,00	0,10	82,00	< 4,0	57,60	5,30	920,00	Apertado Pedra
18	9,19	168,00	0,08	84,00	0,10	70,00	< 4,0	76,90	< 5,0	2300,00	Apertado Pedra
19	9,04	167,00	0,08	83,00	4,30	70,00	< 4,0	86,50	5,20	< 10	Apertado Pedra
20	8,74	151,00	0,07	75,00	0,30	60,00	< 4,0	57,60	5,70	92,00	Apertado Pedra
21	8,62	145,00	0,07	73,00	0,20	64,00	< 4,0	76,90	< 5,0	4300,00	Paracatu
22	9,33	416,00	0,20	208,00	0,10	109,00	20,90	96,10	5,10	36,00	Paracatu
23	8,73	199,00	0,09	100,00	2,50	72,00	< 4,0	76,90	< 5,0	< 10	Paracatu
24	9,23	941,00	0,46	470,00	1,60	128,00	139,00	173,00	5,20	210,00	Paracatu