



Universidade Federal da Paraíba

Centro de Tecnologia

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

– MESTRADO –

**AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICOS
DA ÁGUA ARMazenada EM CISTERNAS DE PLACAS E DE POLIETILENO
NO AGRESTE PARAIBANO**

Por

Jobson Targino Dias

*Dissertação de Mestrado apresentada à Universidade Federal da
Paraíba para obtenção do grau de Mestre*



Universidade Federal da Paraíba

Centro de Tecnologia

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

– MESTRADO –

**AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICOS
DA ÁGUA ARMAZENADA EM CISTERNAS DE PLACAS E DE POLIETILENO
NO AGRESTE PARAIBANO**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal da Paraíba, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre.

Jobson Targino Dias

Orientador: Prof. Dr. Tarciso Cabral da Silva

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

D541a Dias, Jobson Targino.

Avaliação de parâmetros físico-químicos e microbiológicos da água armazenada em cisternas de placas e polietileno no Agreste Paraibano / Jobson Targino Dias. - João Pessoa, 2016.

82 f. : il.

Orientação: Tarciso Cabral da Silva.
Dissertação (Mestrado) - UFPB/CT.

1. Engenharia Civil e Ambiental. 2. Cisternas domiciliares. 3. Qualidade da água. 4. Águas de chuva. 5. Águas de açudes em cisternas. I. Silva, Tarciso Cabral da. II. Título.

UFPB/BC

**“AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICOS DA
ÁGUA ARMAZENADA EM CISTERNAS DE PLACAS E DE POLIÉTILENO NO AGRESTE
PARAIBANO”**

JOBSON TARGINO DIAS

Dissertação aprovada em 30 de setembro de 2016

Período Letivo: 2016.2



Prof. Dr. TARCISO CABRAL DA SILVA – UFPB
Orientador



Prof.ª. Dra. CLÁUDIA COUTINHO NOBREGA - UFPB
Examinador Interno



Prof. Dr. JOSÉ ETHAM DE LUCENA BARBOSA - UEPB
Examinador Externo

João Pessoa/PB
2016

Aos meus pais Josénaide Elpidio e Maria da Penha Targino, aos meus irmãos Joallison e Joellison Targino e a minha irmã Nizabete Targino.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Deus pelo dom da vida, pela luz que sempre guiou os meus passos e por todas as bênçãos que recebi em toda minha trajetória.

Aos meus pais, por todo amor e dedicação, em especial à minha mãe Maria da Penha Targino Dias, ao meu pai Josénaide Elpidio Dias, a minha irmã Nizabete Targino Dias e meus irmãos Joallison e Joellisson Targino Dias, por incentivar nos meus projetos de vida. E a todos os integrantes da família Dias e a Targino.

Ao Professor Dr. Tarciso Cabral da Silva, pela orientação, confiança, conselhos, por ouvir, atenciosamente, os meus anseios, por todo aprendizado e incentivo constantes durante todos os momentos de nossa convivência.

Aos colegas da sala de pesquisa em Recursos Hídricos, Taysa Tamara, Mirella Motta, Marie Eugenie, Raissa Borges, Sara Figueredo, Cindy Deina, e Thiago Pires, Caroline Barros.

Aos grandes amigos do mestrado do PPGE CAM, Aline Sousa, Luara Lourenço, Hozana Raquel, Jerônimo, pelos muitos momentos compartilhados e por sempre ajudarem no meu crescimento.

Vocês me fortaleceram nos momentos difíceis desta caminhada!

Aos examinadores, Claudia Coutinho Nobrega e José Etham de Lucena Barbosa por terem aceitado o convite para serem membros da banca.

Ao Sindicato dos Agricultores de São Sebastião de Lagoa de Roça, PB.

A AS-PTA – Agricultura Familiar e Agroecologia da Paraíba.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da UFPB.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio financeiro fornecido no desenvolvimento desta pesquisa.

E à todos que contribuíram direta ou indiretamente na realização deste trabalho.

Muito obrigado!

RESUMO

A captação e o armazenamento de águas de chuvas em cisternas de placas e de polietileno tem sido largamente difundidas no semiárido brasileiro. Na seca iniciada em 2012, cisternas implantadas no âmbito dos programas governamentais receberam aportes frequentes de águas de açudes transportadas por carros pipa. Esta pesquisa teve como objetivo avaliar a qualidade das águas armazenadas em cisternas de placa e de polietileno e sua conformidade para uso doméstico em moradias do Agreste no semiárido paraibano. Buscou-se também verificar se há diferenças entre a qualidade das águas armazenadas nos dois tipos de cisternas. Foi utilizada como referência para conformidade da água para consumo humano a Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde (MS) e seu padrão de potabilidade. Foram realizadas análises físico-químicas e microbiológicas, além da determinação do Índice de Qualidade da Água de Bascarán nas águas armazenadas nas cisternas monitoradas no município de São Sebastião de Lagoa de Roça - Paraíba. As medições foram feitas em 10 cisternas de placas e 9 de polietileno durante 10 meses. Com exceção dos parâmetros alcalinidade, pH e dureza, não houve diferenças que possam ser consideradas como relevantes entre os parâmetros físico-químicos medidos das águas nos dois tipos de cisternas. Os resultados relativos a esses parâmetros, em geral, se encontraram em conformidade com os valores preconizados na Portaria nº 2.914/2011 do MS. Os menores percentuais de atendimento ocorreram nas cisternas de polietileno para o parâmetro pH, com 70,5% de atendimento e para a cor com 89,3% e 90,4% para as cisternas de placa e polietileno respectivamente. Ficou constatado que houve presença de coliformes totais em todas as amostras analisadas, indicando necessidade de tratamento para o consumo humano. O teste de médias realizados entre os valores dos Índices de Qualidade das Águas de Bascarán referentes às águas armazenadas nos dois tipos de cisternas permitiu concluir que não existe significância estatística para afirmar que as médias de IQAb entre as cisternas de placa e as cisternas de polietileno são diferentes.

PALAVRAS-CHAVE: cisternas domiciliares, qualidade da água, águas de chuva, águas de açudes em cisternas.

ABSTRACT

The captation and storage of rain water in precast concrete and polyethylene tanks have been widely disseminated in the Brazilian semiarid region. In drought that began in 2012, tanks installed in the context of government programs received frequent contributions from water of fluvial reservoirs transported by water trucks. This research aims to evaluate the quality of water stored on concrete tanks and polyethylene and their suitability for domestic use in homes in the Agreste semiarid area of the Paraíba State. Another aim is also to compare the differences between the quality of water stored in two types of tanks. It was used as a reference for compliance of water for human consumption the ordinance No. 2,914 / 2011 of the Ministry of Health (MS) and its potability standards. Physico-chemical and bacteriological analyzes were performed, as well as the determining the quality Bascarán water index in the water stored in tanks monitored in São Sebastião de Lagoa de Roça- Paraíba. Measurements were made on 10 concrete tanks and 9 of polyethylene for 10 months. Virtually no differences could be considered relevant among the measured physicochemical parameters in the water in the two types of tanks. The exception was on the alkalinity, pH and hardness parameters. The results for these parameters, in general, are in compliance with the recommended values in Ordinance No. 2914/2011 of MS. The lowest percentages of compliance occurred in polyethylene tanks for the pH parameter, with 70.5% coverage and color with 89.3% and 90.4% for the concrete tanks and polyethylene respectively. It was found that there was the presence of total coliforms in all samples, which indicates the need for treatment for human consumption. The average test performed between the values of Bascarán Water Quality Index related to water stored in two types of tanks concluded that there is no statistical significance to state that the average IQAb between the concrete tanks and polyethylene tanks are different.

KEYWORDS: household cisterns, water quality, rain water, water from fluvial reservoirs in cisterns.

SUMÁRIO

RESUMO.....	VII
ABSTRACT.....	VIII
LISTA DE FIGURAS.....	XI
LISTA DE QUADROS.....	XII
1. INTRODUÇÃO.....	13
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	18
2.1. ESCASSEZ HÍDRICA E A UTILIZAÇÃO DE ÁGUAS DE CHUVAS	18
2.2 CARACTERÍSTICAS IMPORTANTES PARA A CAPTAÇÃO, ARMAZENAMENTO E CONSUMO DE ÁGUAS DE CHUVAS	20
2.4 PROGRAMA UM MILHÃO DE CISTERNAS (P1MC).....	22
2.5 O PROGRAMA ÁGUA PARA TODOS	25
2.6 CARACTERÍSTICAS DAS CISTERNAS PARA ABASTECIMENTO UNIFAMILIAR	27
2.6.1 Cisternas de placas.....	27
2.6.2 Cisternas de polietileno (CPOL).....	28
2.7 A IMPORTÂNCIA DA QUALIDADE DA ÁGUA ARMAZENADA PARA A SAÚDE DOS USUÁRIOS.....	30
3. CARACTERÍSTICAS DA ÁREA DE ESTUDO.....	34
3.1 MUNICÍPIO DE SÃO SEBASTIÃO DE LAGOA DE ROÇA – PB	34
4. MATERIAL E MÉTODOS	38
4.1 SELEÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO.....	38
4.2 ANÁLISES FÍSICOS E QUÍMICAS	38
4.3 CARACTERIZAÇÃO DAS ÁGUAS DAS CISTERNAS MONITORADAS .	38
4.4 CARACTERIZAÇÃO DA SONDA HANNA® HI 9829.....	40
4.4.1 Caracterização dos sensores de análises da sonda HANNA® HI 982941	
4.5 METODOLOGIA PARA REALIZAÇÃO DAS ANÁLISES.....	41
4.5.1 Coletas das amostras físicoquímicas	41
4.6 METODOLOGIA PARA REALIZAÇÃO DE ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS	43

4.7 INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS.....	45
4.7.1 Dados das análises físicoquímicas e microbiológicos.....	45
4.7.2 Estatísticas aplicadas ao Índice de Qualidade de Água de Bacarán (IQAb)	46
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	47
5.1 DISCUSSÃO PARA AS ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS	47
5.3 DISCUSSÃO PARA AS ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS	67
5.4 ÍNDICE DE QUALIDADE DE ÁGUA DE BACARÁN (IQAb)	68
5.6 Teste para comparação de médias	71
6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	73
6.1 CONCLUSÕES	73
6.2 RECOMENDAÇÕES.....	74
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	76

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Cisterna de placas. Local: Sítio Camucá, São Sebastião de Lagoa de Roça, PB.	28
Figura 2: Cisterna de polietileno distribuída no Programa Água para Todos. Local: Sítio Camucá, São Sebastião de Lagoa de Roça, PB.	29
Figura 3: Área de estudo do Sítio Camucá no município de São Sebastião de Lagoa de Roça, PB.	35
Figura 4: Área de estudo do Sítio Tanques no município de São Sebastião de Lagoa de Roça, PB.	36
Figura 5: Área de estudo do Sítio Caracol no município de São Sebastião de Lagoa de Roça, PB.	37
Figura 6: Medidor multiparâmetro portátil HANNA ®9829 com seu mostrador e a sonda.	40
Figura 7: Garrafa plástica Figura 8: Caixa térmica de transporte das garrafas com gelo	42
Figura 9: Bolsa para coleta de amostra de água THIO BAG, e caixa de isopor com gelo.	44
Figura 10: Gráficos <i>box plot</i> de temperatura (°C) comparando os resultados quanto ao tipo de cisternas.	48
Figura 11: Gráficos <i>box plot</i> de pH comparando os resultados quanto ao tipo de cisternas.	49
Figura 12: Gráficos <i>box plot</i> de cor (uH) comparando os resultados quanto ao tipo de cisternas.....	50
Figura 13: Gráficos <i>box plot</i> de TDS (mg/l) comparando os resultados quanto ao tipo de cisternas	52
Figura 14: Gráficos <i>box plot</i> de turbidez (uT) comparando os resultados quanto ao tipo de cisternas	53
Figura 15: Gráficos <i>box plot</i> de condutividade elétrica (μSm^2) comparando os resultados quanto ao tipo de cisternas.....	55
Figura 16: Gráficos <i>box plot</i> de oxigênio dissolvido (OD) comparando os resultados quanto ao tipo de cisternas	56
Figura 17: Gráficos <i>box plot</i> de dureza (mg/l) comparando os resultados quanto ao tipo de cisternas	58
Figura 18: Gráficos <i>box plot</i> de alcalinidade (mg/lCaCO ₃) comparando os resultados quanto ao tipo de cisternas.....	60
Figura 19: Gráficos <i>box plot</i> de sulfato (mg/l) comparando os resultados quanto ao tipo de cisternas	61
Figura 20: Gráficos <i>box plot</i> de amônia (mg/l) comparando os resultados quanto ao tipo de cisternas	62
Figura 21: Gráficos <i>box plot</i> de cloretos comparando os resultados quanto ao tipo de cisternas.....	63
Figura 22: Gráficos <i>box plot</i> ao parâmetro nitrato (mg/l) comparando os resultados quanto ao tipo de cisternas	64
Figura 23: Histograma com curva normal com dados de IQAb para os dois grupos de cisternas	69
Figura 24: <i>Box plot</i> com dados de IQAb para os dois grupos de cisternas.	70

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Síntese dos resultados dos parâmetros físicoquímicos das CPLAs e CPLOs. 66

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Escala de classificação qualitativa da qualidade da água de Bascarán	33
Quadro 2: Tipo de água armazenadas nas cisternas monitoradas.	39
Quadro 3: Metodologia das análises dos parâmetros analisados.....	43
Quadro 4: Resultados dos valores de coliformes totais nas cisternas monitoradas.....	68
Quadro 5: Estatística dos dados de IQAb para os dois grupos de cisternas	69
Quadro 6: Teste de normalidade para os dados de IQAb para os dois grupos de cisternas	71
Quadro 7: Teste de médias para os dados de IQAb para os dois grupos de cisternas.....	71

1. INTRODUÇÃO

A problemática da carência hídrica no Semiárido Brasileiro (SAB) é resultante de um conjunto de fatores climáticos e edáficos, caracterizados pela escassez e irregularidade das chuvas, apresentando longos períodos de estiagem, com temperatura, taxas de evaporação e insolação elevadas e, ainda, a ocorrência de solos rasos baseados sobre rochas cristalinas que dificultam a infiltração das águas. Tal carência de disponibilidade qualiquantitativa de água é um dos principais problemas para a sobrevivência da população dessas regiões (CIRILO; MONTENEGRO; CAMPOS, 2010; SILVA; PERELLO; MORAIS, 2014).

A Seca é um fenômeno natural caracterizado pelo atraso na precipitação das chuvas ou pela sua ocorrência abaixo do valor mínimo necessário a sobrevivência da vegetação. Regiões afetadas pelas secas, em geral, apresentam variabilidades espacial e temporal nas precipitações pluviométricas e ausência de rios perenes. Outros fatores, tais como, baixa capacidade de retenção de água no solo e altas taxas evapotranspirométricas contribuem para agravar o problema (PAE/PB, 2011).

Secularmente o fenômeno das secas tem representado um grande desafio para milhares de brasileiros residentes na região do SAB, principalmente com relação ao abastecimento de água às populações urbanas e rurais, a quebra da produção no campo nos setores da agricultura e da pecuária. Novas tecnologias, denominadas sociais hídricas, visando a convivência dos moradores do semiárido com as secas, tem sido adotadas nas últimas décadas, com destaque para as cisternas domésticas e as barragens subterrâneas.

Os resultados do *Intergovernmental Panel on Climate Change*, denominado IPCC AR4, sobre as mudanças climáticas para a América do Sul, indicam serem mais intensas para o final do século XXI, relativamente ao clima atual, e devem acontecer na região tropical, especificamente Amazônia e Nordeste do Brasil. Essas duas regiões, portanto, são as mais vulneráveis do Brasil às mudanças de clima. (MARENGO, 2007; CIRILO, 2010). Ademais, outros fatores têm contribuído com esse quadro indesejável, como a expansão das secas (NOBRE, 2010) decorrente das mudanças climáticas e o fenômeno da desertificação.

Os riscos de desertificação e os efeitos das secas são ocorrências ambientais com impactos sobre o homem que se misturam no território paraibano

como promessa de desastre nos moldes de calamidades e que pairam sobre o SAB (PAE/PB, 2011).

O SAB abrange uma área de 969.589,4 km² e compreende 1.133 municípios de nove estados do Brasil: Alagoas, Bahia, Ceará, Minas Gerais, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte e Sergipe. Nesta região semiárida habitam 22 milhões de pessoas, o que representa 11,8% da população brasileira (ASA, 2014).

Ao longo dos séculos de ocupação do semiárido do nordeste do Brasil, diversas soluções têm sido adotadas para resolver a questão do acesso universal à água para o abastecimento humano. Assim, a construção de barragens de acumulação foi a tecnologia que mais foi empregada como solução. Os grandes projetos de infraestrutura hídrica, como os reservatórios fluviais de maior porte, que não secam durante longos períodos de estiagens prolongadas, são importantes para suprir as cidades do semiárido e de pequenas comunidades que normalmente se localizam nas proximidades. No entanto, a população distribuída no campo, em geral não tem acesso à água oriunda de grandes reservatórios fluviais (MACHADO et al. 2015).

Para Campos (2014), as populações difusas que habitam regiões afastadas de rios perenizados e de grandes reservatórios têm em pequenos reservatórios e cisternas suas principais fontes hídricas. Contudo, essas fontes são altamente vulneráveis às secas. No segundo semestre do ano, quando cerca de seis meses são de baixa pluviosidade e de rios com vazões nulas, a maioria das fontes seca. A presença de carros-pipas como fonte de suprimento de águas no segundo semestre tem ocorrido quase todos os anos.

O SAB é uma região que dispõe de menor potencial de recursos hídricos do Brasil, com rios intermitentes com escoamento que só ocorre no período das chuvas (ALMEIDA & FARIAS, 2012). Os reservatórios fluviais de menor capacidade, os pequenos açudes ou barreiros, não apresentam segurança hídrica, ocorrendo o seu esvaziamento completo por ocasião de períodos chuvosos abaixo da média, em geral durante as secas. Os altos índices de evaporação, de até 3.000 mm ao ano, trazem sérios problemas à política de acumulação de água, principalmente à pequena açudagem, que não resiste aos efeitos da seca prolongada (CIRILO et al., 2003).

Com relação a oferta de águas subterrâneas que poderiam constituir o suprimento para as populações difusas no SAB, a maioria do subsolo dessa região é cristalino e, por isso, não propicia a formação de aquíferos de alta potencialidade (ALMEIDA e FARIAS, 2012).

Segundo Sousa et al. (2014), a barragem subterrânea é uma alternativa tecnológica capaz de viabilizar a exploração agrícola e pecuária no semiárido brasileiro, diminuindo os riscos da agricultura dependente de chuva, com aumentos significativos da produtividade das culturas. No entanto, a implantação de barragens subterrâneas exige a existência de características especiais do curso d'água para sua construção, o que pode explicar o número ainda pequeno dessas tecnologias já existentes. Assim devem ser consideradas a espessura da camada aluvial, a sua composição granulométrica, a inclinação do terreno, a inexistência de soleiras rochosas, a relação morfológica do vale, a distância da área de recarga e a qualidade da água (CIRILO et al. 2003).

Diante desse quadro, uma tecnologia social hídrica que tem sido implantada no SAB tem indicado uma importante mudança: as cisternas de placa - CPLAs e as cisternas de polietileno - CPOLs para armazenamento de água, oriundas de chuva captada nos telhados das moradias ou de açudes transportadas por carros pipa.

No trabalho de Oliveira (2013) é constatado que as cisternas, de fato, elevam a qualidade de vida das famílias. Os resultados obtidos na pesquisa efetuada por DIAS et al. (2015) indicaram a melhoria da qualidade de vida das famílias atendidas, principalmente por meio do acesso e disponibilidade de água, e quanto à questão sanitária e o benefício do pequeno deslocamento diário das pessoas para a captação de água. Outra importante conclusão foi relativa à incidência de doenças provenientes do uso da água da cisterna, no qual todos os entrevistados pelos pesquisadores afirmaram nunca terem sido acometidos.

Portanto, estratégias para garantir as condições de salubridade, com destaque para o suprimento hídrico nessa região, tornam-se essenciais para a permanência da população nesse ambiente haja vista essa característica climática. Nesse sentido, os programas governamentais 1 Milhão de Cisternas (P1MC) e Água para Todos têm contribuído com a implantação de CPLA e CPOL, em todo o SAB, tendo alcançados no período 2003 a 2016 a marca de 1,2 milhão de cisternas (Portal Brasil, 2016).

Nesse contexto, os sistemas de captação e armazenamento da água de chuva em cisternas tornam-se alternativas sustentáveis para as populações conviverem a esses períodos de instabilidade climática da região semiárida. Dessa forma, a utilização dessa tecnologia passou a ser implementada e disseminada por intermédio de programas governamentais e não governamentais.

A qualidade da água armazenada em cisternas para uso doméstico e outros usos como a dessedentação de animais tem sido objeto de investigação de pesquisadores, quer relativo aos parâmetros químicos, ou biológicos, ou referentes a influência do manejo das cisternas, em particular sobre existência de barreiras sanitárias (ANDRADE NETO, 2013; PALHARES; GUIDONI, 2012; VIRIATO, 2011; XAVIER, 2010). No entanto, não são muitas as informações científicas quanto à qualidade da água coletada dos telhados, e com isso tem-se assumido que esta pode ser considerada como uma fonte relativamente segura, até mesmo para o consumo humano (LYE, 2009, PALHARES; GUIDONI, 2012). Por outro lado, a pesquisa bibliográfica efetuada não resultou em informações e estudos comparativos entre a qualidade da água armazenada em cisternas de placas e de polietileno. Assim, a hipótese norteadora deste trabalho é se há diferenças significativas entre a qualidade de águas armazenadas em CPLAs e CPOLs.

Essa importante forma de armazenamento de águas de chuvas também é objeto de uma avaliação relativa a qualidade das águas armazenadas em cisternas, de placa e de polietileno, por meio de análises físicas, químicas e microbiológicas, considerando a Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde, além da determinação do Índice de Qualidade da Água de Bascarán para as cisternas monitoradas visando detectar se há diferenças significativas entre os índices de qualidade das águas nos dois tipos de cisternas.

Diante desse contexto, esta pesquisa tem como objetivo geral avaliar a qualidade das águas armazenadas em cisternas de placas e de polietileno, e sua conformidade para uso doméstico em moradias do semiárido, na região do Agreste paraibano.

E como objetivos específicos esta pesquisa busca: (a) Analisar a qualidade das águas armazenadas em cisternas de placas e de polietileno, à luz dos limites da Portaria nº 2.914/2011, do Ministério da Saúde – MS e da Resolução nº

357/2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA; (b) Investigar se as cisternas de placas e de polietileno monitoradas apresentam diferenças em relação aos parâmetros analisados de qualidade das águas armazenadas; (c) Avaliar se há diferenças de qualidade das águas armazenadas nas cisternas de placas e de polietileno relativamente ao Índice de Qualidade de Água de Bascarán nas cisternas monitoradas.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. ESCASSEZ HÍDRICA E A UTILIZAÇÃO DE ÁGUAS DE CHUVAS

A problemática dos recursos hídricos nas regiões semiáridas mais habitadas é uma questão crucial para superação dos obstáculos ao desenvolvimento. Os solos são, em sua maior parte, muito rasos, com a rocha quase aflorante, o que compromete a existência de aquíferos, sua recarga e qualidade das águas; temperaturas elevadas conduzem a altas taxas de evaporação; poucos rios perenes; concentração populacional das mais altas entre os semiáridos do mundo geram pressões excessivas sobre os recursos hídricos (CIRILO, 2008). Segundo esse autor, em virtude das características geológicas dominantes e do clima semiárido a água apresenta, em muitos locais, altos teores de sais, tornando-a salobra e imprópria para o consumo humano e para a irrigação, e os poços apresentam baixa vazão, da ordem de 1 m³/h.

No SAB, os altos índices de evaporação, trazem sérios problemas à política de acumulação de água, principalmente à pequena açudagem, que não resiste aos efeitos da seca prolongada (CIRILO et al. 2003).

A porção semiárida do Nordeste compreende uma área de 980.133 km² compreendendo 11,53% do território brasileiro (INSA, 2012), na sua maior parte no embasamento cristalino e sob forte irregularidade climática. Além disso, verifica-se que o clima e a qualidade das terras apresentam limitações muito fortes para o desenvolvimento de atividades de cunho agropecuário que possam competir com os produtos oriundos de outras regiões (COSTA & BRITO, 2004).

Há a percepção de diversos pesquisadores de que o clima semiárido, a desertificação e o Índice de aridez estão fortemente correlacionados. O Índice de aridez (Ia) é a razão entre a precipitação pluvial média anual e a evapotranspiração potencial média anual. Valores entre 0,21 e 0,50 são características de regiões semiáridas, como o SAB, e seus problemas associados, principalmente os relativos a escassez hídrica e a desertificação.

A seca é provocada, essencialmente, por fatores climáticos decorrentes de fatores externos como os movimentos de massas de ar atmosférico e das correntes marítimas que deslocam massas de águas oceânicas com temperaturas diferenciadas, e de fatores antrópicos, como o desmatamento e a emissão de gases de efeito estufa na atmosfera. A seca pode ser classificada como seca

edáfica, por efeito da seca climatológica; seca social, como efeito da seca edáfica; e seca hidrológica, como efeito dos baixos escoamentos nos cursos d'água e/ou sobre uso das disponibilidades hídricas (FILGUEIRA, 2004).

A seca hidrológica ou de suprimento de água, pode ser entendida como a insuficiência de águas nos rios ou reservatórios para atendimento das demandas de águas já estabelecidas em uma dada região. Essa seca pode ser causada por uma sequência de anos com deficiência no escoamento superficial ou, também, por um mau gerenciamento dos recursos hídricos acumulados nos açudes (PAE/PB, 2011).

Nesse contexto, a captação da água de chuva é uma das formas mais simples, viáveis e baratas para se viver em regiões semiáridas, sendo esta, em muitos casos, a única fonte possível. O sistema de captação e armazenamento de água de chuva em cisterna pode ser uma solução alternativa não-coletiva de abastecimento de água. É uma forma simples de obtenção de água que permite conseguir, mesmo com baixo índice pluviométrico típico da região, quantidade de água suficiente para suprir as necessidades básicas de uma família (beber e cozinhar) durante o período de escassez (XAVIER, 2010).

Diversos países têm populações que fazem uso de águas de chuvas armazenadas em cisternas para seu abastecimento. A Alemanha, o Japão e Austrália utilizam a captação da água de chuva como prática bem difundida. Além disso, novos sistemas estão sendo desenvolvidos, permitindo a boa qualidade da água armazenada (JAQUES; RIBEIRO; LAPOLLI, 2005).

As técnicas empregadas para captar a água de chuva consistem em usar o telhado onde são colocadas calhas nos beirais com inclinações direcionadas para as tubulações ligadas às cisternas (FERREIRA, BATISTA & FORTES NETO, 2011). Entretanto, para que a água seja consumida com segurança, faz-se necessária a execução de um manejo higiênico da cisterna e da água antes de beber (ANDRADE NETO, 2004; XAVIER, 2010).

O uso de águas de chuvas por meio de cisternas tem se difundido em todo o mundo, em especial nas regiões onde não há ocorrência de rios com fluxo perene ou aquíferos que possam fornecer água em condições favoráveis.

No México as cisternas têm sido utilizadas no semiárido para diversos usos de águas de chuvas além do doméstico, como a piscicultura e reserva para combate a incêndios. (ANAYA, 2013).

Na região do oriente médio, a Palestina, em Hebron, cidade mais populosa da Cisjordânia, devido os verões extensos e secos e com média de 600mm de chuvas, reservar água de chuva torna-se essencial para suprir as atividades domésticas. Nessa cidade, das 17.055 residências, 11.074, correspondente a cerca de 65% destas residências têm cisternas instaladas, totalizando um volume de captação de 1.012.135 m³ (Al-SALAYMEH, 2010).

Na Oceania, na Austrália, a realidade não é diferente. A captação de água em residências é bem difundida, onde se utilizam tanques de polietileno e de outros materiais. Segundo dados do Australian Bureau of Statistics (2015), 2,3 milhões de famílias australianas utilizaram tanque de água de chuva como uma fonte de água no ano de 2013. A região Sul da Austrália há maior proporção de domicílios que usam água de chuva 46%, seguido de Queensland 34% e Victoria 29%.

Na América do Sul, o Brasil também apresenta um sistema bem difundido de captação de águas de chuvas, com destaque para a região do SAB que abriga uma população rural de cerca de 8 milhões de um total de 22 milhões de pessoas (ASA, 2014) nas regiões Nordeste e Sudeste (pequena parte dos estados do Espírito Santo e Minas Gerais). São 1.134 municípios sujeitos a ocorrência de secas e processos de desertificação crescente, com índice de desenvolvimento humano entre os mais baixos do país.

2.2 CARACTERÍSTICAS IMPORTANTES PARA A CAPTAÇÃO, ARMAZENAMENTO E CONSUMO DE ÁGUAS DE CHUVAS

No SAB, as secas prolongadas e recorrentes ameaçam o abastecimento de água para consumo humano tanto em qualidade quanto em quantidade necessárias como fatores determinantes para o binômio saúde/doença do homem. De acordo com a Organização Mundial de Saúde – OMS (2011) são necessários entre 50 a 100 litros de água por pessoa, por dia, para assegurar a satisfação das necessidades mais básicas e a minimização da ocorrência de problemas de saúde. Além disso, a fonte de água deverá localizar-se a uma distância máxima de 1.000 m do lar, e o tempo da coleta até a residência não deverá ultrapassar 30 minutos.

Outro aspecto importante a ser considerado é a eficiência de captação, definida como a relação entre o volume de águas potencialmente passíveis de captação devido às precipitações ocorrida e a água efetivamente armazenada na cisterna decorrente dessas chuvas (PHILLIP JR, 2005).

Dos vários formatos existentes de cisternas, o mais utilizado é o circular, por ser considerado o mais resistente e econômico. Elas podem ser enterradas, semienterradas ou apoiada, dependendo do tipo de solo. Como 80% da área geográfica do semiárido brasileiro, é de formação cristalino de difícil escavação, sendo portanto, mais comum encontrar nessa região construção de cisternas apoiadas (SILVA, 2006).

As CPLAs pré-moldadas foram desenvolvidas no Brasil há mais de 30 anos. Esse modelo tem sido consagrado como uma das mais eficientes propostas, devido ao baixo custo, facilidade de construção, segurança e durabilidade, sendo adotado P1MC.

As CPOLs tem sido implantadas no âmbito do Programa Água para Todos, representando uma vantagem expressiva relativa a rapidez de sua instalação (AQUALIMP, 2015).

Quanto a questão do dimensionamento da cisterna, esta característica pode influenciar a qualidade da água armazenada, ou seja, um superdimensionamento pode comprometer essa qualidade, pois o volume nunca será totalmente consumido, o que dificulta a limpeza anual da cisterna, não havendo a remoção dos sedimentos acumulados no fundo da cisterna. Outro problema do superdimensionamento é que a cisterna nunca será completamente cheia, havendo o desperdício do excesso de material empregado na construção, não contribuindo para a sustentabilidade do planeta (SMITH *et al.* (1999) *apud* SILVA, (2006)).

2.3 OS PROGRAMAS PARA IMPLANTAÇÃO DE CISTERNAS NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

O Programa de Formação e Mobilização Social para a Convivência com o Semiárido – Um Milhão de Cisternas (P1MC), promovido pela Articulação no Semiárido Brasileiro (ASA), foi lançado em 2003, pelo o Governo Federal em parceria com várias organizações não governamentais e a sociedade civil, com o

objetivo de garantir o amplo acesso à água para as populações rurais dispersas e em situação de extrema pobreza, para o consumo próprio.

No ano de 2011, para cumprir a meta estabelecida no P1MC, o Governo Federal instituiu, através do Programa Nacional de Universalização do Acesso e Uso da Água, o Programa Água para Todos, que é parte integrante do Plano Brasil sem Miséria. Esse Programa tem a finalidade de distribuir equipamentos hídricos, como CPLA e polietileno para a população rural sem acesso à água de boa qualidade ou que tenha um abastecimento difuso ou deficitário, a fim de melhorar as condições socioeconômicas da região (BRASIL, 2013). Também visa a construção/implantação de: barragem subterrânea, cisterna calçadão, caldeirão (tanque de pedra), barreiro trincheira (caxio), cisterna adaptada para a roça, bomba d'água popular, e outras tecnologias apropriadas, que possam captar e aproveitar, de maneira racional, a pouca disponibilidade hídrica do Semiárido.

2.4 PROGRAMA UM MILHÃO DE CISTERNAS (P1MC)

O Programa de Formação e Mobilização para a Convivência com o semiárido: Um Milhão de Cisternas Rurais (P1MC), tem como objetivo fornecer um milhão de cisternas pelo SAB, possibilitando uma água de boa qualidade para beber, cozinhar, higiene e outros benefícios.

O P1MC é uma iniciativa combinada de organizações da sociedade civil e governos. Possibilita à população do semiárido o acesso a uma estrutura simples e eficiente de captação de água da chuva e busca prover o gerenciamento e a valorização da água para a “convivência sustentável” com a escassez de água no Semiárido brasileiro.

As tecnologias de captação e manejo de água de chuva surgiram de maneira diversa e independente em muitas regiões do mundo e tem sido uma técnica de uso comum, notadamente nas áreas áridas e semiáridas, onde as chuvas, além de irregulares, ocorrem por poucos meses. No Brasil, mais especificamente no Nordeste semiárido, região de reconhecida escassez, não havia experimentado, em termos regionais, a execução de um programa de utilização da água da chuva para o atendimento das demandas hídricas como tecnologia alternativa para possibilitar a convivência mais harmônica com a realidade climática local.

A proposta desse programa foi apresentada em 1999, durante a 3ª Conferência das Partes da Convenção de Combate à Desertificação e à Seca (COP3), realizada em Recife/PE. Simultaneamente a essa Conferência, a sociedade civil organizada e atuante na região semiárida brasileira, promoveu o *Fórum Paralelo da Sociedade Civil*, para refletir sobre a realidade do Semiárido. Esse fórum provocou grande repercussão nos níveis regional e nacional, dando visibilidade às questões do Semiárido brasileiro. Foi constituída uma rede de organizações da sociedade civil com a sigla de ASA – Articulação Semiárido Brasileiro. É durante esse Fórum que a ASA lança a Declaração do Semiárido e se consolida enquanto articulação e propõe a formulação de um programa para construir 1 milhão de cisternas (ASSIS, 2009), em cinco anos, a partir de 2003. Hoje a ASA agrega 1000 organizações da sociedade civil que atuam na gestão e no desenvolvimento de políticas de convivência com a região semiárida (ASA, 2014).

O objetivo do P1MC visa beneficiar famílias rurais de baixa renda com dificuldade de acesso à água por meio da construção de CPLAs de argamassa de cimento e areia, para armazenamento da água da chuva, bem como proporcionar capacitação e formação para a convivência com o semiárido. Com isso, a expectativa era de que as famílias beneficiadas melhorariam suas condições de vida, contribuindo também para a garantia da Segurança Alimentar e Nutricional.

O P1MC é operado por organizações da sociedade civil presentes em várias microrregiões de todos os estados abrangidos pelo semiárido. Essas organizações funcionam como as Unidades Gestoras Microrregionais (UGMs) e são coordenadas pela Unidade Gestora Central (UGC) localizada em Recife no estado de Pernambuco. O programa é organizado em seis componentes: Controle Social, Capacitação, Fortalecimento Institucional, Comunicação, Construção de Cisternas e Mobilização, que permeia todos os demais.

O público-alvo do programa são as famílias de baixa renda da zona rural de municípios do Semiárido brasileiro, que se encontra em situação de vulnerabilidade social, que vivem em situação de extrema pobreza e que não disponham de fonte de água ou meio suficientemente adequado de armazená-la para o suprimento das suas necessidades.

O P1MC conta com financiamento do governo federal, além de outras instituições como a Federação Brasileira de Bancos (FEBRABAN), a Fundação

Banco do Brasil, Petrobrás, entre outras, afora as contrapartidas das organizações componentes da ASA.

A execução do programa tem início com a seleção e o cadastramento das famílias a serem atendidas. Nessa etapa, a UGM articula uma Comissão Municipal, composta por organizações populares e comunitárias. São então selecionadas as comunidades e famílias com base nos critérios pré-definidos pelo Ministério do Desenvolvimento Social: renda per capita de até meio salário mínimo; famílias chefiadas por mulheres; famílias que possuam idosos, portadores de deficiência e crianças entre 0 e 6 anos ou crianças e adolescentes frequentando regularmente a escola.

O P1MC prevê programas de capacitação para garantir o seu bom desempenho. O Manual para Execução do Programa Cisternas (BRASIL, 2011), detalha os programas de capacitação dos beneficiários, pedreiros e agentes comunitários de saúde.

A capacitação de beneficiários em gerenciamento de recursos hídricos (GRH) tem por finalidade a conscientização e orientação das famílias beneficiárias quanto à convivência com o semiárido, a manutenção e utilização adequada da cisterna, bem como a maximização dos benefícios dela decorrentes, sendo de fundamental importância para o sucesso do programa. As oficinas de capacitação envolvem um grupo de no máximo 30 beneficiários, com duração de no mínimo 16 horas, dividida em dois dias. O conteúdo da capacitação contempla diversos tópicos: O clima semiárido e suas consequências, meio ambiente e cidadania, a manutenção das cisternas construídas, o cuidado com a água reservada, a geração de renda e oportunidades locais. O processo de capacitação leva também em consideração, a organização prévia das comunidades com estruturação de grupos de trabalho, no âmbito de cada comunidade, para acompanhamento e controle das construções das unidades familiares.

A capacitação de pedreiros tem por objetivo estabelecer um padrão de atuação dos profissionais responsáveis pela construção que garanta a qualidade da obra, evitando falhas de construção. Esta capacitação contempla pelo menos habilidades relativas à definição adequada da localização da cisterna; escavação, construção da cisterna e fixação de placa de identificação. Também envolve a organização de equipes de até dez pedreiros e ocorre paralelamente à construção

demonstrativa de uma ou mais cisternas, tendo suas etapas coordenadas por um pedreiro instrutor já experiente, que explica e mostra as técnicas e os procedimentos de construção aos demais pedreiros.

Já a capacitação dos agentes comunitários de saúde (ACS) ocorre para que haja a promoção necessária da saúde dos membros da família beneficiária, especialmente no que diz respeito à prevenção de doenças de veiculação hídrica. A carga horária da capacitação tem duração de 16 horas divididas em dois dias. A capacitação dos ACS abrange temas e conteúdos referentes à conservação da água (cloração e manuseio) e ao monitoramento da qualidade da água armazenada nas residências, além de técnicas interativas de educação em saúde.

2.5 O PROGRAMA ÁGUA PARA TODOS

O Programa Água para Todos foi instituído pelo Decreto nº 7.535, de 26 de julho de 2011, mantendo-se em consonância, no que for cabível, com as diretrizes e objetivos do Plano Brasil sem Miséria (BSM, criado pelo Decreto nº 7.492, de 2 de junho de 2011), que o precedeu. No Plano Plurianual 2012-2015, os objetivos e metas do Água para Todos estão associados ao Programa 2069 - Segurança Alimentar e Nutricional (MINISTERIO DA INTEGRAÇÃO, 2016).

Para dar cumprimento a essas diretrizes e objetivos, o BSM agrega três eixos de atuação que são: (I) a transferência de renda, (II) o acesso a serviços públicos e (III) a inclusão produtiva. Inserido no segundo eixo de atuação, encontra-se o Programa Nacional de Universalização do Acesso e Uso da Água - Água para Todos, destinado a promover a universalização do acesso à água em territórios rurais, tanto para consumo humano quanto para a produção agrícola e alimentar, com prioridade de atendimento as famílias que vivem em situação de pobreza e extrema pobreza, inscritas no Cadastro Social Único (CadÚnico) do governo federal do Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome, com renda per capita de até R\$ 154,00 (cento cinquenta e quatro reais), ou não inscritas, mas que detenham tal perfil (MINISTERIO DA INTEGRAÇÃO, 2016).

O programa tem como objetivo garantir o amplo acesso à água para as populações rurais dispersas e em situação de extrema pobreza, seja para o consumo próprio ou para a produção de alimentos e a criação de animais,

possibilitando a geração de excedentes comercializáveis para a ampliação da renda familiar dos produtores rurais.

O Comitê Gestor Nacional do Programa Água para Todos, integrante do Plano Brasil sem Miséria, sob a coordenação da Secretaria de Desenvolvimento Regional do Ministério da Integração Nacional, optou pela cisterna de polietileno por apresentar maior rapidez na instalação da cisterna e permitir total estanqueidade da água armazenada, considerando ainda as seguintes justificativas (MINISTERIO DA INTEGRAÇÃO, 2016):

- A cisterna de polietileno vem sendo utilizada em vários países como Austrália, Malásia, Nova Zelândia, México, EUA, obtendo um resultado totalmente satisfatório;
- A cisterna de polietileno permite o bombeamento para fins de abastecimento e irrigação;
 - O polietileno é uma tecnologia limpa e ecológica, é uma matéria prima de alta performance e durabilidade, não tóxico, inodoro e impermeável;
 - Trata-se de material de alta resistência;
 - Vem sendo aplicado em sistemas de adutoras, regido a níveis elevados de pressão, com excelente funcionalidade e também em sistemas de reservatórios de armazenamento de água comparando com outros materiais como PVC, fibra de vidro e placas de concreto;
 - Redução de despesas com a manutenção e operação do sistema, visto que a tampa de fechamento é com travamento, diminuindo significativamente a contaminação da água;
 - A escavação é rasa, com 80 cm de profundidade, sendo suficiente para enterrar o reservatório, bem menor que outros sistemas;
 - Rapidez de execução, proporcionando um benefício mais rápido às famílias carentes e sem acesso à água, bem como às condições de conservação da água;
 - O custo de instalação e montagem compatível com os benefícios auferidos com este sistema de reservatório de água potável;
 - Vida útil de no mínimo 20 anos, com um custo/benefício bem significativo.

2.6 CARACTERÍSTICAS DAS CISTERNAS PARA ABASTECIMENTO UNIFAMILIAR

2.6.1 Cisternas de placas

As cisterna de placas são reservatórios de armazenamento de águas, de formato cilíndrico, semi enterradas e cobertas (

Figura 1). Esse tipo de cisterna é considerada uma tecnologia hídrica social para armazenamento de água da chuva com diversas capacidades. Formada por alvenaria de placas construídas com argamassa de cimento e areia com a dimensão unitária de 50cm de largura por 60cm de altura, e espessura de 3cm, curvas, formando um cilindro interno de 173cm, permitindo um armazenamento de água com altura de 170cm. As CPLAs tem altura do cilindro armazenador de 185cm sendo que 120cm fica enterrada. A sua tampa tem altura de 85cm, também construída com placas com geometria diversa das placas do cilindro armazenador. Estas placas são fabricadas no local de construção em moldes de madeira ou aço.

O processo de construção da CPLAs ocorre a partir de oito etapas principais. Inicia-se com a marcação e a escavação do buraco onde a mesma será assentada; fabricação das placas; fabricação dos caibros; levantamento das paredes; cobertura; colocação do sistema de captação; retoque e acabamentos; e instalação de uma bomba de baixo custo, fabricada em PVC.

Figura 1: Cisterna de placas. Local: Sítio Camucá, São Sebastião de Lagoa de Roça, PB.



Fonte: Acervo do autor, 2016.

As CPLAs vêm sendo instaladas há mais tempo, e suas desvantagens são conhecidas: a construção exige pedreiros qualificados; podem ocorrer fissuras por onde a água vaza; entre a fabricação das placas e o início do levantamento das paredes é preciso aguardar cerca de três semanas para que o concreto possa curar (endurecer) o suficiente e um conserto de vazamentos é impossível na maioria das vezes (GNADLINGER, 2011).

2.6.2 Cisternas de polietileno (CPOL)

As cisternas de polietileno (CPOLs), assim como as de placas, possuem formato cilíndrico, e são fechadas e instaladas semi enterradas (Figura 2). Segundo informações da ACQUALIMP®, empresa que produz esses tipos de cisternas para o Programa Água para Todos¹, informa que as mesmas são produzidas com polietileno de alta densidade com aditivo UV-8 e antioxidantes, tampa click de 60 cm, vedação contra insetos, sendo atóxica, inodora, impermeável, e capaz de

¹ Parte integrante do Plano Brasil Sem Miséria, é um conjunto de ações do governo federal que busca universalizar o acesso e uso de água para populações que não dispõem desse serviço público essencial.

armazenar 16 mil litros. Possui alças de içamento e segue a norma da ABNT NBR 15682².

Segundo informações do Ministério de Desenvolvimento Social (MDS), a decisão de ampliar o rol de tecnologias utilizadas no Programa Água para Todos, incluindo as cisternas fabricadas com polietileno, teve como fundamento a necessidade de garantir maior agilidade na implementação e possibilitar, assim, o atendimento imediato das famílias e, portanto, o cumprimento da meta de 750 mil cisternas de água para consumo até 2014 (MDS, 2015).

O Ministério da Integração Nacional (MI) é o responsável por contratar e implantar as cisternas de polietileno, que possuem a mesma capacidade de armazenamento das cisternas de placa: 16 mil litros (MDS, 2015).

Figura 2: Cisterna de polietileno distribuída no Programa Água para Todos. Local: Sítio Camucá, São Sebastião de Lagoa de Roça, PB.



Fonte: Acervo do autor, 2016.

Um grande parceiro na instalação desse tipo de cisterna no Brasil é a Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (Codevasf), essa ação faz parte do programa Água para Todos, cuja coordenação é do Ministério da Integração Nacional (MI) e a Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (Codevasf), que é um dos órgãos executores.

Segundo o PORTAL BRASIL (2014), desde 2012 a Codevasf instalou 72.447 reservatórios em 133 municípios dos estados de Alagoas, Bahia, Minas

² Tanque estacionário rotomoldado em polietileno (PE) para acondicionamento de águas - Requisitos e métodos de ensaio. Esta Norma abrange tanque vertical cilíndrico de fundo plano.

Gerais, Sergipe, Pernambuco, Piauí e Maranhão. Aproximadamente 360 mil pessoas, moradoras de comunidades rurais do semiárido foram beneficiadas. Cada cisterna pode acumular 16 mil litros de água, quantidade suficiente para suprir as necessidades básicas de uma família de cinco pessoas por períodos de estiagem de até seis meses.

Na Paraíba esse tipo de cisterna foi instalado nos municípios de: Ararauna, Areial, Cacimba de Dentro, Dona Inês, São Sebastião de Lagoa de Roça, Belém do Brejo do Cruz, Igaracy, Quixaba e Lagoa, sob supervisão do Departamento Nacional de Obras Contra as secas - DNOCS.

2.7 A IMPORTÂNCIA DA QUALIDADE DA ÁGUA ARMAZENADA PARA A SAÚDE DOS USUÁRIOS

A qualidade da água de chuva de cisternas não depende apenas do dimensionamento. As condições atmosféricas também podem interferir na qualidade destas. A contaminação da água captada geralmente pode ocorrer na superfície de captação (telhado, solo, ou outra superfície preparada ou natural) ou quando está armazenada de forma não protegida (ANDRADE NETO, 2004).

Outro aspecto a ser considerado é que nem só se armazena água de chuva nas cisternas: ocorrem situações críticas como as secas severas quando há programas emergenciais de abastecimento de água utilizando-se carros pipa que captam água em reservatórios fluviais ou rios onde há disponibilidade de preferências nas proximidades das comunidades a serem abastecidas. Nesses casos a qualidade da água fica dependente as condições do manancial utilizado para a captação e transporte pelos carros pipa.

As águas acondicionadas em cisternas são empregadas quase que exclusivamente para usos domésticos e, geralmente, sem qualquer tipo de tratamento. Por isso, é fundamental que essas águas sejam seguras em termos sanitários. Porém, existem diversos tipos, capacidades e finalidades das cisternas.

A manutenção e o manejo são os componentes mais complexos para o êxito das tecnologias de captação de água de chuva para beber, por requerer dos usuários a apropriação do conceito de “qualidade de água” e de sua incorporação

no cotidiano, no manejo cuidadoso e higiênico da água, desde a captação até seu ponto final de consumo (CEBALLOS et. al. 2014).

Para que a água de chuva seja consumida com segurança faz-se necessária a execução de um manejo higiênico da cisterna e da água antes de beber (ANDRADE NETO, 2004; XAVIER, 2010). Segundo Mota (2006), alguns cuidados devem ser observados, no sentido de garantir a qualidade da água acumulada em cisternas: i) Não recolher as primeiras águas precipitadas, pois contêm sujeiras das coberturas; para isso, deve ser instalado um dispositivo que permita desviar as águas das primeiras chuvas; ii) A retirada da água das cisternas deve ser feita através de torneira ou por bomba manual; deve-se evitar a obtenção de água com baldes; iii) As cisternas devem ser mantidas bem vedadas, para evitar o acesso de animais e detritos e a incidência da luz solar; iv) As cisternas de forma retangular devem ter os cantos arredondados, para facilitar a limpeza; v) Deve-se proceder a limpeza das cisternas, pelo menos, uma vez no ano.

2.8 INDICADORES DE QUALIDADE DA ÁGUA

O uso de índices de qualidade da água surge da necessidade de sintetizar a informação sobre vários parâmetros físico-químicos, visando informar a população e orientar as ações de planejamento e gestão da qualidade da água. Os indicadores de qualidade das águas, têm um histórico relativamente recente.

O Índice de Qualidade das Águas (IQA) foi criado em 1970 nos Estados Unidos, pela National Sanitation Foundation. A partir de 1975 começou a ser utilizado pela CETESB. Nas décadas seguintes outros Estados brasileiros adotaram o IQA que hoje é o principal índice utilizado no país (SILVA; ARELIANO; LUCENA 2012).

Outros índices também são encontrados na literatura relativa a qualidade das águas como o Índice de Qualidade da Água Bruta para fins de Abastecimento Público (IAP), Índice de Qualidade da Água de Bascarán (IQA_b), Índice de Qualidade de Água Bruta para Abastecimento Público (IQABP), Índice de Estado Trófico (IET), Índice de Qualidade de Estações de Tratamento de Água (IQETA), Índice de Contaminação por Tóxicos, Índice de Balneabilidade (IB) e o Índice de

Qualidade de Água para a Proteção da Vida Aquática (IVA) (ANA, 2016; SILVA; ARELIANO; LUCENA 2012; SOUZA & LIBÂNIO, 2009; RIZZI, 2001).

2.7.1 Índice de Qualidade de Águas de Bascarán

O Índice de Qualidade da Água de Bascarán (IQAb), proporciona um valor global de qualidade da água, incorporando valores individuais de uma série de variáveis (RIZZI, 2001). O IQAb, diferente de outros índices, é bastante flexível, pois permite a introdução ou exclusão de variáveis de acordo com as necessidades ou limitações para obtenção de dados, sendo possível definir um índice básico com um número reduzido de variáveis e outro completo com maior número de variáveis (RIZZI, 2001).

Ele é expresso por:

$$IQAb = k \frac{\sum_{i=1}^n C_i P_i}{\sum_{i=1}^n P_i}$$

em que: C_i é o valor porcentual correspondente ao parâmetro i ; P_i é o peso correspondente a cada parâmetro; e k é uma constante de ajuste, em função do aspecto visual da água, à qual se atribuiu: 1 para água clara, sem contaminação aparente; 0,75 para água com cor indefinida, espuma, pouca turbidez aparente ou natural; 0,50 para água com aparência de contaminação e forte odor; 0,25 para água negra, com fermentação e odor. O valor de k utilizado para a referida pesquisa foi de 0,75 para todas as áreas. Os valores de C_i e P_i são apresentados por (RIZZI, 2001).

O valor do IQAb varia de 0 a 100 e corresponde a uma escala qualitativa de caracterização, que vai do aspecto péssimo à excelente (

Quadro 1). O estabelecimento de tabelas similares, de acordo com o uso e avaliação específica, é recomendado por (RIZZI, 2001).

Quadro 1: Escala de classificação qualitativa da qualidade da água de Bascarán

Valor	Classificação
100	Excelente
90	Muito boa
80	Boa
70	Agradável
60	Aceitável
50	Normal
40	Imprópria
30	Desagradável
20	Ruim
10	Muito ruim
0	Péssima

Fonte: Adaptado de Rizzi (2001)

3. CARACTERÍSTICAS DA ÁREA DE ESTUDO

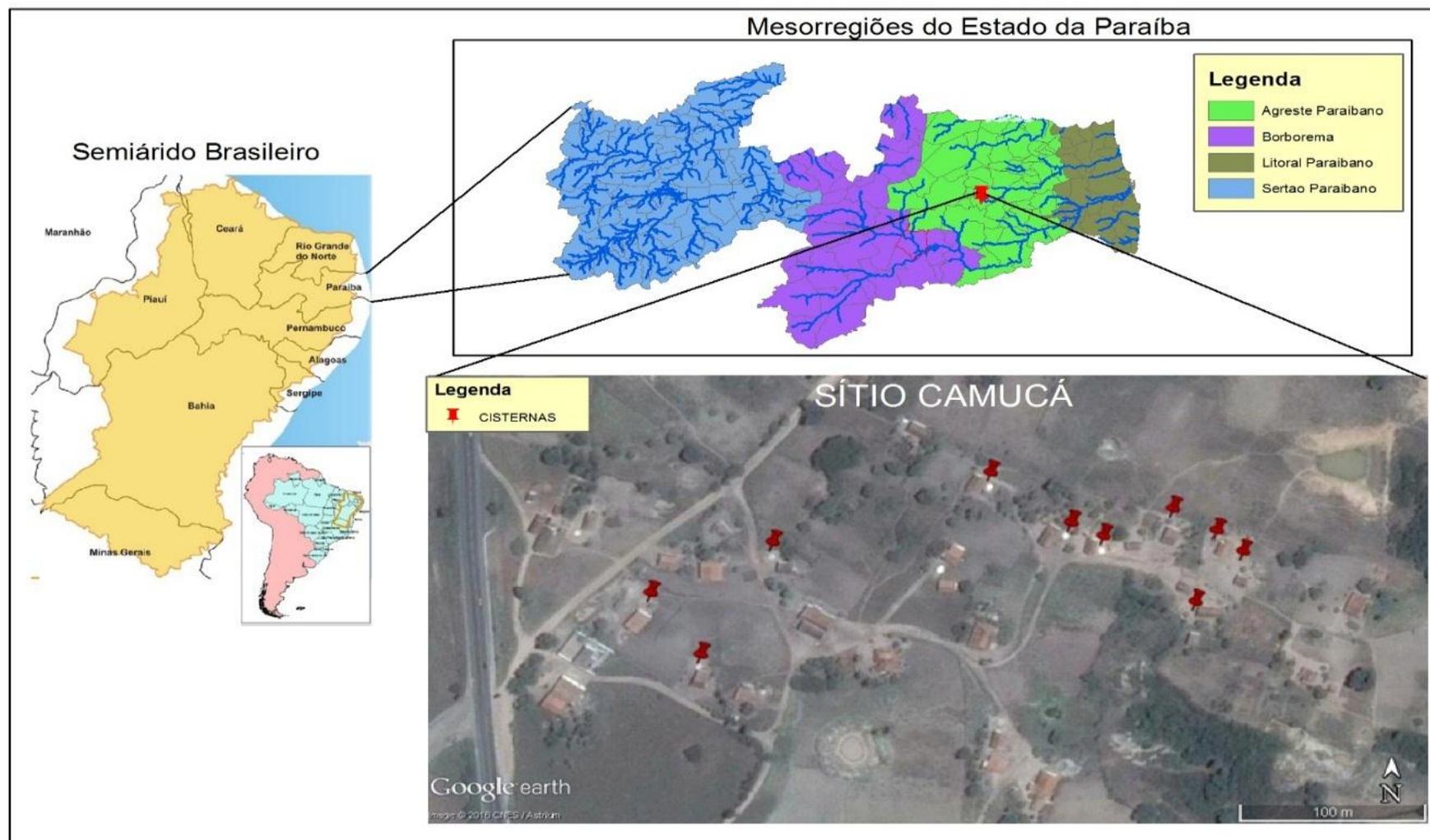
Para a realização da pesquisa foram selecionadas três pequenas comunidades rurais (Camucá, Caracol e Tanques), localizadas no município de São Sebastião de Lagoa de Roça, Paraíba, onde estão instaladas CPLAs e de CPOLs. Essas comunidades rurais não dispõem de sistemas públicos ou privados relativos a redes de distribuição de água e de esgotamento sanitário.

3.1 MUNICÍPIO DE SÃO SEBASTIÃO DE LAGOA DE ROÇA – PB

O município de São Sebastião de Lagoa de Roça, localizado na mesorregião do Agreste Paraibano, com uma área de 49,96km², população de 11.041 habitantes, sendo 6.392 na zona rural e 4.649 na zona urbana, com uma altitude de 641m acima do nível do mar. Limita-se com os municípios de Esperança a oeste e a norte, Alagoa Nova e Matinhas a leste, Lagoa Seca ao sul e com o município de Montadas a oeste. A economia baseia-se na agricultura, tendo como destaque as culturas de milho, feijão, mandioca, batatinha, batata doce, entre outras.

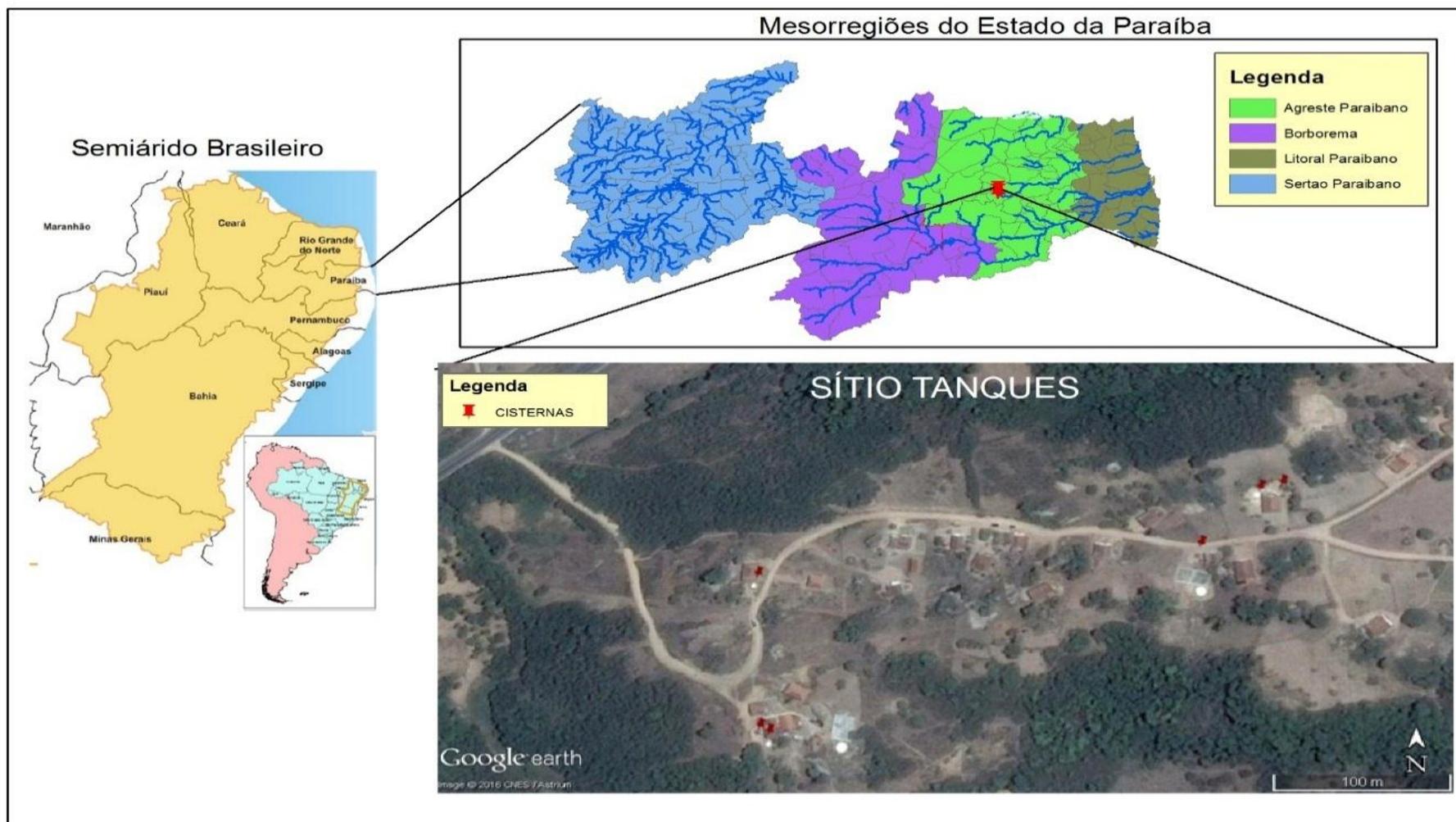
As Figuras 3, 4 e 5 mostram os mapas de localização das áreas de estudo.

Figura 3: Área de estudo do Sítio Camucá no município de São Sebastião de Lagoa de Roça, PB.



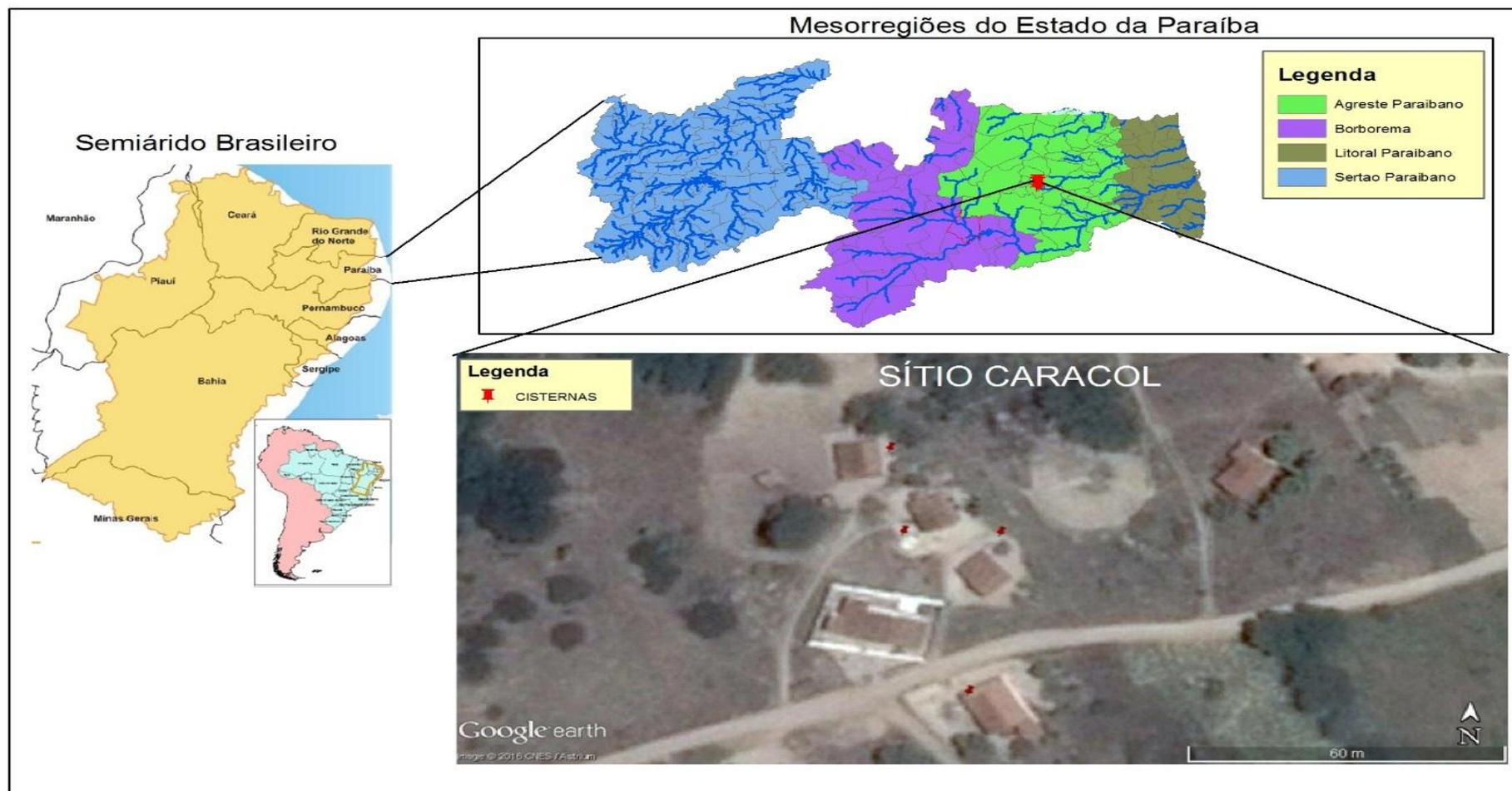
Elaborado por Marie Malzac, 2016.

Figura 4: Área de estudo do Sítio Tanques no município de São Sebastião de Lagoa de Roça, PB.



Elaborado por Marie Malzac, 2016.

Figura 5: Área de estudo do Sítio Caracol no município de São Sebastião de Lagoa de Roça, PB



Elaborado por Marie Malzac, 2016.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 SELEÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO

Para a seleção e identificação das áreas de estudos, foram realizadas expedições para identificação de cisternas com características representativas para a realização da pesquisa de campo. Após a seleção, as referidas cisternas foram fotografadas e cadastradas.

4.2 ANÁLISES FÍSICOS E QUÍMICAS

Foram coletadas amostras de águas diretamente de CPLAs e CPOLs com uma frequência mensal, de outubro de 2015 à agosto de 2016. Os parâmetros pH, temperatura, turbidez, condutividade elétrica, salinidade, oxigênio dissolvido foram medidos por meio da sonda multiparâmetro HANNA® modelo HI 9829. Os parâmetros, cor, dureza, sólidos totais dissolvidos, cloretos, amônia e nitrato, foram analisados no Laboratório de Saneamento, já as análises microbiológicas foram realizadas no Laboratório de Tecnologia de Alimentos, ambos laboratórios localizados no Centro de Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba, Campus I, João Pessoa.

Os resultados da análise qualitativa da água tiveram como referência os parâmetros de potabilidade estabelecidos pela Portaria nº 2914/2011 do MS, bem como os parâmetros de água bruta estabelecidos pela Resolução nº 357/2005 do CONAMA.

4.3 CARACTERIZAÇÃO DAS ÁGUAS DAS CISTERNAS MONITORADAS

No Quadro 2 é mostrada a relação das cisternas e sua caracterização quanto ao material construtivo, coordenadas geográficas, tipo de água armazenada, além das localidades onde estão instaladas, compreendendo dez CPLAs e nove CPOLs.

Quadro 2: Tipo de água armazenadas nas cisternas monitoradas.

Nº	Coordenadas	Tipo de cisterna	Origem da água	Localidade
1	E 184969 N 92166988	Placa	Água de chuva	Sítio Camucá
2	E 184969 N 9216988	Placa	Água de chuva	Sítio Camucá
3	E 184728 N 9214964	Placa	Água de chuva	Sítio Tanques
4	E 184927 N 9217015	Placa	Água de chuva	Sítio Camucá
5	E 184759 N 9214945	Placa	Água de chuva	Sítio Tanques
6	E 184814 N 9214990	Placa	Água de chuva	Sítio Tanques
7	E 184796 N 9214987	Placa	Água de chuva	Sítio Caracol
8	E 184818 N 9216976	Placa	Água de chuva + carro pipa ¹	Sítio Camucá
9	E 184490 N 9214813	Placa	Água de chuva + carro pipa ¹	Sítio Tanques
10	E 184494 N 9214807	Placa	Água de chuva	Sítio Caracol
11	E 185169 N 9214823	Polietileno	Água de chuva	Sítio Caracol
12	E 186064 N 9214947	Polietileno	Água de chuva	Sítio Caracol
13	E 184820 N 9216976	Polietileno	Água de chuva	Sítio Camucá
14	E 184752 N 9216940	Polietileno	Carro pipa ²	Sítio Camucá
15	E 186045 N 9214967	Polietileno	Água de chuva	Sítio Tanques
16	E 184752 N 9216940	Polietileno	Água de chuva	Sítio Tanques
17	E 184755 N 9216940	Polietileno	Água de chuva + carro pipa ¹	Sítio Camucá
18	E 184754 N 9216854	Polietileno	Água de chuva + carro pipa ¹	Sítio Camucá
19	E 186043 N 9214943	Polietileno	Água de chuva	Sítio Camucá

(1) Águas oriundas de açudes transportadas em carros pipa de particulares.

(2) Águas oriundas de açudes transportadas em carros pipa sob supervisão do Exército Brasileiro.

Quanto à maneira de captação das águas das cisternas, observou-se que nas CPLAs utiliza-se balde com corda de nylon e /ou agave com imersão na cisterna. Apenas a cisterna 6 se faz uso da bomba de acionamento manual de PVC. Nas CPOLs, a situação da captação da água é semelhante, com exceção da cisterna 13 na qual se usa uma bomba de ferro com indicio de processo de oxidação.

Deve ser ressaltado que em nenhuma cisterna monitorada havia dispositivos de barreiras sanitárias, ou seja, o controle relativo ao descarte das primeiras águas de chuvas fica a cargo do proprietário, que é realizado manualmente desconectando o tubo condutor de água da entrada da cisterna.

4.4 CARACTERIZAÇÃO DA SONDA HANNA® HI 9829

A sonda multiparâmetro utilizada da marca HANNA® modelo HI 9829, equipamento que possui um multisensor com microprocessador, permitindo dessa forma realizar a medição dos valores dos parâmetros de qualidade da água (Figura 6).

Figura 6: Medidor multiparâmetro portátil HANNA ®9829 com seu mostrador e a sonda.



Fonte: Acervo do autor, 2016.

4.4.1 Caracterização dos sensores de análises da sonda HANNA® HI 9829

Segundo manual da sonda multiparamétrica, os eletrodos de análises apresentam as seguintes características:

- **Identificação de pH/ORP** - O sensor de pH/ORP HI 7609829-1 possui um bolbo em vidro sensível para leituras de pH, um sensor em platina para medições redox e uma referência de dupla junção em prata/prata, com eletrolítica em gel;
- **Identificação do Oxigênio (OD)** - O sensor galvânico de oxigênio dissolvido (O.D.) HI 7609829-2. A membrana fina permeável a gás isola os elementos do sensor da solução de teste mais permite a passagem do oxigênio. O oxigênio que passa através da membrana é reduzido no cátodo e provoca uma corrente, a partir da qual é determinada a concentração de oxigênio. O sensor O.D. está em conformidade com o *Standard Methods* 4500-AG, EPA 360.1;
- **Identificação de Condutividade e Turbidez** - O sensor combinado de EC/Turbidez HI 7609829-4, inclui num único corpo, um sensor de condutividade com 4 eletrodos e um sensor de turvação que se encontra em conformidade com as normas ISO 7027. O sensor de turbidez usa uma técnica óptica para medir as partículas suspensas na água.

4.5 METODOLOGIA PARA REALIZAÇÃO DAS ANÁLISES

4.5.1 Coletas das amostras físico-químicas

Para a realização das coletas de água visando as análises físico-químicas em laboratório, foram utilizadas garrafas plásticas para coleta das amostras de água (Figura 7). O armazenamento das amostras, era feito posteriormente e acondicionadas em caixa térmica com gelo (Figura 8) para o transporte até o Laboratório de Saneamento da Universidade Federal da Paraíba, Campus I, em João Pessoa.

Figura 7: Garrafa plástica

7



Figura 8: Caixa térmica de transporte das garrafas com gelo

8



Fonte: Acervo do autor, 2016.

As análises dos parâmetros monitorados foram realizadas em laboratório e com a sonda multiparâmetro da marca HANNA® modelo HI 9829. No Quadro 3 são mostrados os ensaios e os métodos para a realização das análises. As análises realizadas no laboratório de saneamento da UFPB seguiram a referência normativa de acordo com o especificado no Manual de análises físico químicas de Águas de Abastecimento e Residuárias, Salomão Anselmo Silva.

Quadro 3: Metodologia das análises dos parâmetros analisados

Realização das análises	Ensaio	Método
Laboratório Saneamento	Sólidos suspensos totais	Gravimétrico
	Sólidos suspensos voláteis	Gravimétrico
	Sólidos suspensos fixos	Gravimétrico
	Alcalinidade total	Titulométrico
	Dureza total	Titulométrico
	Cloreto	Titulométrico
	Sulfato	Espectrofotométrico
	Amônia	Espectrofotométrico
	Nitrato	Espectrofotométrico
	Cor	Espectrofotométrico
	pH	Leitura direta
	Turbidez	Leitura direta
Sonda Hanna	Oxigênio Dissolvido	Leitura direta
	Condutividade	Leitura direta
	pH	Leitura direta
	Potencial de Oxi-Redução	Leitura direta
	Salinidade	Leitura direta
	Temperatura	Leitura direta
	Turbidez	Leitura direta

4.6 METODOLOGIA PARA REALIZAÇÃO DE ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS

Para a realização das coletas para análises microbiológicas, foram utilizadas bolsas THIO BAG³ (Figura 9) para o armazenamento da amostra. As bolsas com a água coletadas foram acondicionadas em caixa de isopor com gelo,

³ Bolsa feita de polietileno de baixa densidade, transparente e resistente a impactos, esterilizado por radiação gama. Contém uma patilha de 10 mg Tiosulfato de sódio, que tem a finalidade de neutralizar o cloro, caso a água contenha.

e transportadas em menos de 24 horas para o Laboratório de Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal da Paraíba, Campus I.

Figura 9: Bolsa para coleta de amostra de água THIO BAG, e caixa de isopor com gelo.



Fonte: Acervo do autor, 2016.

Os indicadores de contaminação fecal analisados foram os coliformes totais, como recomendado pela Portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde para água destinada ao consumo humano. Foram analisados um total de 19 amostras de cisternas monitoradas.

A metodologia empregada foi a Técnica dos Tubos Múltiplos. A partir dela é possível determinar o Número Mais Provável (NMP) de bactérias do grupo coliforme em 100 ml de água (NMP/100 ml).

O NMP visa estimar a densidade de microrganismos presente na amostra de água ou alimentos baseado na frequência de resultados positivos. Costuma ser aplicado para a pesquisa de coliformes em água e alimentos. Assim, é possível obter informações sobre a população presuntiva de coliformes (teste presuntivo), sobre a população real de coliformes totais (teste confirmatório) e sobre a população de coliformes termotolerantes de origem fecal. A técnica dos tubos múltiplos e a determinação do NMP são baseadas no Standard Methods for

the Examination of water and Wastewater-APHA/American Public Health Association (1992).

A Técnica dos Tubos Múltiplos é dividida em 3 etapas, porém nesse trabalho só foi realizado as duas primeiras:

a) Teste Presuntivo: Volumes de 10ml de cada amostra foram inoculadas individualmente em série de 10 tubos de ensaio contendo 10ml de caldo Lauril Sulfato Triptose - LST (em concentração dupla) e tubos Durhan invertidos em cada um. Os tubos foram incubados a $35\pm 1^{\circ}\text{C}/24\pm 2\text{h}$, sendo considerados positivos, os tubos que apresentaram 1/10 de presença de gás no tubo de Durhan.

b) Confirmação de coliformes totais: Para cada tubo positivo, foi transferida, em condições estéreis, uma alçada do LST para um tubo contendo 10 ml do caldo Bile Verde-Brilhante (VB) e o tubo de Durhan invertido. Em seguida, incubou-se os tubos inoculados em estufa bacteriológica a $35\pm 1^{\circ}\text{C}/24\pm 2\text{h}$. A presença de gás em 1/10 do tubo Durhan, foi tomada como resultado positivo.

A água, para ser considerada potável, não deve conter microrganismos patogênicos e estar livre de bactérias indicadoras de contaminação fecal. Esses indicadores são tomados como referência, porque os mesmos pertencem a um grupo de bactérias denominadas coliformes, tendo como principal representante desse grupo de bactérias *Escherichia coli* (FUNASA, 2006).

4.7 INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

4.7.1 Dados das análises físico-químicas e microbiológicas

Os resultados obtidos das análises físico-químicas foram organizados em gráficos. Para cada tipo de cisterna (placas e polietileno) são mostradas as estatísticas dos dados referentes aos parâmetros analisados em gráficos do tipo *box plot* feitos no *SigmaPlot* 10.0, no qual é possível examinar o comportamento da distribuição dos dados. Nessa distribuição é possível verificar a posição da mediana, dos primeiros e terceiros quartis, máximo e mínimo e a existência de *outliers*.

Também foram calculados os percentuais médios de conformidade para cada parâmetro analisado por tipo de cisterna e feitas confrontações com resultados obtidos por outros autores relativamente a cada parâmetro analisado.

Os dados oriundos das análises microbiológicas realizadas foram organizados em uma tabela para permitir a visualização quanto ao atendimento à Portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde.

Finalmente foram calculados os Índice de Qualidade de Água de Bascarán e que receberam uma análise estatística diferenciada tentando responder a hipótese principal do trabalho.

4.7.2 Estatísticas aplicadas ao Índice de Qualidade de Água de Bacarán (IQAb)

As análises estatísticas usadas para os conjuntos das medições têm a finalidade de verificar se existe diferenças entre as médias de IQAb das CPLAs e CPOLs.

Os dados referentes aos IQAb de cada cisterna foram plotados em um gráfico do tipo *box plot*, examinando o comportamento da distribuição dos dados, a posição da mediana, dos primeiros e terceiros quartis, máximo e mínimo e a existência de *outliers*. Em seguida para cada grupo de cisternas foi realizado um teste de normalidade para indicar a possibilidade da utilização de teste paramétrico ou não paramétrico. O teste de normalidade utilizado nos grupos foi o de *Shapiro-Wilk*, pois, o tamanho das amostras é inferior a 30 ($n < 30$). Caso os grupos apresentem distribuição normal, o teste de comparação de médias a ser utilizado será o Teste “t”, porém para que este teste seja utilizado é preciso que os grupos tenham variâncias iguais e para verificar e para isso será utilizado o teste de *Levene*.

Caso os dados não tenham distribuição normal não é necessário realizar o teste de *Levene* e esses grupos serão submetidos a um teste não paramétrico de Mann-Whitney. Os testes serão realizados no software SPSS-20 todos com nível de significância α de 5% (0,05).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 DISCUSSÃO PARA AS ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

- **Temperatura da água**

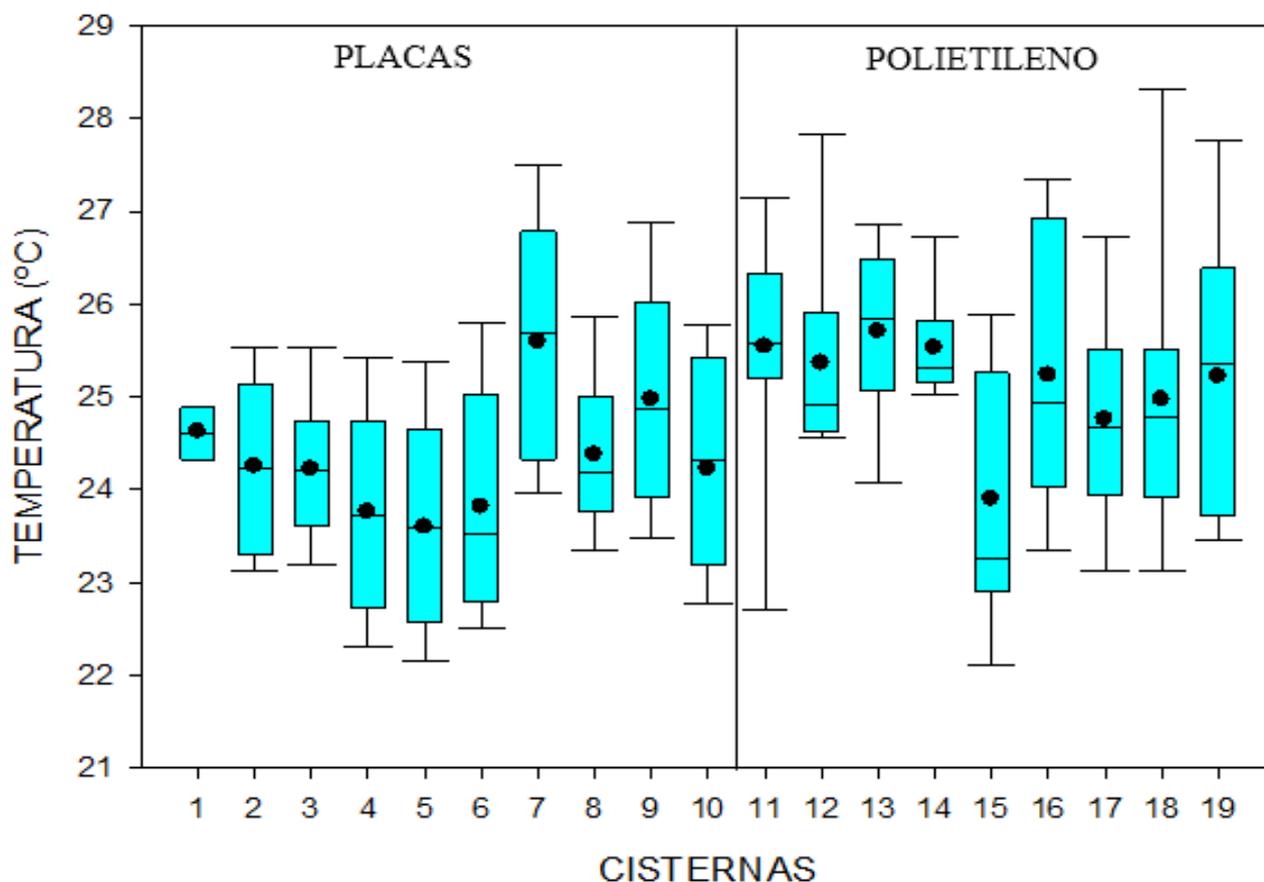
As águas armazenadas em CPLAs apresentaram valores de temperatura entre 22,1°C a 27,5°C. Já para as águas armazenadas em CPOLs verificou a ocorrência de valores entre 22,1°C a 28,5°C. As temperaturas medidas nas águas armazenadas nas CPLAs apresentaram o valor médio igual a 24,3°C, enquanto que nas CPOL a média foi levemente superior igual a 25,1°C. A leitura do gráfico tipo box plot da

Figura 10 indica serem maiores as temperaturas das águas nas CPOLs. No entanto fatores como a hora da coleta influenciam obviamente nos valores medidos. Portanto, deve-se considerar a maior temperatura nas CPOLs apenas como uma indicação sem rigor conclusivo, no contexto deste trabalho.

Vale ressaltar que não há especificação de conformidade na Portaria nº 2.914/2011 MS, relativamente à temperatura da água, mesmo sendo conhecido que possa influenciar na qualidade.

Em uma pesquisa realizada por SANTANA et al. (2015) sobre variação de pH e temperatura em CPLAs e CPOLs em comunidades rurais em Petrolina - PE em 2015, analisou-se qual tipo de cisterna tem a maior temperatura da água. Os autores concluíram que na CPOL a temperatura da água estava mais elevada entre 1,5°C até 5,5°C do que nas CPLAs.

Figura 10: Gráficos *box plot* de temperatura (°C) comparando os resultados quanto ao tipo de cisternas



- **Potencial hidrogeniônico (pH)**

De acordo com o padrão de potabilidade estabelecido pela Portaria n° 2.914/2011 do Ministério da Saúde – MS, o pH de águas para consumo humano deve estar entre 6,0 e 9,5. Foi verificado que as águas armazenadas em CPLAs apresentaram valores entre 6,0 e 9,2, portanto, em conformidade com a Portaria. O valor médio das medições realizadas foi de 8,1.

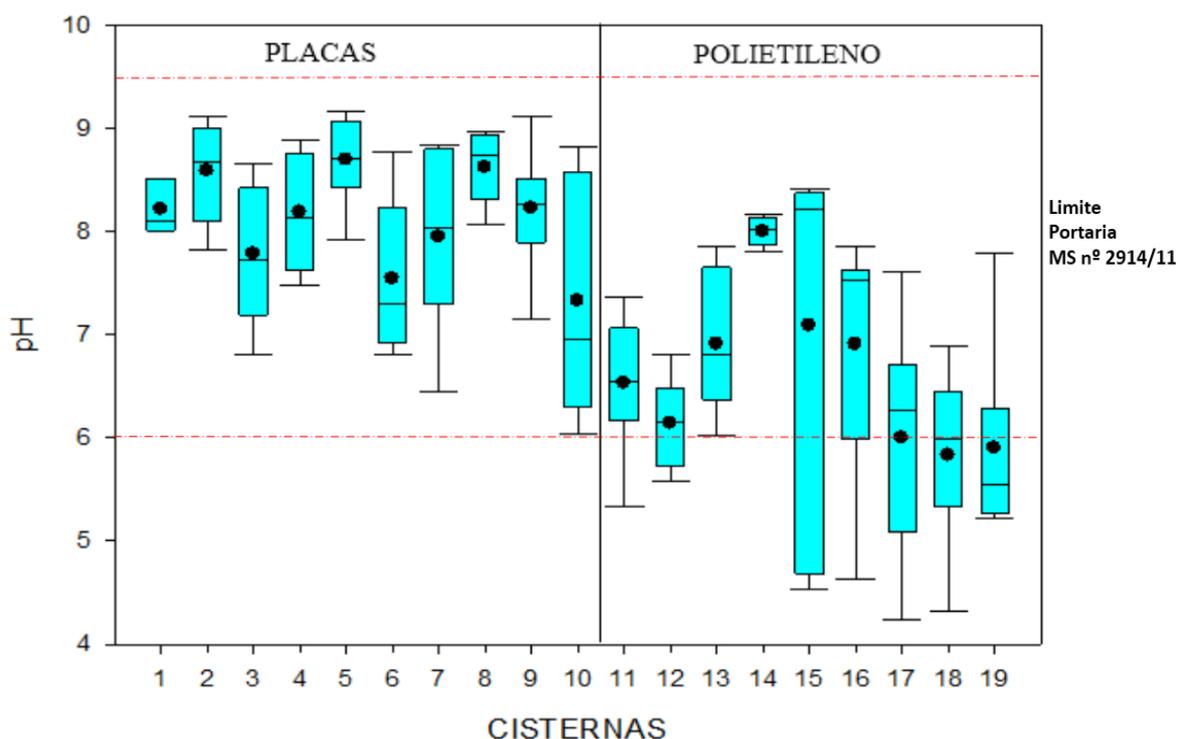
Já para as águas armazenadas em CPOLs verificou-se a ocorrência de valores entre 4,2 a 8,4, com maiores variações, apresentando em algumas cisternas valores abaixo do permitido pela Portaria do MS. Das oitenta e oito medições realizadas, vinte e seis apresentaram pH abaixo de 6,0, ou seja, 29,5% do total não estavam em conformidade com a Portaria do MS. O valor médio das edições nas CPOLs foi 6,6.

Dessa forma percebe-se que ocorreram diferenças entre o pH das águas quanto ao tipo de cisterna, com os menores valores para as CPOLs. As CPLAs apresentaram valores dentro dos padrões de conformidade para o pH.

Na Figura 11, são apresentados os gráficos *box plot* do pH para as águas das cisternas analisadas, explicitando-se os limites determinados na Portaria MS nº 2.914/2011. Pode ser observado que as águas armazenadas nas CPOLs apresentam, em geral, valores menores do que as das CPLAs, provavelmente devido às influências dos materiais construtivos dessas últimas.

Xavier et al. (2010), relatam que o pH das águas armazenadas em CPLAs sofre influência de substâncias dissolvidas da parede interna de revestimento, principalmente carbonato de cálcio, conseqüentemente há elevação do pH da água armazenada, tornando-a com características básicas.

Figura 11: Gráficos *box plot* de pH comparando os resultados quanto ao tipo de cisternas.



Nas CPOLs, ocorreram valores de pH abaixo do permitido pela Portaria nº 2.914/2011 MS, com exceção das cisternas 13 e 14. Entre as medições nas CPOL ficou evidente que apenas a água presente na cisterna 14 apresentou valores mínimo e máximo em conformidade com a Portaria supracitada. Isto ocorreu, provavelmente devido ao fato de que a água é proveniente de um

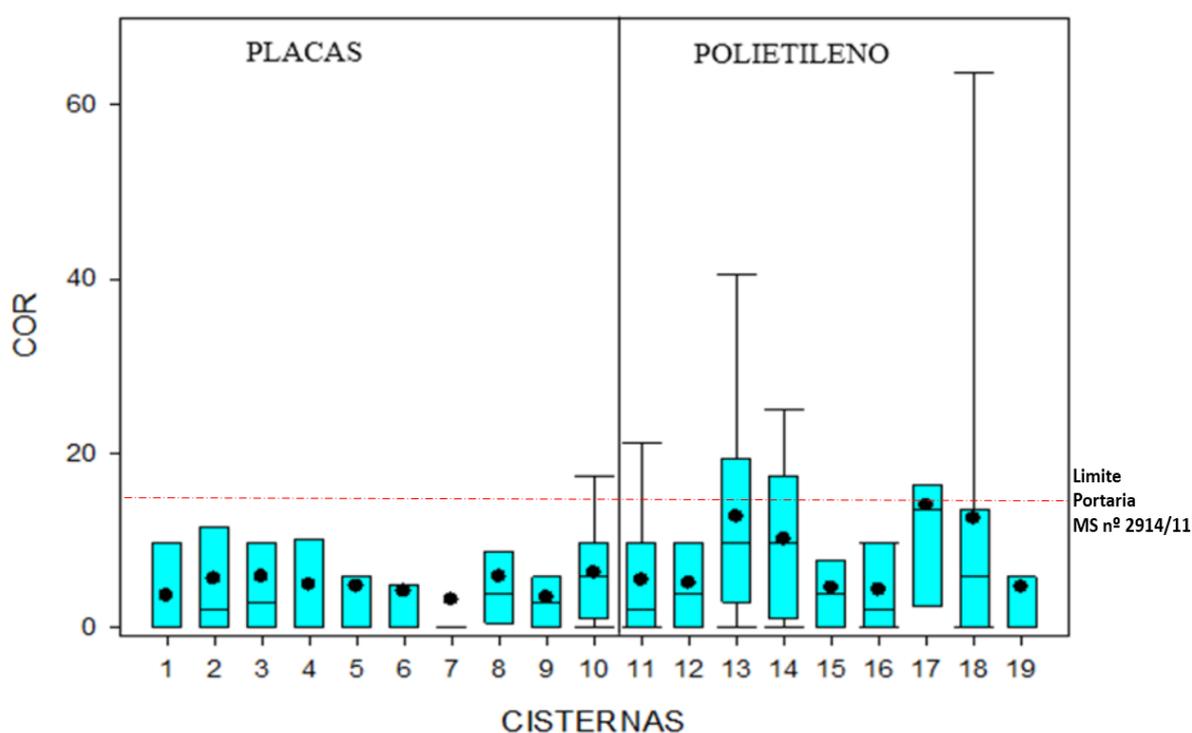
manancial superficial, a qual é captada e transportada por carro pipa para a cisterna e misturada com água de chuva.

- **Cor**

O padrão para o parâmetro cor estabelecido pela Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde – MS, tem como o valor máximo permitido (VMP) 15 uH. Foi verificado que as águas armazenadas nas CPLAs apresentaram valores entre 0 a 17,4 uH. Já para as águas nas CPOLs verificou-se a ocorrência de valores entre 0 a 63,0 uH. Entretanto, a média apresentada para as cisternas ficou abaixo do VMP determinado na Portaria nº 2914/2011 do MS. As medições de cor nas águas armazenadas nas CPLA apresentaram o valor médio igual a 4,70 uH, enquanto que nas CPOL a média foi superior igual a 8,10 uH. A leitura do gráfico tipo *box plot* da (Figura 12) indica serem levemente maiores os valores do parâmetro cor nas águas das CPOLs.

Os gráficos *box plot* não indicaram diferenças evidentes entre os valores quanto aos dois tipos de cisternas, muito embora tenha havido mais ocorrências de maiores valores máximos não discrepantes da Portaria supracitada nas CPOLs.

Figura 12: Gráficos *box plot* de cor (uH) comparando os resultados quanto ao tipo de cisternas



Em um trabalho sobre caracterização físico química e bacteriológica de águas armazenadas em cisternas de placas, realizada por Viriato (2011), observou-se que, a cor da água armazenada apresentou variações de 5,6 uH na cisterna C6 a 20,6 uH na cisterna C8. Entretanto a média das 12 cisternas foi de 13,35 uH ou seja, inferior ao valor limite recomendado pela Portaria nº 2914/2011 do MS para a água usada para consumo humano.

Viriato (2011) afirma que seus resultados são condizentes com os de uma pesquisa realizada por Tavares (2009), onde este avaliou a cor aparente de águas armazenadas em oito cisternas em São João do Cariri e de Paus Brancos, ambas no estado da Paraíba, nas quais encontrou grande variação. Entretanto a média em todas as cisternas foi inferior ao permitido pela legislação em vigor. Tavares (2009) ainda associa essa grande alteração na cor devido a entrada de nova água no período chuvoso, que contribui com a suspensão do material presente no fundo das cisternas.

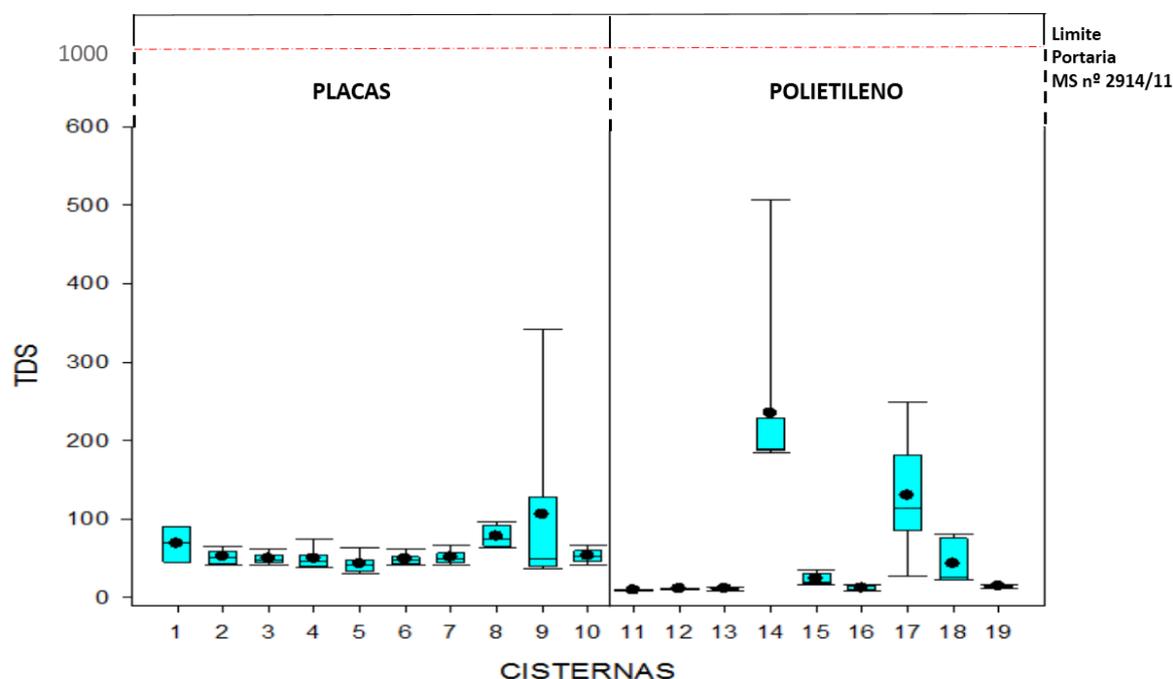
- **Sólidos Totais Dissolvidos (TDS)**

Quanto ao parâmetro Sólidos Totais Dissolvidos (TDS), é indicado pela Portaria nº 2.914/2011 do MS, 1000 mg/l como VMP.

Verificou-se que as águas armazenadas nas CPLAs apresentaram valores entre 31 a 342 mg/l. Para as águas armazenadas em CPOLs verificou-se a ocorrência de valores entre 9 e 530mg/l. Quanto aos valores médios de TDS nas águas armazenadas em CPLAs o valor foi 60mg/l e para CPOLs foi 54 mg/l caracterizando uma média levemente inferior. Todos os valores medidos estão em conformidade com a referida Portaria do MS.

No *box plot* referente a TDS (Figura 13), observa-se que as águas armazenada nas cisternas apresentaram um comportamento de pouca variabilidade, com exceção das cisternas que tiveram aportes de água de açudes.

Figura 13: Gráficos *box plot* de TDS (mg/l) comparando os resultados quanto ao tipo de cisternas



- **Turbidez**

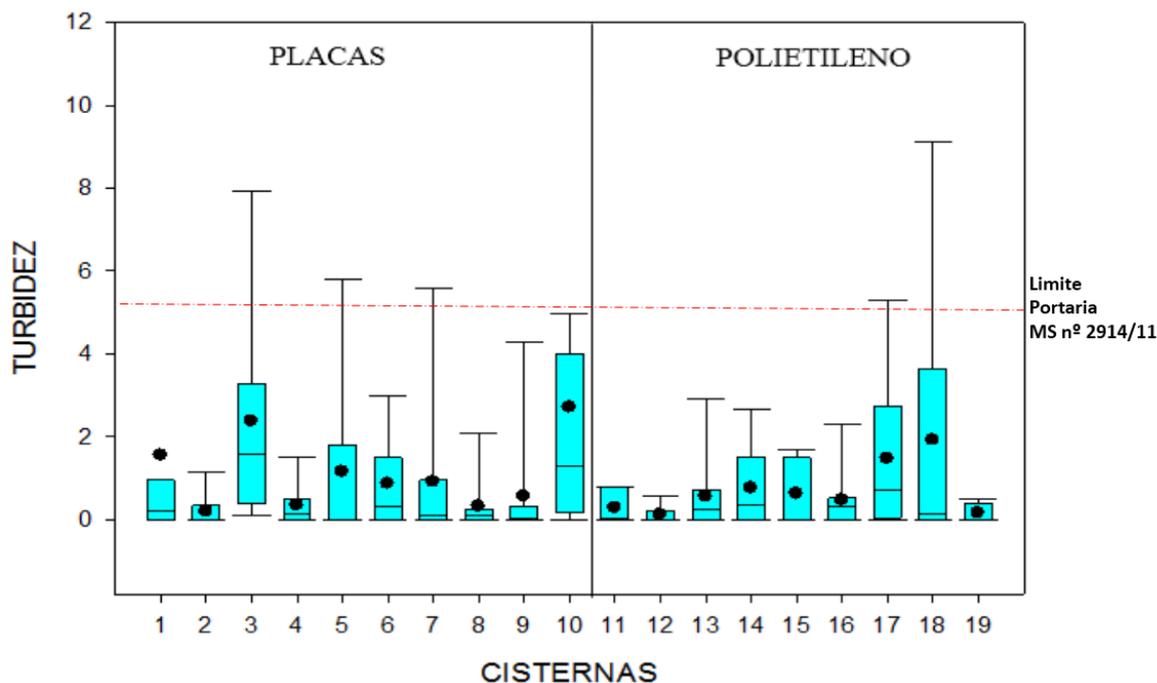
Quanto ao parâmetro turbidez, o padrão de potabilidade estabelecido pela Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde – MS determina que os valores máximos sejam de 5,0 uT. Verificou-se que as águas armazenadas nas CPLAs apresentou valores entre 0 a 8,4 uT. Já para as águas armazenadas em CPOLs verificou a ocorrência de valores entre 0 a 9,5 uT.

Quanto aos valores médios de turbidez nas águas armazenadas em CPLAs observou-se que o valor médio é 1,1 uT, enquanto que nas CPOLs foi 0,7 uH caracterizando uma média levemente inferior.

Viriato (2011) em um trabalho sobre caracterização físicoquímica e bacteriológica em águas de cisternas em 12 CPLAs na Paraíba, observou que a turbidez variou de 0,87 a 4,95 uT.

No *box plot* referente a turbidez (Figura 14), observa-se que os dois tipos de cisternas apresentaram um comportamento similar, não sendo possível nessa análise afirmar que houve diferenças consideráveis.

Figura 14: Gráficos *box plot* de turbidez (uT) comparando os resultados quanto ao tipo de cisternas



A cisterna 1 apresentou um valor discrepante superior, porém não sobressai ao VMP para turbidez. Já as cisternas 3, 5, 7, 9 e 10 apresentaram valores extremos acima do permitido pela Portaria nº 2.914/2011 do MS. Isso se deve, provavelmente, devido à idade das cisternas, ausência de limpezas na área interna, falta de desvio das primeiras chuvas, carreamento de sujeiras do telhado.

É importante conhecer os resultados do trabalho desenvolvido por Souza et al. (2011) sobre avaliação da qualidade de barreiras e eficiência de barreiras sanitárias em sistemas de aproveitamento de águas de chuvas, sendo monitorados em dois locais (uma escola e em uma vila de casas conjugadas). Observou-se que a turbidez foi influenciada pela lavagem do telhado com as águas da chuva e elevou a turbidez de 17,64 uT para 58,69uT na cisterna da escola e de 21,53uT para 65,79 uT na vila de casa conjugadas. Isso mostra que a sujeira do telhado altera significativamente a turbidez. Este resultado mostra a necessidade de realizar o descarte da 1ª chuva que carrega sedimentos depositados nos telhados, para evitar a alteração da qualidade nas cisternas.

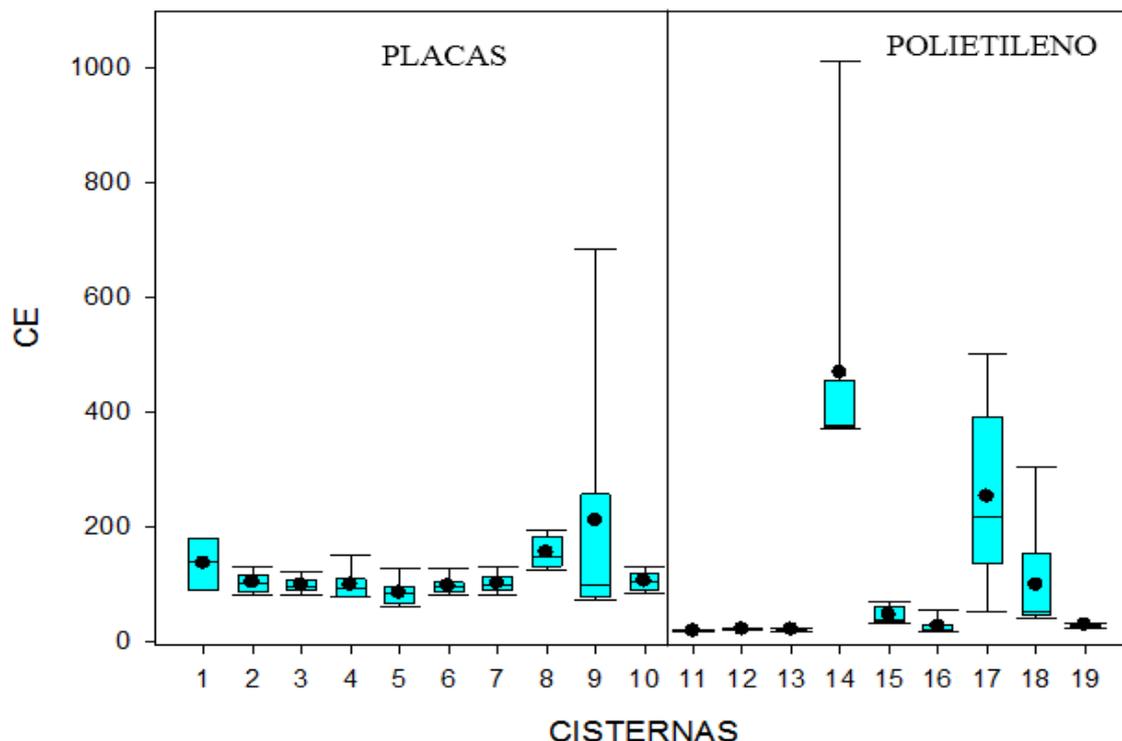
- **Condutividade elétrica**

Quanto ao parâmetro condutividade elétrica (CE), embora não normatizado na Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde – MS, é um parâmetro normalmente utilizado nas análises físico químicas de águas. A CE é caracterizada pela presença de íons na água que conduzem corrente elétrica, fator este importante para identificar cisternas que recebem apenas águas de chuva, das que recebem águas de outras fontes.

Verifica-se que as águas armazenadas nas CPLAs apresentou valores de 61 a 685 μSm^2 . Já para as águas armazenadas em CPOLs verificou a ocorrência de valores entre 18 a 1059 μSm^2 . Quanto aos valores médios de CE nas águas armazenadas em CPLAs observou-se que apresentaram o valor médio igual a 120 μSm^2 , enquanto que nas CPOLs foi 110 μSm^2 caracterizando uma média levemente inferior.

No *box plot* referente a CE (Figura 15), observa-se que nas cisternas que apresentam somente águas de chuvas, os valores das CE ficam abaixo de 200 μSm^2 , sendo que as CPLAs 2, 3, 4, 5, 6, 7 apresentaram valores máximos de 155 μSm^2 , caracterizando o perfil das cisternas que armazenam somente águas de chuva. Nas CPOLs pode-se destacar a cisternas 11, 12, 13 e 19 pois as mesmas apresentaram valores máximos de 31 μSm^2 , sendo justificado, provavelmente, pelo fato que as águas de chuvas nas cisternas são recentes, pois a instalação ocorreu no ano de 2012 pelo Programa Água para Todos. Porém, quanto aos maiores valores de CE observados nas cisternas 9, 14, 17 e 18 deve-se ao fato da água ter sido provenientes de açudes, misturadas às águas de chuva.

Figura 15: Gráficos *box plot* de condutividade elétrica (μSm^2) comparando os resultados quanto ao tipo de cisternas



Xavier et al. (2010), em um estudo sobre barreiras sanitárias em cisternas, observou que as cisternas que receberam apenas água da chuva, valores de CE são inferiores que as demais cisternas que receberam água de carro pipa. A água do carro pipa foi o grande interferente na qualidade da água das cisternas, para CE. Em média, as cisternas com apenas água de chuva tiveram valores 66% mais baixos do que as cisternas com água de carro pipa.

Em um trabalho desenvolvido por Viriato (2011) sobre caracterização físico química e bacteriológica em águas de 12 CPLA no Estado da Paraíba, observou que a CE apresentou valores de 101,3 a 698 μSm^2 , este último valor refere-se a uma cisterna que recebe água por um carro pipa oriunda de uma açude, dessa forma pode-se observar, que a presença de sais na água da cisterna.

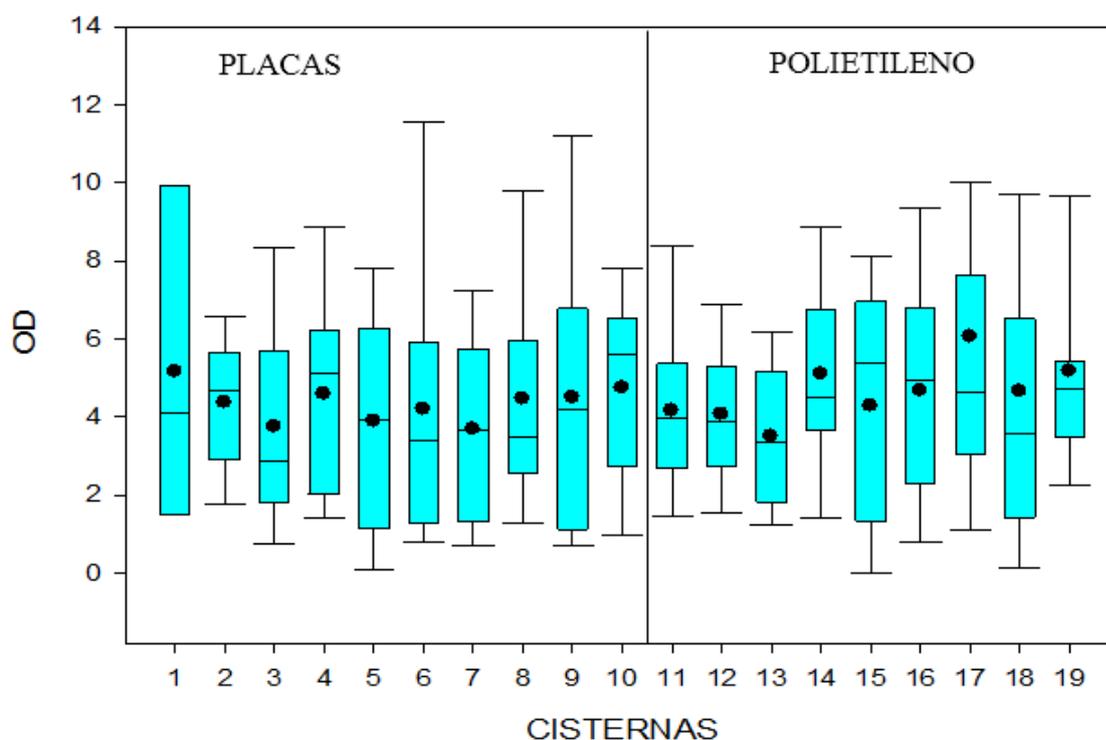
- **Oxigênio Dissolvido**

Quanto ao parâmetro oxigênio dissolvido (OD), apesar de não ser um indicador citado na Portaria nº 2.914/2011 MS, foi realizado o monitoramento.

Verificou-se que as águas armazenadas nas CPLAs apresentou valores entre 0,7 e 11,0 mg/l. Já para as águas armazenadas em CPOLs verificou a ocorrência de valores entre 1,8 e 10,0 mg/l. Quanto aos valores médios de OD nas águas armazenadas em CPLAs observou-se que o valor médio é a 4,34 mg/l, enquanto que nas CPOLs foi 4,63 mg/l, caracterizando uma diferença levemente superior.

No *box plot* referente a OD (Figura 16), observar-se que os dois tipos de cisternas apresentaram um comportamento similar, mostrando que não há diferenças que possam ser consideradas.

Figura 16: Gráficos *box plot* de oxigênio dissolvido (OD) comparando os resultados quanto ao tipo de cisternas



Em um trabalho desenvolvido por Silva et al. (2008) sobre indicador de qualidade do uso de água em cisternas no semiárido, obtiveram os valores médio para 143 cisternas na Paraíba o OD medido foi de 7,21 mg/l, já para no estado da Paraíba de Pernambuco foram medidos 145 cisternas e obtiveram que o OD medido foi de 7,19 mg/l.

- **Dureza**

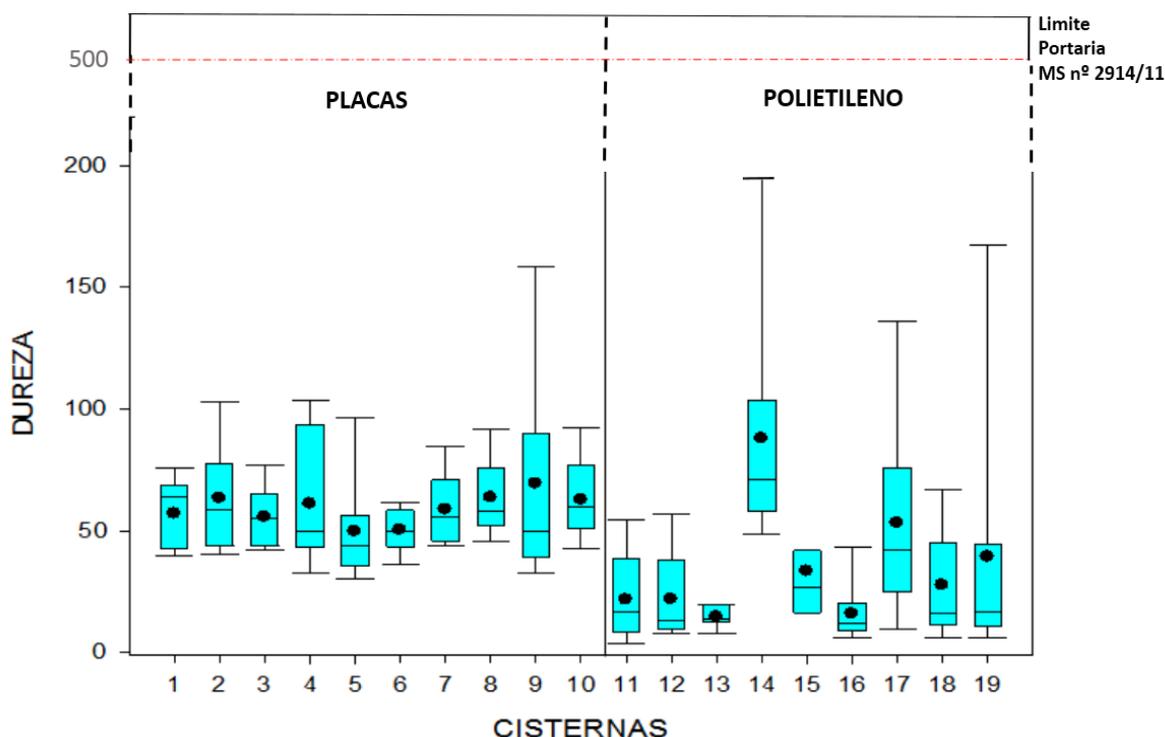
Quanto ao parâmetro dureza o padrão de potabilidade estabelecido pela Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde – MS determina que os valores máximos sejam de 500 mg/l.

Verificou-se que as águas armazenadas nas CPLAs apresentaram valores de 30 a 160 mg/l. Já para as águas armazenadas em CPOLs verificou a ocorrência de valores entre 4 a 210 mg/l, portanto, todas as amostras resultaram em valores de dureza em atendimento à portaria do MS.

Quanto aos valores médios de dureza nas águas armazenadas em CPLAs observou-se que o valor médio foi de 59 mg/l, enquanto que nas CPOLs foi 35 mg/l, indicando haver, diferenças perceptíveis.

No *box plot* referente a dureza (Figura 17), observa-se que os dois tipos de cisternas apresentaram um comportamento diverso, com maiores variações nas CPOLs. Porém, pode-se destacar as cisternas 9, 14, 17 e 18, que receberam contribuições de água oriunda de açudes, o que pode, provavelmente, proporcionar a elevação no valor da dureza.

Figura 17: Gráficos *box plot* de dureza (mg/l) comparando os resultados quanto ao tipo de cisternas



Xavier et al. (2010), em um estudo sobre barreiras sanitárias em cisternas, observou que as cisternas que apresentam as barreiras sanitárias obtiveram valores de dureza levemente inferiores aos das cisternas controles. No MP1 a cisterna piloto teve valor médio de 43 mgCaCO₃/l e 45 mgCaCO₃/l na controle. No MP2 também houve semelhanças, com 47 mgCaCO₃/l na cisterna piloto e 48 mg CaCO₃/l na controle. Esses são valores levemente menores do que os apresentados neste trabalho para as águas armazenadas nas CPLAs.

- **Alcalinidade**

Apesar de não ser um indicador citado na Portaria nº 2.914/2011 MS, foram realizadas leituras do parâmetro alcalinidade, pois se refere à capacidade de neutralização de ácidos e equivale à soma de todas as bases tituláveis. Essa propriedade da água está associada à sua capacidade de tamponação e só pode ser interpretada em função de substâncias específicas, quando a composição química da amostra analisada é conhecida. Os principais componentes de alcalinidade são bicarbonatos, carbonatos e os hidróxidos.

A alcalinidade não apresenta risco potencial a saúde, mais em concentrações elevadas confere um sabor amargo para a água e pode afetar a etapa da floculação no processo de tratamento de água em uma estação de tratamento (VON SPERLING, 2005); PIVELI, KATO, 2005).

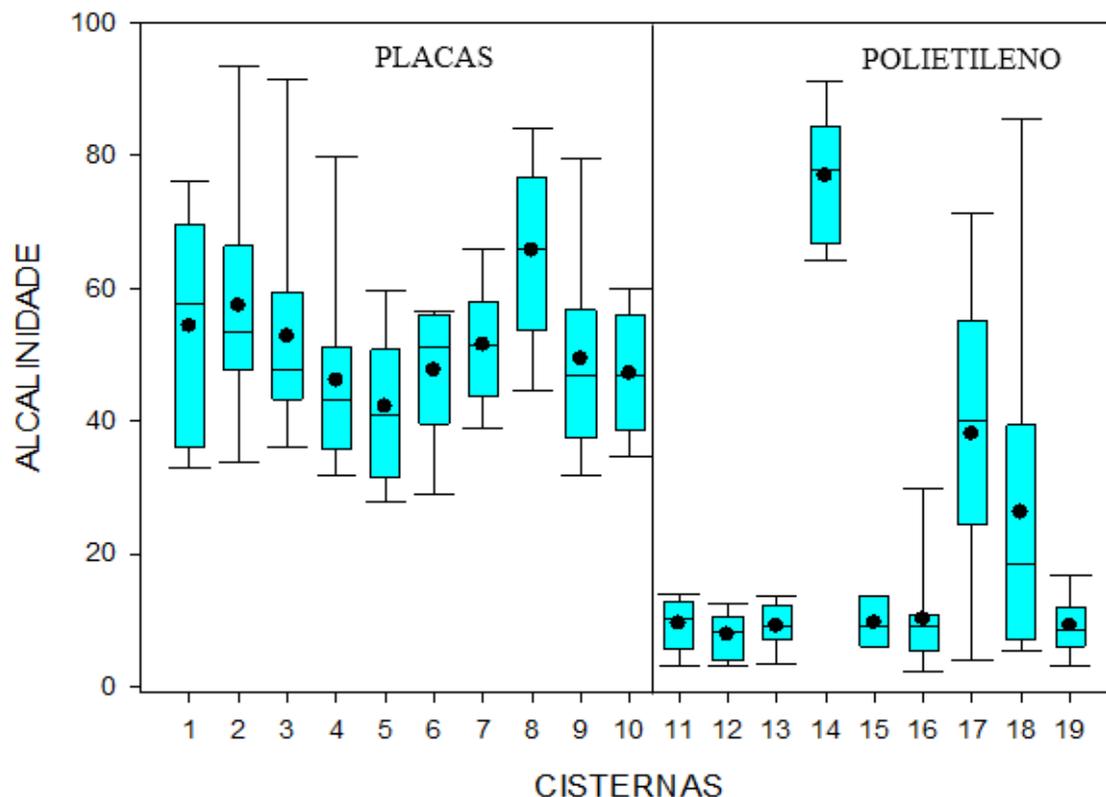
Observou-se que a alcalinidade nas águas armazenadas em CPLAs variou de 27,7 a 95,6 mg/lCaCO₃. Já para as CPOLs os valores variaram de 2,1 a 85,0 mg/lCaCO₃. Os valores da alcalinidade observados nas cisternas 14, 17 e 18, apresentaram maior variabilidade, provavelmente é devido à origem da água de açudes transportados por carros pipa.

Quanto aos valores médios de alcalinidade nas águas armazenadas em CPLAs observou-se que o valor médio foi de 51,4 mg/LCaCO₃, enquanto que nas CPOLs foi 21,8 mg/lCaCO₃, mostrando serem menores e bastante diferentes. No *box plot* referente a alcalinidade (Figura 18), observa-se que os dois tipos de cisternas apresentaram comportamentos bem diferentes. Isso deve ser atribuído aos efeitos da origem da água, dos materiais constituintes das cisternas, e o tempo de armazenamento.

Xavier (2010), em um estudo sobre a influência de barreiras sanitárias na qualidade de água de chuva armazenada em cisternas, obteve que, o valor médio de alcalinidade nas cisternas apenas com água de carro pipa foi de 107 mg/l CaCO₃. Valores inferiores, com média de 57 mg/lCaCO₃ se mediram nas águas misturadas (água de carro pipa e água de chuva) e nas cisternas com apenas água de chuva o valor médio foi de 50 mg/lCaCO₃.

Resultados similares de alcalinidade foram obtidos no monitoramento de reservatórios de material plástico (cisternas) para água de chuva na pesquisa realizada por Jaques (2005) na cidade de Florianópolis (SC). Nesse trabalho, encontrou-se que o valor médio de alcalinidade 3,62 mg/lCaCO₃. Provavelmente, o material do tanque, por ser de material plástico e não cimento pode ter influenciado nos baixos valores encontrados, mantendo esse indicador dentro de valores característicos da água de chuva, afirmou o autor.

Figura 18: Gráficos box plot de alcalinidade (mg/ICaCO₃) comparando os resultados quanto ao tipo de cisternas



Viriato (2011) em um trabalho sobre caracterização físicoquímica e bacteriológica em águas de cisternas com 12 CPLAs no Estado da Paraíba, observou que a alcalinidade variou de 16 a 58 mg/ICaCO₃. Este valor mais alto observado em somente uma cisterna, deve-se ao fato que a cisterna é abastecida com água de um açude, onde existe uma maior concentração de sais dissolvidos.

- **Sulfato**

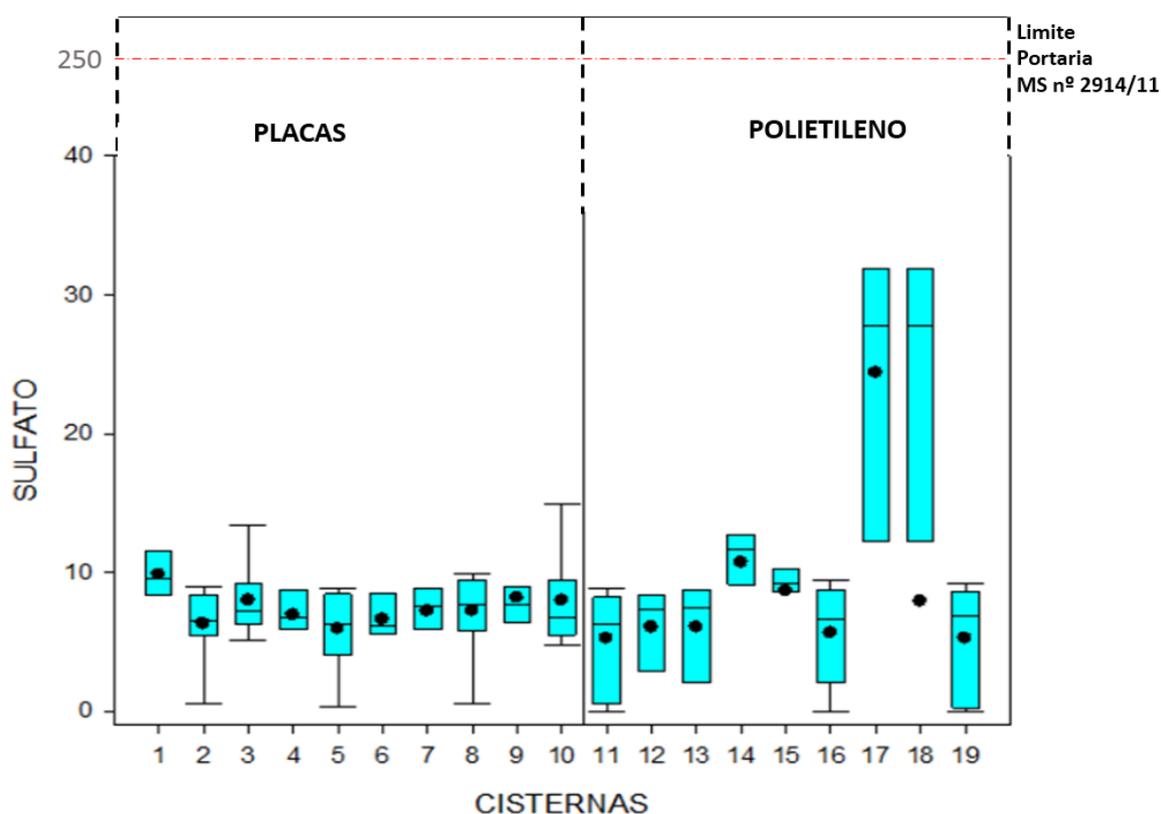
Quanto ao parâmetro sulfato, o padrão de potabilidade estabelecido pela Portaria n° 2.914/2011 do Ministério da Saúde – MS determina que os valores máximos sejam de 250 mg/l.

O sulfato é o ânion SO₄⁻², um dos mais abundantes íons da natureza. Surge nas águas subterrâneas através da dissolução de solos e rochas, como o gesso (CaSO₄) e o sulfato de magnésio (MgSO₄) e pela oxidação do sulfeto.

Verificou-se que as águas armazenadas nas CPLAs apresentaram valores entre 0 a 14,4 mg/l. Já para as águas armazenadas em CPOLs a variação é de 0 a 39,4 mg/l, portanto dentro dos padrões preconizados pelo MS.

Quanto aos valores médios para o sulfato nas águas armazenadas em CPLAs observou-se que o valor médio foi de 7,4 mg/l, enquanto que nas CPOLs foi 8,9 mg/l, caracterizando uma leve diferença quanto aos tipos de cisternas (Figura 19). Para as águas de chuva não se percebe diferenças consideráveis para as médias dos valores entre os parâmetros dos dois tipos de cisternas.

Figura 19: Gráficos *box plot* de sulfato (mg/l) comparando os resultados quanto ao tipo de cisternas



- **Amônia**

Em relação ao parâmetro amônia, o padrão de potabilidade estabelecido pela Portaria nº 2.914/2011 MS determina que o valor máximo é 1,5 mg/l.

A amônia está presente naturalmente em águas superficiais e residuárias. Sua concentração é geralmente pequena em águas subterrâneas, porque ela

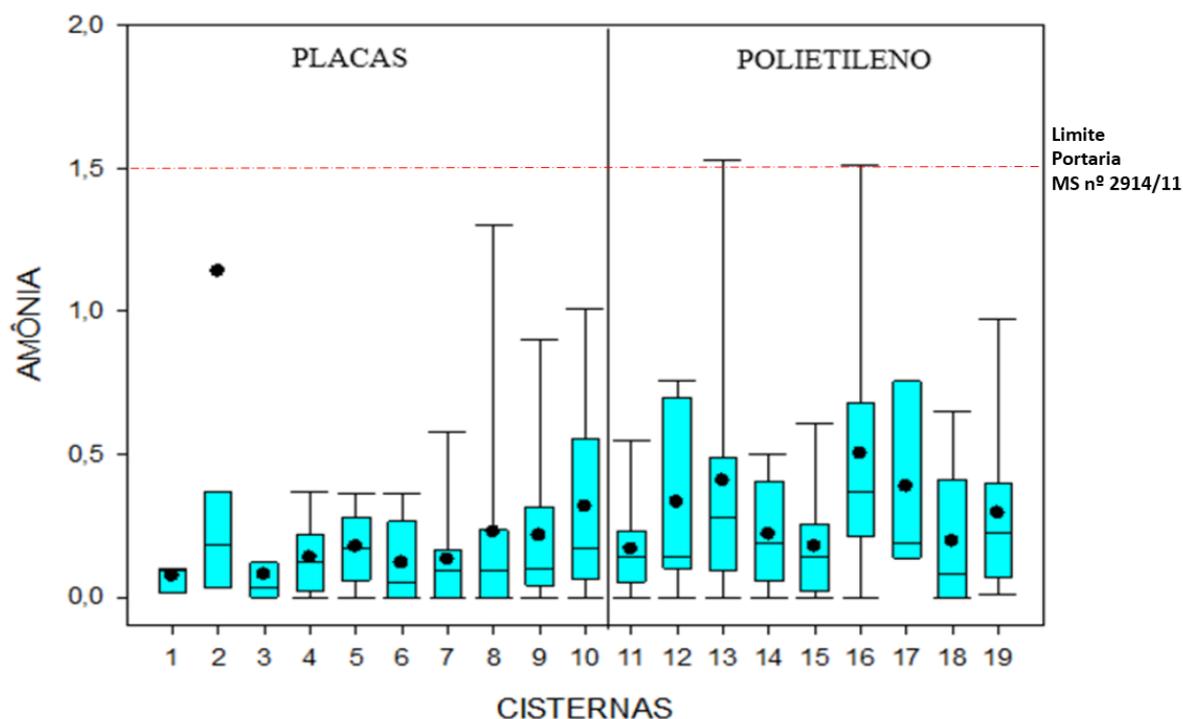
adere a partículas de solo ou argila, e não escapa facilmente das mesmas (SILVA, 2001).

Nos resultados das medições verificou-se que as águas armazenadas nas CPLAs e de CPOLs apresentaram valores no limite da Portaria n° 2914/2011 do MS. Nas águas armazenadas em CPLAs esse parâmetro variou de 0 a 1,3 mg/l, enquanto que para nas CPOLs variou de 0 a 1,5 mg/l.

Quanto aos valores médios referente a amônia nas águas armazenadas em CPLAs observou-se que o valor médio foi de 0,26 mg/l, enquanto que nas CPOLs foi 0,29 mg/l, caracterizando diferença muito pequena.

No *box plot* (Figura 20) referente a amônia, observa-se que os dois tipos de cisternas apresentaram um comportamento similar, mostrando que não houve diferenças consideráveis.

Figura 20: Gráficos *box plot* de amônia (mg/l) comparando os resultados quanto ao tipo de cisternas



- **Cloretos**

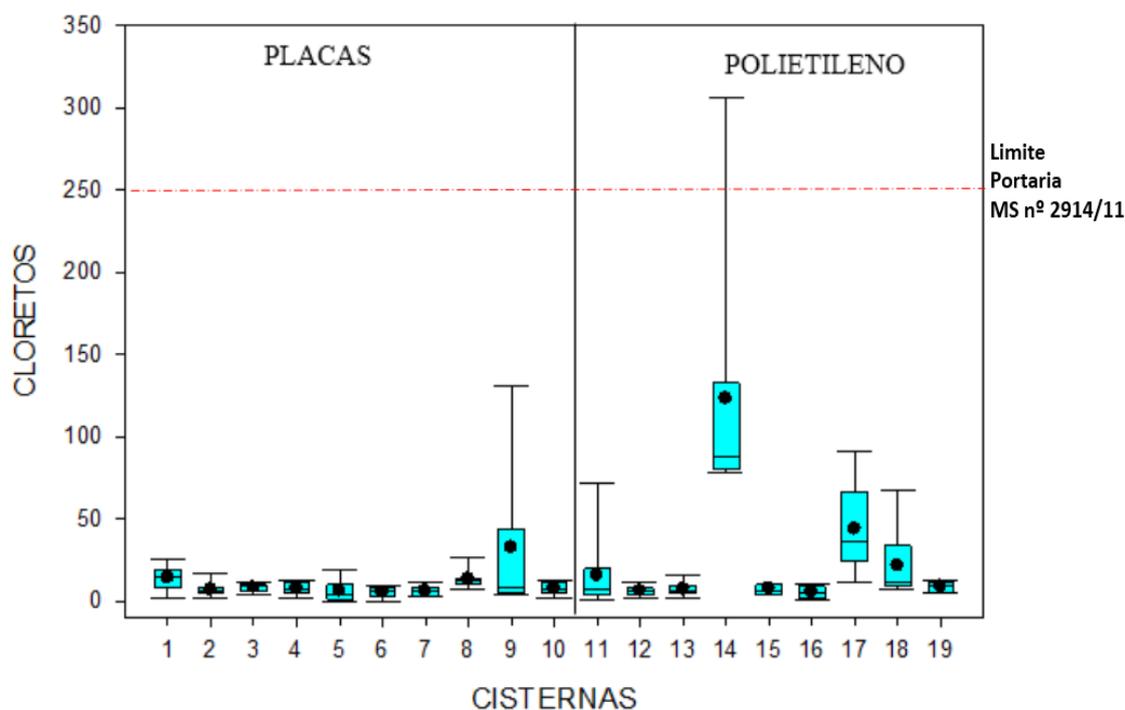
Relativamente ao parâmetro cloreto, segundo o padrão de potabilidade estabelecido pela Portaria n° 2.914/2011 do MS, o valor máximo é 250 mg/l.

Nos resultados referentes às CPLAs nesse parâmetro presente nas águas armazenadas variou de 0 a 130mg/l. Para as CPOLs variou de 0 a 314,9 mg/l. Observou-se que os valores do parâmetro cloreto das cisternas que só recebem água de chuva são baixos. Pode-se destacar que as cisternas 9, 14, 17 e 18 recebem contribuições de água provenientes de carro pipa, apresentam valores medidos com maiores variações. O maior valor observado para o cloreto foi na cisterna 14, acima do VMP pela Portaria do MS. Apenas essa amostra coletada no mês novembro de 2015 ultrapassou esse limite.

Quanto aos valores médios referente ao cloreto nas águas armazenadas em CPLAs obteve-se 10,7 mg/l, enquanto que nas CPOLs foi 26,5 mg/l, bastante diferentes, com notórias influencias dos valores das cisternas 14, 17 e 18, com águas de chuva e proveniente de açudes.

No *box plot* (Figura 21) referente aos cloretos, observa-se que os dois tipos de cisternas apresentaram um comportamento similar, mostrando que não houve diferenças que possam ser consideráveis para as águas de chuva.

Figura 21: Gráficos *box plot* de cloretos comparando os resultados quanto ao tipo de cisternas



Viriato (2011) no seu trabalho sobre caracterização físico-química e bacteriológica em águas de cisternas em 12 CPLAs no Estado da Paraíba, observou em relação aos cloretos, que os valores variaram de -7,3 a 149 mg/l, as

amostras apresentaram valores negativos, ou seja a ausência de cloretos, exceto para uma cisterna que apresentou valores positivos. Apesar disso o seu resultado é inferior ao VMP pela Portaria nº 2914/2011 do MS.

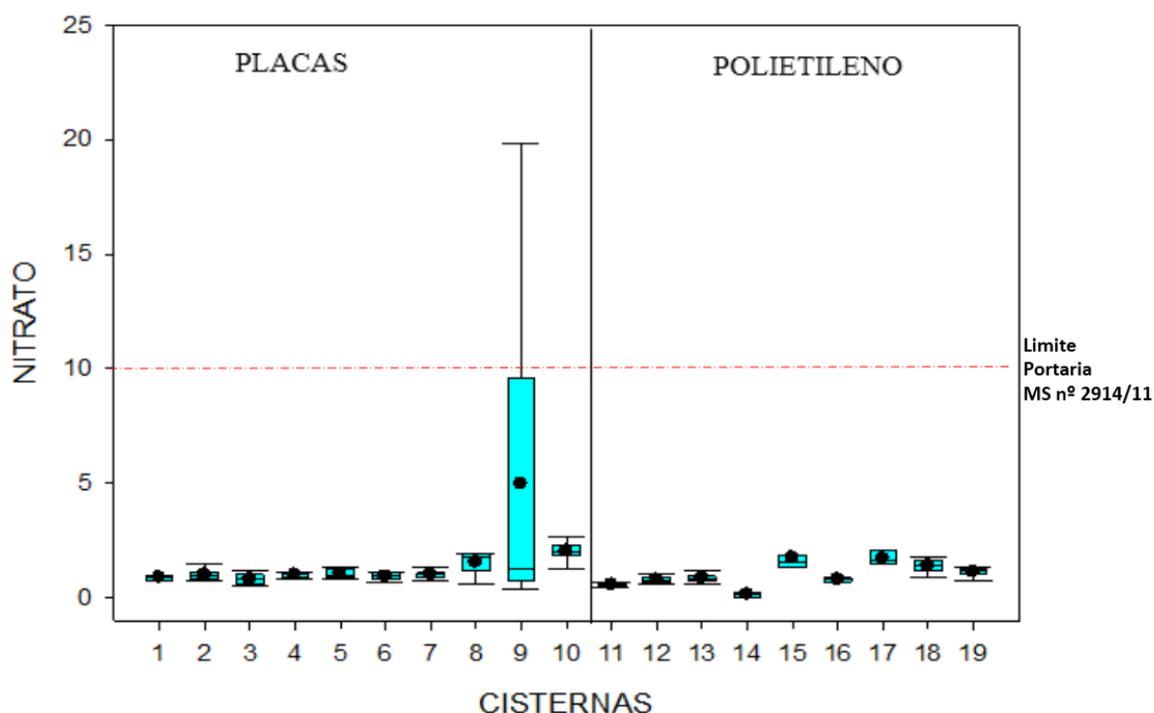
- **Nitrato**

Quanto ao parâmetro nitrato, o padrão de potabilidade estabelecido pela Portaria nº 2.914/2011 do MS determina que os VMP é 10 mg/l.

Os valores do parâmetro nitrato presente nas águas armazenadas nas CPLAs variou de 0,3 a 19,8 mg/l. Para as CPOs variou de 0,0 a 3,5 mg/l. Quanto ao valor apresentado na cisterna 9, observa-se um *outlier* superior chegando a 19,8 mg/l. Isso, provavelmente, ao fato que a cisterna foi abastecida no mês de novembro de 2015 com água de carro pipa, e com presença de excessiva de íons nitrato.

Quanto aos valores médios para cloreto nas águas armazenadas em CPLAs obteve-se o valor de 1,53 mg/l (influenciado obviamente pela água da cisterna 9), enquanto que nas CPOs foi 1,02 mg/l. Para águas de chuva, não são percebidas diferenças entre os valores médios do nitrato nas cisternas dos dois tipos .

Figura 22: Gráficos *box plot* ao parâmetro nitrato (mg/l) comparando os resultados quanto ao tipo de cisternas



No *box plot* referente ao parâmetro nitrato (Figura 22), observa-se que os dois tipos de cisternas apresentaram, em geral, um comportamento similar, mostrando que não houve diferenças que devam ser consideradas.

Os íons de nitrato reagem com ácido cromotrópico em meio fortemente ácido para formar um complexo colorido, cuja intensidade de cor amarela, a 410 nm, é diretamente proporcional à concentração de nitrato (SILVA, 2001).

5.2 Síntese dos resultados e conformidade com a Portaria nº 2.914/2011 do MS

Na

Tabela 1 são mostrados os valores relativos as medições efetuadas nas águas das cisternas, com destaque para os valores de referência da Portaria nº 2.914/2011 do MS, e o percentual de conformidade dos parâmetros medidos em relação aos valores preconizados nessa Portaria.

Tabela 1: Síntese dos resultados dos parâmetros físico-químicos das CPLAs e CPLOs.

Parâmetros	Valores de Referência Portaria MS 2.914/2011		Tipos de Cisternas	Valores Medidos			Valores Médios	Percentual de Conformidade (%)
	Mínimo	Máximo		Nº de Medições	Mínimo	Máximo		
Temperatura (°C)	-	-	CPLA	96	22,1	27,3	24,3	-
			CPOL	88	22,1	28,5	25,1	
pH	6	9,5	CPLA	96	6,0	9,2	8,1	100
			CPOL	88	4,2	8,4	6,6	70,5
Cor (uH)	-	15 uH	CPLA	94	0,0	25,1	4,7	90,4
			CPOL	84	0,0	63,7	8,1	89,3
TDS (mg.L ⁻¹)	-	1000mg.L ⁻¹	CPLA	97	31,0	342,0	60,0	100
			CPOL	88	9,0	530,0	54,4	100
Turbidez (uT)	-	5 uT	CPLA	95	0,0	13,1	1,1	94,7
			CPOL	88	0,0	9,5	0,7	97,7
CE (µS/cm ²)	-	-	CPLA	97	61,0	685	120,0	-
			CPOL	88	18,0	1059	110,0	
OD (mg.L ⁻¹)	-	-	CPLA	96	0,0	11,6	4,34	95,8
			CPOL	88	0,0	18,0	4,63	95,5
Dureza (mg.L ⁻¹)	-	500 mg.L ⁻¹	CPLA	98	30,0	160,0	59,0	100
			CPOL	87	4,0	210,0	35,0	100
Alcalinidade (mg. L ⁻¹)	-	-	CPLA	98	27,7	95,6	51,4	-
			CPOL	87	2,1	92,0	21,8	
Sulfato (mg.L ⁻¹)	-	250 mg.L ⁻¹	CPLA	87	0,0	14,9	7,4	100
			CPOL	77	0,0	39,4	8,9	100
Amônia (mg.L ⁻¹)	-	1,5 mg.L ⁻¹	CPLA	100	0,0	8,0	0,3	99
			CPOL	90	0,0	1,5	0,3	100
Cloretos (mg.L ⁻¹)	-	250 mg.L ⁻¹	CPLA	98	0,0	131,0	10,7	100
			CPOL	87	0,0	314,9	26,5	99
Nitrato (mg.L ⁻¹)	-	10,0 mg.L ⁻¹	CPLA	92	0,4	19,8	1,5	98
			CPOL	78	0,0	3,5	1,0	100

De uma maneira geral pode-se considerar que os parâmetros medidos estão em conformidade com os valores preconizados na Portaria nº 2.914/2011 do MS. As poucas exceções ocorreram nas cisternas de polietileno para o parâmetro pH, com 70,5% de atendimento e para a cor com 89,3% e 90,4% para as cisternas de placa e polietileno, respectivamente.

Para as cisternas de placas nove entre os treze parâmetros analisados resultaram os percentuais de atendimento a Portaria nº 2.917/2011 maiores ou igual a 98%. Para as cisternas de polietileno seis parâmetros atingiram esses percentuais.

Valores acima de 94% não são considerados como indesejáveis porque as águas oriundas de açudes atribuem valores de qualidade inferior aos das águas de chuvas.

5.3 DISCUSSÃO PARA AS ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS

A Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde – MS determina que os coliformes totais estejam ausentes em 100 ml em águas para consumo humano na saída do tratamento.

Em relação aos valores das análises realizadas, relativas aos róis 1 a 3 (Quadro 4), apenas em 6 delas não houve presença de coliformes totais. Há evidentemente, desconformidade com a supracitada portaria. Como houve chuvas no período entre as medições, a presença frequente de coliformes totais pode ser explicada.

A qualidade da água das cisternas é fortemente dependente do padrão de chuvas, uma vez que a cada aporte de água há uma possível contaminação bacteriológica nas cisternas; sendo que 90% delas morrem depois de 48h da chuva devido a sedimentação e à falta de luz (MARTINSON E THOMAS, 2003).

Deve ser ressaltado que, como as águas armazenadas nas cisternas não são cloradas, há indicação dos agentes comunitários de saúde para o uso de hipoclorito de sódio antes do consumo final.

Quadro 4: Resultados dos valores de coliformes totais nas cisternas monitoradas.

Cisternas	1ª Rol	2ª Rol	3º Rol
1	2,3	-	-
2	0,0	1,5 x 10	2,3
3	2,4 x 10	2,3	2,3
4	0,9	2,3	-
5	2,3	1,5	1,1 x 10 ²
6	0,0	2,3	2,4 x 10 ²
7	2,4 x 10	2,3	-
8	0,0	2,3	2,3
9	2,3	2,3	2,3
10	4,3	2,4 x 10 ²	4,6 x 10
11	9,3	2,3	-
12	4,3	2,3	-
13	0,0	2,3	-
14	2,1 x 10	2,3	-
15	2,4 x 10 ²	4,3	-
16	9,3	4,3	-
17	2,3	2,3	-
18	0,0	2,3	-
19	0,0	2,3	2,4 x 10

5.4 ÍNDICE DE QUALIDADE DE ÁGUA DE BACARÁN (IQAb)

Para os dados amostrais de parâmetros físico-químicos, oriundos das coletas de águas armazenadas nas cisternas, foram realizados os seguintes processos de estatística descritiva:

- a) Tabela com valores calculados do IQAb (Quadro 5);
- b) Histograma com curva normal para verificar o comportamento da distribuição dos dados de IQAb (Figura 23);
- c) *Box plot* para verificar comparativamente as distribuições, concentração de dados, posição de medianas, presença de *outliers* (Figura 24).

Quadro 5: Estatística dos dados de IQAb para os dois grupos de cisternas

Estatística Descritiva				
Estatística	Cisterna			
	Placa		Polietileno	
	Estatística	Erro Padrão	Estatística	Erro Padrão
Média	86,39	0,478	85,80	0,534
95% (intervalo de confiança para a média)	85,44		84,74	
	87,34		86,86	
Mediana	86,00		85,80	
Variância	20,12		25,11	
Desvio Padrão	4,49		5,01	
Mínimo	78,70		63,80	
Máximo	95,20		95,60	
Amplitude	16,50		31,80	
Distância interquartílica	6,80		6,20	
Assimetria	0,264		-0,74	
Curtose	-0,78		3,05	

Figura 23: Histograma com curva normal com dados de IQAb para os dois grupos de cisternas

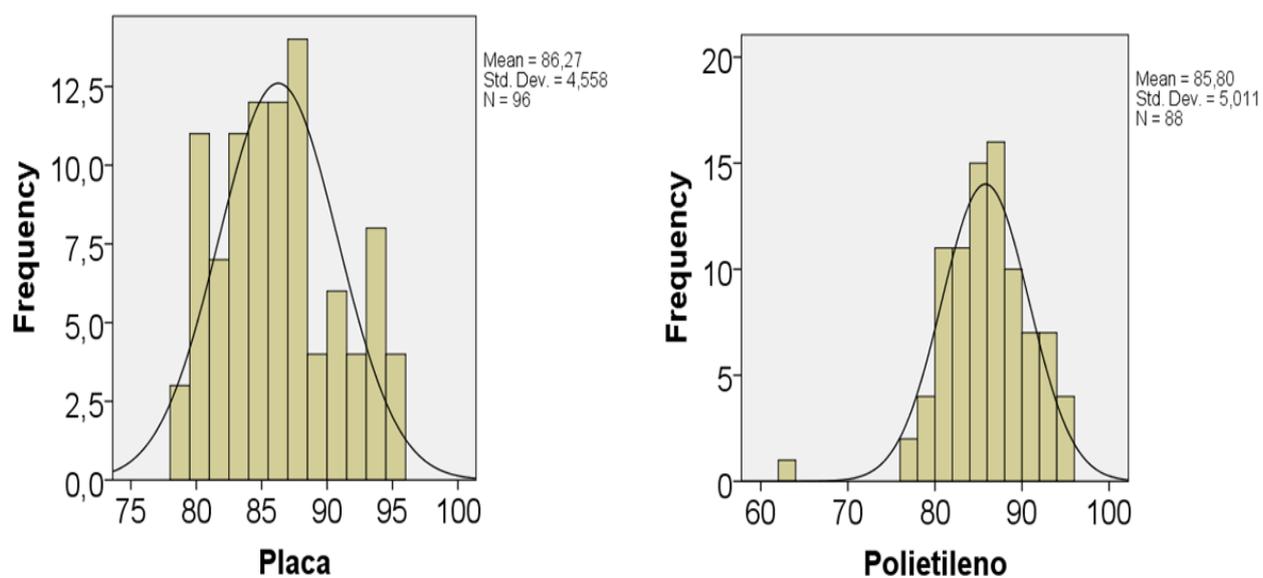
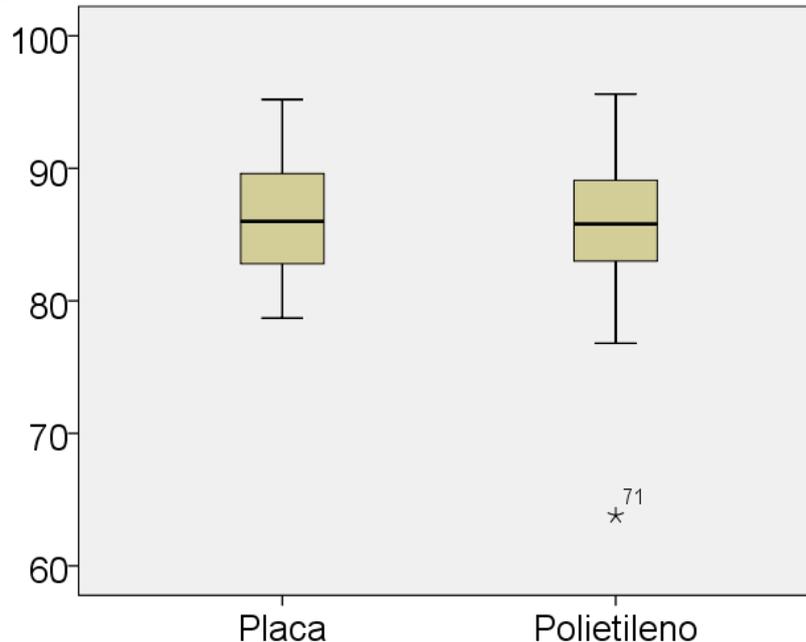


Figura 24: *Box plot* com dados de IQAb para os dois grupos de cisternas.



5.5 Teste de Normalidade

O teste de normalidade ou teste de ajustamento tem como objetivo verificar se conjunto de dados (amostra) pode ser ou não considerado como proveniente de uma população com distribuição normal.

O teste de normalidade foi realizado no *software* SPSS e como as amostras são pequenas ($n < 50$) o teste apropriado e utilizado foi o de *Shapiro-Wilk*.

O Teste de Shapiro-Wilk é formulado com as seguintes hipóteses:

H0 (hipótese nula) → a amostra tem distribuição normal (μ, σ^2).

H1 (hipótese alternativa) → a amostra não tem distribuição normal.

Como as significâncias dos testes de Shapiro-Wilk tanto para as CPLAs como para as CPOLs foram menores do que 0,05 (5%) a hipótese nula de normalidade pode ser rejeitada (

Quadro 6).

Quadro 6: Teste de normalidade para os dados de IQAb para os dois grupos de cisternas

Teste de Normalidade							
	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk			Resultado
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.	
Placa	0,072	88	0,200*	0,963	88	0,014	<0,05 → não normal
Polietileno	0,061	88	0,200*	0,950	88	0,002	<0,05 → não normal

5.6 Teste para comparação de médias

Como os dados não seguiram uma distribuição normal a comparação de médias será realizada através do teste não paramétrico “U” de Mann-Whitney. Esse teste é utilizado para verificar se duas amostras não pareadas são provenientes de populações diferentes. Este teste é resistente a *outliers* e é formulado sob as seguintes hipóteses:

H0 (hipótese nula) → as amostras são provenientes de uma mesma população.

H1 (hipótese alternativa) → as amostras não são provenientes de uma mesma população.

No Quadro 7, pode-se observar o resultado da significância desse teste como sendo 0,701 (70,1%), e como este valor é maior do que o nível de significância α de 5% (0,05), não se pode rejeitar a hipótese nula. Portanto, não existe significância estatística para afirmar que as médias de IQAb entre as cisternas de placa e as cisternas de polietileno são diferentes.

Quadro 7: Teste de médias para os dados de IQAb para os dois grupos de cisternas

Placa e Polietileno	
Mann-Whitney U	4085,50
Wilcoxon W	8001,50
Z	- 0,384

Significância	0,701
---------------	-------

Assim, para o Índice de Qualidade de Água de Bascarán calculados para os dados de parâmetros físico-químicos de cisternas de placas e polietileno, a análise estatística referente ao teste de médias não apresentou resultado que indicasse diferenças significativas entre as águas armazenadas nessas duas cisternas.

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

6.1 CONCLUSÕES

A análise empreendida com base nas medições efetivadas no período de outubro de 2015 a agosto de 2016, sobre a qualidade de águas armazenadas em cisternas de placas e de polietileno no município de São Sebastião de Lagoa de Roça, na mesorregião do Agreste no semiárido paraibano, proporcionou a obtenção de resultados esclarecedores, principalmente em relação à hipótese norteadora dessa dissertação.

Com relação aos parâmetros físico químicos é possível obter conclusões relativas aos conjuntos de medições realizadas nas águas das cisternas a seguir relatadas.

As temperaturas medidas nas águas armazenadas nas cisternas de placas apresentaram valor médio levemente inferior em relação às cisternas de polietileno, com variação semelhante entre os valores extremos medidos nos dois tipos de cisternas. Comportamento similar foi observado em relação aos parâmetros cor, oxigênio dissolvido, amônia e turbidez, nos dois tipos de cisternas. Valores baixos de oxigênio dissolvido ocorreram devido, provavelmente, à ausência de escoamento que poderia ser responsável pela oxigenação das águas.

Houve uma clara percepção de que os valores de pH, alcalinidade e dureza da água armazenada em cisternas de polietileno são bem menores do que os das cisternas de placas, o que pode ser atribuído as influências do material construtivo das cisternas.

Em relação aos parâmetros sólidos totais dissolvidos e condutividade elétrica, as águas armazenadas nas cisternas apresentaram um comportamento similar, com pouca variabilidade e valores bastante baixos, principalmente nas cisternas de polietileno. A exceção ocorreu nas cisternas que tiveram aportes de água de açudes.

Houve comportamento similar, com médias aproximadamente iguais nos dois tipos de cisternas com água de chuva, em relação aos parâmetros nitrato,

cloretos e sulfatos. Evidentemente os valores discordantes, quase sempre superiores, ocorreram nas cisternas que não armazenavam apenas águas de chuva.

Foi possível verificar que as maiores variações entre as medições efetuadas nos parâmetros de qualidade ocorreram, quase sempre, nas cisternas em que havia águas armazenadas de chuvas misturadas a águas provenientes de açudes por meio de carros pipa.

A síntese dos resultados dos parâmetros físico-químicos mostrou que os parâmetros medidos, de uma maneira geral, estão em conformidade com os valores preconizados na Portaria nº 2.914/2011 do MS. No entanto, as águas das cisternas de placas apresentaram desempenho levemente superior relativamente ao conjunto dos valores medidos.

Ficou constatado que houve presença de coliformes totais em todas as amostras analisadas de água das cisternas. No entanto, isso não representa problemas à saúde dos usuários nem inviabiliza o consumo. A ocorrência de coliformes totais ocorre devido ao carreamento de matéria orgânica do telhado e das calhas para o interior da cisterna. O tratamento da água, mesmo simplificado, de desinfecção antes do consumo, deve dar condições compatíveis com o que determina a Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde.

Com relação ao índice de qualidade das águas aplicado, o Índice de Bascarán, o teste de médias realizados entre os valores das águas armazenadas nos dois tipos de cisternas, permitiu concluir que não existe significância estatística para afirmar que as médias de IQAb entre as cisternas de placa e as cisternas de polietileno são diferentes.

6.2 RECOMENDAÇÕES

Esse trabalho, sobre qualidade de águas de cisternas de placas e polietileno, proporcionou o entendimento de que outras situações e variáveis devem ser investigadas na busca dos melhores procedimentos que resultem na segurança hídrica e na higidez das águas armazenadas.

Nesse sentido, sugere-se o que se segue:

- Avaliar, utilizando as ferramentas estatísticas, as diferenças entre as águas de chuvas e as oriundas de açudes nas cisternas;

- Investigar se há repercussão da variação das precipitações pluviométricas médias anuais e da temperatura do ar na qualidade da água nas cisternas;
- Verificar se há mudanças na qualidade da água ao longo da coluna da água que possam ser consideradas relevantes e importantes para o posicionamento da tomada de água;
- Pesquisar sobre a qualidade da água de cisterna pós tratamento simplificado para o consumo humano.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACQUALIMP. Guia de instalação. Guia_cisterna_1397x2159_v02.indd 1, 2010. Disponível em: <http://www.acqualimp.com/wp-content/uploads/2016/01/guia-de-instalacao-cisternas-acqualimp-1.pdf>. Acesso em 12/08/2015.

ANA. Agência Nacional de Águas. **Portal da Qualidade das Águas**. Disponível em: <http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx>. Acesso em: 12 set. 2016.

ANAYA GARDUÑO, M. **Objetivos y logros del CIDECALLI en América Latina e Caribe**. ABCMAC, 2012. Palestra no SEREA 2013, Nov. 2013. Buenos Ayres,

ALMEIDA, H. A. de; FARIAS, M. P. Regime Pluvial E **Potencial de Captação de Água Para as Microrregiões Mais Secas da Paraíba**. In: 8º Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva. 2012. Campina Grande. **Anais...** Campina Grande/PB: ABCMAC, 2012.

AI-SALAYMEH, A., AI-KHATIB, I. A., & ARAFAT, H. A. (21 de December de 2010). **Towards Sustainable Water Quality: Management of Rainwater Harvesting Cisterns in Southern Palestine**. *Water Resour Manage* pp. 1721-1736.

ANDRADE NETO, C. O. de. Aproveitamento imediato da água de chuva. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologia Ambientais – GESTA**. v.1, nº 1, 2013. p. 073-086.

ANDRADE NETO, C O de. Proteção Sanitária das Cisternas Rurais. In: XI Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. 2004, Natal, Brasil. **Anais...** Natal: ABES/APESB/APRH. 2004. Argentina. Disponível em: <<http://www.ina.gov.ar/serea2013/trabajos/miercoles/Manuel.Anaya.Gardunio.pdf>>. Acesso em: 12 set. 2016.

APHA - American Public Health Association. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. Washington, DC. 1992.

ASA. SEMIARIDO BRASILEIRO BRASILEIRO. Disponível em: <http://www.asabrasil.org.br/Portal/Informacoes.asp?COD_MENU=105>. Acesso em: 28 nov de 2014.

ASSIS. T.P. **Sociedade Civil, Estado e Políticas Públicas: reflexões a partir do Programa Um Milhão de Cisternas Rurais (P1MC) no Estado de Minas Gerais**. 2009. 146p. Tese (doutorado) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Ciências Humanas e Sociais. Rio de Janeiro, 2009.

Australian Bureau of Statistics. Disponível em:
<<http://www.abs.gov.au/ausstats/abs@.nsf/products/629A13C5A1CFAC3CCA2577DF00155272?OpenDocument>>. Acesso em: 08 ago 2015.

BRASIL, 2011. **Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome.** Manual para Execução do Programa Cisternas, Brasília, 2011. Disponível em <http://www.mds.gov.br/segurancaalimentar/programa-cisternas/entenda-o-programa/manual-de-identidade-visual-do-programa-cisternas/manual-de-execucao-do-programa-cisternas-primeira-agua-agua-de-beber-e-cozinhar-17dez12.pdf.pagespeed.ce.TOJOH-x63M.pdf>. Acesso jan de 2015.

BRASIL. MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. Manual de operação dos objetos padronizados do programa. Programa água para todos. Brasília, 2013, 61 p. Disponível em: http://www.mi.gov.br/c/document_library/get_file?uuid=3077ea88-263f-4973-891a-27a7807fff9d&groupId=10157. Acesso em 12 de outubro de 2015.

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. 2011.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. **RESOLUÇÃO Nº 357, DE 17 DE MARÇO DE 2005.** Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. 2005.

CAMPOS, J. N. B. **Secas no Nordeste do Brasil: origens, causas e soluções.** In: DIÁLOGO INTERAMERICANO DE GERENCIAMENTO DE ÁGUAS, 4., 2001, Foz do Iguaçu, PR, Brasil. Anais. Foz do Iguaçu, PR: Organização dos Estados Americanos; Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos; Rede Interamericana de Recursos Hídricos, 2001. 1 CD-ROM.

CAMPOS, J. N. B. Secas e políticas públicas no semiárido: ideias, pensadores e períodos. **Revista Estudos Avançados** v. 28, n. 82, p. 65-88, 2014.

CEBALLOS, B. S.O; XAXIER, R.P.; NÓBREGA, R.L.B.; GALVÃO, C.O. Qualidade e manejo da água da chuva na zona rural: considerações sobre o P1MC. In: **Projeto MEVEMUC – Monitoramento de Evaporação e as Mudanças Climáticas.** Org. Artur Mattos e Karen Maria da Costa Mattos. Ed. Moura Ramos. João Pessoa. 2014 p. 71 - 90

CIRILO, J. A. **Políticas públicas de recursos hídricos para o semi-árido.** Estudos Avançados, São Paulo v. 22, n. 63,p. 61-82,2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142008000200005&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 05 ago.2016. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40142008000200005>.

CIRILO, J. A et al. **Soluções para o Suprimento de Água de Comunidades Rurais Difusas no Semi-Árido Brasileiro: Avaliação de Barragens Subterrâneas**. RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos Volume 8 n.4 Out/Dez 2003, 5-24. Disponível em: http://www.abrh.org.br/SGCv3/UserFiles/Sumarios/17b5e45a0c7f2fc85e2fea27592c456d_881448bc6941d5886ef9bdae556b0018.pdf. Acesso em: 05 ago de 2016.

CIRILO, J.A.; MONTENEGRO, S.M.G.L.; CAMPOS, J.N.B. A questão da água no semiárido brasileiro. In: BICUDO, C.E.M; TUNDISI, J.G.; SCHEUENSTUHL, M.C.B. (Org.). **Águas no Brasil: análises estratégicas**. 1ed. São Paulo: Instituto de Botânica, v. 1, p. 81-91, 2010.

COSTA, D. C.; BRITO, J. I. B. **Contribuição do dca/ufcg ao plano nacional de controle da desertificação**. 2004. Disponível em: < www.cbmet.com/cbm-files/22-739512f0dbbcfbdee8b4edc382a9345d.doc >. Acesso em: 12 set de 2016.

DIAS, J. T.; MACHADO, T. T. V.; SILVA, T. C.; BARROS, M. C. V. **Satisfação dos usuários de águas armazenadas em cisternas no semiárido paraibano**. II WorkShoop Internacional sobre Água no Semiárido Brasileiro. Campina Grande, PB. 2015.

FERREIRA, A. L. R.; BATISTA, G. T.; FORTES NETO, P. **Áreas para captação de água de chuva**. Repositório Eletrônico Ciências Agrárias, Coleção Ciências Ambientais. Disponível em: <<http://www.agro.unitau.br/dspace>>. p. 1-8, 2011. Acesso em: 05 ago de 2016.

FILGUEIRA, H. J. A. **Desastres el niño-oscilação sul (ENOS) versus sistemas organizacionais – Paraíba/Brasil, Florida/Estados Unidos da América e Piura/Peru: uma análise comparativa**. Tese. Doutorado em Recursos Naturais. Campina Grande: UFCG, 2004.

FUNASA. Fundação Nacional de Saúde. **Manual prático de análise de água**. 2ª ed. rev. - Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2006. 146 p.

GNADLINGER, João. **Apresentação Técnica de Diferentes Tipos de Cisternas, Construídas em Comunidades Rurais do Semiárido Brasileiro**. In: IX Conferência Internacional sobre Sistemas de Captação de Água de Chuva, 2011. Disponível em: Acesso em: 17 jan. 2011.

INSA. Instituto Nacional do Semiárido. **Sinopse do Censo Demográfico para o Semiárido Brasileiro / Salomão de Sousa Medeiros [et al.]**.— Campina Grande: INSA, 2012. 103p.

JAQUES, R. C.; RIBEIRO, L. F. e LAPOLLI, F. R. **Avaliação da Qualidade da Água de Chuva da Cidade de Florianópolis – SC**. In: 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. 2005. Campo Grande. **Anais**. Campo Grande/MS: ABES, 2005.

JQUES, R.C. **Qualidade da água de chuva no Município de Florianópolis. A potencialidade para o aproveitamento em edificações.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina. 2005.

LYE, D. J. **Rooftop runoff as a source of contamination:** A review. Science of the Total Environment, Estados Unidos. Nº407. 5429-5434, 2009

MACHADO, T. T. V et al. **Captação e armazenamento de águas de chuva no semiárido brasileiro para atendimento às populações rurais.**In: XV ENCUESTRO DE GEOGRÁFOS DE AMÉRICA LATINA, 15º, 2015, La Havana-Cuba. **Anais...**La Havana-Cuba, 2015.

MARENGO, J. **Aquecimento global e as consequências das mudanças climáticas no Nordeste do Brasil.** São José dos Campos: CPTEC/Inpe, 2007. p.54.

MARTINSON, D. B.; THOMAS, T. **Better, Faster, Cheaper; Research into roofwater harvesting for water supply in low-income countries.** ARCSA, Austin, Texas, August 2003.

MDS. SEMIARIDO BRASILEIRO. MDS. **Disponível em:** <<http://www.mds.gov.br/segurancaalimentar/fomento-a-producao-e-a-estruturacao-produtiva-1/semiarido-brasileiro>>. Acesso em: 05 ago de 2015.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. Disponível em:<<http://www.mi.gov.br/web/guest/entenda-o-programa>>. Acesso em: 02 fev 2016.

MOTA, S. **Introdução à engenharia Ambiental.** 4ªed. Rio de Janeiro. ABES, 2006.

NOBRE, P. Mudanças climáticas e desertificação: os desafios para o Estado Brasileiro. In: LIMA, R. da C. C.; CAVALCANTE, A. de M. B; MARIN, A. M. P. **Desertificação e mudanças climáticas no semiárido brasileiro.**- Campina Grande: INSA-PB, 2011. 209p

OLIVEIRA, D. B. S. **O uso das tecnologias sociais hídricas na zona rural do semiárido paraibano; Entre o combate à seca e a convivência com o semiárido.** 186 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, 2013j

OMS – Organização Mundial da Saúde. **O Direito Humano à Água e Saneamento.** Disponível em: http://www.un.org/waterforlifedecade/pdf/human_right_to_water_and_sanitation_media_brief_por.pdf. Acesso em 25/11/2011.

PAE-PB. **Programa de Ação Estadual de combate à desertificação e mitigação dos efeitos da seca no Estado da Paraíba:** PAEPB/IICA; SCIENTEC – João Pessoa: Secretaria de Estado dos Recursos Hídricos, do Meio Ambiente e

da Ciência e Tecnologia. Superintendência de Administração do Meio Ambiente, 2011.

PALHARES, J. C. P.; GUIDONI, A.L. **Qualidade da água de chuva armazenada em cisterna utilizada na dessedentação de suínos e bovinos de corte.**

Revista Ambiente & Água. Interdisciplinary Journal of Applied Science: v. 7, n. 1, 2012.

Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ambiagua/v7n1/v7n1a19.pdf>>. Acesso em: 12 set de 2016.

PHILLIP JR, A.; MARTINS, G. Águas de Abastecimento. In: **Saneamento, saúde e ambiente: fundamentos para um desenvolvimento sustentável.** Arlindo Phillip Jr, editor. Barueri – SP: Manole, 2005. Coleção Ambiental 2.

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

PORTAL BRASIL. **Disponível em:**

<<http://www.brasil.gov.br/infraestrutura/2013/11/familias-do-semiarido-recebem-cisternas-do-programa-agua-para-todos>>. Acesso em: 05 ago de 2015.

PORTAL BRASIL. **Disponível em:** <

<http://www.brasil.gov.br/cidadania-e-justica/2016/01/semiarido-recebe-158-mil-tecnologias-para-captar-e-armazenar-agua-em-5-anos>>. Acesso em: 05 set de 2016.

RIZZI, N. Índices de qualidade de água. **Sanare**, v.15, p.13-25, 2001.

SANTANA, M. V. V. et al. **Variação do pH e temperatura em CPLA e polietileno em comunidades rurais do município de Petrolina-PE.** Revista Extensão da UNIVASF. Volume 3, Número 2, 2 jul 2015.

SILVA, S. A. **Manual de análises físico-químicas de águas de abastecimento e residuárias.** Campina Grande, PB. 2001.

SILVA, M. M. P. et al. **Educação Ambiental para o uso sustentável de água de cisternas em comunidades rurais da Paraíba.** Revista de Biologia e Ciências da Terra. v. 1. p. 122-136, jun 2006.

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

SILVA, G. L.; AURELIANO, J. T.; LUCENA, S. V. O. **Proposição de um índice de qualidade de água bruta para abastecimento público.** REGA. Vol. 9, nº1, p 17-24, jan/jun 2012.

SILVA, N. de M. D. da. **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). v. 2, n. 1. p. 172-187, 2014.

SOUSA, S. H. B. et al. **Avaliação da qualidade da água e da eficácia de barreiras sanitárias em sistemas para aproveitamento de águas de chuva.** Revista Brasileira de Recursos Hídricos. Volume 16 n.3 - Jul/Set, 81-93. 2011.

SOUSA, et al. **Barragem subterrânea: tecnologia sustentável de captação, armazenamento de água e convívio com o semiárido.** TERCEIRO INCLUÍDO ISSN 2237-079X NUPEAT–IESA–UFG, v.4, n.1, Jan./Jun, p. 97-103. 2014.

TAVARES, A. C. **Aspectos físicos, químicos e microbiológicos da água armazenada em cisternas de comunidade rurais no semiárido Paraibano.** 2009. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio ambiente – PRODEMA) – Universidade Federal da Paraíba, PB.

VIRIATO, C. L. **Caracterização físico-química e bacteriológica da água armazenada em cisternas no semiárido paraibano.** Monografia (Especialização em Geociência e Recursos Hídricos do Semiárido). – UEPB, Universidade Estadual de Campina Grande, Campina Grande-PB. 2011.

VON SPERLING, M. 2005. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** Vol. 1, 3ª Edição, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Ed. UFMG. 2005.

XAVIER, R. P. **Influência de barreiras sanitárias na qualidade da água de chuva armazenada em cisternas no semiárido paraibano.** Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento) – UFCG, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande-PB. 2010.