

USO DE AFLORAMENTOS ROCHOSOS PARA CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVAS: SEGURANÇA HÍDRICA E BENEFÍCIOS SOCIOAMBIENTAIS

Mateus da Silva **Santiago**¹; Lázaro Ramom dos Santos **Andrade**²; José Adailton Lima **Silva**³;
Débora Coelho **Moura**⁴

(1 – Universidade Federal de Campina Grande, discente, mateus.santiago888@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-1040-7926>; 2 -Universidade Federal de Campina Grande, discente, Doutorando em Recursos Naturais, ramom.santos@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-8228-4470>; 3- Secretária Estadual de Educação da Paraíba – SEEPB, docente, Doutor em Recursos Naturais, adailton_limasilva@hotmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-4415-4082>; 4 - Universidade Federal de Campina Grande, docente, Doutora em Biologia Vegetal, debygeo@hotmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-2663-2308>)

Resumo: Atualmente, tem-se utilizado os afloramentos rochosos como tecnologias sociais simples que buscam captar e armazenar a água das chuvas e, com isso, promover o abastecimento humano. Assim, objetivou-se analisar a qualidade da água captada no Tanque do Araçá, reservatório de água sobre um afloramento rochoso no município de Esperança-PB, e identificar os benefícios sociais, econômicos e ambientais do uso de afloramentos rochosos na gestão dos recursos hídricos. Para tanto, foram realizados estudos quali-quantitativos, utilizando análises de parâmetros físico-químicos e microbiológicos da água, tanto no Tanque do Araçá quanto nas residências das famílias que utilizam a água do referido afloramento. Com isso, observou-se que: apesar dos parâmetros físico-químicos atenderem à legislação vigente, as análises microbiológicas indicaram que a água armazenada, tanto no Tanque do Araçá, quanto nas residências das famílias, apresentam-se contaminadas por coliformes termotolerantes de origem fecal, o que obriga as famílias a tratarem tal água com a adição de cloro. Todavia, os estudos apontaram, ainda, que o uso dos afloramentos trouxe muitos benefícios socioeconômicos e ambientais: gestão dos recursos hídricos; segurança hídrica;

redução de custos com a compra de água; além de atender às necessidades hídricas de inúmeras famílias que convivem com a escassez de água.

Palavras-chave: Qualidade da água, Tanques de pedra, Saúde pública.

USE OF ROCKY AFLORAMENTS FOR RAINWATER CAPTURE: WATER SAFETY AND SOCIO-ENVIRONMENTAL BENEFITS

Abstract: Currently, rock outcrops have now been used as simple social technologies that seek to capture and store rainwater and, with this, promote human supply. Thus, the objective was to analyze the quality of the water captured in Tanque do Araçá, a water reservoir over a rocky outcrop in the municipality of Esperança-PB, to identify the social, economic and environmental benefits of using rocky outcrops in the management of water resources. In this way, it was possible to carry out analyzes of the physical-chemical and microbiological parameters of the water, both in the Araçá tank and in the residences of the families that use the outcrop. Therefore, it was observed that, in spite of the physicochemical parameters, the microbiological analyzes indicated that the stored water, both in the Araçá tank and in the households residences, are contaminated by fecal thermotolerant coliforms, which forces the families to treat such water with the addition of chlorine. However, studies have also pointed out that the storage of rainwater in rocky outcrops has brought many socioeconomic and environmental benefits such as: management of water resources; water safety; reduction of costs with the purchase of water; in addition to meeting the water needs of countless families who coexist with the scarcity of water.

Keywords: Water scarcity; Stone tanks; Public health.

USO DE BLOQUES DE ROCA PARA CAPTURAR AGUA DE LLUVIA: SEGURIDAD DEL AGUA Y BENEFICIOS SOCIOAMBIENTALES

Resumem: Actualmente, los bloques de roca se han utilizado como tecnologías sociales simples que buscan capturar y almacenar agua de lluvia y, por lo tanto, promover el suministro humano. Por lo tanto, el objetivo era analizar la calidad del agua capturada en lo Tanque do Araçá, un depósito de agua en un afloramiento rocoso en el municipio de Esperança-PB, e identificar los beneficios sociales, económicos y ambientales del uso de afloramientos rocosos en la gestión de los recursos hídricos. Por lo tanto, se llevaron a cabo estudios cualitativos y cuantitativos, utilizando análisis de parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua,

tanto en lo Tanque do Araçá como en los hogares de familias que usan el agua del afloramiento. Así, se observó que: a pesar de los parámetros físico-químicos que cumplen con la legislación vigente, los análisis microbiológicos indicaron que el agua almacenada, tanto en el Tanque de Araçá como en los hogares de las familias, está contaminada por coliformes termotolerantes de origen fecal, lo que obliga a las familias a tratar dicha agua con la adición de cloro. Sin embargo, los estudios también han señalado que el uso de afloramientos ha traído muchos beneficios socioeconómicos y ambientales: gestión de los recursos hídricos; seguridad del agua; reducción de costos con la compra de agua; además de satisfacer las necesidades de agua de innumerables familias que viven con escasez de agua.

Palabras clave: Escasez de agua; Calidad del agua; Salud pública.

Introdução

A região Nordeste do Brasil possui características climáticas que propiciam ambientes distintos tais como o Litoral e Zona da Mata, com clima Tropical Quente e Úmido e há o domínio do Semiárido. De acordo com Becker et al. (2011), esse domínio ocupa uma área de aproximadamente 982.563 km² com um acréscimo de 8,66%, estabelecido pela Portaria Interministerial N° 6, de 29 de março de 2004.

Nesta porção do território brasileiro as estiagens comprometem o abastecimento de água e a recarga hídrica, devido principalmente à irregularidade da estação chuvosa na região, com predominância de chuvas intensas e de curta duração (CARVALHO, 2014). Estas estiagens são diretamente influenciadas pela variabilidade climática, Decadal e Sazonal, que resultam na escassez hídrica dos corpos d'água intermitentes (LIMEIRA, 2014). Assim, observa-se que a região Semiárida apresenta vulnerabilidade hídrica, e esta reflete no abastecimento de água para a população, uma vez que o volume variável de precipitação é periódico (PEREIRA, 2017).

A escassez de água na Paraíba afeta as classes sociais e as atividades econômicas, resultando em conflitos socioambientais. Assim, esta vulnerabilidade climática, com ênfase na disponibilidade hídrica gerenciada pelos órgãos competentes, pode proporcionar a distribuição de água, em quantidade e qualidade, para atender as necessidades e interesses da sociedade.

O município de Esperança, assim como muitas cidades do Estado da Paraíba, enfrenta um período de escassez hídrica decorrente das variabilidades climáticas, as quais contribuem para a redução do potencial hídrico, destinado ao abastecimento público. Segundo a Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESAs, 2018), a média da precipitação

pluvial do município para o ano de 2017 foi de 500,2 mm. A cidade sofre diariamente com o racionamento de água, sendo disponibilizada entre uma a duas vezes por semana para que os moradores possam utilizá-la e armazená-la para suas atividades diárias.

Diante dessa problemática, muitas famílias do município fazem uso de fontes alternativas para suprir suas necessidades básicas, destacando-se como principais fontes de abastecimento o uso de carros “pipas”, poços, e também do reservatório Tanque do Araçá. Apesar de necessária, essa prática é perigosa pois na grande maioria das vezes essas águas não são tratadas, acarretando em outro problema social ligado a saúde pública, a incidência de doenças de veiculação hídrica.

Diante do exposto, este trabalho tem como objetivo avaliar a qualidade das águas de chuvas, captadas em tanques de pedra, em especial o Tanque do Araçá no município de Esperança - PB. Esse estudo dará subsídios para os órgãos de saúde pública tomarem as medidas para gerenciar essas águas da forma mais segura para a população, uma vez que essa fonte de água garante o abastecimento de muitas famílias.

Materiais e métodos

Área de estudo

A presente pesquisa foi realizada no reservatório Tanque do Araçá, localizado no perímetro urbano do município de Esperança-PB (Figura 1). Este município está localizado entre as coordenadas: Lat. 07°01'59'' S; e Long. 35°51'26'' W (BRASIL, 2010).

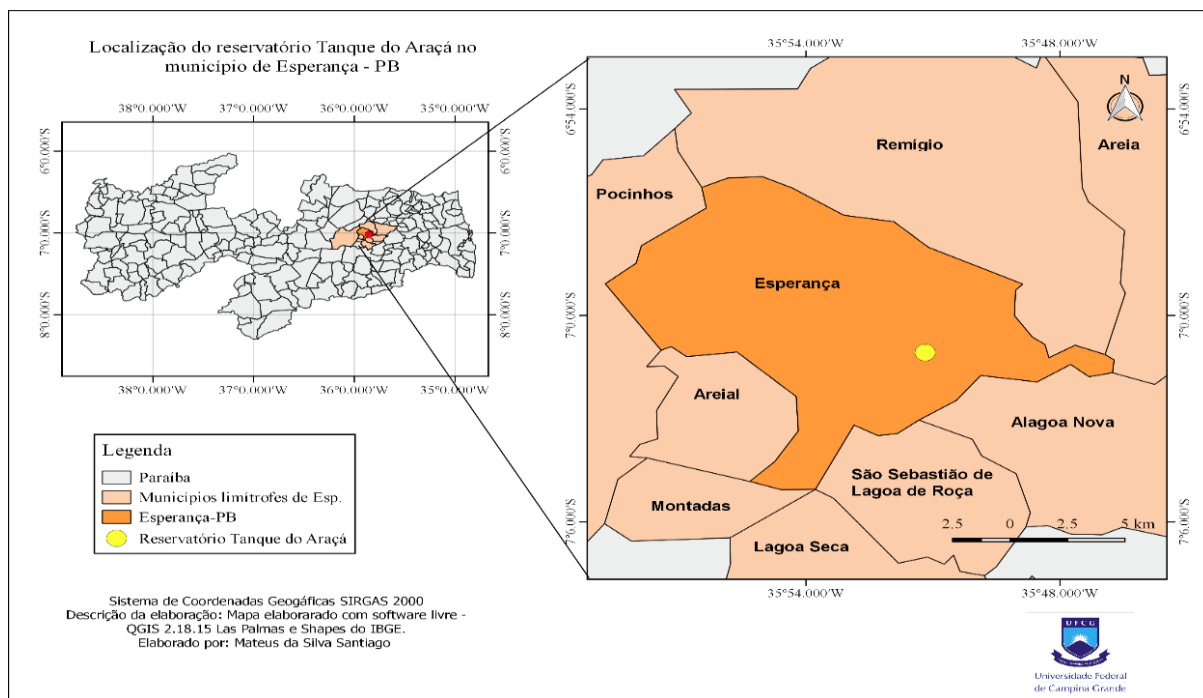
O município abrange 161,738 Km², limitando-se ao norte com o município de Remígio; ao sul com São Sebastião de Lagoa de Roça; ao Leste com Areia; a Sudeste com o município de Alagoa Nova e a Oeste com o município de Pocinhos; faz ainda limite com o município de Areal, situado a Sudoeste (FERREIRA, 2015, IBGE, 2010).

Em relação ao Tanque do Araçá este localiza-se no perímetro urbano e detém dois reservatórios que foram construídos sobre os afloramentos rochosos locais. O Tanque do Araçá detém dois pontos (chafarizes) de distribuição d'água, que são administrados pelo Poder Público municipal.

Destaca-se, que mesmo com chegada da água encanada no município de Esperança-PB no ano de 1958, mediante a realização de obras pelo antigo Departamento Nacional de Obras Contra as Secas - DNOCS, a escassez d'água (resultada de fatores climáticos e da ineficácia

das políticas de gestão hídrica), faz com que esses corpos hídricos situados sobre um afloramento rochoso, sejam amplamente procurados pela população local (FERREIRA, 2015).

Figura 1: Mapa de localização do reservatório Tanque do Araçá, município de Esperança-PB



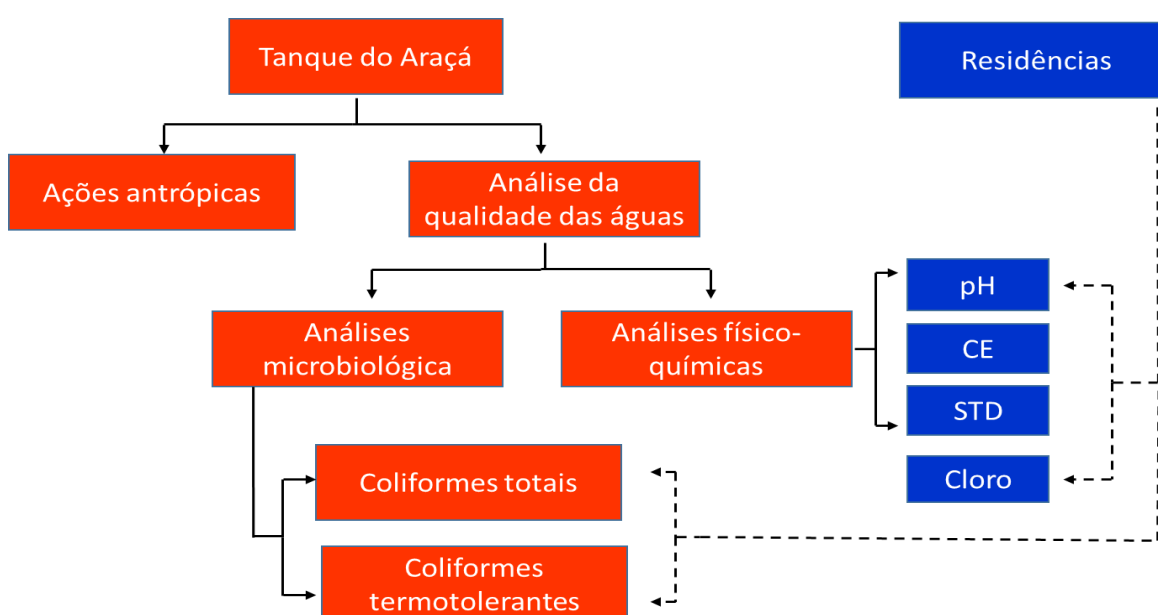
Diante do exposto, entende-se que o Tanque do Araçá representa um importante meio de armazenamento e distribuição de água para a população local, sobretudo a mais carente, pois: para elas, as águas do reservatório representam a única alternativa no tocante a obtenção d'água para os diversos usos do cotidiano. Vale ressaltar, que nos períodos de racionamento, a oferta d'água é interrompida ou racionalizada pela concessionária responsável. Logo, os reservatórios do Tanque do Araçá tornam-se uma das principais fontes de oferta de água para a população local.

A escolha do Tanque do Araçá, como objeto de estudo se deu em virtude de alguns aspectos, tais como: 1) nos longos períodos de estiagem não há disponibilidade ou fornecimento de água para a comunidade local; 2) as condições climáticas locais propiciam uma escassez hídrica que tem reduzido a oferta e disponibilidade de água; 3) cerca de 100 famílias locais, de baixa renda, dependem exclusivamente das águas provenientes do Tanque do Araçá.

Coleta e Processamento das análises

O presente trabalho enquadra-se como pesquisa quali-quantitativa, pois mensura dados quantitativos atribuídos à qualidade das águas do reservatório do Araçá e das residências, além da análise de dados secundários do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2018) e presentes nas legislações de análise de qualidade de água. As etapas da pesquisa estão descritas na figura 2.

Figura 2: Estudos sobre água realizados no Tanque do Araçá



Para alicerçar os resultados sobre a qualidade das águas foram identificadas as ações antrópicas que favorecem a degradação desses corpos de água. Para isso foi utilizada conversas informais com os moradores, pesquisa de campo exploratória para identificar problemas como: presença de resíduos sólidos e excrementos dentro dos tanques bem como nas suas mediações. Esses e outros problemas foram registrados por meio de fotografias.

Sabendo-se que a qualidade da água está ligada às suas características físicas, químicas e biológicas que são influenciadas diretamente por ações antrópicas, observou-se que práticas humanas, em especial o lançamento inadequado de efluentes, tem causado desequilíbrio na biota aquática e acelerado o processo de eutrofização. Dessa forma, observa-se, localmente, que: à medida que a degradação ambiental se intensifica, ela traz como consequências a diminuição da disponibilidade de água e o comprometimento da qualidade dos corpos hídricos que comportam o Tanque do Araçá.

Análise dos parâmetros de qualidade de água

Para o desenvolvimento desta etapa da pesquisa foi realizado um estudo *in loco* para identificar as principais formas de captação e distribuição de águas de chuvas a partir dos dois tanques, optando-se por determinar estes espaços como: Tanque 1, e Tanque 2, (Fotos 3 A e B).

Figura 3: Panorama do reservatório: A- Tanque 1, B- Tanque 2



As análises foram realizadas nos meses de janeiro (período de estiagem) e junho (período chuvoso) de 2018. Foram coletados quatro pontos no reservatório Tanque 1 e seis pontos no reservatório Tanque 2. Totalizando em 60 amostras, realizadas em triplicata (Tabela 1).

Tabela 1: Localização dos pontos de coleta de água, no reservatório Tanque do Araçá

Ponto de coleta (Tanque 01)	Sistema de coordenadas: posição lat/long (WGS84)	
Caixa tanque 01	S 7°01' 03.574''	W 35°51' 12.390''
Ponto 01	S 7° 01' 3.783''	W 35° 51' 12.396''
Ponto 02	S 7° 01' 04.028''	W 35° 51' 12.157''
Ponto 03	S 7° 01' 06.079''	W 35° 51' 11.162''
Ponto 04	S 7° 01' 05.361''	W 35° 51' 10.756''
Ponto de coleta (Tanque 02)	Sistema de coordenadas: posição lat/long (WGS84)	
Caixa tanque 02	S 7°01' 10.268''	W 35°51' 11.852''
Ponto 01	S 7° 01' 05.543''	W 35° 51' 15.803''
Ponto 02	S 7° 01' 06.110''	W 35° 51' 15.623''
Ponto 03	S 7° 01' 06.708''	W 35° 51' 15.432''
Ponto 04	S 7° 01' 07.362''	W 35° 51' 14.985''
Ponto 04	S 7° 01' 08.047''	W 35° 51' 14.844''
Ponto 06	S 7° 01' 08.602''	W 35° 51' 14.867''

Na sequência, foram realizadas coletas de água nas residências dos moradores (figura 4 A, B e C), que fazem uso das águas dos tanques. Esse procedimento deu-se semanalmente no período dos dois meses selecionados, sendo eles janeiro e junho de 2018.

Figura 4: Coletas de água no reservatório e nas residências



Foram utilizados instrumentos digitais portáteis para a realização dessas análises em campo, sendo eles: 1) phgâmetro digital; 2) Medidor colorimétrico de cloro; e 3) Condutivímetro digital, esse aparelho mede além desse parâmetro os sólidos totais dissolvidos.

Todos os equipamentos foram calibrados previamente antes de cada uso, de modo que esses procedimentos de análise seguissem as recomendações do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, AWWA, WPCF, 1999).

Por fim, foram selecionadas aleatoriamente residências que utilizam essas águas nas suas atividades diárias. A amostragem abrangeu um total de 10 (dez) casas localizadas nas proximidades dos tanques e de bairros vizinhos, para avaliar a qualidade das águas armazenadas nos seus respectivos reservatórios, sendo selecionados para análise os principais reservatórios de uso contínuo dos moradores.

Com base nesses dados foram realizados testes de análise de variância, por meio do programa computacional Microsoft Excel 2013. O valor da ANOVA (Análise de variância), considerando o nível de significância de 5%, apresentaram valor significativo para as coletas realizadas nos reservatórios.

No tocante as análises microbiológicas realizadas nos reservatórios, as mesmas foram desenvolvidas a partir da determinação dos Tanques (1 e 2), onde foi estabelecido a seguinte sequência metodológica para coletar as amostras de água:

- i) Para o “Tanque 1”, de menor espaço, foram coletadas 24 amostras de água, divididas em duas campanhas, em um intervalo de aproximadamente 10 metros entre pontos pré-determinados, contemplado o total de 4 (quatro) pontos;
- ii) Para o “Tanque 2”, de maior espaço, foram realizadas 36 coletas de amostras de água, coletadas em um intervalo de aproximadamente 20 metros entre pontos pré-determinados, com um total de 6 (seis) pontos analisados, no período de dois meses, sendo estas coletas realizadas a uma profundidade de 30 cm. Ademais, os pontos de coletas seguiram o mesmo padrão das análises físico-químicas realizadas em ambos os tanques.

Nas residências, os procedimentos de análise seguiram a mesma cronologia e procedimentos metodológicos das realizadas nos reservatórios Tanque 1 e tanque 2, assim como das análises físico-químicas, selecionando-se os principais reservatórios de uso diário dos moradores. Foram coletadas 60 amostras microbiológicas das águas para consumo humano, realizadas em triplicata, no total de 10 casas, durante as duas campanhas de coleta. Dessa forma, as campanhas foram divididas espacialmente da seguinte forma (Figura 5).

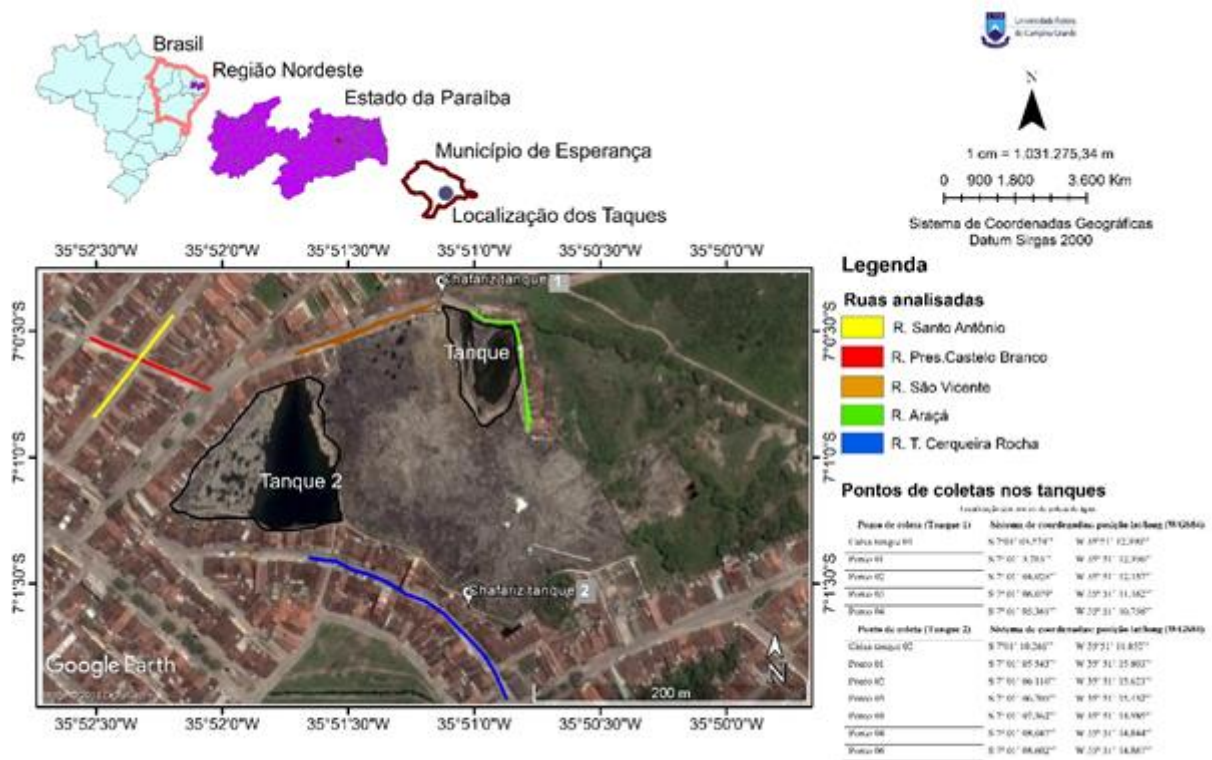
Para a análise a microbiológica foram analisados dois parâmetros: Coliformes totais e Coliformes termotolerantes. Seguindo-se a metodologia própria do Kit Básico de Potabilidade da Água Alfakit® disposto em forma de gel desidratado que consiste na combinação de dois substratos cromogênicos (Salmon-GAL e X - glicuronídeo) que detecta a presença das duas classes de bactérias. Os procedimentos pra realização das análises seguiram as seguintes etapas:

- a) Retirada da cartela microbiológica tocando apenas acima do picote;
- b) Coleta da amostra a aproximadamente 30 cm;
- c) Imergir-se a cartela na amostra até esta umedecer, retirando-se posteriormente o excesso de água, recolocando-se em seguida a cartela na embalagem plástica sem tocar no restante (figura 6-C e D),
- d) Acondicionamento das amostras em caixa de isopor contendo gelo e mantidas sob refrigeração até o transporte ao laboratório, ficando durante 15 horas de incubação, em uma estufa, à temperatura de 37°C.

Passado o tempo de incubação, iniciou-se o procedimento das análises dos dados, para tanto utilizou-se aparelhos como Estéreo microscópio e lupa, objetivando-se na facilitação da

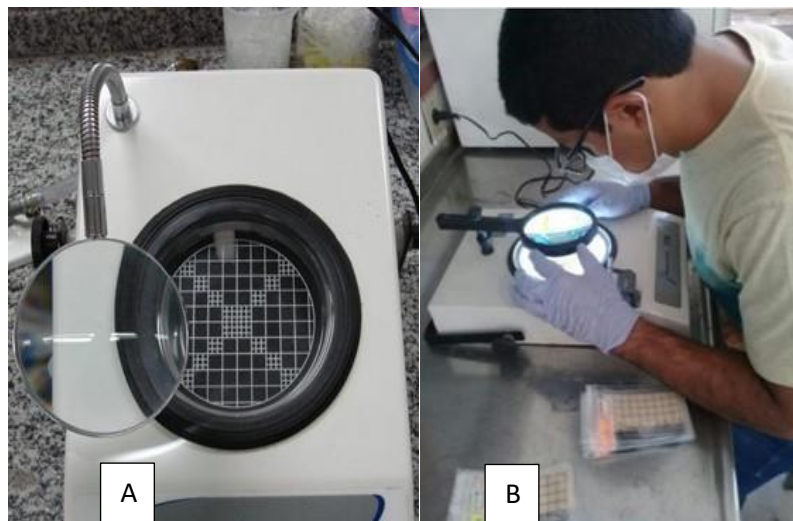
contagem do número de colônias, bem como, na diferenciação dos dois tipos de microrganismos observadas nas cartelas microbiológicas (figura 6 A e B). Foram efetivadas durante realização deste procedimento, um total de 120 amostras realizadas em triplicatas em cada um dos pontos de estudo.

Figura 5: localização dos reservatórios e distribuição espacial, por ruas, das casas analisadas



Fonte: Google Earth, 2018.

Figura 6: Procedimento de análise microbiológica:



Resultados e discussões

Neste momento, serão apresentados e discutidos os resultados alcançados na referida pesquisa. Nesta perspectiva, serão detalhados, sequencialmente, os seguintes aspectos: 1) identificação das ações antrópicas no tanque; 2) análise físico-química da água dos reservatórios; 3) avaliação microbiológica da água dos reservatórios; 4) análise físico-química das águas armazenadas nas residências; e 5) avaliação microbiológica das águas armazenadas nas residências.

Em suma, serão apresentadas as ações/práticas humanas que deterioram a qualidade da água no Tanque do Araçá, assim como também serão detalhados/discutidos os dados referentes as análises físico-químicas e microbiológicas das águas coletadas tanto nos corpos hídricos, quanto nas residências das famílias que consomem a água do reservatório supracitado.

Identificação das ações antrópicas no tanque

A proximidade dos reservatórios com as residências, bem como a declividade dos terrenos residências em relação aos tanques, proporcionam o transporte, por gravidade, de efluentes domésticos – esgotos - resultando na contaminação e eutrofização das águas acumuladas sobre o afloramento rochoso.

Verificou-se, através dos estudos *in loco* e de conversas informais com os moradores locais, que não existe a presença de rede de esgoto ou de saneamento básico nas residências próximas dos tanques. Dessa forma, os dejetos humanos produzidos pelos moradores são lançados a céu aberto, favorecendo a existência de um ambiente propício à disseminação de agentes patógenos, e prejudicando a qualidade dessas águas.

Outro problema visualizado *in loco* foi a presença de resíduos sólidos nas margens, e dentro de ambos os reservatórios (figura 7 A, B e C), destaca-se a presença de materiais variados, tais como: garrafas *pets*, sacolas plásticas, material de alvenaria (pedaços de tijolos e telhas), pedaços de borracha e até mesmo a fraldas descartáveis.

A presença de resíduos sólidos nos corpos hídricos evidencia práticas humanas que condicionam a poluição e deterioração da qualidade das águas armazenadas localmente. Cabe destacar que muitas dessas ações são provenientes de pessoas que não detém discernimento sobre os possíveis problemas advindos de suas ações. Neste sentido, basta lembrar que as desinformações sobre a qualidade da água, bem como a falta da consciência da importância do tratamento e conservação das águas dos reservatórios, contribuem para a contaminação das

águas armazenadas, facilitando dessa forma a proliferação de doenças em virtude do consumo das águas represadas (PEREIRA, 2015).

Figura 7: Presença de resíduos sólidos nos reservatórios.



Análise físico-química da água dos reservatórios

Durante o período de análise, foi constatado um valor elevado do Potencial Hidrogeniônico (pH), apresentando média geral de 9,6 para o reservatório Tanque 01, sendo o maior valor aferido 9,9 e o menor 9,4. No reservatório Tanque 02, a média foi de 9,3, apresentando o maior valor de ordem 9,6 e o menor 9,2 (tabela 2).

Tabela 2: Resultados das análises físico-químicas nos tanques

Parâmetro analisado	Tanque 1	Tanque 2
pH	9,6	9,3
Condutividade elétrica	254 μ s/cm	463 μ s/cm
STD	126,5 mg/L	251 mg/L
Cloro	0 mg/L	0 mg/L

Os valores de pH estão em fora dos padrões permitidos pelo CONAMA n° 357/05, para águas doces classes I, II, III e IV, que aceita valores entre a faixa de 6,0 a 9,0 (BRASIL, 2005).Esses resultados podem ser relacionados ao período de estiagem que se encontra a região, uma vez que segundo Silva et al. (2010) é comum encontrar valores altos de pH em regiões de balanço hídrico negativo, como ocorre com os açudes do semiárido no Nordeste brasileiro.

A dissolução de rochas, a fotossíntese e despejos domésticos e industriais são fontes que alteram o pH. Valores extremos de pH prejudicam o crescimento e a reprodução dos peixes, além de provocar graves escamações na pele de pessoas que utilizam essa água na recreação

(ANDRADE et al, 2017). Neste sentido, localmente há relatos de eventos de problemas na pele – coceiras, vermelhidão, alergias etc. - em função do uso da água do Tanque do Araçá, o que denota os riscos relacionados a contaminação da água por ações antrópicas.

Os valores dos Sólidos Totais Dissolvidos (STD), apresentaram-se dentro do valor permitido pela Resolução do CONAMA nº 357/2005, de até 500 mg/L. O tanque 1 apresentou média de 126,5 mg/L, bem como 251 mg/L no tanque 02. Sendo assim essas águas podem ser consideradas satisfatórias para uso doméstico e inúmeros usos industriais (ANDRADE et al, 2018).

Esse parâmetro juntamente com a condutividade elétrica, indicaram a quantidade de sais dissolvidos na água. Como as recargas desses tanques são feitas exclusivamente por precipitação, os resultados encontrados nessa pesquisa elucidam a presença de sais oriundos da lixiviação da rocha, bem como pela entrada de matéria orgânica, proveniente das residências e bairros próximos, devido a declividade do terreno.

A condutividade elétrica (CE) não possui limite estabelecido pela Resolução nº 357/2005 do CONAMA, no entanto, a mesma pode auxiliar na identificação de fontes poluidoras. No tanque 1 a CE apresentou média de 254 $\mu\text{s}/\text{cm}$, enquanto no tanque 2 463,66 $\mu\text{s}/\text{cm}$. Esse parâmetro depende da temperatura (FRANÇA et al, 2019), sendo assim regiões que apresentam temperatura elevada como o semiárido podem proporcionar a elevação dessa da CE das águas. Além disso, as precipitações também influenciam a CE, segundo Santos et al (2020) esse parâmetro se apresenta frequentemente em menor valor no período chuvoso, devido ao aumento do fator de diluição dos íons.

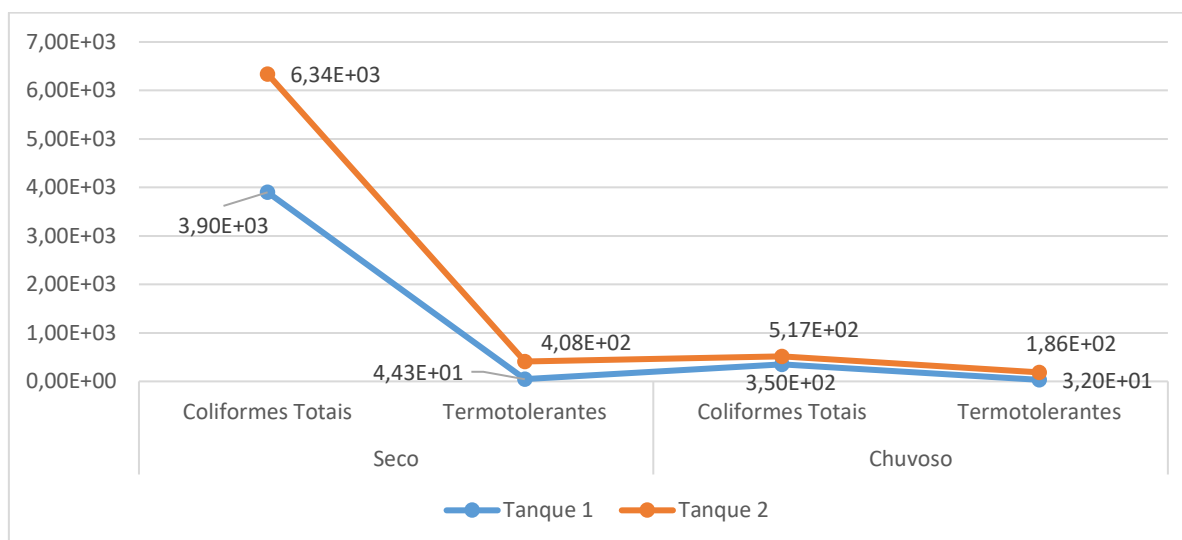
De acordo com Ayers e Westcot (1976), as águas que apresentam condutividade elétrica menor que 700 $\mu\text{S cm}^{-1}$ podem ser utilizadas para irrigação sem nenhuma restrição de uso, sendo assim, os resultados dessa pesquisa estão dentro do estabelecido, podendo ser utilizada nesse setor. Concentrações elevadas desse parâmetro em águas naturais podem indicar uma possível contaminação do meio aquático por efluentes industriais (ANDRADE, et al, 2018).

Avaliação microbiológica da água dos reservatórios

Os resultados obtidos indicam a presença de bactérias nos reservatórios “Tanque 01” e “Tanque 02”, conforme a (Figura 8). Esses dados indicam um crescimento exponencial do número de coliformes no período seco, em comparação com o período chuvoso. As médias referentes a presença de Coliformes totais no “Tanque 02”, apresentaram uma maior

expressividade em ambos os períodos. A presença desses microrganismos são indicadores de higiene sanitária, sendo assim, a presença não caracteriza a possível contaminação, por material fecal.

Figura 8: Resultados das análises bacteriológicas nos períodos de seca e chuvoso.



A análise estatística realizada por meio da ANOVA, apresentou valor de $p=0,14$, isso significa, que não houve variação significativa entre as médias de coliformes totais, mesmo nos períodos de estiagem ou de chuva. Cabral (2016), em seu trabalho, constatou a existência de uma quantidade significativa de Coliformes totais, na ordem de $2,022 \times 10^3$ para 100 mg/L, resultados esses que corroboram com essa pesquisa.

O aumento significativo do quantitativo de colônias de bactérias do tipo coliformes pode ser considerado como reflexo dos períodos de estiagem, característicos da porção Semiárida do Nordeste brasileiro. Esse processo pode ser expresso por vários fatores, dentre os quais podemos destacar: 1) a maior evaporação do corpo hídrico e por conseguinte uma maior concentração e floração dessas bactérias. 2) Nos períodos úmidos há a recarga hídrica do reservatório, decorrente do escoamento superficial, e portanto há maior diluição desses micro-organismos. Assim sendo tem-se: ($E > P = < \text{quant. de Coliformes}$).

A presença de Coliformes termotolerantes nessas águas indicam a presença de material fecal, seja ele de origem humana ou animal. Sendo assim a (Figura 8), expressa os resultados encontrados, de modo que durante o período de estiagem o número de bactérias foi superior ao período chuvoso. Segundo Andrade (2017), o número de bactérias tende a aumentar no período de seca devido a evaporação, bem como a entrada de efluentes nos corpos hídricos. A entrada de sedimentos nessas águas pode estar atrelada à proximidade com as residências, a falta de rede de esgoto, presença de fossas que

por sua vez podem infiltrar o material, bem como a própria declividade do terreno que arrasta diversos sedimentos para dentro dos tanques durante as chuvas.

A análise de dados estatísticos realizada por meio da ANOVA apresentou valor de $p=0,57$, isso significa que não houve variação significativa entre as médias de Coliformes termotolerantes mesmo em períodos sazonais diferentes. Cabral (2016), encontrou resultados de *Escherichia Coli*, na ordem de $0,066 \times 10^3$ para 100 mg/L de água.

A Resolução nº 357 do CONAMA estabelece valor máximo de $1.00E+03$ NMP para irrigação de parques públicos e jardins, para o uso de recreação de contato secundário não deverá ser excedido um limite de 2500 Coliformes termotolerantes. Para os demais usos, não deverá ser excedido um limite de 4000 Coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras coletadas durante o período de um ano, com periodicidade bimestral.

Por se tratar de águas armazenadas em tanques de pedra, com recarga natural (precipitação) sua classificação segundo o CONAMA seria doce, classe I ou II, no entanto as ações antrópicas locais modificam as características do meio, alterando os parâmetros físicos, químicos e microbiológicos. Desse modo com base nos resultados apresentados esse meio aquoso é classificado como água doce, classe 3.

Sendo assim o CONAMA recomenda o uso dessas águas para: ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; à pesca amadora; à recreação de contato secundário; à dessedentação de animais (CONAMA, 2011, ANDRADE, 2017).

Análise físico-química das águas armazenadas nas residências

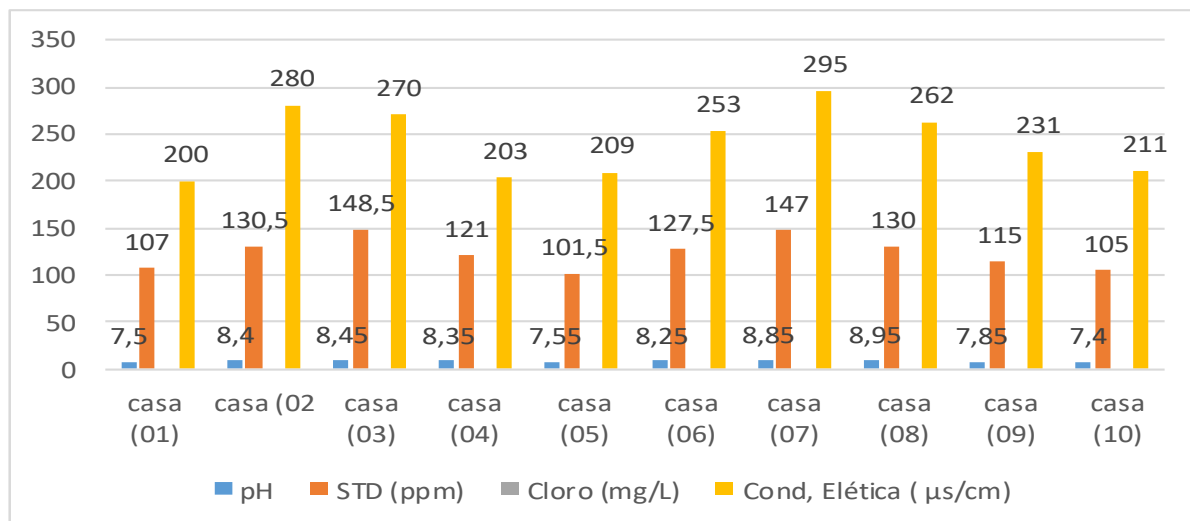
O diagnóstico das águas dos reservatórios analisadas nas residências, mediante o uso de aparelhos eletrônicos portáteis, apresentou, com exceção do Cloro total, nas análises dos parâmetros físico-químicos: pH, STD, Condutividade elétrica, valores condizentes com os estabelecidos na legislação de potabilidade de água (Figura 9).

De acordo com a figura 10 o pH apresentou média de 8,15, com valor máximo de 8,95 e mínimo de 7,4 estando dentro do estabelecido pela portaria nº 2914, para águas de consumo humano entre 6,0 a 9,5. Do ponto de vista químico, a medida do pH é um dos testes mais importantes para a caracterização físico-química da água e é utilizado praticamente em todas as fases do tratamento destinado à potabilidade da água. (BORTOLI, 2016).

Os valores de Sólidos Totais Dissolvidos (STD) apresentaram média de 123,3 mg/l, com valor máximo de 148,5 mg/L e mínimo de 105 mg/L, onde o valor máximo permissível pela

legislação é de 1000 mg/l. Esse parâmetro também se encontra dentro dos padrões de potabilidade apesar dessas águas não passarem por nenhum tratamento preliminar.

Figura 9: Resultado das análises físico-químicas dos reservatórios domiciliares



A Condutividade Elétrica (CE) apresentou média de 241,4 µs/cm. Esta não possui um limite estabelecido por essa portaria, no entanto ela pode auxiliar na identificação de fontes poluidoras (ESTEVES, 1988). De acordo com Libânio (2010) água que recebe efluentes domésticos e industriais podendo atingir 1000 µS/cm de condutividade elétrica, o valor apresentado está dentro dessa margem. A CE aumenta à medida que mais sólidos dissolvidos são adicionados. Altos valores podem indicar características corrosivas da água.

A análise de cloro total foi realizada *in loco* através do método colorimétrico conforme ilustrado na (Figura 10). De acordo com os dados aferidos, todas as amostras realizadas, apresentaram resultados iguais a 0 (zero). Salientamos, que a Portaria nº 2.914/11, que versa acerca da potabilidade de água para consumo humano, recomenda a quantidade de 2,0 mg/l de cloro residual livre para o tratamento de água potável. Cabe destacar ainda, nesse contexto, a importância do tratamento de água, no que diz respeito à desinfecção ou mesmo a eliminação de bactérias e protozoários que podem ser transmitidos aos seres humanos, pelo contato ou ingestão de águas contaminadas, disseminando as chamadas doenças por veiculação hídrica.

Figura 10: Análise de cloro nas residências.



Avaliação microbiológica das águas armazenadas nas residências

Apesar do enquadramento de alguns parâmetros físico-químicos aos padrões de potabilidade, as análises microbiológicas realizadas nas residências, apresentaram irregularidade quanto ao padrão de potabilidade (Tabela 3). A água potável deve ser ausente de Coliformes totais, Coliformes termotolerantes *e/ou* *Escherichia coli*, ou seja, essa água não pode ser utilizada para consumo sem antes passar por um tratamento que possibilite sua utilização sem causar danos à saúde.

Tabela 3: Resultado das análises microbiológicas nas residências

Casas	Coliformes totais	Coliformes termotolerantes
Casa 1	8,00E+04	2,00E+03
Casa 2	9,00E+04	1,00E+03
Casa 3	7,50E+04	3,00E+03
Casa 4	7,45E+04	2,00E+03
Casa 5	8,00E+06	5,00E+04
Casa 6	8,50E+05	2,30E+03
Casa 7	8,00E+03	1,20E+02
Casa 8	4,56E+02	1,00E+02
Casa 9	1,00E+03	1,00E+01
Casa 10	1,00E+02	1,20E+01
Média	2,51E+04	5,37E+02
Valor mínimo	1,00E+02	1,00E+01
Valor máximo	8,00E+06	5,00E+04

Os Coliformes totais apresentaram média de $2,51E+04$, de modo que a média de termotolerante foi de $5,37E+02$ e um desvio padrão, respectivamente, de $2,50E+06$ e $1,55E+02$. Sendo assim essas águas não podem ser consumidas pela população sem passar por um tratamento como filtração e cloração.

A presença de Coliformes totais nessas águas ressalta a importância desse grupo de bactérias como indicador de precárias condições higiênico-sanitárias. A água potável distribuída pelo poder público, juntamente com práticas higiênicas são consideradas medidas para a redução das taxas de morbidade e mortalidade da população (BRITO et al, 2020).

Oliveira et al. (2017), ao relacionarem a interferência das condições de abastecimento e armazenamento de água na saúde humana em Campina Grande-PB, apontou em seu estudo variações na distribuição espacial das doenças de veiculação hídrica, destacando-se os casos de dengue, leptospirose e hepatite tipo A. A maior parte dos casos registrados, de acordo com o estudo realizado pela autora, situavam-se em bairros com pouca ou nenhuma condição de saneamento potenciando a situação de risco e vulnerabilidade às doenças por parte da população.

Desse modo, as análises realizadas durante a pesquisa nos reservatórios do Tanque do Araçá, apresentaram similaridades aos dados obtidos nos estudos desenvolvidos pela autora, considerando-se também que, a falta de informação acerca das formas de tratamento e armazenamento adequado das águas também são fatores que influenciaram nos resultados obtidos em ambas as pesquisas.

Conclusões

- As análises microbiológicas realizadas nos reservatórios “TQ 01” e “TQ 02” apresentaram como resultados, altos níveis de Coliformes totais e termotolerantes, sendo classificada como água doce, classe 3. Podemos entender, então, que a proximidade das residências, assim como as variações sazonais, influenciou diretamente nos resultados aferidos.
- Os valores dos parâmetros físico-químicos, Sólidos Totais Dissolvidos (STD), condutividade elétrica (CE), apresentaram-se dentro dos valores recomendados pela legislação vigente e a Resolução nº 357 do Conselho Nacional do meio Ambiente, em ambos os reservatórios. No entanto, os valores do Potencial Hidrogeniônico (pH),

verificado durante o procedimento de análises, demonstraram estar fora do recomendado pela legislação.

- As análises de Coliformes totais e Coliformes termotolerantes, nas residências, encontram-se em desconformidade com o estabelecido pela Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde, podendo-se concluir que a falta de limpeza dos reservatórios onde essas águas são armazenadas pode ser considerado o principal causador da proliferação desses organismos nas residências.
- Os Parâmetros físico-químicos STD, condutividade elétrica e pH aferidos nas casas, demonstraram-se em conformidade com o Valor Máximo Permitido (VMP) Portaria nº 2.914/2011. Porém, entre os parâmetros físico-químicos, as análises de cloro total demonstraram a inexistência de tratamento das águas captadas dos reservatórios, sendo estas iguais a zero (0), em ambas as campanhas. Desse modo pudemos constatar que o modo de armazenamento dessas águas ou mesmo a falta de limpeza e de tratamento das águas dos reservatórios de uso contínuo, influenciam de maneira expressiva nos dados obtidos em se tratando de coliformes.
- Destarte, os dados aferidos mediante pesquisa, os quais apontam a presença significativa de ambas as classes de coliformes, possibilitam a afirmação de que haja um risco eminente para a saúde dos usuários das águas dos reservatórios, considerando-se o uso sem tratamento prévio das águas coletadas.
- Assim, tendo em vista a importância socioeconômica desempenhada pelos reservatórios para a população local, reiteramos a importância do tratamento das águas como modo de isentar ou mitigar os riscos à população, ocasionados pelo uso ou consumo de águas impróprias.

Referências

AESA - Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. Disponível em: <<http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/>> Acesso em: junho de 2018.

AOAC. Association of official analytical chemistry. (1995) *Official methods of analysis*. 16.ed. Arlington: AOAC International. 1.025 p.

APHA - American Public Health Association New York. (1999) *Standard Methods for the Examination of Water and Wasterwater*. Ed. New York.

ANDRADE, L. R. S.; ARAÚJO, S. M. S.; ANDRADE, M. Z. S. S.; & MEDEIROS, L. E. L. Degradação ambiental no Açude de Bodocongó na cidade de Campina Grande, Paraíba. *Revista Verde*. v. 13, n.1, p.74-83, jan.-mar. <https://doi.org/10.18378/rvads.v13i1.5377>

ANDRADE, L. R. S. *Avaliação da qualidade das águas superficiais e seu reuso na irrigação de áreas verdes do campus sede da Universidade Federal de Campina Grande-PB*. Dissertação (Mestrado em Recursos Naturais). Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia em Recursos Naturais. Campina Grande-PB. 2017.

ANDRADE, L. R. S.; ANDRADE, M. Z. S. S.; & ARAÚJO, S. M. S. (2017) Avaliação das condições Ambientais de balneabilidade do Rio São Francisco na ilha do Rodeadouro em Petrolina-PE. In: *Recursos Naturais do Semiárido: estudos aplicados ambientais do semiárido*. Campina Grande, ADUFCG.

BRASIL/MIN. Ministério da Integração Nacional. (2005) *Nova Delimitação do Semiárido Brasileiro*. Brasília-DF.

BRASIL. Lei nº11.445/2007. *Marco Regulatório do Saneamento Básico*. Brasília-DF, 2007.

BRASIL. Ministério da Saúde. *Portaria 2914 de dezembro de 2011*. Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano. Brasília, DF, 213p. 2011.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA : *GEO BRASIL 2002 - Perspectivas do Meio Ambiente no Brasil*. Edições IBAMA, Brasília-DF, 2002.

BRASIL, Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. *Portaria MS n.º 518/2004, Coord.Geral de Vigilância em Saúde Ambiental*. Ed do Ministério da Saúde, 2005. Brasília:DF

BRASIL. Ministério da Saúde. *Portaria nº 2.914 de 12 de Dezembro de 2011*. Brasília: 2011. Disponível em: Acesso em 19 de jan. 2018.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Censo Demográfico*. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em julho de 2018.

BECKER, C. T.; MELO, M. M. M. S.; COSTA, M. N. M.; & RIBEIRO, R. E. P. Caracterização Climática das Regiões Pluviometricamente Homogêneas do Estado da Paraíba. *Revista Brasileira de Geografia Física*. n. 2. p. 14-31, 2011. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v4.2.p286-299>.

BORTOLI, J. *Qualidade físico-química e microbiológica da água utilizada para consumo humano e dessedentação animal em propriedades rurais produtoras de leite na Região do Vale do Taquari/RS*. 75p. Dissertação – Mestrado em Ambiente e Desenvolvimento. Centro Universitário Univates, Lajeado, fevereiro de 2016.

BRITO, Y. J. V.; CARDOSO, M.K.B.; SILVA, K.S.; & SILVA, C.B. Estudo experimental de um dessalinizador solar do tipo bandeja com dupla inclinação para potabilização de água no semiárido paraibano. *Revista Águas Subterrâneas*, v. 34, n. 2, p. 156-165, 2020. <https://doi.org/10.14295/ras.v34i2.29773>.

CABRAL, L. N., & ARAÚJO; S. M. S. (2016) Qualidade da água em áreas rurais: análise bacteriológica e físico-química das águas dos tanques de pedra das comunidades KM 21 (Campina Grande) e Pedra Redonda (Pocinhos). *Revista Brasileira de Geografia Física*, v.09, n.06. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v9.6.p1737-1753>.

CARVALHO, C. P. O. (2014) Manuel Correia de Andrade e a Economia Política do Nordeste. *Revista Econômica do NE*, Fortaleza, v. 45, n. 2, p. 6-16, abril/jun. <https://doi.org/10.28998/contegeo.v1i1.6073>.

FERREIRA, Rau. Pseud. Banaboé Cariá - *Recortes de Historiografia do município de Esperança/PB*. 1ª ed. – 224 págs. Ed. A União. Esperança – PB, 2015.

FRANÇA, C.L.E.; ANJOS, F.S.C.; ANJOS, D.S.C.; SOUZA, L.S.S.; & SOUZA, R.S. (2019) Caracterização físico-química das águas superficiais do Rio São Francisco nos municípios de Juazeiro/BA e Petrolina/PE. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*. v.10 - n.6.

LIBÂNIO, M. *Fundamentos de qualidade e tratamento de água*. 3 ed. Campinas: Átomo, 2010. <https://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2019.006.0019>.

LIMEIRA, E. A. *Influência dos fenômenos acoplados oceano-atmosfera sobre os Vórtices Ciclônicos de altos níveis observados no Nordeste do Brasil*. 2014. Tese (Doutorado em Meteorologia) – Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, 2014.

OLIVEIRA, J. D.; Filho, A. C. S.; Silva, J. B. (2017) Água e suas correlações com doenças na cidade de Campina Grande-PB. *Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde*, v.13, n 24, p.92-109.

PEREIRA, T. M. S; & SILVA; L, J. A.. Atuação do Poder Público na Gestão Hídrica: Estudo de caso no tanque do Araçá, Esperança-PB. *II Workshop Internacional, Campina Grande- Novembro* de 2015.

PEREIRA, M. L.T.; SOARES, M. P. A.; SILVA, E. A. MONTENEGRO, A. A., & SOUZA, W. M. (2017) Variabilidade climática no Agreste de Pernambuco e os desastres decorrentes dos extremos climáticos. *Journal of Environmental Analysis and Progress*, v. 02; n. 04. p. 394-402. <https://doi.org/10.24221/jeap.2.4.2017.1452.394-402>.

SANTOS, L. F.; MARINHO, E. R.; MOREIRA, F. S. A.; CARNEIRO, B. S.; & FAIAL, K. C. F. (2020) Avaliação da qualidade da água da baía do Guajará em Belém/PA. *Revista Ibero*

Americana de Ciências Ambientais. v.11 - n.2, Fev. - Mar. <https://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2020.002.0034>.

SILVA, D. F., GALVÍNCIO, J. D., & ALMEIDA, H. R. R. C. (2010) Variabilidade da qualidade de água na bacia hidrográfica do rio São Francisco e atividades antrópicas relacionadas. *Qualitas Revista Eletrônica*, v. 9, n. 3. <http://dx.doi.org/10.18391/qualitas.v9i3.687>.