

PROTOCOLO CIENTÍFICO-SANITÁRIO PARA MONITORAMENTO DA QUALIDADE DE ÁGUA ARMAZENADA EM CISTERNAS

Adna J. M. Costa¹; Andrey S. Lopes¹; Bianca M. Silva¹; Raissa A. Mendonça²; Maria de Lourdes F. M. Santos³; Gilmar F. Dias⁴.

¹ IFMA Campus Viana

² UEMA

³ IEMA Pleno Caxias

⁴ IFMA Campus Caxias

gilmar.dias@ifma.edu.br

Palavras-Chave: Água potável, Segurança hídrica, P1MC.

Introdução

A água é um recurso primordial para a manutenção da vida na Terra e a disponibilização de água potável, em quantidade suficiente, é essencial para a população por ser um bem finito que garante saúde e qualidade de vida para a população assistida. Contudo, inúmeras doenças de veiculação hídrica tais como teníase, ascaridíase, verminose e infecção intestinal têm sido relatadas, o que demonstra a vulnerabilidade do sistema de abastecimento da água no país e sua importância para a saúde pública (BRASIL, 2006).

Apesar de 71% da superfície do planeta ser recoberta por água, algumas localidades ainda não têm acesso garantido a água com características de potabilidade adequadas às necessidades para o consumo humano (GRASSI, 2001). De acordo com Bastos (2016), todo ser humano, independente da condição socioeconômica, tem direito a água de qualidade e segura. Essa informação é ratificada pelo art. 5º, da portaria nº 888/2021, ao definir água potável, como água para consumo humano cujos parâmetros físicos, químicos, microbiológicos e radioativos atendam ao padrão de potabilidade e que isentem a população de riscos à saúde (BRASIL, 2021).

Para expandir o acesso à água em quantidade e qualidade suficientes para o consumo humano e animal ou para a produção de alimentos foi instituído o Programa Nacional de Apoio à Captação de Água de Chuva e Outras Tecnologias Sociais de Acesso à Água, popularmente conhecido como Programa Cisternas, que busca implementar tecnologias sociais, destinado a famílias rurais de baixa renda e equipamentos públicos rurais atingidos pela seca ou pela falta regular de água (Programa Cisternas – Decreto nº 9606/2018).

As cisternas são projetadas para captação de água da chuva por intermédio de calhas instaladas em casas, sendo considerada uma tecnologia social de fácil instalação e captação. No entanto, se a higienização das calhas não for adequada e periódica, a água armazenada poderá ser contaminada pela presença de folhagens e dejetos animais. Neste sentido, algumas substâncias químicas, como o nitrato e nitrito, são potenciais agentes indicativos de contaminação da água, pois podem estar presentes devido à decomposição de matéria orgânica nitrogenada (RAMOS; CAVALHEIRO; GOMES, 2006).

Nesta configuração, os teores de nitrato e nitrito precisam ser mapeados e quantificados como forma de investigação da qualidade da água captada e armazenada, uma vez que o anexo 9 da portaria nº 888/2021 do Ministério da Saúde, prevê o valor máximo permitido para nitrito



e nitrato sendo, respectivamente, de 1 mg/L e 10 mg/L. Essa questão é relevante, pois valores elevados dessas substâncias químicas inorgânicas podem ocasionar problemas de saúde nas unidades consumidoras, como a metahemoglobinemia ou pela presença secundária de nitrosaminas carcinogênicas (MILANEZ; SOUZA; BERNARDO, 2015).

Segundo Rodrigues et al. (2012), a microrregião da Baixada Maranhense apresenta um quadro social bastante preocupante em relação aos serviços de abastecimento de água. Sendo relevante conhecer a característica da água captada não apenas na zona urbana de Viana, mas também da zona rural, com foco nas comunidades beneficiadas pelo Programa Cisternas. Esse estudo possibilitará a divulgação de informações cientificamente comprovadas, uma vez que o fornecimento de água adequada para consumo é uma questão essencial para a população é fundamental a ser resolvida, pelos riscos que sua ausência, ou seu fornecimento inadequado, podem causar à saúde pública (IBGE, 2020).

Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi estabelecer protocolos de higienização de calhas e reservatórios do Programa Mais Cisternas, melhorando a qualidade da água potável na zona rural de Viana – MA.

Material e Métodos

O projeto apresentou objetivos que buscaram integrar o conhecimento prático e teórico, de caráter científico e investigativo. Para Silva e Mortimer (2012), o ensino por investigação é caracterizado por atividades que levam os alunos a uma investigação sobre alguma questão relevante para o meio em que estão inseridos. Assim, estes não precisam gerar questionamentos a serem investigados, mas tornam-se responsáveis pela busca de respostas, coleta, organização e tratamento de dados, demonstrando que o engajamento na ciência pode gerar mais informações para a sociedade e para novos projetos científicos (QUINLIVAN; CHAPMAN; SULLIVAN, 2020).

Neste sentido, este estudo focou na avaliação do conteúdo de nitrato e nitrito das águas armazenadas em cisternas da zona rural de Viana. Ao todo foram coletadas amostras de água em sete pontos de amostragem, em povoados localizados na MA 014 entre o centro urbano de Viana – MA e o IFMA – Campus Viana. Para que se tenha uma representatividade do meio, as amostras foram coletadas aleatoriamente para garantir padronização amostral. Em todos os casos, a coleta foi realizada em triplicata (PESCE; WUNDERLIN, 2000). Sendo importante que o frasco de polietileno seja lavado três vezes com a água a ser coletada, para fins de ambientação do frasco. Após a coleta, o frasco foi fechado e identificado.

Para a análise reacional, duas soluções foram preparadas conforme os itens: i) Solução estoque de nitrito, para isso, 25 mL de uma solução estoque de nitrito $2,17 \cdot 10^{-2} \text{ mol L}^{-1}$ foi preparada, pesando-se 37,9 mg de NaNO_2 , dissolvendo-o e completando o balão com água destilada. Esta solução foi mantida na geladeira por uma semana; ii) Solução de reagente cromogênico, para isso, 10 mL de uma solução de reagente cromogênico foi preparada semanalmente, pesando-se 0,0128 g de dicloridrato de naftiletilenodiamina (concentração final $4,80 \cdot 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$) e 0,0511 g de ácido sulfanílico (concentração final $2,95 \cdot 10^{-2} \text{ mol L}^{-1}$), dissolvendo-os juntamente com 6 mL de solução de HCl $0,10 \text{ mol L}^{-1}$ e completando o volume com água destilada. Este reagente não foi armazenado por mais do que 5 dias.

Utilizou a reação de Griess para determinação colorimétrica de nitrato e nitrito nas amostras coletadas. Neste sentido, a reação ocorre nas seguintes proporções, 5 mL da amostra ou da solução padrão de nitrito para 200 μ L de solução de reagente cromogênico. A reação é incubada por 10 min, formando o diazo-composto de coloração rósea, antes da leitura em cartelas colorimétricas e no espectrofotômetro (K37-VIS, KASVI). De modo complementar, foram realizadas análises de amônia, pH e oxigênio consumido.

Os dados obtidos pela avaliação dos parâmetros de qualidade da água foram tabulados em planilhas eletrônicas, utilizando o software Excel e submetidos à análise de estatística descritiva, com ênfase na distribuição de frequências, média aritmética e desvio padrão relativo.

Resultados e Discussão

Um dos maiores desafios do desenvolvimento de uma comunidade, uma região, ou um país, é o de garantir fontes de água potável capazes de atender à demanda por esse recurso essencial para a produção agropecuária, a produção industrial e, acima de tudo, a vida. Em função de uma série de fatores (crescimento demográfico, crescimento econômico e mudanças climáticas), esse é um desafio cada vez maior (Falkenmark, et al., 2000 apud Castro, 2021).

Inicialmente, o estudo em questão realizou os processos de mapeamento das cisternas instaladas (Figura 1), suas condições de armazenamento e coleta de amostras em cisternas do povoado Esperança, localizado na zona rural de Viana-MA, onde estes foram imprescindíveis para o levantamento de dados sobre a qualidade da água e os índices de satisfação daqueles que utilizam essa tecnologia.

Figura 1 - Mapeamento das cisternas instaladas.



Fonte: Autores (2024).

A partir do mapeamento inicial, conseguiu-se observar a eficácia das estruturas de armazenamento de água, onde estas são constituídas de plástico polietileno e possuem uma capacidade padrão de 16.000 litros. Além disso, constatou-se que as cisternas são, de fato, utilizadas como uma tecnologia social. Assim, esse instrumento é de suma importância na vida das comunidades rurais, principalmente ao longo dos períodos mais secos.

No entanto, detectou-se que das 8 famílias beneficiadas, apenas duas ingeriam o recurso hídrico armazenado, as demais ficavam com receio do mesmo estar contaminado e apresentar algum risco a sua saúde, tendo-se em vista ser uma água proveniente das chuvas e todo o

percurso por onde esta passa em suas casas. Das 8 estruturas analisadas, apenas uma não estava em funcionamento e as outras 7 apresentaram ótimo desempenho, em decorrência dos cuidados tomados por aqueles que as utilizam. O único defeito verificado foi no sistema de bombeamento da água, acoplado à própria cisterna, onde estes não estavam mais em funcionamento, pois com o passar do tempo foram apresentando defeitos físicos de engrenagem.

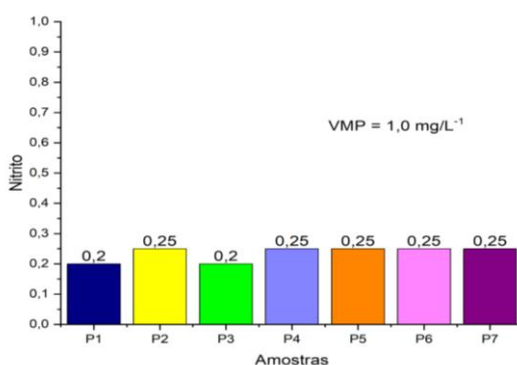
Ao analisar as cisternas e seus estados de conservação, constatou-se que os moradores que fazem uso dessa tecnologia, não receberam nenhum tipo de treinamento por parte do órgão responsável pelo projeto de instalação, que se visa orientar os cuidados básicos para manter a qualidade da água e a vitalidade das estruturas. No entanto, é possível perceber que as cisternas são de fácil manuseio, e o que sentem mais falta, é de uma fiscalização para verificar o índice de qualidade da água consumida por estes, pois sendo um bem vital, também está sujeita a diversos tipos de impurezas e certos patógenos.

Na segunda etapa da pesquisa, foram coletadas sete amostras em diferentes cisternas presentes nos povoados de Viana. De modo integrado, foram realizados ensaios titulométricos e colorimétricos, abarcando não só os parâmetros de nitrato e nitrito, mas também, outros (pH, amônia e oxigênio consumido) que se mostraram de suma importância nesse quesito de verificação de potabilidade da água.

O nitrito é uma forma química do nitrogênio normalmente encontrado em pequenas quantidades nas águas superficiais e subterrâneas, pois é instável na presença de oxigênio, ocorrendo como uma forma intermediária. A presença do íon nitrito indica a ocorrência de processos biológicos ativos influenciados por poluição orgânica. (Bastos, Bezerra, & Bevilacqua, 2007 apud Fonseca, 2017). Os íons nitratos quando convertidos em parte a íons nitritos no estômago através de ingestão de água de consumo pode reagir com aminas e formar as N-nitrosaminas ($-N=O$), compostos conhecidos por ser cancerígenos em animais. (Baird, Cann, & Grassi, 2011 citado por Fonseca, 2017).

De acordo com o gráfico 1, observa-se que todas as amostras permaneceram dentro da faixa aceitável de nitrito, ocorrendo uma variação apenas de $0,2 \text{ mg L}^{-1}$ para $0,25 \text{ mg L}^{-1}$. Segundo a Portaria nº 518, de 25 de março de 2004, do Ministério da Saúde, a quantidade máxima permitida de nitrito na água de consumo humano é de 1 mg L^{-1} , ou seja, de acordo com essa tratativa o parâmetro está adequado para consumo.

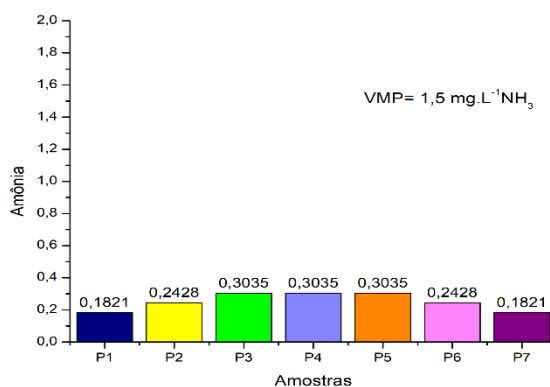
Gráfico 1: Teor de nitrito nas amostras coletadas no povoado Esperança, Viana-MA. Fonte: Autores (2024).



Para indicar os teores de nitrato presente nas amostras, utilizou-se o parâmetro da amônia como forma de correlação. A amônia pode estar presente de forma natural nas águas dos mananciais assim como nos pontos de captação para tratamento, só que em baixos teores, devido ao processo de decomposição de matéria orgânica animal e vegetal. No entanto, pode ser considerada um poluente por ter efeitos tóxicos sobre os seres vivos e na água para consumo humano, o seu VMP é de $1,5 \text{ mg L}^{-1}$.

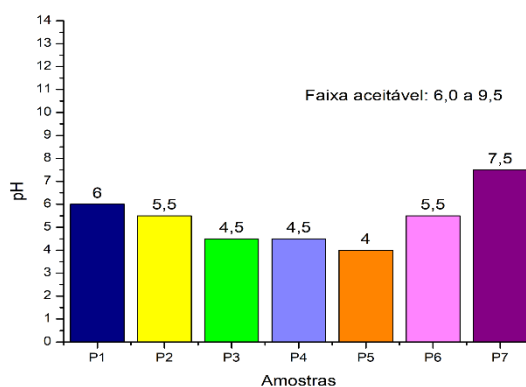
De acordo com as análises realizadas, representadas pelo gráfico 2, o teor da amônia nos pontos P2 e P6 foi de $0,2428 \text{ mg L}^{-1}$, podendo indicar um processo de decomposição mais elevada presente nos pontos P3 a P5, haja vista a taxa mais alta detectada nestes, uma vez que nos pontos P1 e P7, o teor de amônia correspondeu a $0,1821 \text{ mg L}^{-1}$. Além disso, todas as amostras estavam dentro da faixa aceitável permitida, indicando um resultado positivo com relação a esse parâmetro.

Gráfico 2: Teor de amônia na água analisada. Fonte: Autores (2024).



Em termos de pH e alcalinidade, primeiramente é importante ressaltar as suas concepções teóricas. O pH indica se determinada solução, no caso a água é ácida ($\text{pH} < 7$) ou básica ($\text{pH} > 7$); e já a alcalinidade é a capacidade que a água possui de neutralizar os ácidos, ela tem a função de manter o pH estável, uma baixa alcalinidade dificulta a correção do pH. Portanto, o pH é diretamente proporcional a alcalinidade, ou seja, quando o pH está baixo a alcalinidade também está, a mesma coisa acontece quando o pH apresenta um valor alto, o que informa ao analista se a alcalinidade também irá apresentar um valor elevado.

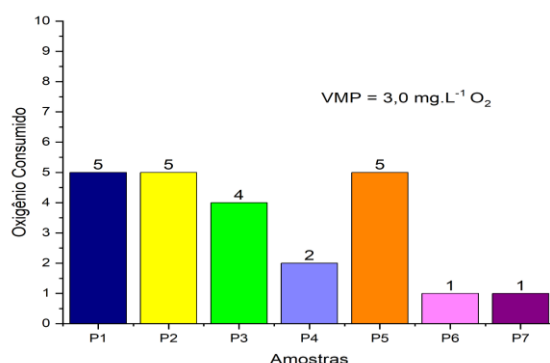
Gráfico 3: Índices de pH analisados. Fonte: Autores (2024).



De acordo com o gráfico 3, nas amostras P2 a P6, o pH variou entre 4 e 5,5, apresentando características ácidas, não sendo ideais para a saúde humana. Nessa perspectiva, este parâmetro está fora da faixa aceitável, pois segundo a portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde, o pH ideal da água potável deve estar na faixa de 6 a 9,5. Apenas as amostras P1 e P7 demonstraram valores satisfatórios para consumo humano, com o pH de 6 e 7,5 respectivamente. Já alcalinidade, apresentou valor constante de 10 mg L^{-1} nas amostras P1 a P6, comprovando que o baixo teor desse parâmetro contribui para a acidez presente nesses pontos, uma vez que na amostra P7 o índice de alcalinidade detectado foi de 20 mg L^{-1} , contrastando com o índice de pH ideal presente nessa mesma amostra.

Em relação ao último parâmetro, o oxigênio consumido, pode ser considerado um importante indicador da presença de microrganismos em reservatórios de água, pois quando há a verificação de altos teores deste, pode-se evidenciar a presença de organismos realizando o processo de respiração, tendo-se em vista o consumo de oxigênio. O seu VMP = $3,0 \text{ mg L}^{-1}$ de O_2 . Observando-se o gráfico 4, verifica-se que apenas as amostras P4, P6 e P7 obtiveram valores considerados ideais para consumo, o que torna-se preocupante pois o restante destas, mostraram valores extremamente fora dos requisitos para a potabilidade.

Gráfico 4: Índice de oxigênio consumido. Fonte: Autores (2024).



Após as análises, verificou-se que todas as amostras seguindo-se os parâmetros pH, alcalinidade e oxigênio consumido, estavam fora dos padrões estabelecidos pela portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde, indicando que precisa haver a correção desses parâmetros para alcançar a potabilidade. Observamos também, que houveram pontos positivos com relação aos quesitos nitrito, nitrato e amônia, que obtiveram valores apropriados para consumo humano.

Conclusões

A determinação de nitrato e nitrito, e outros parâmetros fundamentais para amostras de água, em associação a análise de informações sobre a região da baixada maranhense e das legislações vigentes sobre potabilidade, forneceram importantes subsídios para a compreensão da qualidade da água na zona rural de Viana - MA. Os trechos impactados puderam ser evidenciados por meio da correlação, por exemplo, dos valores muito baixos obtidos de pH e um índice muito elevado de oxigênio consumido, indicando respectivamente, altas concentrações do íon hidrogênio tornando a água ácida, assim como teores elevados de O_2 dissolvido o que podem evidenciar a presença de microrganismos nesta. No entanto, todos os outros parâmetros analisados estavam dentro do limite permitido. Adicionalmente, os estudantes compreenderam o significado dos parâmetros estudados, ou seja, utilizaram os



conceitos científicos apropriadamente quando puderam vivenciar situações que demandaram o seu emprego e a sua correlação como, por exemplo, apresentações científicas.

Agradecimentos

A PROPLADI/IFMA pelo apoio financeiro à participação no CBQ. Ao CNPq pela bolsa de iniciação científica. À *PRPGI*, ao IFMA *Campus Viana* e ao IFMA *Campus Caxias* pela contribuição em infraestrutura.

Referências

ANA. Agência Nacional de Águas. **Portal da Qualidade das Águas**. Disponível em: <http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx>. Acesso em: 05 mar. 2024.

_____. **Resolução nº 903, de 22 de julho de 2013**. Cria a Rede Nacional de Monitoramento da Qualidade das Águas Superficiais – RNQA e estabelece suas diretrizes. Brasília, 2013. Disponível em: <https://arquivos.ana.gov.br/resolucoes/2013/903-2013.pdf>. Acesso em: 06 abr. 2024.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria nº 518, de 25 de março de 2004**. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano. Brasília, 2004. Disponível em: http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/portaria_ms_n518_2004.pdf. Acesso em: 23 set. 2024.

BASTOS, L. C. **Indicadores de qualidade da água para consumo humano em municípios da baixada maranhense**. 2016. Dissertação (Mestrado em Saúde e Ambiente) – Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2016.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Manual de procedimentos de vigilância em saúde ambiental relacionada à qualidade da água para consumo humano**. Brasília: Ministério da Saúde, 2006.

_____. Ministério da Saúde. **Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011**. Brasília, 2011. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm./2021>. Acesso em: 09 mar. 2024.

_____. Ministério da Saúde. **Portaria nº 888, de 04 de maio de 2021**. Brasília, 2021. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm./2021>. Acesso em: 09 mar. 2024.

FALKENMARK, M.; LUNDQVIST, J.; WIDSTRAND, C. Macro-scale water scarcity requires micro-scale approaches. **Natural Resources Forum**, v. 13, n. 4, p. 258-267, Nov. 1989 apud CASTRO, C. N. **Avaliação do programa nacional de apoio à captação de água de chuva e outras tecnologias sociais (programa cisternas), à luz dos objetivos de desenvolvimento sustentável**. Texto para discussão / Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada.- Brasília : Rio de Janeiro : Ipea, 2021.

GRASSI, M. T. As águas do planeta Terra. **Química Nova na Escola**, n. 1, p. 31-40, 2001.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico, 2017**: abastecimento de água e esgotamento sanitário. Rio de Janeiro: IBGE, 2020.

MILANEZ, T. V.; SOUZA, A.; BERNARDO, P. E. M. Nitrato e nitrito em água mineral envasada comercializada na cidade de São Paulo. **Boletim Instituto Adolfo Lutz**, v. 25, n. 1, p. 12-14, 2015.

PESCE, S. F.; WUNDERLIN, D. A. Use of water quality indices to verify the impact of Córdoba City (Argentina) on Suquia River. **Water Research**, v. 34, n. 11, p. 2915-2926, 2000.

QUINLIVAN, L.; CHAPMAN, D. V.; SULLIVAN, T. Validating citizen science monitoring of ambient water quality for the United Nations sustainable development goals. **Science of The Total Environment**, v. 699, 134255, 2020.

RAMOS, L. A.; CAVALHEIRO, C. C. S.; GOMES, E. T. Determinação de nitrito em águas utilizando extrato de flores. **Química Nova**, v. 29, n. 5, p. 1114-1120, 2006.



64º Congresso Brasileiro de Química
04 a 07 de novembro de 2025
Belo Horizonte - MG

RODRIGUES et al. Contaminação da água subterrânea e problemas a saúde humana na Baixada Maranhense. In: FARIAS FILHO, M. S. (Org.). **O espaço geográfico da Baixada Maranhense**. São Luís: JK Gráfica Editora, 2012.

SILVA, P. S.; MORTIMER, E. F. O projeto água em foco como uma proposta de formação PIBID, **Química Nova na Escola**, v. 34, n. 4, p. 240-247, 2012.