

Utilização de recursos hídricos de fontes públicas no município de Poços de Caldas, sul de Minas Gerais: qualidade da água e implicações para a saúde humana

Use of water resources from public sources in the municipality of Poços de Caldas, southern Minas Gerais: water quality and implications for human health

Uso de recursos hídricos de fuentes públicas en el municipio de Poços de Caldas, sur de Minas Gerais: calidad del agua e implicaciones para la salud humana

Recebido: 11/04/2022 | Revisado: 21/04/2022 | Aceito: 29/04/2022 | Publicado: 02/05/2022

Rômulo Magno da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5698-0760>
Universidade Federal de Alfenas, Brasil
E-mail: romagnogra@gmail.com

Ivani Mello Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3355-0493>
Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil
E-mail: ivanimello1@hotmail.com

Luciana Botezelli

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5916-0442>
Universidade Federal de Alfenas, Brasil
E-mail: luciana.botezelli@gmail.com

Resumo

A água faz parte de diversos processos químicos, físicos e biológicos necessários à manutenção da vida. O uso de recursos contaminados ou não potáveis pode ocasionar problemas de saúde à população. Os padrões de água considerados adequados para o consumo humano estão dispostos, em sua maioria, na Portaria GM/MS nº 888/2021 do Ministério da Saúde. O objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade da água de bicas de uso público no município de Poços de Caldas, Minas Gerais. Para tal, foram avaliadas amostras de água de quatro bicas utilizadas pela população. Utilizaram-se reagentes químicos do produto EcoKit® para verificar as variáveis físico-químicas (turbidez, oxigênio dissolvido, pH e as concentrações de ortofosfato, amônia, nitratos e nitritos). Todas as amostras apresentam os resultados de turbidez, amônia, nitrato e oxigênio dissolvido de acordo com a legislação vigente. Os pontos de coleta 3 e 4 apresentaram valores de pH abaixo do intervalo definido como adequado na legislação vigente para consumo humano (entre 6 e 9,5) e a concentração de ortofosfato esteve acima do limite de aceitação de acordo com a Resolução nº 357/2005 do CONAMA (0,20 mg/L) estando inadequados para o consumo humano. Nesse sentido, é importante a adoção de políticas públicas voltadas ao monitoramento, além da elaboração de projetos de saneamento e higienização adequados para garantir a qualidade da água fornecida para a população. Por fim, é necessária a divulgação de informações aos consumidores sobre práticas e atitudes que tornem a utilização do recurso hídrico mais segura.

Palavras-chave: Bicas d'água; Indicadores físico-químicos; Consumo humano.

Abstract

Water is part of several chemical, physical, and biological processes necessary for the maintenance of life. The use of contaminated or non-potable resources can cause health problems to the population. The water standards considered suitable for human consumption are described in Ordinance GM/MS nº 888/2021 of the Ministry of Health. The objective of this work was to evaluate the water of public use spouts in the municipality of Poços de Caldas, Minas Gerais. In this regard, the water from four spouts used by the population was evaluated. Chemical reagents from the EcoKit® product were used to verify the physicochemical variables (turbidity, dissolved oxygen, pH and concentrations of orthophosphate, ammonia, nitrates, and nitrites). All samples presented the results of turbidity, ammonia, nitrate, and dissolved oxygen in accordance with current legislation. Collection points 3 and 4 showed pH values below the range defined as adequate in the current legislation for human consumption (between 6 and 9.5) and the concentration of orthophosphate was above the acceptance limit according to the Resolution 357/2005 of CONAMA (0,20 mg/L), being unsuitable for human consumption. In this sense, it is important to adopt public policies aimed to monitor, in addition to the development of adequate sanitation and sanitation projects to guarantee the quality of the water supplied to the population. Finally, it is necessary to disseminate information to consumers about practices and attitudes that make the use of water resources safer.

Keywords: Waterspout; Physical and chemical parameters; Human consumption.

Resumen

El agua es parte de varios procesos químicos, físicos y biológicos necesarios para el mantenimiento de la vida. El uso de recursos contaminados o no potables puede causar problemas de salud a la población. Los estándares de agua considerados aptos para el consumo humano están establecidos en la Ordenanza GM/MS n° 888/2021 del Ministerio de Salud. El objetivo de este trabajo fue evaluar el agua de las fuentes de uso público en el municipio de Poços de Caldas, Minas Gerais. Para eso se evaluó el agua de cuatro fuentes utilizadas por la población. Se utilizaron reactivos químicos del producto EcoKit® para verificar las variables fisicoquímicas (turbidez, oxígeno disuelto, pH y concentraciones de ortofosfato, amoníaco, nitratos y nitritos). Todas las muestras presentarán los resultados de turbidez, amoníaco, nitrato y oxígeno disuelto de acuerdo con la legislación vigente. Los puntos de recolección 3 y 4 presentaron valores de pH por debajo del rango definido como adecuado en la legislación vigente para el consumo humano (entre 6 y 9,5) y la concentración de ortofosfato estuvo por encima del límite de aceptación según la Resolución 357/2005 del CONAMA (0,20 mg/L), por eso no se mostró apta para el consumo humano. En este sentido, es importante adoptar políticas públicas dirigidas a la vigilancia, además del desarrollo de proyectos de saneamiento y saneamiento adecuados para garantizar la calidad del agua suministrada a la población. Finalmente, es necesario difundir información a los consumidores sobre prácticas y actitudes que hagan más seguro el uso de los recursos hídricos.

Palabras clave: Fuentes; Parámetros físicos y químicos; Consumo humano.

1. Introdução

A água é um recurso imprescindível à produção dos bens necessários ao desenvolvimento econômico e social, além de ser elemento vital para a conservação de ecossistemas e da vida dos seres vivos em nosso planeta (Wolkmer & Pimmel, 2013). As alterações do ambiente físico, químico e biológico causadas por atividades humanas provocam redução na qualidade da água (Okumura et al., 2020).

Deste modo, Osiero et al. (2019) lembram que, para a Organização Mundial da Saúde (OMS), cerca de 80% das doenças presentes em países em desenvolvimento são veiculadas por água contaminada por microrganismos patogênicos. Analogamente, conforme Fathi et al. (2018), a presença de certas substâncias em determinadas concentrações impede que a água tenha a qualidade necessária para seu consumo, podendo potencializar a incidência de diversos agravos à saúde. O motivo de tal prevalência se deve ao fato de que apenas cerca de 30% da população mundial têm acesso à água tratada (Gude, 2017). No mesmo sentido, conforme Osiero et al. (2019) e Freitas et al. (2021) cerca de 70% da população dos países em desenvolvimento utiliza soluções alternativas de abastecimento, o que pode facilitar a contaminação.

Para Xiong et al. (2021), as principais fontes de contaminação dos recursos hídricos são: lançamento de esgotos urbanos em cursos d'água sem prévio tratamento, utilização intensiva e descontrolada de defensivos agrícolas que podem escoar para rios e nascentes ou atingir o lençol freático e a atividade industrial que utiliza os rios como carreadores de resíduos tóxicos.

Tendo em vista o contexto apresentado, Oliveira Júnior et al. (2019) argumentam que é necessário que a água consumida pela população atenda aos padrões de potabilidade estabelecidos por órgãos responsáveis pela fiscalização e controle, tendo em vista que a observância de tais padrões é capaz de impedir ou minimizar a propagação de doenças. No Brasil, os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para o consumo humano e o padrão de potabilidade estão dispostos na Portaria GM/MS n° 888, de 04 de maio de 2021 do Ministério da Saúde (Brasil, 2021), fonte normativa geral mais recente que regula o tema.

Diversas variáveis são observadas para a apuração da qualidade da água utilizada pela população, sendo algumas das mais importantes, de acordo com *American Public Health Association - APHA* (2015), Brasil (2021) e Uddin et al. (2021) as seguintes: oxigênio dissolvido (OD), potencial hidrogeniônico (pH), turbidez, concentração de amônia, concentração de nitratos, concentração de nitritos e concentração de fosfatos.

Em relação à variável (OD), níveis abaixo do previsto pela legislação podem indicar presença de despejo de cargas de poluentes orgânicos ou elevada temperatura. Consoante a Resolução CONAMA n° 357/2005, a amostra não deve possuir OD

dissolvido inferior a 6 mg/L de O₂ (Brasil, 2005). Embora Brasil (2021) disponha que nos sistemas de soluções alternativas coletivas de abastecimento de água para consumo humano, cujo suprimento ocorre através de manancial superficial, deva ser realizada análise de OD, a normativa não traz a forma de realização do teste ou o intervalo de aceitabilidade de tal índice.

O (pH) indica neutralidade, basicidade ou acidez da água. Conforme Daneluz e Tassaró (2015), a análise do (pH) é importante, já que se relaciona com o crescimento bacteriano, uma vez que, para a maioria das bactérias, o pH ótimo para seu desenvolvimento oscila entre 6,5 e 7,5 e a basicidade elevada pode indicar água imprópria para consumo, já que possui excesso de sais. O pH é padrão de potabilidade, devendo as águas para consumo humano apresentar valores entre 6,0 e 9,0 (Brasil, 2021) para águas com temperatura de 15° C.

A turbidez tem como origem a presença de substâncias dissolvidas na água. Tal presença pode interferir na dispersão e absorção da luz, dando à água aspecto nebuloso, o que pode indicar que seja potencialmente perigosa para consumo (Ewaid & Abed, 2017; Gloria et al., 2017). A turbidez pode ser causada por algas, detritos orgânicos, bactérias, plâncton em geral, partículas inorgânicas (argila, lodo, areia, silte) e descarga de esgoto doméstico ou industrial (WHO, 2017). Conforme Brasil (2021), o valor máximo de turbidez para água de abastecimento público é de 5 UT (Unidade de Turbidez).

Yu et al. (2019) informam que a amônia é formada pela decomposição de compostos orgânicos ou inorgânicos, pela redução de nitrogênio gasoso através da ação de microrganismos ou pelas transferências gasosas da água com o ar. As descargas residuais domésticas e industriais também podem justificar a presença do composto na água (Huang et al., 2017). A amônia apresenta grande importância para a potabilidade da água, pois, além de ser tóxica, é capaz de interferir na concentração de OD (Barth et al., 2020). A alta concentração de amônia pode ocorrer devido à proximidade com fontes de contaminação ou pela redução de nitrato por bactérias ou por íons ferrosos presentes no solo (Zhu et al., 2019). A concentração máxima de amônia da água potável deve ser de 1,2 mg/L de água (Brasil, 2021).

Conforme Silva et al. (2017), o nitrato geralmente ocorre em pequenas concentrações em águas superficiais, muito embora sua capacidade de dispersão possibilite que se ele espalhe por grandes áreas. De acordo com Biguelini e Gumy (2012), o excesso de nitratos é de grande importância para a saúde humana, já que o composto pode se converter em nitrito que ao se ligar à hemoglobina formando a metemoglobina, pigmento azulado que não transporta oxigênio. Tal agravo ocorre mais frequentemente em crianças e adultos com deficiências na produção de certas enzimas. Para a água destinada ao consumo humano, a máxima taxa de concentração de nitrato deve ser de 10 mg/L de água (Brasil, 2021).

Barbieri et al. (2014) destacam que o nitrito é o composto intermediário no processo de nitrificação, em que a amônia é oxidada por bactérias formando nitrito e, a seguir, nitrato. Kim et al. (2019) acrescentam que, dependendo da concentração, o composto é tóxico para muitos organismos. Os autores salientam que a molécula geralmente é encontrada em pequenas concentrações na água, já que é instável na presença de oxigênio. Sua ingestão direta pode gerar a síntese de metemoglobina, independentemente da idade do indivíduo (Pinheiro et al., 2018). A concentração máxima de nitrito para a água destinada ao consumo humano é de 1 mg/L, conforme Brasil (2021).

Em relação ao fosfato, Oliver et al. (2019) destacam que o principal efeito do aumento da sua concentração nas águas é a eutrofização, responsável pelo aparecimento de cianofíceas que produzem toxinas hepatóxicas. Para Emídio (2012), a origem de fosfatos na água pode ser natural, decorrente da decomposição de matéria orgânica e lixiviação de rochas ou antrópica, resultante de escorrências de terras agrícolas fertilizadas e de falhas no tratamento de águas residuárias. Igualmente, a presença de fosfatos em meios hídricos, sobretudo em ambientes urbanos, está relacionada à contaminação por esgotos domésticos (Campo et al., 2020). De acordo com Brasil (2005), a concentração máxima de fosfato em água doce deve ser de 0,02 mg/L.

Araújo et al. (2013) argumentam que os depósitos de água subterrânea são naturalmente protegidos, todavia o uso da água sem o controle de sua qualidade coloca em risco a saúde do usuário, sendo notório o aumento da incidência de doenças de

veiculação hídrica e outras a ela relacionadas em consumidores da água dessas fontes. Nesse sentido, o monitoramento da água oriunda dos lençóis freáticos é um instrumento de vital importância para a gestão da qualidade dos recursos hídricos (Uddin et al., 2021). O recurso necessita, assim, atender aos indicadores físico-químicos e microbiológicos a fim de ser garantida sua potabilidade, já que a preocupação com a contaminação da fonte hídrica está diretamente relacionada com a qualidade da saúde dos consumidores (Arroyo, 2013).

Silva et al. (2017) enfatizam que as fontes alternativas de abastecimento de água são largamente utilizadas pela população urbana, visto que os usuários acreditam que as águas de fontes subterrâneas, as “minas”, por não terem sido manipuladas, possuem qualidade superior às fornecidas pelas companhias de saneamento responsáveis pelo tratamento e distribuição de água. Em sentido contrário à percepção da população, Lovato e Silva (2015) informam que a utilização de água de bicas é considerada um problema de saúde pública, já que nelas pode ser verificada a presença de micro-organismos, capazes de ocasionar quadros de diarreia e outras enfermidades causadas por protozoários, vírus e bactérias.

Lovato e Silva (2015) acrescentam que existe a possibilidade de a contaminação das águas das bicas ocorrer por fontes diversas, tais como indústrias, esgoto doméstico, resíduos sólidos, decomposição de matéria orgânica, agrotóxicos, entre outros, o que denota um claro risco à qualidade da água. Wachinski (2013) aponta como fator de risco para as fontes a presença de animais domésticos quando não há cercas ou muros de proteção. Igualmente, o autor alerta sobre a necessidade de que a fiscalização da qualidade das fontes seja frequente e não delegada aos proprietários, cabendo a função aos responsáveis pelos serviços de saúde dos municípios. Nesse sentido, a municipalidade, por meio de órgãos públicos, deve dispor de serviços que informem aos usuários os riscos à saúde advindos de práticas de consumo inapropriadas. Assim sendo, o objetivo proposto por este trabalho foi avaliar a potabilidade dos recursos hídricos subterrâneos, popularmente conhecidos como “minas” ou “bicas” no município de Poços de Caldas, sul de Minas Gerais, com o intuito de verificar se tais recursos apresentavam riscos para a saúde humana.

2. Metodologia

2.1 Caracterização da área de estudo

Segundo IBGE (2019), o município de Poços de Caldas – MG, possui população de aproximadamente 166.000 habitantes (estimativa para 2017). De clima ameno e temperatura média em torno dos 18° C, está situado sob o domínio do bioma da mata atlântica; localiza-se em um planalto elíptico, com área aproximada de 750 km², de altitude média de 1.300 m e campos suavemente ondulados. De acordo com Freddo Filho (2018) seus solos têm características geológicas diversas, sendo formados por extensa intrusão de rochas alcalinas, circundados por formações arqueanas. Ainda para o autor, tais solos são geralmente argilosos, com baixa ocorrência de arenito; além de ser notada a presença de jazidas de bauxita e argila refratária. Há grandes reservas de minérios ferrosos, não ferrosos e radioativos.

Segundo Departamento Municipal de Água e Esgoto (DMAE), 99,6% da população é atendida com água tratada e a coleta do esgoto atende 99,8% das residências, sendo que 30% do esgoto da cidade é tratado antes de sua disposição nos rios. A empresa Águas Minerais de Poços de Caldas, pertencente ao DMAE, produz mensalmente cerca de 10.000 galões de 20 litros de água mineral, 8.000 de 10 litros, 1.000 caixas de copos de 20 ml, 66.000 garrafas de 510 ml e 9.000 garrafas de 1,5 litro. Esse recurso é extraído de depósitos subterrâneos que ocorrem naturalmente na cidade (DMAE, 2019).

Ribeiro et al. (2021) afirmam que a cidade é uma das mais conhecidas em cenário nacional devido às suas águas termais com efeitos medicinais. Ainda, para Carvalho e Ponezi (2014), a possibilidade de contaminação das águas da cidade de Poços de Caldas é baixa, tendo em vista a temperatura das águas e o longo período de residências das águas sulfurosas (12.500 anos). Todavia, não devem ser descartadas as possibilidades de contaminação, sobretudo devido à recente expansão urbana

(Andrade et al., 2019). Ainda, as tubulações coletoras de esgoto atravessam em seus cursos áreas muito próximas às fontes, o que gera preocupação de contaminação (Freddo Filho, 2018).

2.2 Coleta de dados

Foram analisados os indicadores físico-químicos e biológicos de quatro bicas de uso público de Poços de Caldas. Os pontos de coleta estão descritos no Quadro 1.

Quadro 1. Localização dos pontos (bicas) de coleta de água no município de Poços de Caldas, MG.

Pontos (bicas)	Localização
1	Fonte José e Jacó, na Av. Francisco Salles, Centro
2	Fonte das Rosas, Av. Benedito Otoni, Jd. dos Estados
3	Praça do Jardim, Jardim Santa Rosália
4	Rua Biágio Varalo, Vila Cruz.

Fonte: Autores.

As coletas foram realizadas entre os meses de fevereiro e março do ano de 2019, período marcado por intensas chuvas de verão. Foi realizada uma coleta em cada fonte. Os indicadores estão descritos, juntamente com método empregado, no Quadro 2.

Quadro 2. Indicadores avaliados e o método utilizado na análise de quatro bicas de uso público no município de Poços de Caldas, MG.

Indicadores	Método
Temperatura	Termômetro
Turbidez	Disco de Secchi
pH	Indicador de amarelo metanil ou tropaeolina G e conferência em cartela de coloração
Amônia	Reagente azul de indofenol
Nitratos	Espectro de nitratos do método N-(1-naftil)-etilenodiamina (NTD)
Nitritos	N-(1-naftil)-etilenodiamina (NTD)
Ortofósforos	Azul de molibdênio
Oxigênio dissolvido (OD)	Winkler

Fonte: Autores.

Os testes foram realizados por meio de reagentes químicos constantes do produto EcoKit®, produzido pela empresa AlfaKit, devido a sua facilidade de manuseio e capacidade de medição das variáveis no próprio local de coleta.

No presente estudo, a água das fontes foi enquadrada como destinada para consumo humano que, segundo Brasil (2021), é a água potável destinada à ingestão, preparação de alimentos e à higiene pessoal, independentemente da sua origem. O instrumento normativo define como água potável aquela que atende ao padrão de potabilidade estabelecido, não oferecendo riscos à saúde. Por fim, padrão de potabilidade é o conjunto de valores permitidos para os parâmetros da qualidade da água para consumo humano.

Nesse sentido, a comparação das amostras foi realizada com base nos índices de potabilidade definidos pela Portaria GM/MS nº 888/2021 (Brasil, 2021) que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Para fins de análise, as fontes de coleta foram classificadas como solução alternativa coletiva de abastecimento de água para consumo humano, definidas por Brasil (2021) como a modalidade de abastecimento coletivo destinada a fornecer água potável, sem rede de distribuição.

Uma vez realizados os testes e obtidos os resultados, estes foram comparados como os indicadores definidos pelos padrões legais que especificavam as características de potabilidade da água, no caso em questão a Portaria já especificada e, subsidiariamente a Resolução nº 357/2005 do CONAMA. Para os procedimentos de coleta e acondicionamento das amostras, foram utilizadas as técnicas indicadas por Scuracchio (2010), Portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde (Brasil, 2011), Renovato et al. (2012), Funasa (2013) e Brasil (2021).

3. Resultados e Discussão

A partir das análises realizadas, reuniram-se na Tabela 1 os valores encontrados para cada indicador. Segundo as análises realizadas, averiguou-se que 50% dos pontos apresentaram valores que não atendiam plenamente ao disposto nas normas que regem o tema.

Tabela 1. Variáveis de estado e valores encontrados nos pontos de coleta 1, 2, 3 e 4, no município de Poços de Caldas, MG. Sendo pH: potencial hidrogeniônico; OD: oxigênio dissolvido; UNT: Unidade nefelométrica de turbidez.

Indicadores	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Parâmetro de referência
Temperatura	15 °C	15 °C	15 °C	15 °C	15 °C
Turbidez	<3 UNT	<3 UNT	<3 UNT	<3 UNT	≤5
pH	7	6	5	5,8	6-9
Amônia	0 mg/L N-NO ₃	0,05 mg/L N-NO ₃	0 mg/L N-NO ₃	0,10 mg/L N-NO ₃	1,2 mg/L N-NO ₃
Nitrato	0 mg/L N-NO ₃	0 mg/L N-NO ₃	0,3 mg/L N-NO ₃	0 mg/L N-NO ₃	10 mg/L N-NO ₃
Nitrito	0 mg/L N-NO ₃	0 mg/L N-NO ₃	0 mg/L N-NO ₃	0 mg/L N-NO ₃	1 mg/L N-NO ₃
Ortofosfato	0 mg/L PO ₄	0 mg/L PO ₄	0,025 mg/L PO ₄	0,03 mg/L PO ₄	0,02 mg/L PO ₄
OD	9 mg/L O ₂	12 mg/L O ₂	10 mg/L O ₂	14 mg/L O ₂	<6 mg/L O ₂

Fonte: Autores.

Quanto ao índice de turbidez não foi encontrado nenhum valor que indicasse que a água das fontes fosse reprovável para consumo humano, conforme Brasil (2021) (Tabela 1). Tais resultados vão ao encontro das conclusões a que chegaram Araújo et al. (2013), para quem a turbidez é resultado da presença de materiais sólidos em suspensão, capazes de reduzir a transparência da água e, nesse sentido, os pesquisadores afirmam que as águas subterrâneas, na maioria dos casos, não apresentam problemas no que se refere ao referido parâmetro.

Em relação ao pH da água, nos pontos 3 e 4 (Tabela 1), os valores estão abaixo dos valores indicados por Brasil (2021) como adequados para consumo humano (pH = 6,0 a 9,0). Estes resultados corroboram com os estudos de Tavares et al. (2017) e Silva et al. (2020), em que o pH abaixo dos valores indicados na legislação foi indicativo de reprovabilidade da água para o consumo humano.

As alterações de pH podem estar relacionadas com as características geológicas, decomposição das rochas e aspectos relacionados com o intemperismo (Ferraz & Silva, 2015). Na visão de Araújo et al. (2013), o pH é um indicador que afeta a qualidade da água, sendo alterado devido à presença de gás carbônico dissolvido e ao alto teor de álcalis solúveis. Cunha et al. (2012) esclarecem que baixos valores de pH podem estar relacionados à decomposição de matéria orgânica presentes na amostra. Foi encontrado pH ácido nos estudos conduzidos por Cappi et al. (2012) e Silva et al. (2020), o que indicou de contaminação por micro-organismos.

A importância do pH para Daneluz e Tassaró (2015), deve-se ao fato de que este parâmetro favorece o crescimento de bactérias, vírus e fungos. Logo, valores de pH discrepantes dos valores de referência podem estimular o crescimento de organismos como *Enterobacter* complexo *Cloacae*, *Esterichia coli* e *Klebsiella pneumonia*, tornando a água imprópria para

consumo (Nascimento et al., 2016).

As concentrações de amônia, nitrato e nitrito das amostras coletadas estão enquadradas dentro dos valores considerados adequados por Brasil (2021) (Tabela 1). Não foram encontradas nas amostras concentrações de nitrato acima de 10 mg/L e de amônia acima de 1,2 mg/L, valores de referência da água potável para consumo humano (Brasil, 2021). Igualmente, não foram encontradas concentrações de nitrito acima de 1 mg/L. Esses resultados corroboram com as conclusões de Tavares et al. (2015), que considerou que a concentração de nitritos e nitratos em águas subterrâneas geralmente não é maior que 5 mg/L. Os resultados evidenciados nesse estudo indicam que a água não era imprópria para consumo, corroborando os resultados obtidos por Mousinho et al. (2014) e Tavares et al. (2015). Neste sentido, pode-se salientar que, conforme os mesmos autores, a ausência de amônia sugere que não houve poluição recente da amostra. Para os autores é incomum encontrar altas concentrações de amônia em amostras de água, já que o composto se converte rapidamente em nitritos e nitratos. Os valores encontrados neste estudo estão abaixo de valores apresentados por Scorsafava et al. (2010), Silva et al. (2017) e Tavares et al. (2017).

No Ponto 3, foi constatada a presença de concentração de 0,025 mg/L de fosfato. Para o ponto 4, foi encontrada a concentração de 0,03 mg/L (Tabela 1), evidenciando possível contaminação por esgotos domésticos. Conforme Koilraj e Sasaki (2017), o fósforo pode estar presente na água em decorrência de fatores naturais (decomposição de rochas, decomposição de matéria orgânica, chuva, carreamento do solo) ou fatores antropogênicos (lançamento de esgotos, pesticidas, detergentes ou fertilizantes). As águas não poluídas apresentam concentração de fosfato que varia de zero até 0,05 mg/L (Conceição, 2009). Hanipa e Houssein (2017) avaliam que a água não contaminada possui até 0,1 mg/L de fosfato e Fineza (2008) afirma que águas com concentração de fosfato acima de 0,05 mg/L estão contaminadas por atividades antrópicas. Apesar das divergências dos autores quanto à concentração de fosfato prejudicial à saúde humana e, considerando que Brasil (2021) não determina qual concentração ideal de fosfato em águas para consumo humano, Brasil (2005) informa que a concentração da água destinada ao consumo humano deva ter concentração de fosfato inferior a 0,02 mg/L. Assim, optou-se pela utilização deste último valor como referência para o índice em questão.

Destaca-se que um dos locais onde se evidenciou a presença de fosfato (Ponto 4) (Quadro 1), localiza-se próximo à densa vegetação de Mata Atlântica, o que poderia explicar em parte a alta concentração avaliada, devido à intensa atividade de decomposição de matéria orgânica (Guimarães et al., 2012; Pinto & Negreiros, 2021). Tal constatação também foi verificada por Silva et al. (2014). O ponto 3 localiza-se em uma pequena praça circular com cerca de 5 m de diâmetro, com a presença de vegetação. Todos os locais de coleta estavam localizados na zona urbana, sendo densamente povoadas, sobretudo o ponto 3. Assim, tendo em vista que os esgotos dos bairros onde se situavam as fontes não eram tratados (DMAE, 2019), a carga de fosfato presente na amostra pode ser decorrente do lançamento desses efluentes.

Tal ideia é corroborada por Hamad et al. (2021), pois os recursos hídricos, ainda que sob depósitos subterrâneos, são passíveis de sofrer contaminação. Isso porque geralmente são verificadas interferências entre poços, fontes e efluentes urbanos potencialmente contaminadores.

Adicionalmente, de acordo com Stradioto et al. (2019), assim como Santos et al. (2021), as obras de canalização possuem, dentre outras finalidades, a de transporte de esgoto. Para os autores, tais obras de engenharia são superficialmente instaladas, o que pode ocasionar problemas devido aos diferentes tipos de solo que percorrem. Assim, a menos que haja um controle constante, é de se esperar que o material dos esgotos escape, podendo ocasionar a contaminação dos mananciais ou fontes subterrâneas com as substâncias contidas nos efluentes (Stolf & Molz, 2017).

Outro provável motivo para a presença de fosfatos nas amostras coletadas pode ser a época em que as coletas foram realizadas. Costa et al. (2020) avaliaram a sazonalidade na concentração de compostos de fósforo e nitrogênio em amostras de água analisadas, levando-os a levantar a hipótese de que a maior concentração dos elementos em períodos chuvosos decorreria

do escoamento dos esgotos para as fontes subterrâneas causadas pelo maior afluxo de água devido à estação chuvosa. Este é outro indicativo de que as amostras analisadas no presente estudo podem estar contaminadas por efluentes domésticos. Todavia, a fim de que tal hipótese possa ser evidenciada, são necessários estudos mais amplos, sobretudo os que comparem as variáveis obtidas nas amostras coletadas em períodos chuvosos com variáveis de amostras coletadas em períodos mais secos.

Nas amostras coletadas, a variável OD sempre esteve acima de 6 mg/L, o que evidencia conformidade com a Resolução nº 357/2005 do CONAMA (Brasil, 2005) (Tabela 1). Neste caso, optou-se pela comparação da variável como a Resolução referida, já que Brasil (2021) não aponta qual o valor de referência do índice evidenciado. O nível de oxigênio adequado é importante, pois está relacionado à autodepuração da água. Nesse sentido, o índice (OD) encontrado nos pontos analisados no presente estudo se conforma com os valores apresentados por Rocha e Zanella (2016), que indicaram em seu trabalho que o OD da água de mananciais destinados ao consumo humano apresentava adequada concentração de O₂.

Acrescente-se ainda que as fontes avaliadas apresentam outros riscos potenciais à saúde humana, visto que, conforme Brasil (2021) é necessário que toda água para consumo humano fornecida coletivamente deve ser submetida a processo de desinfecção ou adição de desinfetante. A Portaria ainda enfatiza que os sistemas e as soluções alternativas coletivas de abastecimento de água para consumo humano precisam contar com técnico habilitado responsável pela operação. Nas fontes analisadas foi constatado que tais procedimentos não são realizados.

4. Considerações Finais

Os recursos hídricos são um fator essencial para a manutenção da qualidade da vida, além de ser a base para o desenvolvimento econômico e social. Todavia, apesar do avanço tecnológico e do aprimoramento cultural alcançado pela humanidade, a questão da segurança na utilização da água precisa ser monitorada nos quesitos relativos à conservação e utilização consciente.

No presente estudo, realizado na cidade de Poços de Caldas, observou-se que grande parte das fontes (bicas) analisadas não satisfaz totalmente as condições previstas pela legislação que asseguram a segurança à saúde. Alguns índices se mostraram críticos, evidenciando que 50% das bicas não eram capazes de satisfazer plenamente a todos os requisitos de potabilidade necessários para se garantir a segurança do consumo pela população usuária do recurso. Ainda, foram constatados outros eventos que indicavam riscos à saúde humana.

Pelo exposto, faz-se necessária uma intervenção na situação em questão, já que há fatores que tendem a colocar em risco a saúde dos residentes no município no tocante à utilização dos recursos hídricos. Políticas públicas, sobretudo as que visem a monitorar e garantir a qualidade da água, precisam ser implementadas. Além disso, é necessário disseminar informações aos usuários dos recursos sobre práticas e atitudes que tornem o consumo da água mais seguro. Tendo em vista que a análise realizada foi preliminar (uma única campanha) e através de kits de análise da água da AlfaKit, faz-se necessária a realização análises mais robustas, através de procedimentos como a espectrofotometria, para que assim, possam se obter resultados mais fidedignos. Além das análises físico-químicas (realizadas nesse estudo), é fundamental a realização de análises microbiológicas a fim de aferir com maior abrangência a qualidade da água. Dessa forma, espera-se que com tais medidas possam ser evitados riscos à saúde relacionados ao consumo de água de fontes públicas.

Referências

- Andrade, A. C.; Ramos, G. M. & Martins, R. M. (2019). Crescimento populacional, paisagem e qualidade de vida em Poços de Caldas (MG), uma cidade média turística. *Sociedade e Território*, 32 (02), 27-48.
- APHA – American Public Health Association. (2015). *Standard methods for examination of water and wastewater*. 23. ed. Washington: American Public Health Association.

- Araújo, C. F.; Hipólito, J. R.; & Waichman, A. V. (2013). Avaliação da qualidade da água de poço. *Revista do Instituto Adolfo Lutz*, 72 (1), 53-58.
- Arroyo, M. G. (2013). *Água de soluções alternativas: estudo da diversidade de espécies fúngicas*. Dissertação (Mestrado em Microbiologia) - Universidade Estadual Paulista, UNESP, 98 p.
- Barbieri, E. et al. (2014). Concentrações do nitrogênio amoniacal, nitrito e nitrato em áreas de engorda de ostras no município de Cananeia-SP. *Mundo da Saúde*, 38 (01), 105-115.
- Barth, G. et al. (2020). Conversion of ammonium to nitrate and abundance of ammonium-oxidizing-microorganism in Tropical soils with nitrification inhibitor. *Scientia Agricola*, 77 (04), e20180370.
- Biguelini, C. P. & Gumy, M. P. (2012). Saúde Ambiental: Índices de nitrato em águas subterrâneas de Poços Profundos na Região Sudoeste do Paraná. *Revista Faz Ciência*, 14 (20), 153- 175.
- Brasil. (2005). *Resolução CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005*. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília: Conselho Nacional do Meio Ambiente.
- Brasil. (2011). *Portaria do Ministério da Saúde nº 2914 de 12 de dezembro de 2011*. Dispõe sobre os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília: Ministério da Saúde (Série Legislação de Saúde).
- Brasil. (2021). *Portaria GM/MS nº 888 de 04 de maio de 2021*. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, 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: Ministério da Saúde (Série Legislação de Saúde).
- Campo, R. et al. (2020). Efficient carbon, nitrogen and phosphorus removal from low C/N real domestic wastewater with aerobic granular sludge. *Bioresourch Technology*, 305 (122961).
- Cappi, N. et al. (2012). Qualidade da água e fatores de contaminação de poços rasos na área urbana de Anastácio (MS). *Geografia, Ensino e Pesquisa*, 16 (03), 77-91.
- Carvalho, A. M. & Ponezi, A. N. (2014). Avaliação da qualidade das águas termais sulfurosas distribuídas nas fontes da cidade de Poços de Caldas-MG. In: XVIII Congresso Nacional de Águas Subterrâneas, 2014, Belo Horizonte. *Anais...* Belo Horizonte: ABAS.
- Conceição, F. T. et al. (2009). Hídrogeoquímica do Aquífero Guarani na área urbana de Ribeirão Preto (SP). *Geociências*, 28 (01), 65-77.
- Costa, I.; Saldanha, E. C. & Monte, C. N. (2020). A sazonalidade de contaminantes em águas subterrâneas e superficiais entorno de um aterro sanitário na região Amazônica. *Revista Ibero-americana de Ciências Ambientais*, 11 (05), 371-382.
- Cunha, H. F. A. et al. (2012). Qualidade físico-química e microbiológica da água mineral e padrões da legislação. *Revista Ambiente e Água*, 07 (03), 155-165.
- Daneluz, D.; Tessaro, D. (2015). Padrão físico-químico e microbiológico da água de nascentes e poços rasos de propriedades rurais da região sudoeste do Paraná. *Revista Arquivos do Instituto Biológico*, 82 (07).
- Dmae. *História*. < <http://dmaepc.mg.gov.br/Institucional/historia>>.
- Emídio, V. J. G. (2012). *A problemática do fósforo nas águas para consumo humano e águas residuais e soluções para o seu tratamento*. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia) - Universidade do Algarve, 118 p.
- Ewaid, S. H. & Abed, S. A. (2017). Water quality index for Al-Gharraf River, southern Iraq. *Egyptian Journal of Aquatic Research*, 43:117-122.
- Fathi, E.; Zamani-Ahmadmohmoodi, R. & Zare-Bidaki, R. (2018). Water quality evaluation using water quality index and multivariate methods, Beheshtabad River, Iran. *Applied Water Science*, 08 (210).
- Ferraz, M. F. A. & Silva, E. M. (2015). Estudo de Viabilidade de um Sistema de Tratamento para Reutilização de Água em Finalidades Domiciliares Diversas. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, 19 (03): 702-712.
- Fineza, A. G. (2008). *Avaliação da contaminação de águas subterrâneas por cemitérios: estudo de caso de Tabuleiro – MG*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - UFV, 63 p.
- Freddo Filho, V. J. (2018). *Qualidade das águas subterrâneas rasas do aquífero Barreiras: estudo de caso em Benevides – PA*. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos) - UFPA, 113 f.
- Freitas, C. M. O. et al. (2021). Teores de flúor em mananciais e na rede de abastecimento público de municípios de Pernambuco, Brasil. *Ciências e Saúde Coletiva*, 26 (02): 3467-3655.
- Funasa. (2013). *Manual Prático de Análise de Água*. (4a ed.), FUNASA. 150 p.
- Gloria, L. P.; Horn, B. C. & Hilgemann, M. (2017). Avaliação da qualidade da água de bacias hidrográficas através da ferramenta do índice de qualidade da água – IQA. *Caderno Pedagógico*, 14 (01).
- Guimarães, D. V. et al. (2012). Qualidade da Matéria Orgânica do Solo e Estoques de Carbono e Nitrogênio em Fragmento de Mata Atlântica do Município de Neópolis, Sergipe. *Scientia Plena*, 08 (04).
- Gude, V. G. (2017). Desalination and water reuse to address global water scarcity. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, (16): 591-609.

- Hamad, J. R.; Yaacob, W. Z. & Omran, A. (2021). Quality assessment of groundwater resources in the city of Al-Marj, Libya. *Process*, 09 (154).
- Hanipa, M. M. & Hussain, A. Z. (2017). Seasonal variations of groundwater quality in and around Dingigul town, Tamilnadul, India. *Der Chemica Sinica*, 08 (02): 235-241.
- Huang, J. et al. (2017). Removing ammonium from water and wastewater using cost-effective adsorbents: a review. *Journal of Environmental Science*, 63: 174-197.
- IBGE. *Poços de Caldas: Panorama*. Disponível em: <cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/pocos-de-caldas>. Acesso em 11 de janeiro de 2019.
- Kim, J. et al. (2019). Toxic effects of nitrogenous compounds (ammonia, nitrite, and nitrate) on acute toxicity and antioxidant responses of juvenile olive flounder, *Paralichthys olivaceus*. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 67: 73-78.
- Koilraj, P. & Sasaki, K. (2017). Selective removal of phosphate using La-porous carbon composites from aqueous solutions: batch and column studies. *Chemical Engineering Journal*, 317: 1059-1068.
- Lovato, P. A. & Silva, C. A. (2015). Diagnóstico dos resíduos sólidos domiciliares no município de Rolândia - PR. *Revista de Ciências Ambientais*, 8 (2): 37-45.
- Mousinho, D. D. et al. (2014). Avaliação da qualidade físico-química e microbiológica da água de bebedouros de uma creche em Teresina. *Revista Interdisciplinar*, 07 (01): 93-100.
- Nascimento, E. D.; Maia, C. M. M. & Araújo, M. F. F. (2016). Contaminação da água de reservatórios do semiárido potiguar por bactérias de importância médica. *Revista Ambiente e Água*, 11 (02): 414-427.
- Okumura, A. T. R. et al. (2020). Determinação da qualidade da água de um rio tropical sob a perspectiva do uso. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 13 (04):1835-1850.
- Oliveira Júnior, A. et al. (2019). Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (Sisagua): características, evolução e aplicabilidade. *Epidemiologia e Serviços de Saúde*, 28 (1): e2018117.
- Oliver, S.; Corburn, J. & Ribeiro, H. (2019). Challenges regarding water quality of eutrophic reservoirs in urban landscapes: a mapping literature review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16 (40).
- Osiemo, M. M. (2019). Microbial quality of drinking water and prevalence of water-related diseases in Marigat Urban Centre, Kenya. *Environmental Health Insights*, 13: 01-07.
- Pinheiro, L. G. et al. (2018). Avaliação da sustentabilidade do processo de dessalinização de água no semiárido potiguar: estudo da comunidade Caatinga Grande. *Sociedade e Natureza*, 30 (01):131-157.
- Pinto, J. W. & Negreiros, A. B. (2021). Características físicas e químicas do topo do solo em áreas de plantações de *Eucalyptus* spp. e mata atlântica no Campo das Vertentes – MG. *Espaço e Geografia*, 24 (02): 178-196.
- Renovato, D. C. C.; Sena, C. P. S. & Silva, M. M. F. (2013). Análise de Parâmetros Físico-químicos das Águas da Barragem Pública da Cidade de Pau dos Ferros (RN) – pH, Cor, Turbidez, Acidez, Alcalinidade, Condutividade, Cloreto e Salinidade. In: IX Congresso de Iniciação Científica do IFRN, 2013, Natal. **Anais...** Natal: IFRN, 2013. P. 879- 888.
- Ribeiro, J. C.; Coelho, M. F. L. & Merola, Y. L. (2021). Avaliação da qualidade das águas de diferentes fontanários públicos de Poços de Caldas, estado de Minas Gerais, Brasil. *Revista Extensão e Cidadania*, 9 (16): 21-32.
- Rocha, A. A. & Zanella, G. B. (2016). *Avaliação da qualidade da água do rio Santa Rosa Francisco Beltrão – PR*. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Ambiental) - UTFPR, 76 p.
- Santos, C. J. et al. (2021). Avaliação da qualidade da água em aquífero raso em Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, Brasil. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 14 (06): 3241-3254.
- Scorsafava, M. A. et al. (2010). Avaliação físico-química da qualidade de água de poços e minas destinada ao consumo humano. *Revista do Instituto Adolfo Lutz*, 69 (02): 229-232.
- Scuracchio, P. A. (2010). *Qualidade da água utilizada para consumo em Escolas no Município de São Carlos – SP*. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição) – UNESP, 49 p.
- Silva, C. A.; Yamanaka, E. H. U. & Monteiro, C. S. (2017). Monitoramento microbiológico da água de bicas em parques públicos de Curitiba (PR). *Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental*, 2 (2): 271–275.
- Silva, D. D. et al. (2014). Falta de saneamento básico e as águas subterrâneas em aquífero freático: região do Bairro Pedra Noventa, Cuiabá (MT). *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 19 (01): 43-52.
- Silva, M. L. N. et al. (2020). Análise da qualidade de água de poços rasos no interior do município de Caxambu do Sul-SC, um estudo de caso. *Revista de Ciências Ambientais*, 14 (3), 13-26.
- Stolf, D. F. & Molz, S. (2017). Avaliação microbiológica da água utilizada para consumo humano em uma propriedade rural de Taió – SC. *Saúde e Meio Ambiente*, 06 (01): 96-106.
- Stradioto, M. R.; Teramoto, E. H. & Chang, H. K. (2019). Nitrato em águas subterrâneas no estado de São Paulo. *Revista do Instituto Geológico*, 40 (03): 1-12.

- Tavares, M. et al. (2015). Avaliação da qualidade microbiológica e físico-química da água para consumo humano na Região Metropolitana da Baixada Santista, Estado de São Paulo, no período de 2010-2014. *Revista do Instituto Adolfo Lutz*, 25 (02): 2-13.
- Tavares, M. et al. (2017). Avaliação físico-química e microbiológica de águas procedentes de soluções alternativas de abastecimento na Região Metropolitana da Baixada Santista, Estado de São Paulo, Brasil. *Revista Vigilância Sanitária em Debate*, 05 (01): 97-105.
- Uddin, M. G.; Nash, S. & Olbert, A. I. (2021). A review of water quality index models and their use for assessing surface water quality. *Ecological Indicators*, 122.
- Wachinski, M. C. (2013). *Análise microbiológica da água consumida diretamente de bicas d'água na cidade de Canoinhas/SC*. Trabalho de Conclusão de Curso (Ciências Biológicas) - UFSC, 62 p.
- WHO. (2017). Water quality and health: review of turbidity. Switzerland: WHO. 10 p.
- Wolkmer, M. F. & Pimmel, M. F. (2013). Política Nacional de Recursos Hídricos: governança da água e cidadania ambiental. *Sequência*, 67: 165-198.
- Yu, H. et al. (2019). The changes in carbon, nitrogen components and humic substances during organic-inorganic aerobic co-composting. *Bioresource Technology*, 271: 228-235.
- Xiong, S.; Wu, Z & Li, Z. (2021). Facile fabrication of robust, versatile, and recyclable biochar-graphene oxide composite monoliths for efficient removal of different contaminants in water. *Chemosphere*, 287, (pt. 04).
- Zhu, Y. et al. (2019). Comprehensive analysis of nitrogen distributions and ammonia nitrogen release fluxes in the sediments of Baiyangdian Lake, China. *Journal of Environmental Sciences*, 76: 319-328.