



DIAGNÓSTICO DAS VARIÁVEIS FÍSICO-QUÍMICAS E BIOLÓGICAS COMO INDICADORAS DA QUALIDADE DE ÁGUA DO RESERVATÓRIO SAULO MAIA – PB

Maria Virgínia da Conceição Albuquerque ⁽¹⁾

Bióloga. Especialista em Gestão Ambiental e Desenvolvimento Sustentável. Mestre em Ciência e Tecnologia Ambiental. Doutoranda em Engenharia Ambiental – UEPB.

Josivaldo Rodrigues Sátiro

Técnico em Mineração – IFPB. Graduando em Engenharia Sanitária e Ambiental – UEPB.

Suely Fernandes da Silva

Graduanda em Química Industrial – UEPB.

Amanda da Silva Barbosa

Bióloga. Especialista em Etnobiologia. Mestranda em Ciência e Tecnologia Ambiental – UEPB.

Ediano Duarte Lima

Químico Industrial. Mestrando em Ciência e Tecnologia Ambiental – UEPB.

Wilton Silva Lopes

Prof. Dr. do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UEPB.

Endereço⁽¹⁾: Rua/Av. Juvêncio Arruda, S/N. Bairro Universitário - Campina Grande - Paraíba - CEP: 58109-790 - Brasil - Tel: +55 (83) 3315-3300 - e-mail: virginia.albuquerque@yahoo.com.br.

RESUMO

Destacando-se como um importante instrumento de gestão, o monitoramento da qualidade da água é um dos principais instrumentos de sustentação de uma política de planejamento e gestão de recursos hídricos. Partindo dessa premissa, o objetivo desse trabalho foi a avaliar os parâmetros físico-químicos e biológicos do reservatório Saulo Maia - este destinado a abastecimento público, localizado no município de Areia – Paraíba. Observou-se que os parâmetros de cor aparente, turbidez e microcistina-LR não atenderam as recomendações da Portaria de consolidação nº 005/2017 anexo XX do Ministério de Saúde para padrões de potabilidade de água. Para obedecer os padrões de qualidade estabelecido pela legislação atual, é necessário a intervenção de um tratamento avançado, pois o processo de desinfecção com adição de hipoclorito utilizado, não promove a remoção de microcistina-LR (cianotoxina hepatotóxica que pode ocasionar complicações sérias à saúde humana).

Palavras-chave: Qualidade de água, Potabilidade, Poluição, Saneamento básico.



INTRODUÇÃO/OBJETIVOS

A poluição hídrica e seus efeitos adversos alcançaram proporções alarmantes em todo o mundo. Grande parte dos ecossistemas aquáticos sofre algum tipo de impacto direto ou indireto por poluentes advindos dos centros urbanos e/ou das instalações industriais, o que intensivamente prejudica a capacidade de resiliência dos recursos naturais.

Destacando-se como um importante instrumento de gestão, o monitoramento da qualidade da água é um dos principais instrumentos de sustentação de uma política de planejamento e gestão de recursos hídricos, visto que funciona como um sensor que possibilita o acompanhamento do processo de seus usos, apresentando os efeitos sobre as características qualitativas das águas, visando subsidiar as ações de controle ambiental (GUEDES, DA SILVA et al., 2012).

Existem diversas maneiras de se avaliar a qualidade da água nos corpos hídricos, dentre elas as análises físico-químicas e biológicas se destacam e são largamente utilizadas como parâmetros indicadores da qualidade. Os parâmetros físicos são medidos em escalas próprias, os parâmetros químicos são usualmente dados em concentração (mg.L^{-1} ou ppm) e os parâmetros biológicos, pela indicação da densidade populacional do organismo de interesse (BRAGA et al., 2009). Ao abordar a questão da qualidade da água, é importante considerar que o meio líquido apresenta duas características marcantes, que condicionam a conformação desta qualidade, a capacidade de dissolução e a capacidade de transporte (BRASIL, 2014).

A avaliação da qualidade da água segue normas de análises pré-estabelecidas pelos órgãos competentes de acordo com a finalidade à qual ela se destina, sendo que a água para o consumo humano deve ser adequada à manutenção da saúde e seguir as normas de potabilidade. Essas normas representam as quantidades limítrofes dos diversos elementos que podem ser tolerados nas águas de abastecimento público.

Partindo dessa premissa, o objetivo desse trabalho foi realizar uma análise detalhada da qualidade ambiental do reservatório Saulo Maia, reservatório este destinado a abastecimento público, localizado no município de Areia – Paraíba. Realizou-se a avaliação de parâmetros físico-químicos e biológicos, bem como da identificação de potenciais fontes poluidoras, a fim de se obter resultados úteis à proposição de medidas que preservem e melhorem a qualidade ambiental desta sub-bacia.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

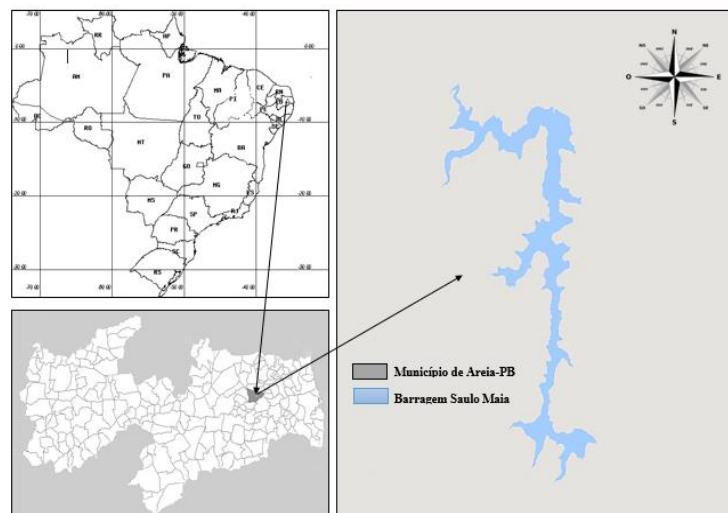
O Município de Areia é um geossistema de brejo de altitude, sua constituição paleoambiental de isolamento geográfico no semiárido é responsável por características, especificamente climáticas,



meteorológicas e geomorfológicas que compactuam com a disponibilidade ampla pluvial e armazenamento natural (relevo). Está localizado na microrregião do Brejo paraibano, numa área de 269,4 Km², de uma população estimada em 23.000 habitantes e uma densidade demográfica de 88,42 hab./Km² (IBGE, 2015).

Neste município há três reservatórios (Pau-Ferro, Rio do Canto e Saulo Maia), ambos fazem parte da bacia hidrográfica do rio Mamanguape, mas apenas o Pau-Ferro é monitorado pela Agência Executiva de Gestão de Águas do estado da Paraíba (AESAs). Destes, com capacidade de 2.611.200 m³, sendo um dos maiores do Brejo paraibano, o reservatório Saulo Maia, ainda em fase de obras, foi construído em 2001 em meio a vales profundos para garantir água de boa qualidade para o Município (MARQUES, et al., 2016), possuindo o maior potencial de reserva hídrica da cidade é responsável pelo abastecimento público através de “carros pipas” em cidades do Rio Grande do Norte e outros 15 municípios da Paraíba.

Figura 1. Mapa de localização do reservatório de estudo.



Fonte: AESA, 2017

Monitoramento e variáveis analisadas: com frequência mensal (dezembro 2016 a dezembro de 2017), se procedeu à coleta de amostras de água no reservatório Saulo Maia no ponto de captação da retirada da água para distribuição pública. Afim de identificar os os fatores determinantes da qualidade das águas neste reservatório, foram medidos pH, temperatura, oxigênio dissolvido, alcalinidade, dureza, condutividade, sólidos totais dissolvidos, cor, turbidez, carbono orgânico total e microcistina-LR. As técnicas de análises seguiram o *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2012), exceto microcistina-LR que foi analisado por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência.



RESULTADOS/DISCUSSÃO

O reservatório Saulo Maia apresentou alterações em seu ciclo hidrológico devido a crescente degradação causada pelos poluentes que chegam até as suas águas, por meio de precipitações, escoamentos superficiais, infiltrações e/ou lançamentos diretos de efluentes e resíduos sólidos. Os valores dos parâmetros físico-químicos e biológicos de qualidade da água analisados durante o período de amostragem, em cada coleta, estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Parâmetros analisados na caracterização da água de estudo e métodos utilizados.

PARÂMETROS	Máxima	Mínima	Médias
pH	9,3	7,5	8,4
Condutividade ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$)	471	426	448,5
Sólidos Totais Dissolvidos (ppm)	209	142,71	175,8
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	26,5	21,0	23,7
Alcalinidade Total ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}\text{ CaCO}_3$)	60,8	45	52,9
Dureza Total ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}\text{ CaCO}_3$)	66	23	44,5
Turbidez (uT)	37,7	18,1	27,9
Cor aparente (uH)	73,3	41,6	57,45
Microcistina – LR ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	3,6	2,8	3,2

Representando a intensidade das condições ácidas ou alcalinas do meio líquido por meio da medição da presença de íons hidrogênio H^+ , o valor do pH influi na distribuição da forma livre e ionizada de diversos compostos químicos, contribui para um maior ou menor grau de solubilidade das substâncias e define o potencial de toxicidade de vários elementos. As alterações de pH podem ter origem natural (dissolução de rochas, fotossíntese) ou antropogênica (despejos domésticos e industriais). Para a adequada manutenção da vida aquática, o pH deve situar-se geralmente na faixa de 6 a 9 (GASPAROTTO, 2011). No estudo, em quase todo período amostral foi verificado valores de pH alcalino. O pH pode ser considerado como uma das variáveis ambientais mais importantes, e é uma das mais difíceis de se interpretar. Tal complexidade é resultante dos inúmeros fatores que podem influenciá-lo, podendo estar relacionado a fontes de poluição difusa ou pontual.

Os valores de temperatura variaram de 21°C a $26,5^{\circ}\text{C}$ durante o período avaliado. Variações de temperatura são parte do regime climático normal e corpos de água naturais apresentam variações sazonais e diurnas, bem como estratificação vertical. Sendo influenciada por fatores tais como latitude, altitude, estação do ano, período do dia, vazão e profundidade, a elevação da



temperatura em um corpo d'água geralmente é provocada por despejos industriais (indústrias canavieiras, por exemplo) e usinas termoeletricas (CETESB, 2009). Este parâmetro tem influência nos processos biológicos, nas reações químicas e bioquímicas que ocorrem na água e em outros processos como a solubilidade dos gases dissolvidos e sais minerais, por isso é importante conhecer a variação de temperatura prevista na água a ser tratada.

A condutividade depende expressivamente da temperatura. Devido a isso, os dados de condutividade elétrica devem ser acompanhados da temperatura na qual foi medida. Para propósitos comparativos de dados de condutividade elétrica, deve ser definida uma das temperaturas de referência (20 °C ou 25 °C) (PINTO, 2007). Na legislação do Brasil não existe um limite superior deste parâmetro tido como aceitável. Porém, deve-se notar que oscilações na condutividade da água, ainda que não causem dano imediato ao ser humano, podem indicar tanto uma contaminação do meio aquático por efluentes industriais como o assoreamento acelerado de rios por destruição da mata ciliar (LÔNDERO e GARCIA, 2010). Os valores médios de condutividade identificados no corpo d'água em estudo foi $448,5 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. Segundo (GASPAROTTO, 2011) amostras contaminadas por esgotos, apresentam condutividade que pode variar de 100 a $10.000 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$.

Sólidos dissolvidos são constituídos por partículas de diâmetro inferior a $10^{-3} \mu\text{m}$ e que permanecem em solução mesmo após a filtração. A entrada de sólidos na água pode ocorrer de forma natural (processos erosivos, organismos e detritos orgânicos) ou antropogênica (lançamento de lixo e esgotos). Nas águas naturais os sólidos dissolvidos estão constituídos principalmente por carbonatos, bicarbonatos, cloretos, sulfatos, fosfatos, nitratos de cálcio, magnésio e potássio (BRASIL, 2006). Em saneamento, sólidos nas águas correspondem a toda matéria que permanece como resíduo, após evaporação, secagem ou calcinação da amostra a uma temperatura pré-estabelecida durante um tempo fixado (CETESB, 2009). O padrão de potabilidade refere-se apenas aos sólidos totais dissolvidos com limite: 1000mg L^{-1} , já que essa parcela reflete a influência de lançamento de esgotos, além de afetar a qualidade organoléptica da água.

Sendo a característica conferida à água pela presença de sais de metais alcalino-terrosos (cálcio, magnésio, etc.) e alguns metais em menor intensidade, a dureza de amostras de água é mensurada em $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ como carbonato de cálcio. Para águas de abastecimento, o padrão de potabilidade estabelece o limite de $500 \text{mg}\cdot\text{L}^{-1} \text{CaCO}_3$ (WURTS, 1993; BRASIL, 2006). Conforme tabela 1, foi identificado valores inferiores a $70 \text{mg}\cdot\text{L}^{-1} \text{CaCO}_3$ no reservatório em estudo.

A avaliação da cor da água se dá por distinção entre cor aparente e cor verdadeira. A cor verdadeira se refere a determinação de cor em amostras sem turbidez (removida por centrifugação, por exemplo), e a cor aparente à determinação de cor em amostras com turbidez, e essa intensidade pode ser medida em unidades de cor (uH) (APHA, 2012). As águas naturais



apresentam, em geral, intensidades de cor variando de 0 a 200 uH e para atender ao padrão de potabilidade, a água deve apresentar intensidade de cor aparente inferior a 5 uH (VON SPERLING, 2005). Considerado um dos parâmetros mais importantes, a cor aparente da água em estudo apresentou valores médios 10x maior que o VMP pela Portaria de consolidação nº 005/2017 anexo XX para os padrões de potabilidade.

De acordo com Portaria 2.914/2011/MS (BRASIL, 2011) revogada para Portaria de consolidação nº 005/2017 anexo XX, o limite máximo para qualquer amostra pontual de turbidez deve ser de 5,0 uT. Segundo Santos (2012) a turbidez é uma característica física da água, decorrente da presença de substâncias em suspensão, ou seja, sólidos suspensos, finamente divididos ou em estado coloidal, e de organismos microscópicos. O tamanho das partículas responsáveis pela turbidez varia muito, desde grosseiras a colóides, de acordo com o nível de turbulência do corpo hídrico. A presença destas partículas provoca a dispersão e a absorção da luz, deixando a água com aparência turva, esteticamente indesejável, pois pode prejudicar a fotossíntese das algas e plantas aquáticas submersas. Considerado como um parâmetro chave no monitoramento da qualidade de águas superficiais por sua influência na ecologia do ambiente aquático (GÖRANSSON et al., 2013), a turbidez pode atenuar a penetração da luz na coluna d'água e, assim, reduzir a sua transparência.

A concentração de microcistina–LR apresentou-se bastante elevada, sendo um valor encontrado com frequência em ambientes lênticos eutrofizados e indica riscos sérios à saúde humana. Estas toxinas possuem habilidade limitada em atravessar membranas na ausência de um transporte ativo, sua entrada nos hepatócitos se dá por meio dos transportadores de ácidos biliares, causando inibição das enzimas fosfatases 1 e 2A, com consequente hiperfosforilação das proteínas e desorganização do citoesqueleto. Esta desorganização leva à retração dos hepatócitos, o que, por sua vez, acarreta na retração dos capilares e aumento dos espaços intercelulares, ao passo que o sangue passa a fluir por estes espaços formados, o que é capaz de provocar lesões teciduais e hemorragia hepática (PEGRAM et al. 2008). As microcistinas não atuam somente como promotoras, mas também como agentes iniciadores de tumores por sua capacidade genotóxica (ZEGURA et al., 2011). Contudo, não se sabe ainda quais são os mecanismos envolvidos na indução tumoral, pois há falta de modelos celulares para estudos de toxicidade in vitro. Nos casos de exposição recreacional, podem ocorrer irritações cutâneas e problemas gastrintestinais, a exemplo de complicações no fígado.

CONCLUSÃO

A avaliação da qualidade da água deve integrar informações de caráter físico, químico e biológico. Os vários parâmetros discutidos no estudo, utilizados em conjunto, garantiram uma análise



profunda e relevante à cerca da qualidade da água destinada para o abastecimento público, estando imprópria para o consumo humano.

A água coletada no reservatório Saulo Maia é acondicionada em caminhões pipas e realizado o processo de desinfecção com adição de hipoclorito para serem distribuídas a população. A literatura explica que o processo de desinfecção em águas eutrofizadas não promove com eficiência o tratamento adequado para obedecer todos os parâmetros de padrões de potabilidade da água, e sua eficácia depende de alguns fatores, como pH, temperatura e tempo de contato. A microcistina-LR por exemplo, apresentou concentrações 3 vezes maior que o VMP pela portaria do Ministério de Saúde, e sua efetiva remoção se dá por meios de processos oxidativos avançados. Sabe-se ainda que a cloração da água contendo matéria orgânica favorece a formação dos trihalometanos (THMs) – alguns destes por sua vez, são identificados como cancerígenos. Essa reação ocorre devido à presença do halógeno (cloro) com substâncias húmicas ou fúlvicas presentes na água.

Assim, o comprometimento com a qualidade da água deve ter início com a preservação dos mananciais e reservatórios garantindo a presença das matas ciliares e fiscalizando o despejo de esgoto doméstico, agricultura e industrial. Apesar do grande avanço em saneamento básico no país é necessário o consumo sustentável da água, com reutilização, tratamento adequado e proteção para o meio ambiente e população que faz uso deste recurso.

REFERÊNCIAS

- APHA, A. W. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 22 ed. Washington, DC. American Public Health Association. American Water Works Association, Water Pollution control Federation, 2012.
- BRASIL, MINISTÉRIO DA SAÚDE, Portaria nº 2.914 de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para o consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília: Diário Oficial da União, 2011.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano/Ministério da Saúde**, Secretaria de Vigilância em Saúde. Brasília: Ministério da Saúde, 281 p. 2006.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS / Ministério da Saúde**, Fundação Nacional de Saúde. Brasília: Funasa, 2014.
- BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J. G. L.; MIERZWA, J. C.; BARROS, M. T. L.; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N.; EIGER, S. **Introdução à engenharia ambiental**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, p. 318.112.2009.



- CETESB. Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade das águas e dos Sedimentos e Metodologias Analíticas de Amostragem. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. São Paulo, p. 44. 2009.
- GASPAROTTO, F. A. **Avaliação Ecotoxicológica e Microbiológica da água de nascentes urbanas no município de Piracicaba-SP**. Universidade de São Paulo. Piracicaba, p. 90. 2011.
- GÖRANSSON, G.; LARSON, M.; BENDZ, D. Variation in the turbidity with precipitation and flow in a regulated river system – river Göta Älv, SW Sweden. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 17, p. 2529-2542. 2013.
- GUEDES, H. A. S. et al. Aplicação da análise estatística multivariada no estudo da qualidade da água do Rio Pomba, MG. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, p. 558-563, 2012.
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB). IBGE, Rio de Janeiro, p. 219, 2015.
- LÔNDERO, E.; GARCIA, C. Sovergs. Site Higienistas, 2010. Disponível em: <<http://www.sovergs.com.br/site/higienistas/trabalhos/10474.pdf>>. Acesso em: 15 Abril de 2018.
- MARQUES, A.L, OLIVEIRA, J.D, ARAÚJO, D.C, NERI, U.D.B, RAMOS, A.R.D. **Reservatório saulo maia, Areia-PB: uso da terra e conflitos hídricos**. Conidis II. 2016.
- PEGAM, R. A.; HUMPAGE, A. R.; NEILAN, B. A.; RUNNEGAR, M. T.; NICHOLS, T.; THACKER, R. W.; PFLUGMACHER, S.; ETHERIDGE, S. M. & LOVE, A. H. . Cyanotoxins Workgroup Report. **Advances in Experimental Medicine and Biology**, v. 619: 317-381.2008.
- PINTO, M. C. F. Manual medição in loco. Site da CPRM, 2007. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/pgagem/manual_medicoes_T_%20pH_OD.pdf>. Acesso em: 15 Abril 2018.
- VON SPERLING, M. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias - Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - UFMG, 2005. 452 p.
- ZEGURA, B.; STRASER, A. & FILIPIC, M. Genotoxicity and potential carcinogenicity of cyanobacterial toxins - a review. **Mutat Res**, v. 727: 16-41.2011.
- WETZEL, R. G. Limnology. 3. ed. San Diego: Elsevier Academic Press, 2001. 1006 p.
- WURTS, W. A. Understanding water hardness. World Aquaculture. Malden, v. 24, n. 1, p. 1-18, 1993.