

ESTUDO DA QUALIDADE DA ÁGUA DE CISTERNAS NO QUILOMBO DA SERRA DO EVARISTO E NA COMUNIDADE INDÍGENA KANINDÉ

Rodrigo da Silva Vieira¹

Francisca Tayane de Souza Amorim²

Lívia Paulia Dias Ribeiro³

RESUMO

O presente artigo tem como objetivo a coleta e análise, utilizando métodos físico-químicos, das amostras de água de chuva nas cisternas do Quilombo da serra do Evaristo e na Comunidade Kanindé, que são tratadas apenas com adição de hipoclorito de sódio. O estudo visa contribuir para uma compreensão mais abrangente sobre a importância da qualidade da água, produzindo relatórios com os dados obtidos e entregues às comunidades e às escolas de cada região. Esses relatórios servem como ferramenta pedagógica no contexto do ensino decolonial de ciências. Os parâmetros determinados incluem pH, condutividade, sólidos totais dissolvidos, turbidez, cloreto e dureza total. As coletas foram realizadas em dois períodos diferentes. Os resultados foram comparados com os padrões de qualidade estabelecidos por órgãos como o Ministério da Saúde (MS), o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (Cetesb) e a classificação de dureza de Wilson (2010). Além disso, houve comparação entre as próprias amostras dos diferentes períodos. Os resultados da condutividade ficaram acima do limite estabelecido nas amostras 1QA ($140,3 \pm 2,4 \mu\text{S cm}^{-1}$) e 3QB ($106,1 \pm 0,4 \mu\text{S cm}^{-1}$) do Quilombo, bem como nas amostras 1KA ($163,3 \pm 4,0 \mu\text{S cm}^{-1}$), 1KC ($160,9 \pm 0,8 \mu\text{S cm}^{-1}$) e 2KA ($113,0 \pm 4,3 \mu\text{S cm}^{-1}$) na comunidade Kanindé. No entanto, os demais parâmetros das águas das duas regiões estão dentro do parâmetro de qualidade. A partir das análises realizadas, conclui-se que a água está própria para uso e consumo. Os objetivos do estudo foram alcançados, e os dados obtidos foram compilados em relatórios entregues aos responsáveis pelo setor hídrico das comunidades. Esses relatórios também foram disponibilizados às escolas EMTI Osório Julião, situada na comunidade Quilombola, e à Escola Indígena Manoel Francisco dos Santos, no território Kanindé.

Palavras-chaves: Água da chuva. Qualidade da água. Ensino decolonial de ciências.

¹Rodrigo da Silva Vieira. Email: rodrigovieira@aluno.unilab.edu.br. Graduando em Licenciatura em Química na Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira – UNILAB.

²Francisca Tayane de Souza Amorim. Email: tayane.amorim009@gmail.com. Mestranda em Sociobiodiversidade e Tecnologias Sustentáveis (MASTS/UNILAB) na Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira – UNILAB.

³Lívia Paulia Dias Ribeiro. Email: liviapaulia@unilab.edu.br. Professora adjunta do curso de Licenciatura em Química na Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira – UNILAB.

1. INTRODUÇÃO

A água é um recurso essencial para a sobrevivência humana e o desenvolvimento sustentável, desempenhando um papel crucial em diversas esferas da vida cotidiana. Todas as formas de vida presentes na Terra dependem da água. O ser humano precisa ingerir vários litros de água doce e potável todos os dias para garantir sua sobrevivência. A água doce corresponde apenas 3% da água do mundo; o restante está presente nos mares e oceanos, o que a torna indisponível para o consumo. Três quartos das reservas de água doce encontram-se aprisionados nas geleiras e nas calotas polares. Dessa forma, lagos e rios representam uma das principais fontes de água doce utilizável, apesar de compreenderem apenas uma pequena fração do total de recursos hídricos (Baird, 2011).

Segundo Baird (2011), estima-se que cerca de 20% da água que flui para os oceanos seja utilizada pela humanidade. No entanto, a disponibilidade de água varia significativamente em diferentes lugares e momentos, a menos que haja sistemas de transporte e armazenamento disponíveis. Em muitas regiões do mundo, a disponibilidade de água potável é uma preocupação crescente devido a fatores como a escassez hídrica. Em resposta a esse desafio global, a captação de água da chuva em cisternas tem emergido como uma solução promissora para comunidades em áreas tradicionais, onde sistemas de abastecimento convencionais podem ser limitados ou inexistentes.

A administração da água pluvial não apenas fomenta o uso sensato desse recurso, mas também atende às demandas locais. A melhoria da qualidade desse recurso impulsiona melhorias nas condições de vida e promove o desenvolvimento humano. A utilização da água da chuva envolve um sistema de gestão da água, no qual superfícies impermeáveis, como telhados, atuam como áreas de captação. Em seguida, a água é conduzida aos reservatórios por meio de tubulações, armazenada e, por fim, distribuída (Velloso; Mendes, 2020).

Conforme Gnadlinger (2012), a principal vantagem da água da chuva é sua capacidade de ser uma fonte de água imediatamente disponível no local onde cai, podendo ser retida e utilizada quando necessário, sem a necessidade de consumo de energia adicional. No entanto, o armazenamento e manuseio inadequados da água podem resultar em sua contaminação, afetando os parâmetros físico-químicos adequados para o consumo. Isso inclui a falta de desvio das primeiras águas ou a limpeza das calhas antes do período chuvoso, a ausência de tampa ou vedação inadequada das cisternas, o uso de peixes, a mistura de águas de diferentes procedências na cisterna e a retirada da água da cisterna por meio de recipientes no lugar de bombas (Lima; Santos, 2017).

O Quilombo da Serra do Evaristo está situado no município de Baturité, no estado do Ceará. Essa região, localizada a 99 km da capital Fortaleza e a 9 km do centro da cidade de Baturité, é caracterizada por relevos montanhosos que inicialmente é de difícil acesso e escassamente povoada. A Serra do Evaristo abriga cerca de 140 famílias que dependem principalmente da agricultura como meio de subsistência (Pereira; Gino, 2016).

Durante a estiagem e nos primeiros meses do ano, o abastecimento de água na comunidade é realizado por meio de caminhões-pipa ou retirada de poços. Já durante o período chuvoso, é realizada a captação da água da chuva nas cisternas. Embora essa água seja submetida a um tratamento básico, utilizando hipoclorito de sódio, ela ainda representa um desafio para as comunidades locais em termos de acesso.

O Território Indígena Kanindé está situado no município de Aratuba, a uma distância de 130 km da capital Fortaleza. Essa comunidade abriga aproximadamente 641 pessoas, distribuídas em 185 famílias e 148 residências. A maioria dessas famílias depende da agricultura como principal meio de subsistência, enquanto outras se envolvem em diferentes áreas, como comércio, entre outras (Maciel; Sousa; Lima, 2016).

O fornecimento de água nas torneiras residenciais no território é mantido através de reservatórios que são monitorados e tratados por agentes especializados da própria região. Durante o período chuvoso, muitos habitantes optam por coletar água da chuva para o consumo e uso doméstico. No entanto, é importante destacar que a água da chuva coletada pela população não é monitorada pelas mesmas autoridades responsáveis pela supervisão dos reservatórios. Além disso, essa água passa apenas por tratamento utilizando a cloração.

Neste contexto, o presente estudo teve como objetivo aprofundar a investigação da qualidade da água armazenada em cisternas de captação de água da chuva, nas comunidades da Serra do Evaristo e na comunidade Kanindé, através da utilização de métodos físico-químicos. A pesquisa buscou não apenas a avaliação da qualidade da água nas cisternas, mas também almeja contribuir para uma compreensão mais abrangente sobre a qualidade da água e os parâmetros físico-químicos.

O artigo apresenta os resultados deste estudo de caso, utilizando métodos analíticos clássicos, destacando a importância da caracterização da qualidade da água como um passo fundamental na promoção da saúde e bem-estar das comunidades envolvidas. Adicionalmente, aspira-se que esta pesquisa possa ser empregada como uma ferramenta pedagógica no âmbito do ensino decolonial de ciências, focado na educação ambiental.

2. METODOLOGIA

2.1. Metodologia para coleta de amostras e análise

Antes das coletas realizadas em campo, foi formulado um roteiro para as análises com base *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. As coletas foram conduzidas utilizando garrafas de polietileno de 300 mL, descontaminadas com ácido nítrico 10% e água destilada, em ambos os campos de estudo. Três cisternas de cada campo foram selecionadas para a coleta das amostras. Duas visitas foram realizadas para as coletas em cada local: uma no início, no início das chuvas, e outra no meio do ano, durante o período chuvoso, quando as pessoas armazenam água em suas cisternas. As datas de cada visita estão apresentadas na tabela 01:

Tabela 01: Datas das visitas nas regiões

Datas	Quilombo da serra do Evaristo	Território Indígena Kanindé
Primeira visita	23/02/2023	27/02/2023
Segunda visita	26/05/2023	20/07/2023

Fonte: Autores (2024).

O procedimento para as amostras estão destacadas na tabela 02:

Tabela 02: Amostras coletadas

Datas	Quilombo da serra do Evaristo	Território Indígena Kanindé
Primeira visita	1QA; 2QA; 3QA	1KA; 2KA; 3KA
Segunda visita	1QB; 2QB; 3QB	1KB; 2KB; 3KB

Fonte: Autores (2024).

A leitura da identificação deve ser: 1,2 e 3 são os números das cisternas no território, Q corresponde a localidade Quilombo e K a localidade Kanindé, a letra A corresponde a coleta na primeira visita e a letra B corresponde a coleta da segunda.

Após a coleta no local, as amostras foram acondicionadas em recipientes de isopor e posteriormente analisadas no laboratório da universidade. As análises dos parâmetros físico-químicos incluíram a determinação do potencial hidrogeniônico (pH), condutividade, sólidos totais dissolvidos (STD), turbidez, cloretos e dureza total. Os valores dos parâmetros obtidos nas análises foram, então, comparados com os padrões estabelecidos pelo CONAMA, Ministério da Saúde. Cesteb e a classificação de dureza de Wilson (2010).

2.1.1. pH

O parâmetro de pH foi analisado através do método de potenciometria, utilizando o aparelho multiparâmetro digital e portátil da marca Meter – modelo 86505. O pHmetro foi

previamente calibrado com soluções tampão de pH 4, 7 e 9, e foi lavado com água destilada antes das análises. Para a medição das amostras, uma alíquota de 120 mL foi retirada e transferida para um béquer de 150 mL. Em seguida, a célula do medidor foi inserida na alíquota e aguardou-se até que os valores apresentados pelo instrumento estabilizassem, registrando-se os resultados. Essa análise foi repetida três vezes para cada amostra, a fim de garantir a precisão dos resultados.

2.1.2. Condutividade

A análise do parâmetro de condutividade foi conduzida de maneira instrumental, utilizando o multiparâmetro Meter – modelo 86505. Após remover a solução de KCl 0,01 mol L⁻¹, a célula foi devidamente lavada com água destilada e adaptada ao ambiente com uma porção da amostra em questão. Uma alíquota de 120 mL foi então retirada e transferida para um béquer de 150 mL. Em seguida, a célula foi inserida na amostra e os valores foram registrados após a estabilização deles. Esse processo de análise foi executado em triplicata para assegurar a precisão dos resultados.

2.1.3. Sólidos totais dissolvidos (STD)

A análise dos sólidos totais dissolvidos foi conduzida utilizando o multiparâmetro Meter – modelo 86505. O procedimento metodológico seguiu o mesmo padrão utilizado para a condutividade. Quando foi necessário alternar para o modo de leitura de STD (sólidos totais dissolvidos), os valores e a unidade foram ajustados para ppm (partes por milhão). Em seguida, aguardou-se a estabilização dos resultados antes de registrá-los. Essa análise foi repetida três vezes para cada amostra, visando garantir a precisão dos resultados.

2.1.4. Turbidez

A análise do parâmetro de turbidez foi conduzida com o uso de um turbidímetro digital e portátil da marca Hanna – modelo HI93703. Antes de realizar as análises, o aparelho foi devidamente calibrado utilizando soluções padrões com turbidez de 0, 10, 500 e 1000 NTU (Unidade Nefelométrica de Turbidez). Para a análise, a cubeta do instrumento foi lavada com água destilada e adaptada ao ambiente utilizando uma pequena porção da amostra em estudo. Em seguida, transferiu-se uma quantidade da amostra para a cubeta e procedeu-se à leitura,

registrando os resultados imediatamente. Esse processo de leitura foi repetido três vezes para cada amostra, garantindo, assim, a precisão dos resultados.

2.1.5. Cloretos

A determinação da concentração de cloretos foi realizada seguindo o procedimento do método de Mohr, onde o cromato de potássio (K_2CrO_4) a 5% foi empregado como indicador, e a solução de nitrato de prata ($AgNO_3$) a $0,0141 \text{ mol L}^{-1}$ atuou como titulante. O procedimento consistiu em transferir 25 mL da amostra para um erlenmeyer de 250 mL e adicionar 1 mL do indicador K_2CrO_4 . Em seguida, titulou-se a amostra com a solução padronizada de nitrato de prata até que uma coloração marrom-avermelhada se manifestasse, momento em que o volume gasto foi registrado.

Para o controle do branco, o mesmo procedimento foi executado, porém, substituindo-se a amostra por água destilada, e o volume gasto foi igualmente registrado. Após a obtenção dos volumes consumidos na titulação, a concentração dos íons cloreto nas amostras foi calculada utilizando a seguinte fórmula:

$$\text{mg de } Cl^{-1} = \frac{(V_a - V_b) \times M \times 35450}{V}$$

Onde:

- M é a molaridade da solução de nitrato de prata (mol L^{-1});
- V_a é o volume de nitrato de prata utilizado na titulação da amostra (mL);
- V_b é o volume da amostra utilizado na análise (mL);
- 35450 é o valor da massa molar do cloro (Cl) convertida de $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$ para $\text{mg}\cdot\text{mol}^{-1}$.

Esses são os parâmetros utilizados no cálculo para determinar a concentração de cloretos nas amostras.

2.1.6. Dureza total

O parâmetro de dureza total da água foi analisado por meio do método complexométrico, utilizando o ácido etilenodiamino tetra-acético (EDTA) a $0,01 \text{ mol L}^{-1}$ como agente complexante e titulante, e o eriocromo T como indicador. O procedimento envolveu a transferência de 50 mL da amostra para um erlenmeyer de 250 mL, seguida pela adição de 2 mL de solução tampão pH 10. Adicionalmente, foram acrescentados cristais de cianeto de potássio (KCN) para evitar interferências do ferro na análise. Posteriormente, a amostra foi

titulada com EDTA, e o volume consumido do titulante foi registrado. A dureza total foi então calculada utilizando a seguinte fórmula:

$$\text{mg de CaCO}_3\text{L}^{-1} = \frac{V_1 \times M_{EDTA} \times 100000}{V_a}$$

Onde:

- M_{EDTA} = molaridade da solução EDTA (mol L^{-1});
- V_1 = o volume de EDTA utilizado na titulação (mL);
- V_a = volume da amostra coletada para análise (mL);
- 100000 = fator de conversão da massa molar do CaCO_3 , que passa de 100 g mol^{-1} para mg mol^{-1} .

Esses são os parâmetros utilizados no cálculo para determinar a concentração de dureza total nas amostras analisadas. Análise foi realizada em triplicata.

2.2. Padrões dos parâmetros de qualidade da água utilizados para a análise

Os valores de referência estabelecidos pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) na Resolução nº 357 de 2005 podem ser encontrados no Tabela 03.

Tabela 03: Valores de Referência do CONAMA

STD	Até 500 ppm
pH	6,0 a 9,0
Cloreto	Até 250 mg de Cl^{-1}

Fonte: Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, Resolução nº 357 de 2005.

Conforme Wilson (2010), a classificação da dureza da água é estabelecida da seguinte maneira:

Tabela 04: Classificação de dureza

DUREZA DA ÁGUA	CaCO_3 EQUIVALENTE (mg.L^{-1})
Mole	< 75
Moderada	75 – 150
Dura	150 – 300
Muito dura	> 300

Fonte: Wilson (2010).

A Portaria nº 5/2017 do Ministério da Saúde estabelece que o valor máximo permitido em qualquer ponto da rede de distribuição seja de 5,0 NTU (Unidades Nefelométricas de Turbidez). É importante observar que não há um padrão específico de condutividade estabelecido na legislação. No entanto, para avaliar a qualidade da água com base neste

parâmetro, foi adotado o valor de $100 \mu\text{S cm}^{-1}$ (microsiemens por centímetro), conforme estabelecido pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (Cetesb, 2011).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados dos parâmetros estudados estão organizados na Tabela 03, para as amostras da comunidade Quilombola, e Tabela 05, para as amostras da comunidade Kanidé de Aratuba.

Tabela 05: Dados obtidos das análises das amostras do Quilombo

Testes / Amostras	Fevereiro		
	1Qa	2Qa	3Qa
pH	8,87 ± 0,2	8,48 ± 0,2	8,59 ± 0,0
Condutividade (µS.cm⁻¹)	140,30 ± 2,4	69,00 ± 0,4	76,60 ± 0,3
STD (ppm)	70,50 ± 0,7	34,6 ± 0,2	38,30 ± 0,1
Turbidez (NTU)	0,00 ± 0,0	0,00 ± 0,0	0,00 ± 0,0
Cloreto* (mg de Cl⁻¹)	1,33 ± 2,3	5,33 ± 5,0	27,33 ± 9,0
Dureza (mg de CaCO₃ L⁻¹)	55,33 ± 5,0	38,67 ± 3,1	30,0 ± 2,0
Testes / Amostras	Maio		
	1Qb	2Qb	3Qb
pH	8,91 ± 0,3	8,37 ± 0,1	7,94 ± 0,0
Condutividade (µS.cm⁻¹)	61,70 ± 1,4	58,30 ± 0,2	106,10 ± 0,4
STD (ppm)	31,00 ± 0,7	29,20 ± 0,1	53,10 ± 0,2
Turbidez (NTU)	0,00 ± 0,0	0,00 ± 0,0	0,00 ± 0,0
Cloreto* (mg de Cl⁻¹)	16,00 ± 2,0	17,30 ± 6,4	9,30 ± 5,8
Dureza (mg de CaCO₃ L⁻¹)	35,30 ± 5,8	29,30 ± 1,2	54,70 ± 1,2

Fonte: Autores (2024).

Tabela 06: Dados obtidos das análises da comunidade Kanidé

Testes / Amostras	Fevereiro		
	1Ka	2Ka	3Ka
pH	7,35 ± 0,2	7,84 ± 0,1	7,81 ± 0,0
Condutividade (µS cm⁻¹)	163,30 ± 4,0	71,3 ± 1,0	160,9 ± 0,8
STD (ppm)	81,60 ± 2,5	35,7 ± 0,5	80,5 ± 0,4
Turbidez (NTU)	0,00 ± 0,0	0,00 ± 0,0	0,45 ± 0,1
Cloreto* (mg de Cl⁻¹)	0,00 ± 0,0	5,30 ± 4,2	0,0 ± 0,0
Dureza (mg de CaCO₃ L⁻¹)	71,30 ± 6,1	42,00 ± 3,5	70,70 ± 5,8
Testes / Amostras	Julho		
	1Kb	2Kb	3Kb
pH	8,48 ± 0,2	8,28 ± 0,1	7,96 ± 0,0
Condutividade (µS.cm⁻¹)	113,00 ± 4,3	59,80 ± 0,2	87,00 ± 0,3
STD (ppm)	56,50 ± 2,1	29,90 ± 0,1	43,50 ± 0,2
Turbidez (NTU)	0,27 ± 0,2	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0
Cloreto* (mg de Cl⁻¹)	5,30 ± 2,3	3,30 ± 1,2	8,00 ± 2,0
Dureza (mg de CaCO₃ L⁻¹)	62,00 ± 5,3	30,00 ± 2,0	40,70 ± 1,2

Fonte: Autores (2024).

3.1. Discussão das análises das coletas no Quilombo da Serra do Evaristo

Na coleta de 23 de fevereiro, o período chuvoso estava apenas começando, e as cisternas ainda continham água trazida por caminhões-pipa, que foi misturada à água captada das chuvas que começavam a cair. Portanto, as primeiras análises realizadas não refletem inteiramente a composição da água da chuva.

De acordo com o que está previsto na legislação do CONAMA de 2005, o parâmetro de pH está dentro da faixa indicada para o consumo humano quando se encontra entre 6,0 e 9,0. Todas as amostras desse período apresentaram valores médios dentro da faixa estabelecida.

Como mencionado anteriormente, não existe um padrão específico na legislação para o parâmetro de condutividade. No entanto, optou-se por adotar o valor médio fornecido pela Cetesb (2011), que sugere, em termos gerais, que níveis acima de $100 \mu\text{S cm}^{-1}$ indicam águas não potáveis para consumo e que a medida da condutividade está indiretamente relacionada à concentração de poluentes na água.

Observa-se que a amostra 1Qa exibe os valores mais elevados de condutividade que excede o limite estabelecido, cerca de $140,30 \pm 2,4 \mu\text{S cm}^{-1}$. Isso provavelmente se deve à presença de materiais depositados no telhado da casa, os quais foram transportados pela água na forma de sólidos dissolvidos. De acordo com a Cetesb (2011), a condutividade da água aumenta à medida que a quantidade de sólidos dissolvidos cresce, e essa mesma relação pode ser identificada nas demais amostras deste estudo. Por outro lado, as amostras 2Qa e 3Qa apresentam valores significativamente menores e estão dentro do limite aceitável.

A faixa de sólidos totais dissolvidos, conforme estabelecido pela legislação, possui um limite máximo de 500 ppm. Todas as amostras analisadas durante o primeiro período estão em conformidade com esse padrão de referência. Como era de se esperar, considerando os valores observados no parâmetro de condutividade, a primeira amostra apresenta os valores mais elevados.

Os valores do parâmetro de turbidez apresentados nas três amostras indicam que estão límpidas e transparentes. Níveis baixos, inferiores a 5,0 NTU, como requerido pela legislação, de turbidez são desejáveis, pois indicam uma água mais limpa e potencialmente mais segura para o consumo.

O CONAMA estabeleceu que o limite para a concentração de cloretos em água potável é de 250 mg/L ($250 \text{ mg de Cl}^{-1}$). Concentrações elevadas de cloretos podem restringir a utilidade da água devido ao sabor que podem conferir e à possibilidade de provocar efeitos laxativos (Sousa et al., 2016). A amostra 3Qa apresenta um valor significativamente mais elevado, cerca

de $106,10 \pm 0,4 \mu\text{S cm}^{-1}$, em comparação com as demais amostras, no entanto, todas as amostras estão dentro do parâmetro estabelecido.

A dureza da água está relacionada à presença de cátions polivalentes, como Ca^{2+} e Mg^{2+} , em sua solução. Um dos principais efeitos associados a águas que apresentam alta dureza é a redução na formação de espuma e o desenvolvimento de incrustações nas tubulações de água quente (Hagemann, 2009). De acordo com a classificação de Wilson (2010), as três amostras apresentaram valores inferiores a 75 mg de CaCO_3 por litro, o que as classificam como 'água mole'.

A segunda coleta, realizada em 26 de maio, ocorreu próximo ao término do período chuvoso, portanto, as cisternas estavam abastecidas exclusivamente com água da chuva.

O pH das três amostras coletadas está dentro dos limites estabelecidos pela legislação. As amostras apresentaram uma diferença pouca significativa em relação as coletas no período anterior. De acordo com a categorização do pH da água da chuva, os valores são considerados normais quando iguais ou superiores a 5,6, levemente ácidos na faixa de 5 a 5,6 e ácidos quando inferiores a 5 (Cunha et al., 2009). Portanto, de acordo com a referência utilizada, todas as amostras apresentam um pH dentro da faixa normal.

A condutividade das amostras 1Qb e 2Qb está de acordo com o padrão estabelecido, entretanto, a amostra 3Qb ultrapassou o limite definido, cerca de $106,10 \pm \mu\text{S cm}^{-1}$. A amostra 1Qb mostrou uma variação média de 78,6 μS a menos em comparação com 1Qa, que inicialmente apresentava um valor acima do limite estabelecido. Isso sugere uma redução na concentração de íons na água. A mesma tendência ocorreu com a amostra 2Qb, que registrou uma diferença de 10,07 $\mu\text{S.cm}^{-1}$ a menos em relação à coleta anterior. No entanto, a amostra 3Qb apresentou uma diferença média de 29,5 $\mu\text{S.cm}^{-1}$ a mais em comparação com a primeira coleta, indicando um aumento na concentração de íons, possivelmente devido à área de captação da água (Neu et al., 2018).

Os valores de sólidos totais dissolvidos também se encontram dentro da faixa de potabilidade. A amostra 1Qb apresentou uma notável variação de 39,5 menor em relação à 1Qa, o que está em concordância com a diminuição no valor do parâmetro de condutividade. O mesmo padrão foi observado na amostra 2Qb, com uma diferença de 5,4 ppm menor em relação à primeira análise. No entanto, como era esperado, a amostra 3Qb exibiu uma diferença de 14,8 ppm a mais do que a 3Qa, o que também é correlacionado com o aumento na condutividade.

A turbidez das três amostras coletadas permaneceu em 0 NTU, mantendo-se igual às coletas anteriores, indicando uma presença indetectável de material pelo aparelho utilizado na

pesquisa. A análise da concentração de cloretos na água indicou que todas as amostras estão dentro dos padrões aceitáveis. As amostras 1Qb e 2Qb exibiram uma variação média maior em comparação com as primeiras amostras. Já a amostra 3Qb apresentou uma diferença média menor em relação à 3Qa

De acordo com Wilson (2010), as três coletas são classificadas como 'água mole', o que também foi observado nas coletas anteriores. As amostras 1Qb e 2Qb mostraram variações médias menores em relação às coletas anteriores. No entanto, a amostra 3Qb apresentou uma diferença média significativamente maior em comparação com a 3Qa.

3.2. Discussão das análises das coletas na comunidade indígena Kanindé

Na primeira visita, em 27 de fevereiro, as cisternas nas quais as amostras foram coletadas para análise já estavam abastecidas apenas com água da chuva. A comunidade possui reservatórios de água que são tratados e supervisionados por funcionários locais. No entanto, a água da chuva coletada pelos moradores não passa por esse processo de tratamento. Portanto, são os próprios proprietários que têm a responsabilidade pelo tratamento e garantia da qualidade da água proveniente de suas cisternas.

Os pH de todas as amostras coletadas estão de acordo com os parâmetros regulamentados pelo CONAMA. Os valores apresentados estão próximos a 7, o que indica uma água que não tenha sofrido uma contaminação significativa por poluentes atmosféricos. Além disso, Genario Azevedo, representante da Secretaria do Meio Ambiente e Mudança do Clima (SEMA), afirma que a cultivo de milho, fava e banana em métodos orgânicos, sem recorrer a produtos químicos agrícolas, não resulta na poluição da água, do ar ou na destruição das florestas. No que diz respeito a segunda amostra, a proprietária da cisterna criava peixes nela, o que pode explicar o pH médio ligeiramente mais baixo da amostra 1Qb em comparação com as outras. Isso ocorre porque, conforme Da Silva et al. (2013) apontaram, a presença de matéria orgânica dissolvida pode causar modificações na qualidade da água, uma vez que durante o processo de degradação biológica, ocorre a liberação de ácidos e substâncias que alteram as propriedades físicas e químicas da água.

É possível observar que as amostras 1Ka e 3Ka exibem valores de condutividade que excedem os limites estabelecidos pela Cetesb (2011). Esses resultados indicam uma elevada concentração de íons na água, provavelmente relacionada à captação inicial da água de chuva e à interação com os elementos depositados no telhado e nos tubos pelos quais a água passa até

chegar à cisterna. Por outro lado, a amostra 2Ka apresenta um valor de condutividade dentro dos limites especificados. Durante a coleta, a proprietária mencionou os cuidados com a cisterna e o uso de recipientes específicos para a coleta de água, além de acondicioná-los cuidadosamente.

Os valores de sólidos totais dissolvidos das três amostras coletadas no primeiro período estão de acordo com o padrão estabelecido, ficando abaixo de 500 ppm como era esperado, considerando os valores de condutividade apresentados anteriormente, os valores de STD das amostras 1Ka e 3Ka são os mais elevados.

Os valores do parâmetro de turbidez de todas as amostras coletadas estão dentro dos parâmetros estabelecidos. As amostras 1Ka e 2Ka apresentam valores que foram indetectáveis pelo instrumento utilizado para a análise. No entanto, a amostra 3Ka, embora ainda esteja dentro do limite estabelecido, apresenta um valor médio um pouco acima. Machado et al. (2021) destaca que isso pode ser justificado pela entrada da água de chuva nas cisternas, o que pode resultar na suspensão do material depositado no fundo, conseqüentemente, alterando seus valores.

A determinação da concentração de cloretos nas três amostras revelou que todas estão dentro dos limites estabelecidos. É possível notar que as amostras 1Ka e 3Ka apresentam valores de cloretos tão baixos que pode ter sido indetectável para o instrumento que foi utilizado na análise. A amostra 2Ka registra uma concentração ligeiramente mais elevada, mas ainda dentro dos limites aceitáveis para potabilidade.

A água dura não representa um risco para a saúde, mas pode ser inconveniente devido ao acúmulo de minerais em aparelhos elétricos e tubulações. Isso ocorre porque a dureza da água resulta da presença de cálcio associado ao bicarbonato (HCO_3^-), que, quando aquecido ou quando o pH aumenta, se converte em carbonato de cálcio, uma substância pouco solúvel. No entanto, os resultados da análise de dureza das três amostras coletadas mostram concentrações menores do que 75 mg/L de CaCO_3 , o que, de acordo com a classificação de Wilson (2010), caracteriza-as como 'água mole'.

A segunda coleta, feita em 20 de julho, ocorreu durante um período de chuvas mais intensas. Portanto, as águas provenientes das primeiras chuvas já não exercem um impacto tão significativo nas cisternas.

O pH das três amostras coletadas está em conformidade com os parâmetros aceitáveis. É possível observar que as coletas realizadas durante o mês de julho apresentaram valores de pH mais elevados, o que possivelmente está relacionado à maior frequência de chuva. Segundo

Lins et al. (2021), o volume de chuva exerce influência sobre a composição química, já que chuvas mais intensas tendem a promover a diluição dos elementos químicos presentes.

Comparando a condutividade nas duas coletas, observa-se uma diminuição no segundo período. A amostra 1Ka inicialmente apresentou a maior condutividade, mas mesmo após a redução, a amostra 1Kb ainda excede o limite de 100 μ S. As amostras 2Kb e 3Kb estão dentro dos padrões. A terceira amostra, que inicialmente tinha uma condutividade alta, passou para dentro da faixa aceitável. A possível explicação para essa diminuição nos valores está relacionada à qualidade do ar. No início do período chuvoso, a atmosfera tende a conter mais partículas e poluentes, enquanto em julho, após meses de chuva, a atmosfera se purifica gradualmente. Lins et al. (2021) observaram que a condutividade tende a diminuir com o aumento da precipitação, o que é consistente com o estudo de De Oliveira Pereira e Martins (s.d) sobre a avaliação da condutividade elétrica da água da chuva como indicador de poluição. Este último conclui que com o passar do tempo, a atmosfera se purifica progressivamente, resultando na redução da condutividade elétrica e na diminuição da poluição.

Os valores apresentados para os sólidos totais dissolvidos estão correlacionados de forma linear com a redução dos níveis de condutividade. Todas as amostras coletadas no mês de julho estão dentro dos limites estabelecidos, e exibem valores inferiores aos da primeira coleta. No início das chuvas, a água arrasta uma quantidade maior de partículas e poluentes das cisternas, o que resulta no aumento da concentração de substâncias sólidas dissolvidas na água, levando ao incremento da condutividade elétrica. Essa relação é explicada pela presença de íons na água, os quais são os responsáveis pela condução elétrica. Conforme a precipitação aumenta, os sólidos totais dissolvidos tendem a diminuir, o que também está em concordância com a discussão do parâmetro anterior.

A turbidez das três amostras coletadas está em conformidade com o padrão estabelecido. A amostra 1Kb registrou um valor acima do observado na primeira coleta. A amostra 2Kb manteve-se inalterada com, indicando água límpida. Por outro lado, a amostra 3Kb apresentou uma redução em relação ao valor da primeira coleta. Apesar de todas as cisternas estarem localizadas na mesma região, elas exibiram variações distintas na turbidez da água, que podem ser atribuídas a fatores ambientais e práticas de manutenção nas cisternas.

A análise da concentração de cloretos indicou uma variação diferente para cada amostra. A amostra 1Kb registrou um acréscimo em comparação com a da coleta anterior, enquanto a amostra 2Kb apresentou uma variação média menor. A amostra 3Kb, por sua vez, exibiu um valor generosamente maior ao que foi apresentado na primeira coleta. No entanto, é importante

destacar que todas as amostras estão dentro dos limites aceitáveis de potabilidade para esse parâmetro.

Os resultados da análise de dureza da água apontaram que as amostras coletadas no segundo período apresentaram valores menores do que a os das primeiras amostras. Todas as amostras coletadas são categorizadas como 'água mole', uma vez que seus valores permanecem na faixa correspondente, corroborando a mesma classificação identificada na coleta inicial de fevereiro.

É possível estabelecer uma correlação entre a redução da dureza da água e o aumento do pH, uma vez que a dureza está relacionada à formação de HCO_3^- , e, conforme destacado por De Freitas et al. (2017), a escala de pH segue um modelo logarítmico e exibe uma relação inversa com a concentração de íons de hidrogênio. O incremento na concentração de H^+ diminui o pH, tornando o meio mais ácido, conforme explicado por Lehninger et al. (2002).

3.3. Discussão geral

Os dois campos de estudos abordam comunidades tradicionais que enfrentam dificuldades no acesso à água. Como alternativa essas comunidades fazem uso de cisternas para a captação de água da chuva. Na comunidade Quilombola da Serra do Evaristo, muitas famílias dependem de caminhões-pipa durante o verão e coletam água da chuva no inverno. Por outro lado, a comunidade indígena Kanindé possui água encanada para uso doméstico, enquanto utilizam a água das cisternas para consumo. O tratamento da água nas cisternas é principalmente realizado por meio da cloração, embora isso não garanta a qualidade da água.

Mesmo com apenas o tratamento básico de cloração, os resultados das análises dos parâmetros físico-químicos nas duas comunidades apresentaram qualidade para consumo humano. O parâmetro de condutividade apresentou os valores mais elevados em ambas às áreas de estudo como as amostras 1Qa e 3Qb, correspondentes, respectivamente, à primeira e à terceira amostra do Quilombo da Serra do Evaristo, em fevereiro e maio, e as amostras 1Ka e 3Ka da Kanindé, em fevereiro, assim como a amostra 1Kb, do mês de julho, que continuou com a condutividade acima de $100 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$.

Visto isso é importante orientar as comunidades sobre os cuidados, a proteção e a manutenção das cisternas. A atenção para a vedação delas para que não haja possibilidade da entrada de impurezas, e, com ajuda dos agentes de saúde locais, utilizando práticas cotidianas

das pessoas da comunidade, ver novas alternativas para a obtenção de água com uma maior qualidade para fins de consumo.

Os resultados obtidos das análises realizadas no laboratório da universidade foram registrados em relatórios técnicos e entregues às comunidades participantes. Esses relatórios têm o objetivo de fornecer um retorno sobre as coletas de água realizadas e aumentar o conhecimento sobre a qualidade da água que as comunidades consomem. Além disso, esses relatórios também foram entregues as escolas para que se possa utilizar como material didático, permitindo que os estudantes aprendam sobre a importância, o cuidado e a qualidade da água específica da própria região.

3.3.1. Importância do trabalho

Após as análises, foi elaborado um relatório detalhado com os resultados do estudo em laboratório. Esse relatório foi apresentado às comunidades tradicionais onde a coleta da água foi realizada. Essa ação é de suma importância, pois proporciona um retorno direto do que foi pesquisado, garantindo que os moradores tenham conhecimento acerca da qualidade da água que consomem.

Além disso, o relatório também foi entregue às escolas EMTI Osório Julião, da comunidade Quilombola, e a Escola Indígena Manoel Francisco dos Santos, no território Kanindé. O objetivo é que esse material possa ser utilizado de forma didática nas áreas de ciências no âmbito de ensino ambiental. Assim, os estudantes poderão aprender sobre a importância da preservação da água e da conscientização ambiental, utilizando informações específicas da própria região.

É de extrema importância o entendimento dos parâmetros físico-químicos da água, bem como a atenção à coleta e o armazenamento dela e a manutenção adequada das cisternas, especialmente em áreas de difícil acesso a água. Isso possibilita que os proprietários obtenham uma água mais potável para consumo. As principais recomendações para garantir a proteção sanitária de uma cisterna envolvem descartar as primeiras águas da chuva, aplicar uma vedação apropriada para impedir o contato com animais e evitar a contaminação por meio de objetos, tais como baldes, latas ou mesmo as mãos (Da Silva et al., 2009).

4. CONCLUSÃO

Este estudo destaca a caracterização da qualidade da água armazenada em cisternas de captação de água da chuva nas áreas tradicionais do Quilombo da Serra do Evaristo e na comunidade indígena Kanindé. Os resultados obtidos são consistentes com os padrões estabelecidos pelo CONAMA e pelo MSE na maioria dos parâmetros analisadas. No entanto, foram identificadas algumas cisternas que apresentaram parâmetros fora dos limites de condutividade.

É importante ressaltar que a pesquisa atual serve como um guia orientador para investigações subsequentes, oferecendo uma base sólida para estudos futuros que possam aprofundar a compreensão desse tema e contribuir ainda mais para o conhecimento nesta área. De certo, seria relevante explorar as cisternas em outras comunidades tradicionais que enfrentam dificuldades semelhantes. Garantir a continuidade da vigilância e da pesquisa sobre a qualidade da água nessas cisternas é de extrema importância para assegurar que essas comunidades mantenham acesso a água segura e limpa, promovendo sua saúde e qualidade de vida em longo prazo.

Em conclusão, este estudo oferece uma perspectiva valiosa sobre a qualidade da água armazenada em cisternas de captação de água da chuva em comunidades tradicionais. Foram realizadas análises físico-químicas das coletas nas duas regiões de interesse. Através dos dados coletados, foi possível formular relatórios para a comunidade e as escolas da região. Esses relatórios proporcionam material para discussão nas comunidades e podem ser utilizados de forma pedagógica nas escolas, seguindo o princípio do ensino decolonial, com autonomia para trabalhar com dados das próprias regiões.

REFERÊNCIAS

- Brasil. Ministério da Saúde. Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 357, de 15 de junho de 2005.
- CUNHA, G. R. da et al. Dinâmica do pH da água das chuvas em Passo Fundo, RS. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 44, n. 4, p. 339–346, 2009.
- DA SILVA, T. M. et al. As famílias que consomem água de cisternas: uma análise sobre os hábitos da comunidade de furnas em surubim-PE. Disponível em: <http://www.xxcbcd.ufc.br/arqs/gt6/gt6_17.pdf>. Acesso em: 11 set. 2023.
- DA SILVA, C. A. et al. Diagnóstico da potabilidade da água de poços rasos de uma comunidade tradicional, Curitiba-PR. *Revista Biociências*, v. 19, n. 2, 2013.
- .DE FREITAS, A. C.; ROSSATO, J. M.; DA ROCHA, J. B. T. Entendendo a dureza e qualidade da água através da aprendizagem baseada em problemas. 2017.
- DE OLIVEIRA PEREIRA, K.; MARTINS, L. H. B. Avaliação da condutividade elétrica da água da chuva como indicador de poluição. Santa Catarina, 2015.
- GNADLINGER, J. Apresentação técnica de diferentes tipos de cisternas, construídas em comunidades rurais do semi-árido brasileiro. In: *Anais da 9ª Conferência Internacional sobre Sistemas de Captação de Água da Chuva*. 1999.
- HAGEMANN, S. E. et al. Avaliação da qualidade da água da chuva e da viabilidade de sua captação e uso. 2009.
- LEHNINGER, A. L.; NELSON, D. L.; COX, M. M. *Princípios de bioquímica*. 4. ed. São Paulo: Editora Sarvier, 2002. 975 p., 2006.
- LIMA, D.; SANTOS, J. Qualidade Da Água De Cisternas Usadas Pelas Famílias Do Distrito De Novo Paraíso-Jacobina-Ba. *Enciclopédia Biosfera*, v. 14, n. 26, 2017.
- LINS, E. A. M. et al. A Chuva Ácida E Suas Correlações Químicas. XII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. Salvador, 2021.
- MACHADO, T. T. V. et al. Avaliação da qualidade de águas de chuva armazenadas em cisternas de placas e de polietileno em um município do semiárido do estado da Paraíba. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 26, n. 1, 2021.
- MACIEL, T.; DE SOUSA, M.; LIMA, A. É. Comunidades tradicionais: saberes e sabores dos indígenas de Aratuba aos quilombolas de Baturité-CE. *Conexões-Ciência e Tecnologia*, v. 10, n. 3, p. 63-70, 2016.
- NetSol Water. Disponível em: <<https://www.netsolwater.com/understanding-the-conductivity-of-water.php?blog=705>>. Acesso em 11 de setembro de 2023.
- PEREIRA, G. Gestão das águas na comunidade quilombola da Serra do Evaristo, Baturité-Ceará. 2016.
- SEMA. SEMA presente na Festa do Muncunzá, na Comunidade Indígena Kanindé, em Aratuba. 19 de junho de 2023. Disponível em: <<https://www.sema.ce.gov.br/2023/06/19/sema-presente-na-festa-do-muncunza-na-comunidade-indigena-kaninde-em-aratuba/>>. Acesso em: 11 set. 2023.

VELOSO, N. S. L.; MENDES, R. L. R. Aproveitamento da água da chuva na Amazônia: experiências nas ilhas de Belém/PA. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 19, n. 1, p. 229-242, 2014.

WILSON, P. C. *Water Quality Notes: Alkalinity and Hardness*. University of Florida. EUA, 2010.