

# ANÁLISE DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DA ÁGUA ARMAZENADA EM CISTERNA NA REGIÃO DO MACIÇO DE BATURITÉ

Pedro João Samuel<sup>1</sup>

Eveline de Abreu Menezes<sup>1</sup>

Lívia Paulia Dias Ribeiro<sup>1</sup>

## RESUMO

A principal característica da região do Maciço de Baturité, assim como de toda a região Nordeste do Brasil é a irregularidade do regime de precipitação pluviométrica, tanto no tempo, como no espaço, que geralmente ocorre em até quatro meses. Face à essa irregularidade de chuvas nestas regiões, políticas públicas foram criadas para a difusão do uso de reservatórios de água, como, por exemplo, o Programa Um Milhão de Cisternas (P1MC), criado em 1999 pela Articulação do Semiárido Brasileiro (ASA) e o Programa Nacional de Apoio à Captação de Água de Chuva e outras Tecnologias Sociais (Programa Cisternas), financiado pelo Ministério de Desenvolvimento Social, MDS, desde 2003, instituída pela Lei Nº 12.873/2013 e regulamentado pelo Decreto Nº 8.038/2013. Assim, o presente trabalho buscou avaliar as condições de uso e a qualidade da água armazenada em cisternas para o consumo humano em residências dos municípios pertencentes a região do Maciço de Baturité (Acarape, Barreira e Redenção), no estado do Ceará, através da observação *in loco* e monitoramento dos parâmetros físico-químicos: pH, Turbidez, Condutividade Elétrica, Dureza Total e Cloretos, de água de origem pluvial e abastecidas pela rede pública. Os resultados encontrados foram comparados com os valores dos parâmetros estabelecidos na resolução CONAMA nº 357/2005 e na Portaria 888/2021 do Ministério da Saúde, que dispõem sobre os parâmetros de qualidade da água para o consumo humano e seu padrão de potabilidade. Constatamos que estas cisternas atendem os parâmetros físico-químicos estabelecidos na legislação brasileira em curso, e se configuram como uma boa alternativa de armazenamento de água, apresentando resultados dos parâmetros físico-químicos abaixo dos valores máximos permitidos (VMP), caracterizado como apropriado para o consumo humano.

**Palavras-chave:** Análise físico-química, Qualidade da água; Cisternas.

## ABSTRACT

The main characteristic of the Maciço de Baturité region, as well as of all the Northeast region of Brazil, is the irregularity of the rainfall regime, both in time and space, which usually occurs in up to four months. Given this irregularity of rainfall in these regions, public policies have been created for the dissemination of the use of water reservoirs, such as, for example, the One Million Cisterns Program (P1MC), created in 1999 by the Articulation of the Brazilian Semi-arid (ASA) and the National Program of Support for Rainwater Catchment and other Social Technologies (Cisterns Program), funded by the Ministry of Social Development, MDS, since 2003, instituted by Law No. 12,873/2013 and regulated by Decree No. 8,038/2013. Thus, the present work sought to evaluate the conditions of use and the quality of water stored in cisterns for human consumption in households in the municipalities belonging to the region of Maciço de Baturité (Acarape, Barreira and Redenção), in the state of Ceará, through on-site observation and monitoring of physical and chemical parameters: pH, Turbidity, Electrical Conductivity, Total Hardness and Chlorides, of rainwater and water from the public mains supply. The results found were compared with the parameter values established in CONAMA Resolution No. 357/2005 and Ordinance 888/2021 of the Ministry of Health, which set out the quality parameters of water for human consumption and its potability standard. We found that these cisterns meet the physical and chemical parameters established in current Brazilian legislation, and are configured as an excellent alternative for water storage, presenting results of physical and chemical parameters below the maximum permissible values (MPV), characterized as appropriate for human consumption.

**Keywords:** Physicochemical Analysis, Water Quality; Cisterns.

<sup>1</sup> Instituto de Ciências Exatas e da Natureza (ICEN), Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB);

## 1. INTRODUÇÃO

A Macrorregião Administrativa de Baturité é composta de 13 municípios, ocupando uma área de 3.750,1 Km<sup>2</sup>, ou 2,6% do território cearense. A configuração geográfica-territorial revela a existência de três sub-regiões homogêneas: A Sub-região Serrana (Corredor Verde), a Sub-região Vales/Sertão (Corredor Ferroviário) e a Sub-região de Transição (Sertão/Litoral). Os serviços de abastecimento de água em todos os municípios da macrorregião são ainda deficitários, atendendo a 49,9% da população regional. A oferta de abastecimento de água cobre 86,3% das residências localizadas na zona urbana e 14,9% na zona rural. A rede de esgotamento sanitário se apresenta ainda mais incipiente, com cobertura de apenas 17,5% na zona urbana na região (BRASIL, 2011).

Segundo Jeremias et al (2017), embora exista políticas públicas que visam o abastecimento de água para estados e municípios, algumas regiões do Brasil, principalmente da região Nordeste têm o seu abastecimento ainda precário e, por conta disso, várias alternativas têm sido criadas para atender as demandas desta população. Uma destas alternativas é a utilização de cisternas. Cisternas são reservatórios de captação, armazenamento e conservação de água, seja de origem pluvial, de poços ou da rede pública, possibilitando economia da água. Elas podem ser de plásticos, de alvenaria ou de metal.

O Programa Nacional de Apoio à Captação de Água de Chuva e outras Tecnologias Sociais (Programa Cisternas), financiado pelo Ministério de Desenvolvimento Social, MDS, desde 2003, instituída pela Lei Nº 12.873/2013 e regulamentado pelo Decreto Nº 8.038/2013, tem como objetivo a promoção do acesso à água para o consumo humano e para a produção de alimentos por meio da implementação de tecnologias sociais simples e de baixo custo. O semiárido brasileiro é a região prioritária do programa (BRASIL, 2019).

Conforme Moraes (2016, p. 15):

“O aproveitamento das águas da chuva é uma solução sustentável para manter as populações rurais nas regiões semiáridas, permite a convivência com as características naturais da região e promove o desenvolvimento econômico das famílias, que não precisam se deslocarem em longas distâncias em busca de água. É fundamental considerar que o uso destas tecnologias sociais de captação de água exige uso racional do recurso, pois estes sistemas têm capacidade de armazenamento limitada e definida para determinado perfil familiar. Quando a água armazenada não atende à demanda dos usuários, os mesmos precisam recorrer a outras fontes, incluindo à de carro-pipa, cuja qualidade desconhecida representa um risco à saúde” (MORAIS, 2016, p. 15).

Jeremias et al. (2017) avaliaram as condições de uso e qualidade da água armazenada em cisternas para o consumo humano em uma comunidade rural do semiárido cearense

(comunidade da Sororoca, município de Santana do Acaraú/CE). Os resultados demonstraram que a água armazenada nas cisternas apresenta grande vulnerabilidade à contaminação. Foi observada ausência de qualquer método de desinfecção da água em quase todas as residências verificadas, além da falta de cuidados ao manejar a água no trajeto entre cisternas e residência, fundamental para a prevenção da contaminação e segurança sanitária da água utilizada para consumo humano na comunidade.

Para que a água seja considerada adequada ao consumo humano, deve atender aos padrões estabelecidos pela legislação vigente no país, conforme define a Portaria 888 de 2021 do Ministério da Saúde. No Art. 30 discorre sobre o controle do processo de desinfecção da água por meio da cloração, cloraminação ou da aplicação de dióxido de cloro e devem ser observados os tempos de contato e os valores de concentrações residuais de desinfetante na saída do tanque de contato.

O processo de desinfecção mais aplicado nos sistemas de abastecimento de água, em todo mundo, é o que emprega o cloro ou produtos à base de cloro como agentes desinfetantes. Foi introduzido massivamente no último século, no tratamento da água como complemento do processo de filtração que já era conhecido e utilizado, constituindo assim, uma revolução tecnológica no tratamento da água (BRASIL, 2014). Segundo Baroni *et al* (2021), a adição de produtos à base de cloro para desinfecção da água pode acarretar a formação de subprodutos de desinfecção pelo contato do cloro com materiais orgânicos presentes na água, gerando assim reações químicas indesejáveis para à nossa saúde. No entanto,

“A Organização Mundial da Saúde (OMS) afirma que os riscos decorrentes da não eliminação de microrganismos patogênicos através da desinfecção são muito maiores do que os que resultam da formação dos seus subprodutos” (DUTRA et al, 2014, p. 1.233).

Segundo a Portaria nº 888/2021 de 12 de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde, toda água destinada ao consumo humano proveniente de solução alternativa individual de abastecimento de água, independentemente da forma de acesso da população, está sujeita à vigilância da qualidade da água; portanto, deve passar, obrigatoriamente, pelo processo de desinfecção. No entanto, o cloro em excesso no processo de desinfecção da água para o consumo humano pode causar problemas à saúde. De acordo com Dutra et al (2014, p. 1.233), o cloro,

“[...] ao reagir com compostos orgânicos presentes na água, ainda que em pequenas quantidades, dá lugar à formação de subprodutos. Entre estes encontram-se os trihalometanos que, por serem os mais frequentes, bem como pelo seu potencial cancerígeno são os mais preocupantes” (DUTRA et al, 2014, p. 1.233).

Neste sentido, sabendo que a qualidade da água é definida pela sua composição química, física e biológica, este trabalho buscou avaliar a qualidade da água armazenada em cisternas, utilizadas para consumo humano, da região do Maciço de Baturité, a partir da análise dos parâmetros físico-químicos (pH, Sólidos Totais Dissolvidos, Condutividade Elétrica, Dureza e Cloretos), de modo a verificar se os parâmetros analisados estão de acordo com os dispostos na resolução CONAMA nº 357/2005 e na Portaria nº 888/2021 do Ministério da Saúde.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Área de estudo

O estudo foi realizado na zona rural do Maciço de Baturité (Figura 1), no interior do estado do Ceará. Para isso, foi realizado um estudo de campo para o mapeamento das residências que possuíam cisternas como fonte de abastecimento de água para consumo e assim delimitarmos a área de estudo. Não existe um levantamento sobre o quantitativo de cisternas disponíveis na região, porém, o Governo do estado tem difundido um programa denominado “Água para Todos”, que inclui a construção de cisternas para captação de água de chuva, de modo a garantir o acesso à água potável para as famílias das áreas rurais do estado.

Figura 1: Mapa da região do Maciço de Baturité



Fonte – <http://www.sintsefceara.org.br/delegacia/macico-de-baturite>

### 2.2 Coleta de amostra

As amostras foram coletadas em cisternas de armazenamento de água nas residências da região do Maciço de Baturité. As mesmas foram realizadas utilizando frascos de polietileno previamente descontaminados em banho de ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>) a 10 % (m/v) por 24h e enxaguados com água destilada. Logo após a coleta, as amostras foram acondicionadas em recipiente térmico com gelo e transportadas para o Laboratório de Química Analítica da

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira-CE, *Campus* das Auroras para posterior análise.

Foram coletadas duas amostras em residências do município de Barreira, identificadas como “*Cisterna 1*” e “*Cisterna 2*”, duas amostras em residências do município de Redenção, identificadas como “*Cisterna 3*” e “*Cisterna 4*” e duas amostras no município de Acarape, uma residencial e outra comunitária, identificadas como “*Cisterna 5*” e “*Cisterna 6*”, respectivamente.

### **2.3 Análise físico-químicas**

Os parâmetros físico-químicos foram analisados usando como referência as metodologias adotadas no manual do Instituto Adolfo Lutz. Assim, no laboratório, foram analisados os parâmetros físico-químicos das amostras, tais como: pH, Turbidez, Condutividade Elétrica, Cloretos e Dureza Total das amostras utilizando métodos analíticos clássicos. Os resultados obtidos foram comparados com os valores máximos permitidos (VMP), presentes na resolução CONAMA nº 357/2005 e na Portaria nº 888/2021 do Ministério da Saúde, que dispõe sobre os parâmetros de qualidade da água para o consumo humano e seu padrão de potabilidade.

As análises dos parâmetros físico-químicos pH, condutividade, temperatura e sólidos totais dissolvidos foram realizadas pelo método instrumental, utilizando-se um equipamento multiparâmetro (pH/mV/cond./TDS/Temp.) Meter 86505. O equipamento foi previamente calibrado com uma solução KCl 0,01 mol L<sup>-1</sup>, para o eletrodo de condutividade, e com soluções tampão de pH 4, 7 e 9, para o eletrodo de potencial hidrogeniônico (pH). A turbidez da água foi determinada com a utilização do turbidímetro portátil da marca Hanna HI93703C calibrado com soluções padrões de 0, 10, 500 e 1000 NTU.

A dureza total da água foi determinada pelo método de titulação de complexação, com o ácido etilenodiaminotetracético (EDTA) como agente complexante. Assim, transferiu-se 50 mL da amostra para um Erlenmeyer, de 250 mL e adicionou-se 2 ml de solução tampão pH 10. Em seguida, adicionaram-se alguns cristais de Negro de Eriocromo T (Ério T) como agente indicador e Cianeto de Potássio (KCN) para evitar a interferência do ferro na análise e titulou-se com EDTA 0,0100 mol L<sup>-1</sup> até a mudança de coloração. Anotou-se o volume gasto. As análises foram realizadas em triplicata. Calculou-se a dureza total através da Equação 1:

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

(Equação 1)

Onde:

$M_{\text{EDTA}}$  = molaridade da solução EDTA ( $\text{mol L}^{-1}$ );

$V_1$  = volume de EDTA gasto na titulação (mL);

$V_a$  = volume da amostra tomada para análise (mL);

10000 = conversão de massa molar de  $\text{CaCO}_3$   $100 \text{ g L}^{-1}$  para  $\text{mg mol}^{-1}$ .

A determinação do teor de cloretos foi realizada através da volumetria de precipitação pelo método argentométrico, também conhecido como método de Mohr. Transferiu-se 25 mL da amostra para um Erlenmeyer de 250 mL e adicionou-se 1 mL do indicador cromato de potássio 5 %. Em seguida, titulou-se com a solução de nitrato de prata,  $\text{AgNO}_3$   $0,0141 \text{ mol L}^{-1}$  padronizada até o aparecimento de uma coloração marrom avermelhada e anotou-se o volume gasto. As análises foram realizadas em triplicata. O mesmo procedimento foi aplicado para o teste do branco, utilizando água destilada na preparação das soluções. Calculou-se a concentração de íon cloreto nas amostras através da Equação 2:

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

(Equação 2)

Onde:

$M$  = molaridade da solução de nitrato de prata ( $\text{mol L}^{-1}$ );

$V_a$  = volume de  $\text{AgNO}_3$  gasto na titulação de amostra (mL);

$V_b$  = volume de  $\text{AgNO}_3$  gasto na titulação de água destilada (mL);

$V$  = volume da amostra tomada para análise (mL);

35450 = conversão de massa molar de cloro  $35,45 \text{ g mol}^{-1}$  para  $\text{mg mol}^{-1}$ .

Para todos os parâmetros considerados, as análises foram realizadas em triplicata para garantir o nível de confiabilidade dos resultados obtidos. Assim, de acordo com a nossa

proposta de estudo, a metodologia adotada para o nosso trabalho se caracteriza como sendo de abordagem quali-quantitativa.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Potencial Hidrogeniônico (pH):

O pH representa a concentração de íons hidrogênio em uma solução e corresponde ao logaritmo do inverso da atividade do íon  $H^+$  na solução. É fator primordial nos processos de coagulação, desinfecção e abrandamento das águas, no controle da corrosão e no tratamento de esgotos e despejos industriais (BRASIL, 2014). A medida do pH sofre uma influência, mesmo que fraca, da temperatura, pois altera a quantidade de íons no meio, porém, segundo a Resolução CONAMA nº 357/2005 e a Portaria nº 888/2021 do Ministério da Saúde, a temperatura não é um fator que influencia na caracterização da qualidade da água, por este motivo não há valores padronizados para sua comparação.

Nas amostras, a primeira análise realizada foi a medida do pH, que podem ser observados na Tabela 1.

Tabela 1: Resultados do pH das amostras; n=3.

<b>Cisternas</b>	<b>Amostra 1</b>	<b>Amostra 2</b>	<b>Amostra 3</b>	<b>Média ± DP</b>
Cisterna 1	7,04	7,03	7,05	7,04 ± 0,01
Cisterna 2	7,16	7,14	7,15	7,15 ± 0,01
Cisterna 3	7,47	7,45	7,49	7,47 ± 0,02
Cisterna 4	7,57	7,59	7,57	7,57 ± 0,01
Cisterna 5	7,65	7,62	7,62	7,63 ± 0,01
Cisterna 6	8,62	8,62	8,62	8,62 ± 0,00

Fonte – própria dos autores. \* DP = Desvio Padrão

A resolução CONAMA nº 357/2005 e a portaria nº 888 de 2021 do Ministério da Saúde estabelecem valores de pH de 6,0 a 9,5. Assim, os resultados obtidos para o potencial hidrogeniônico (pH) das amostras de água coletadas em cisternas (Tabela 1), variam de 7,04 a 8,62, caracterizando-se como alcalina. Tais resultados também foram observados por Jeremias *et al* (2017), ao avaliar a qualidade da água armazenadas em cisternas no semiárido cearense, cujo valor mínimo foi de 7,4 e o máximo de 9,0. Lima e Santos (2017), ao se depararem com resultados de pH fora da faixa estipulada alertaram sobre o risco da acidez na água, pois o pH ácido corrói as paredes das cisternas, provocando a solubilização dos metais, que posteriormente serão ingeridos.

O Manual de Controle da Qualidade da Água do Ministério da Saúde informa que a desinfecção das águas se processa melhor em pH ácido do que em pH alcalino, pois em águas alcalinas o consumo de cloro é maior.

### 3.2 Sólidos Totais Dissolvidos (STD):

A presença de sólidos na água está relacionada aos parâmetros físicos, apesar de que eles podem, também, estar associados a características químicas ou biológicas. Os sólidos presentes na água podem estar distribuídos da seguinte forma: em suspensão (sedimentáveis e não sedimentáveis) e dissolvidos (voláteis e fixos). Sólidos em suspensão podem ser definidos como as partículas passíveis de retenção por processos de filtração (BRASIL, 2014).

A Tabela 2 apresenta os resultados de STD, em  $\text{mg L}^{-1}$ , nas amostras de águas nas cisternas analisadas.

Tabela 2: Resultados de STD, em  $\text{mg L}^{-1}$ , nas amostras n=3.

<b>Cisternas</b>	<b>Amostra 1</b>	<b>Amostra 2</b>	<b>Amostra 3</b>	<b>Média ± DP*</b>
Cisterna 1	115,34	115,32	115,33	115,33 ± 0,01
Cisterna 2	99,01	99,03	99,06	99,03 ± 0,02
Cisterna 3	142,69	142,67	142,65	142,67 ± 0,02
Cisterna 4	16,51	16,55	16,53	16,53 ± 0,02
Cisterna 5	24,60	24,57	24,54	24,57 ± 0,02
Cisterna 6	1,15	1,15	1,15	1,15 ± 0,00

Fonte – própria dos autores. \* DP = Desvio Padrão

Os resultados obtidos para os Sólidos Totais Dissolvidos (STD) das amostras de água coletadas nas cisternas, variam de 1,15 a 142,67, o que está em conformidade com os valores estabelecidos pela resolução CONAMA nº 357/2005 e pela portaria nº 888 de 2021 do Ministério da Saúde, que estabelece o VMP de STD em  $500 \text{ mg L}^{-1}$ , mas chama atenção os resultados de STD obtidos para a Cisterna 6. Essa discrepância entre os resultados pode ser atribuída ao fato desta, dentre todas as outras, ser a única cisterna comunitária, sendo assim uma das poucas a receber o tratamento adequado.

### 3.3 Condutividade Elétrica (CE):

A condutividade elétrica se refere à capacidade que uma solução aquosa possui em conduzir corrente elétrica. Esta capacidade depende basicamente da presença de íons, da concentração total, mobilidade, valência, concentrações relativas e medidas de temperatura (PERROM, 2011).

A Tabela 3 apresenta os resultados da condutividade em  $\mu\text{s}/\text{cm}$  das amostras tomadas para análise.

Tabela 3: Resultados de Condutividade Elétrica,  $\mu\text{s}/\text{cm}$ , das amostras n=3.

<b>Cisternas</b>	<b>Amostra 1</b>	<b>Amostra 2</b>	<b>Amostra 3</b>	<b>Média <math>\pm</math> DP</b>
Cisterna 1	230,69	230,64	230,65	230,66 $\pm$ 0,02
Cisterna 2	198,33	198,35	198,32	198,33 $\pm$ 0,01
Cisterna 3	285,00	285,00	285,00	285,00 $\pm$ 0,00
Cisterna 4	31,18	31,20	31,23	31,20 $\pm$ 0,02
Cisterna 5	48,50	48,44	48,47	48,47 $\pm$ 0,02
Cisterna 6	2,29	2,29	2,29	2,29 $\pm$ 0,00

Fonte – própria dos autores. \* DP = desvio padrão

Os resultados obtidos para a condutividade elétrica variam de 2,29 a 230,66  $\mu\text{s}/\text{cm}$  nas amostras de águas coletadas em cisternas. Embora a Resolução CONAMA e a Portaria n° 888/2021 não estabelecem um valor para a condutividade elétrica da água, ela se relaciona aos STD's, pois são os sais dissolvidos que conduzem a corrente elétrica. Neste sentido, os STD's são iguais à condutividade multiplicada por um fator de aproximadamente 0,5; logo, se o valor máximo permitido para sólidos totais dissolvidos é 500 ppm, então o valor máximo permitido para condutividade elétrica será no valor de 1.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

### **3.4 Turbidez:**

A turbidez é uma característica física da água decorrente da presença de substâncias em suspensão na coluna d'água, ou seja, é uma expressão da propriedade óptica que faz com que a luz seja espalhada ou absorvida e não transmitida em linha reta através da amostra. É a medida de redução da transparência. A turbidez da água é atribuída principalmente às partículas sólidas em suspensão que diminuem a sua transparência e reduzem a transmissão da luz no meio. Pode ser provocada por plâncton, algas, detritos orgânicos e outras substâncias, como zinco, ferro, compostos de manganês e areia, resultantes do processo natural de erosão ou adição de despejos domésticos ou industriais (BRASIL, 2014, 2023).

A Portaria n° 888/2021 do Ministério da Saúde estabelece valor de 5,0 NTU (Unidade Nefelométrica de Turbidez).

A Tabela 4 apresenta os resultados de turbidez (NTU) das amostras de água de cisternas analisadas.

Tabela 4: Resultados da Turbidez, NTU, das amostras, n=3.

Cisternas	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Média ± DP*
Cisterna 1	0,00	0,00	0,00	0,00 ± 0,00
Cisterna 2	0,97	0,94	0,95	0,95 ± 0,01
Cisterna 3	0,10	0,09	0,09	0,09 ± 0,01
Cisterna 4	0,00	0,00	0,00	0,00 ± 0,00
Cisterna 5	0,07	0,06	0,00	0,04 ± 0,03
Cisterna 6	0,53	0,43	0,61	0,52 ± 0,07

Fonte – própria dos autores. \* DP = Desvio Padrão

Tomando como referência o VMP para a turbidez, estabelecido pela Portaria n° 888/2021 do Ministério da Saúde (5,0 NTU), percebemos que os resultados visualizados na Tabela 4 estão dentro dos valores máximos permitidos (VMP), pois variam de 0,0 a 0,95 (NTU). A turbidez tem sua importância no processo de tratamento de água. Água com turbidez elevada, e dependendo de sua natureza, forma flocos que decantam mais rapidamente do que água com baixa turbidez. Também tem suas desvantagens como no caso de desinfecção que pode ser dificultada pela proteção que pode dar aos microrganismos no contato direto com os desinfetantes (BRASIL, 2013). Além disso, as partículas de turbidez transportam matéria orgânica absorvida que podem provocar sabor e odor à água (BRASIL, 2014).

Rodrigues e Santos (2022) também encontraram valores de turbidez abaixo do valor de referência ao avaliar a qualidade de água de cisternas. Segundo os autores, estes resultados indicam que à água encontra poucos sedimentos durante o seu percurso até às cisternas, sejam pelo telhado, pelas tubulações de abastecimento ou pelas condições de uso da própria cisterna. Por este motivo, recomenda-se a limpeza regular das cisternas e o descarte das primeiras águas de origem pluvial.

### 3.5 Dureza Total:

A dureza total é definida como a soma das concentrações de cálcio e magnésio, ambas expressas como carbonato de cálcio (CaCO<sub>3</sub>), em miligramas por litro (mg L<sup>-1</sup>).

A Portaria n° 888/2021 do Ministério da Saúde estabelece o valor máximo permitido para a dureza total de água potável a 300 mg L<sup>-1</sup> em termos de CaCO<sub>3</sub>.

Os resultados obtidos na determinação da dureza total da água, em mg L<sup>-1</sup>, podem ser observados na Tabela 5.

Tabela 5: Resultados da Dureza, em mg L<sup>-1</sup>, total das amostras n=3.

<b>Cisternas</b>	<b>Amostra 1</b>	<b>Amostra 2</b>	<b>Amostra 3</b>	<b>Média ± DP*</b>
Cisterna 1	68,60	68,58	68,65	68,61 ± 0,03
Cisterna 2	66,63	66,61	66,57	66,60 ± 0,02
Cisterna 3	89,01	88,44	88,54	88,66 ± 0,25
Cisterna 4	34,30	34,81	34,73	34,61 ± 0,22
Cisterna 5	24,69	24,53	24,61	24,61 ± 0,00
Cisterna 6	40,80	40,00	40,00	40,27 ± 0,38

Fonte – própria dos autores. \* DP = Desvio Padrão

Analisando os resultados obtidos na Tabela 5, observamos que todas as cisternas analisadas apresentam, em seu conteúdo, águas dentro dos valores permitidos pela Portaria nº 888/2021 do Ministério da Saúde, variando de 24,61 a 88,66 mg L<sup>-1</sup>. Apesar de estarem dentro dos padrões permitidos, estão muito abaixo do valor máximo permitido (300 mg L<sup>-1</sup>).

Segundo Queiroz e Oliveira (2018), sais de cálcio e magnésio, em concentrações normais, não representam risco à saúde humana. Os níveis danosos de cálcio e magnésio não são reportados pelas legislações vigentes, sendo feita uma avaliação indireta por meio da dureza (Tabela 6).

Tabela 6: Classificação da Dureza total das amostras

<b>Dureza da água</b>	<b>CaCO<sub>3</sub> equivalente</b>
Mole	<50
Moderada	50-150
Dura	150-300
Muito dura	>300

Fonte – tratamentodeagua.com.br

Tabela 7: Classificação da dureza total das amostras analisadas

<b>Cisternas</b>	<b>Dureza Total</b>
Cisterna 1	Moderada
Cisterna 2	Moderada
Cisterna 3	Moderada
Cisterna 4	Mole
Cisterna 5	Mole
Cisterna 6	Mole

Fonte – própria dos autores

### 3.6 Cloretos:

Os cloretos estão distribuídos na natureza geralmente na forma de sais de sódio (NaCl), de potássio (KCl), e sais de cálcio (CaCl<sub>2</sub>). Altas concentrações do íon cloreto na água podem ocasionar restrições ao seu uso pelo sabor que confere à mesma e pelo efeito laxativo que causam naqueles indivíduos que estavam acostumados a baixas concentrações (BRASIL, 2014).

A resolução CONAMA n° 357/2005 e a Portaria n° 888 de 04 de maio de 2021 do Ministério da Saúde estabelecem o valor de cloreto em 250 mg L<sup>-1</sup>.

Na Tabela 8, estão os resultados da análise de cloretos, em mg L<sup>-1</sup>, das amostras analisadas.

Tabela 8: Resultados de Cloretos, em mg L<sup>-1</sup>, presentes nas amostras n=3.

<b>Cisternas</b>	<b>Amostra 1</b>	<b>Amostra 2</b>	<b>Amostra 3</b>	<b>Média ± DP*</b>
Cisterna 1	22,59	22,59	22,59	22,59 ± 0,00
Cisterna 2	21,99	21,99	22,00	21,99 ± 0,01
Cisterna 3	26,59	26,59	26,59	26,59 ± 0,00
Cisterna 4	10,59	10,60	10,60	10,59 ± 0,01
Cisterna 5	4,61	4,60	4,60	4,60 ± 0,00
Cisterna 6	133,01	129,04	136,98	133,01 ± 3,24

Fonte – própria dos autores. \* DP = Desvio Padrão

Os resultados observados na Tabela 8 mostraram-se dentro dos valores permitidos pela legislação brasileira (250 mg L<sup>-1</sup>). Em valores baixos, o cloreto não representa risco à saúde, mas pode imprimir gosto salgado à água, provocando recusa ou repulsa ao consumo, também pode acelerar o processo de corrosão em tubulações de aço ou alumínio (QUEIROS; OLIVEIRA, 2018).

Em se tratando de fontes alternativas de coleta e armazenamento de água, é comum, entre os usuários, a utilização de cloro no processo de desinfecção da água, pois este é o método mais fácil e economicamente viável para os moradores. Silva *et al* (2020) reforça que, para utilização de cloro, a população deve ser capacitada para realizar o tratamento da água adequadamente.

Gildo *et al* (2016) verificaram que o uso de alguns desinfetantes em águas de cisternas, como, por exemplo, o hipoclorito de sódio (água sanitária), alteram os valores dos parâmetros tomados para análise. Por este motivo, deve-se atentar ao uso correto destes produtos.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na região do maciço de Baturité, as cisternas de captação e armazenamento de água são utilizadas como métodos alternativos para as residências e até mesmo para comunidades inteiras que necessitam de água. Até em residências que possuem água encanada, as cisternas ainda são empregadas para atender a falta de água que se dá por problemas na rede de distribuição ou até mesmo pela dificuldade de atender regiões montanhosas, como a do Maciço.

Neste sentido, avaliar a qualidade da água, que é armazenada e tratada pelos próprios moradores para atender as suas demandas diárias é de grande importância. Além disso, em posse dos dados obtidos neste trabalho, podemos orientar a população sobre a educação sanitária, que devem ser enfáticas e constantes, para que possa fazer parte da rotina dos moradores.

Os parâmetros físico-químicos: pH (7,64 a 8,62), STD (1,15 a 115,33) mg L<sup>-1</sup>, Condutividade (2,29 a 285,00) µS/cm, Turbidez (0,00 a 0,95) NTU, Dureza (24,61 a 88,66) mg L<sup>-1</sup> e Cloretos (4,60 a 133,01) mg L<sup>-1</sup> das amostras de cisternas analisadas demonstraram que estes reservatórios estão em conformidade com a resolução CONAMA nº 357/2005 e com a Portaria nº 888/2021 do Ministério da Saúde, que dispõe sobre os parâmetros de qualidade da água para o consumo humano e seu padrão de potabilidade. Pelos parâmetros físico-químicos analisados a água estaria dentro dos parâmetros adequados para o consumo humano.

Por fim, os métodos aqui empregados se revelaram eficazes e de fácil reprodução para avaliar os parâmetros físico-químicos estabelecidos para qualidade da água. Neste sentido, recomendamos a continuidade desta pesquisa, de modo a abranger amostras significativas para avaliar a qualidade de água armazenada em cisterna na região do Maciço de Baturité, considerando não apenas os parâmetros físico-químicos analisados neste estudo, mas também os biológicos e radioativos para verificar a possibilidade de haver outras contaminações

#### 5. AGRADECIMENTO

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo fomento ao projeto, da qual se desenvolveu este trabalho.

#### 6. REFERÊNCIAS

BARONI, I. R. *et al.* Cloro hidratado: avaliação de risco à saúde humana como subproduto da desinfecção da água. **Revista DAE**, Ribeirão Preto, v. 69, n. 228, p. 53-63, jan./mar. 2021.

Disponível em: [\(PDF\) Cloral hidratado: avaliação de risco à saúde humana como subproduto da desinfecção da água \(researchgate.net\)](#) Acesso em 05 oct. 2022.

BRASIL. **Portaria GM/MS nº 888**, de 04 de maio de 2021. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5/GM/MS, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília: DF, Ministério da Saúde, 2021. Disponível em: [https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-gm/ms-n-888-de-4-de-maio-de-2021-\\*-321540185](https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-gm/ms-n-888-de-4-de-maio-de-2021-*-321540185). Acesso em 30 nov. 2022.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de cloração de água e pequenas comunidades utilizando o clorador simplificado desenvolvido pela FUNASA**. Brasília: FUNASA, 2014. Disponível em: <https://repositorio.funasa.gov.br/handle/123456789/502>. Acesso em 05 dez. 2022.

BRASIL. Fundação Nacional da Saúde. **Manual prático de análise de água**. Fundação Nacional da Saúde - 4. ed. Brasília: FUNASA, 2013. 150 p. Disponível em: [Manual prático de análise de água 2013.pdf \(funasa.gov.br\)](#). Acesso em 10 dez. 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de controle da qualidade de água para técnicos que trabalham em etas**. Brasília: Funasa, 2014. Disponível em: [Manual de Controle da Qualidade da Água para Técnicos que Trabalham em ETAS - Saúde Ambiental - Fundação Nacional de Saúde \(funasa.gov.br\)](#). Acesso em 05 jan. 2023.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento e Assistência Social, Família e Combate à Fome. **Programa Cisternas**. Brasília: MDS, 2019. Disponível em: [Programa Cisternas — Ministério do Desenvolvimento e Assistência Social, Família e Combate à Fome \(www.gov.br\)](#). Acesso em 25 dez. 2022.

BRASIL. **Plano de Desenvolvimento Integrado do Turismo Sustentável: Polo Maciço de Baturité**. Programa de Desenvolvimento do Turismo Nacional do Ceará. Fortaleza, Secretaria do Turismo, 2014. Disponível em: [PDITS-macico-baturite-tomo-I.pdf \(setur.ce.gov.br\)](#). Acesso em 30 dez. 2022.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 357/2005**, de 17 de março de 2005. Disponível em: [MMA - Ministério do Meio Ambiente \(sudema.pb.gov.br\)](#). Acesso em 20 dez. 2022.

BRASIL. **Perfil da Macrorregião de Baturité**. SEPLAG, 2011. Disponível em: [PERFIL DA MACRORREGIÃO DO MACIÇO DE BATURITÉ \(seplag.ce.gov.br\)](http://seplag.ce.gov.br). Acesso em 15 dez. 2022.

DUTRA, D.; FILHO, P. B.; MARTENDAL, E. **Deteção de cloro em água potável usando espectroscopia de impedância elétrica**. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica – CBEB, 24, 2014. Uberlândia. **Anais do XXIV Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica - CBEB**. Uberlândia: OCT. 2014. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/271838885\\_DETECCAO\\_DE\\_CLORO\\_EM\\_AGUA\\_A\\_POTAVEL\\_USANDO\\_ESPECTROSCOPIA\\_DE\\_IMPEDANCIA\\_ELETRICA](https://www.researchgate.net/publication/271838885_DETECCAO_DE_CLORO_EM_AGUA_A_POTAVEL_USANDO_ESPECTROSCOPIA_DE_IMPEDANCIA_ELETRICA). Acesso em 01 oct. 2023.

GILDO, M. G. P. et al. Análise físico-química e microbiológica da água de uma lanchonete do maciço de baturité. **Mostra Científica em Biomedicina**, v. 01, n. 01, jun. 2016. Disponível em: <https://reservas.fcrcs.edu.br/index.php/mostrabiomedicina/article/download/810/728>. Acesso em 15 oct. 2022.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análises de alimentos**. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. Disponível em: [Métodos físico-químicos para análise de alimentos - Secretaria da Saúde - Governo do Estado de São Paulo \(ial.sp.gov.br\)](http://ial.sp.gov.br). Acesso em 20 nov. 2022.

JEREMIAS, W. V.; COSTA, M. C.; FREITAS, F. R.S. **Qualidade da água armazenada em cisternas para o consumo humano no semiárido cearense**. In: CONGRESSO ABES: FENASAN 2017. São Paulo. **Anais do Congresso ABES FENASAN**. São Paulo: OCT. 2017. Disponível em: [Qualidade da água armazenada em cisternas para consumo humano no semiárido cearense \(tratamentodeagua.com.br\)](http://tratamentodeagua.com.br). Acesso em: 01 set. 2022.

LIMA, D. O.; SANTOS, J. S. Qualidade da água de cisternas usadas pelas famílias do distrito de Novo Paraíso, Jacobina- BA. **Enciclopédia Biosfera**, v. 14, n. 26, p. 1419-1429, 2017. Disponível em: <https://conhecer.org.br/ojs/index.php/biosfera/article/view/810/772>. Acesso em 25 oct. 2022.

MORAIS, Gilsia Fabiane Oliveira. **Cisternas domiciliares: qualidade da água para consumo humano em comunidades rurais do semiárido sergipano**. 2016. 86f. Dissertação (Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA) Instituto Federal de Sergipe, Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, 2016. Disponível em:

<https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/tede/9144/2/arquivototal.pdf>. Acesso em 30 oct. 2022.

PERROM, Lucilia Maria *et al.* Manual de procedimentos e amostragem de análise físico-química de água. Colombo: **Embrapa Florestas**, 2011. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/921050/1/Doc232ultimaversao.pdf>. Acesso em 05 nov. 2022.

QUEIROZ, T. M.; OLIVEIRA, L. C. P. Qualidade da água em comunidades quilombolas do Vão Grande, município do Bugres (MT). **Engenharia Ambiental e Sanitária**, v. 23, n. 1, p. 173-180, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/BmD74Jt9sgWTyTLXSrCHgxt/?lang=pt>. Acesso em 10 nov. 2022.

RODRIGUES, V. S.; SANTOS, J. S. Análise da qualidade da água de cisternas do povoado de Santo Cruz do Coqueiro, Mirangaba, Bahia. **Revista Macambira**, v. 6, n. 1, 2022. Disponível em: <http://www.revista.lapprudes.net/index.php/RM/article/view/570>. Acesso em 15 nov. 2022.

SILVA, J. P.; BEZERRA, C. E.; RIBEIRO, A. de A. Avaliação da qualidade de água armazenada em cisternas no semiárido cearense. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, v. 14(1), p. 27 – 35, 2020. Disponível em: <https://seer.tupa.unesp.br/index.php/BIOENG/article/download/855/443>. Acesso em 20 oct. 2022.