

ANÁLISE QUALITATIVA E SEMIQUANTITATIVA DOS COMPONENTES DA ÁGUA DE CONSUMO HUMANO

QUALITATIVE AND SEMIQUANTITATIVE ANALYSIS OF COMPONENTS OF WATER FOR HUMAN CONSUMPTION

Luiza Miranda Pernambuco, Roberto Xavier de Almeida, Andrea Luzia Ferreira de Souza, Isabel Jankovitz Berra, Ester Amaral Marinho, Arthur Schmidt Dias Granito, Gustavo Vivas Guerra

RESUMO

A superfície terrestre tem cerca de 70% de sua superfície coberta por água, dos quais apenas 3% são classificados como água doce, cuja maior parte apresenta-se na forma de geleiras. Há uma previsão da Organização das Nações Unidas (ONU) de que até 2050 quase metade da população mundial terá restrição de acesso à água. Estas situações evidenciam a importância da caracterização dos perfis analíticos das diversas fontes de água para o consumo humano. Além disso, pesquisas que viabilizem a criação de novos métodos que possam potabilizar diferentes recursos de água são paralelamente imprescindíveis. Faz-se necessária a conscientização populacional e a alfabetização científica sobre esta temática, enfatizando o desenvolvimento de atividades de avaliação de perfil e qualidade da água. As abordagens avaliativas que lançam mão de perspectivas organolépticas são relativamente limitadas, e embora a percepção de uma água insípida, inodora e incolor seja uma introdução mínima para a determinação da potabilidade de uma fonte hídrica, a verificação dos perfis físico-químicos e microbiológicos de determinadas fontes de água (rios, poços, chuva etc.) tem relevância direta na saúde dos indivíduos e de comunidades. A água é recurso inerente e fundamental à própria existência e manutenção da vida por isso a importância da avaliação de sua qualidade, métodos de tratamento e preservação continuam em voga e se fazem a cada vez mais urgentes. A pesquisa revela ainda a importância do projeto ser desenvolvido com alunos de ensino médio e iniciação científica, como forma de letramento científico e os resultados obtidos poderão ser utilizados para divulgação científica, ratificando a relevância da investigação científica para a sociedade.

Palavras-chave: Análise qualitativa; análise semiquantitativa; qualidade da água; consumo humano.

ABSTRACT

The Earth's surface has around 70% of its surface covered by water, of which only 3% is classified as fresh water, the majority of which is in the form of glaciers. The United Nations (UN) predicts that by 2050, almost half of the world's population will have restricted access to water. These situations highlight the importance of characterizing the analytical profiles of the different sources of water for human consumption. Furthermore, research that enables the creation of new methods that can make different water resources potable is essential at the same time. It is necessary to raise population awareness and scientific literacy on this topic, emphasizing the development of water profile and quality assessment activities. Evaluative approaches that make use of organoleptic perspectives are relatively limited, and although the perception of tasteless, odorless, and colorless water is a minimal introduction to determining the potability of a water source, the verification of the physicochemical and microbiological profiles of certain water sources (rivers, wells, rain, etc.) are directly relevant to the health of individuals and communities. Water is an inherent and fundamental resource for the very existence and maintenance of life, which is why the importance of assessing its quality, treatment and preservation methods remain in vogue and are becoming increasingly urgent. The research also reveals the importance of the project being developed with high school and scientific initiation students, as a form of scientific literacy and the results obtained can be used for scientific dissemination, confirming the relevance of scientific research for society.

Keywords: Qualitative analysis; semi-quantitative analysis; water quality; human consumption.

INTRODUÇÃO

O planeta é coberto em cerca de 70% de água, dos quais apenas 3% são classificados como água doce, sendo sua maior parte encontrada em geleiras (von Sperling, 2006).

O acesso à água potável é questão fundamental frente à prerrogativa constitucional do direito à vida – caput artigo 5º, Constituição Brasileira (Brasil, 1990).

Historicamente as civilizações se desenvolveram em torno de fontes de água, que pudesse garantir a subsistência humana tanto pelo consumo direto quanto pelo acesso e desenvolvimento de atividades agrícolas.

Por décadas, no Brasil, desde o ciclo escolar básico é ensinado que a água potável deve ser insípida, inodora, incolor. Mas estas características e classificações organolépticas são claramente limitadas para realmente definir a potabilidade da água que se avalia – embora possa ser uma abordagem prévia que facilita a compreensão de que fontes de água que não sigam estes padrões estejam claramente fora da possibilidade de serem classificadas como potáveis (Paulos, 2008).

No século XIX, apenas, é que a humanidade passa a compreender, através dos estudos de Louis Pasteur (Tyndall e Pasteur, 1878) que microrganismos – primeiramente intitulados e generalizados por germes – habitam o planeta, estão presentes nos alimentos e podem causar doenças.

Além da presença de microrganismos – potencialmente patogênicos – que caracterizam o aspecto microbiológico da água estudada ou fonte de água em questão, diversas são as características físico-químicas que podem ser observadas e quantificadas, como temperatura, pH, coloração, quantidade de oxigênio ou dióxido de carbono, composição mineralógica – que por sua vez pode ser detalhada em termos de íons cátions, tais quais sódio, potássio, magnésio, cálcio, alumínio, e íons ânions, como carbonato, sulfato, cloreto (Zuin, 2009, Garcia Chinchila, 2015 e Rigueto, 2017).

Diversas são as origens de contaminações de águas, desde a produção e eliminação inadequada de lixo doméstico, até resíduos e efluentes industriais que não são tratados de modo propício, que podem atingir lençóis freáticos, rios, lagos, as chuvas ou os próprios oceanos.

As contaminações diversas podem mudar – e comumente mudam – todas as atribuições e características conhecidas de determinada fonte de água, por isso se faz necessário o conhecimento e avaliação periódica das diversas águas consumidas pela sociedade (Duarte, 2014).

Como abordagem mais célere e identificação de microrganismos contaminantes será prioritariamente avaliada a presença de coliformes totais que centraliza sua abundância em termos da *Escherichia coli* (Marquezi, 2010).

A presença de metais diversos, com ênfase aos metais tóxicos – antes denominados metais pesados – será averiguada diante das possibilidades e recursos disponíveis, tendo em vista que o aparecimento de doenças – especialmente as neurodegenerativas como Alzheimer e Parkinson – que podem estar relacionadas à exposição ou ingestão de quantidades discretas dos contaminantes. Tenha-se à luz que 100 ppm de certos metais como chumbo (Pb) ou mercúrio (Hg) são suficientes para promover o envenenamento e a morte de uma pessoa (Gonzaga, 2032).

A Organização das Nações Unidas (ONU) prevê que, até 2050, 45% da população mundial terá restrição de acesso à água, cujo volume diário seria 110 litros de água per capita. Por esta razão a caracterização e verificação analítica das diversas fontes de água que figuram para o consumo humano se faz essencial, ainda mais numa realidade socioeconômica que por décadas não prioriza a sustentabilidade (Duarte, 2014). No mesmo sentido, a identificação de novos métodos que possam potabilizar diferentes recursos de água se fazem iminentes.

Em termos biológicos, a melhor metodologia de tratamento talvez continue sendo aplicação de hipoclorito de sódio 1%. É interessante evidenciar que esta metodologia de potabilização de águas pode torná-la não mais insípida ou inodora – o que não a descaracterizaria enquanto água potável.

Além disto, como o trabalho é desenvolvido no âmbito de Iniciação Científica Júnior tem como cerne a formação e o aprofundamento, acadêmico e cidadão dos estudantes e dos profissionais envolvidos no trabalho, bem como a divulgação dos dados levantados e dos experimentos elaborados, tanto para a comunidade acadêmica como para a sociedade como um todo.

Este trabalho tem ainda como inspiração o projeto ACQUA QUALITAS SERRANA (UNIFESO, 2012), que é fortemente condizente à realidade da cidade de Teresópolis e diretrizes da própria instituição UNIFESO, no que diz respeito à valorização e manutenção do meio-ambiente em equilíbrio ao desenvolvimento socioeconômico.

JUSTIFICATIVA

A humanidade é dependente de recursos de água potável para consumo e para atividades agrícolas e industriais. Como indicado e previsto pela ONU, até 2050 metade da humanidade terá dificuldades para acesso a água potável. Este estudo e os experimentos a serem elaborados poderão contribuir no entendimento do perfil das águas consumidas na cidade de Teresópolis e visará identificar formas adequadas, limpas baratas e rápidas para a potabilização de águas, corroborando na investigação da temática em voga, o que apresenta relevância não somente em perspectivas locais, mais para a humanidade como um todo.

OBJETIVOS

Objetivo geral

Identificar as diversas “fontes” de água utilizadas na cidade de Teresópolis e analisar estas águas de consumo humano de diferentes locais do município, corroborando ou contrastando resultados que possam ser divulgados por setores da prefeitura e/ou empresas de fornecimento de água. Incluindo a formação científica dos estudantes envolvidos e a conscientização da população pelo consumo adequado de águas de fontes diversas.

Objetivos específicos

- Realizar levantamento bibliográfico sobre o histórico de tratamentos de água;
- Identificar lugares estratégicos e de interesse que possam ter análise do perfil da água;
- Identificar certas características físico-químicas e microbiológicas de águas dos locais eleitos, tais como: Cloretos, Dureza, Salinidade/Resíduos de Evaporação, pH, Temperatura, Turbidez, Coliformes (avaliação microbiológica);
- Contribuir para a formação científica dos estudantes envolvidos;
- Divulgar os projetos de Iniciação Científica Júnior para estímulo da produção científica e despertar interesse de jovens pelas ciências;
- Realizar atividades de cunho social sobre tratamento e consumo de água, bem como promover divulgação dos dados levantados de modo agregar conhecimento à população.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Desde muito o homem busca viver próximo a fontes de água adequadas ao consumo. Não somente para esta finalidade, mas também para obtenção de energia, como via de transporte e recurso para atividades econômicas diversas, a humanidade se instala próximo a rios, nascentes e lagos.

Numa perspectiva não muito distante da realidade contemporânea, a água talvez seja a substância de mais alto valor no que diz respeito ao consumo, pois a distribuição deste recurso, especialmente em qualidade (FIOCRUZ, 2010) própria para suas diversas finalidades, nunca foi democrática, e tende a ser ainda menos a cada dia.

Novas tecnologias como dessalinização de águas marinhas e a utilização de membranas ultrafinas, capazes de reter até mesmo certos íons que possam ou não interessar, tem surgido.

O fato é que a aplicação de uma metodologia para obtenção de água potável deverá se adequar à realidade da água disponível em determinado lugar, levando em consideração as questões sociais, geográficas e ambientais (Diogo, 2010).

Ainda assim, talvez métodos mais generalistas e mais baratos, talvez até menos sofisticados, possam dar conta das necessidades mais evidentes numa perspectiva ampla, como a aplicação de hipoclorito de sódio para ação bactericida e controle de microrganismos diversos, bem como a aplicação de sulfato de alumínio como agente coagulante para decantação de macropartículas.

Ainda assim talvez a aplicação de outros métodos de sanitização e de remoção de partículas suspensas indesejáveis possa figurar como desdobramentos a serem discutidos após este trabalho, identificando coagulantes de apelo mais *eco-friendly* que saís de alumínio e reagentes oxidantes não derivados de cloro, como ácido peracético (Souza e Daniel, 2005).

METODOLOGIA

A partir de uma abordagem lógica, foi explorada a sequência metodológica simplificada e esquematizada a seguir.



Esquema 1. Organograma da abordagem metodológica a ser aplicada.

Primeiramente foram realizadas buscas bibliográficas para identificação do estado da arte dos modos de quantificação evidenciando as relevâncias em termos de características e composição das mais diversas águas, enfatizando a água de consumo humano, sem perder de vista as mais diversas aplicações das fontes de água exploradas pela humanidade.

Foi realizado o levantamento das principais fontes de água potável existentes na cidade de Teresópolis, bem como as avaliações laboratoriais existentes e realizadas por parte da Prefeitura do município.

Para as localidades mais próximas ao centro da cidade, é clara a presença de águas tratadas e distribuídas pela CEDAE, muito embora mesmo nestas localidades estejam presentes algumas “fontes naturais” como as denominadas Judith, Taumaturgo, Fonte Santa, Pimenteiras, Tijuca e Amélia.

Após a finalização desta primeira parte do projeto, foram coletadas e avaliadas – em termos físico-químicos e, futuramente microbiológicos – amostras dos locais elencados.

As metodologias de avaliação e caracterização foram principalmente oriundas de referências como Diretriz Nacional do Plano de Amostragem da Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (Brasília, 2016); Manual Prático de Análise de Água (Brasília, 2013); QNEsc, nº 24, novembro, 2006 (Curi, 2006); QNEsc, Nº19, Maio, 2004 (Ferreira *et al.*, 2004).

A partir das quais poder-se-á elaborar as seguintes avaliações, prioritariamente: valores de pH, temperatura, condutividade, coloração/turbidez, cloros totais, resíduo de evaporação e coliformes totais (*E. coli*).

(a) *Avaliação do pH*: A avaliação de pH pode ser compreendida como teste de acidez ou alcalinidade da fonte avaliada. Pode ser medida por potenciometria, colorimetria ou titulação direta. Esta última foi adotada neste trabalho, considerando a disponibilidade de materiais (vidrarias e reagentes). Assim, foi preparada uma solução aquosa de bicarbonato de sódio (NaHCO_3) em água destilada na concentração 0,2 mol/L. Além disso, para confirmação das medidas serão utilizadas fitas universais medidoras de pH. Espera-se encontrar valores relativamente ácido, tendo em vista as características das águas brasileiras na região investigada. Ainda assim, de acordo com uma portaria do Ministério da Saúde (nº 2.914/2011) existe a recomendação que águas distribuídas por empresas públicas ou privadas se mantenham na faixa de pH entre 6,0 e 9,5.

(b) *Temperatura*: A temperatura foi verificada diretamente na fonte com o auxílio de um termômetro de álcool (analógico) profissional. As condições meteorológicas no dia da coleta poderão influenciar as medições e deverão ser apresentadas no tópico de resultados;

(c) *Condutividade/Condutância* (USP, 2017 e UFJF, 2018): Lançando mão de um multímetro e explorando as relações de resistividade e resistência, esperava-se medir a condutividade e a condutância elétrica para quantificar os sais minerais totais. Para isso, utilizou-se um tubo de plástico (isolante) em forma de “U” com 1 cm de comprimento e 0,5 cm de diâmetro. Assim, pela relação de resistividade (r) e resistência (R), dada em *Ohms* pela relação “ $R = r.(L/A)$ ”, na qual L é o comprimento em cm (1 cm para o tubo utilizado) e A é a superfície da seção verificada em cm^2 (para o tubo utilizado 0,196 cm^2). A seguir a comparação com a água pura destilada poderia indicar a concentração de eletrólitos pela relação de *Ohms* com *Siemens* ($R.G = 1$ e/ou $r.k = 1$).

(d) *Colorimetria*: Além da simples percepção a olho nu, fotografias digitais foram tomadas em ambiente com iluminação padronizada para coleta de informações RGB e correlação com a lei de Lambert-Beer. A técnica faria comparação com a água destilada pura, seguida de diluições das amostras para estabelecer uma reta padrão. Mas não houve sensibilidade de modificação colorimétrica a partir desta metodologia, sendo a curva de calibração não determinada e as curvas colorimétricas não detectáveis.

(e) *Microscopia*: Com auxílio de lâminas de vidro e microscópios com 4 lentes objetivas e aumento de 10.000x os analitos foram avaliados sob luz branca, não sendo observados interferentes bacteriológicos diretos nem detritos diversos, ou por ausência ou limite de detecção.

(f) *Cloros Totais por Iodometria* (de Andrade, 2001): nas amostras não havia cloro suficiente para ser detectado a olho nu pela técnica de iodometria. Para contornar esta condição, quantidades preestabelecidas de hipoclorito de sódio foram igualmente adicionadas a uma alíquota e à água destilada. Assim foi adicionado cerca de 1g de iodeto de potássio (KI) e 0,5 mL de ácido acético glacial (CH_3COOH) para 20 mL de analito, que após 7 min em ambiente escuro foi titulado com $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ a 0,02 molar sendo adicionado solução estéril de amido como indicador. Os volumes de titulante revelaram as concentrações de cloros totais conforme descrito na sessão de resultados.

(g) *Resíduo de evaporação*: utilizando bécheres de 20 mL a 50 mL higienizados e desengordurados com etanol 92% e manipulando com luva látex e pinça, sendo levado à estufa, após resfriar as vidrarias tiveram suas massas medidas em balança analítica de 4 casas decimais. Sendo introduzidos 10 mL de amostra submetidas

a evaporação sobre placa de aquecimento. Após completa secagem, e resfriamento à temperatura ambiente, a massa do sistema foi medida novamente, indicando a quantidade de resíduo sólido existente, para encontrar a relação ppm (mg/L) a massa obtida foi multiplicada por 100.

(h) *Teste presuntivo para microorganismos - bactérias quaisquer* (dos Santos Souza, 2017): Caldo de Lauril Triptose a 10% (m/V). Preparado nas proporções 9:1 (10 mL totais) e 99:1 (10 mL totais), entre caldo nutritivo e amostra analisada. Os tubos de ensaio e de Durhan serão autoclavados para esterilização. As amostras serão mantidas em estufa a 37°C e verificada nos tempos de 24h, 48h, 72h e 7 dias de incubação. Turbidez ou presença de gás no tubo de Durhan indicará teste positivo, do contrário, negativo. Haverá teste em branco para comparação.

(i) *Bactérias do grupo coliforme - Escherichia coli* (dos Santos Souza, 2017): Será realizado teste/ensaio de Durhan e, conforme a demanda, será confirmada a metodologia. Ainda assim, a ideia geral é gerar um meio de cultura (calda) baseado em Caldo Bile Verde Brilhante 4% (m/V) com lactato, lactose. Assim um tubo de Durhan será inserido num tubo de ensaio com rolha e a sendo inoculada a amostra de água a ser avaliada. O sistema será mantido sob temperatura constante (em torno dos 37°C). Assim, após 48h a 72h (podendo ser prolongada até 7 dias). A verificação do aparecimento de bolhas no tubo de Durhan, bem como a turbidez/mudança de cor da amostra revelará presença de coliformes na água avaliada.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A respeito do histórico do monitoramento das águas na cidade de Teresópolis, foi levantado que a análise microbiológica da água das fontes da cidade é realizada pela equipe do *Programa Vigiágua*, setor ligado à Divisão de Vigilância Ambiental da Secretaria de Saúde. Cumprindo o determinado pelo Ministério da Saúde, o acompanhamento é periódico, visando garantir que a água consumida pela população atenda ao padrão e normas estabelecidas na legislação vigente.

Os tipos de controle realizado pelo programa são: (i) Cobertura populacional por cada uma das formas de abastecimento de água nos municípios, nos estados e no Brasil; (ii) Relatório de amostras fora do padrão de potabilidade; (iii) Plano de amostragem para os parâmetros de agrotóxicos. As análises são feitas no Laboratório Central Noel Nutels (LACEN-RJ).

Neste caso, o projeto visou encontrar resultados congruentes com aqueles verificados pelas avaliações realizadas pelo LACEN. Com isso foram definidos parâmetros que serão apontados a seguir.

A avaliação das águas pode ser realizada em três níveis: simples, completa e total. Na primeira, fundamentalmente é priorizada a identificação de microrganismos (avaliação microbiológica) e mais um ou dois parâmetros físico-químicos, como coloração/turbidez e/ou acidez/alcalinidade (pH). A avaliação completa gira em torno de cinco fatores. Já a análise total ultrapassa 20 características físico-químicas e microbiológicas, o que apesar de caracterizar completamente a água estudada, termina encarecendo consideravelmente este tipo de avaliação.

De tantos fatores elencados que se pretendia avaliar, de acordo com a metodologia proposta, foram priorizados aqueles cuja acessibilidade e realização fossem compatíveis com os recursos analíticos palpáveis ao grupo de pesquisa. Neste caso foram elencados os seguintes: acidez-basicidade por titulação em presença de fenolftaleína, acidez-basicidade por medição direta de pH com fita universal para tal, temperatura, turbidez, condutância e condutividade, presença de cloro total, resíduos de evaporação e avaliação microbiológica presuntiva e de coliformes totais.

Os parâmetros eleitos fizeram a proposta do grupo ser categorizada como análise completa de água.

Além da água potável do campus sede do UNIFESO, coletada em bebedouros para serem avaliadas, algumas fontes naturais da cidade de Teresópolis foram eleitas para serem avaliadas, sendo enumeradas da seguinte forma: (1) Água do UNIFESO; (2) Fonte das Pimenteiras; (3) Fonte de Taumaturgo; (4) Fonte Judith

(Alto) e (5) Fonte Ivete S. Garcia (Rodoviária), (6) Fonte Amélia (alto) e (7) Fonte de São Pedro. A seguir serão apresentados e discutidos os dados obtidos.



Figura 1. Fotografia das fontes naturais estudadas na cidade de Teresópolis, da esquerda para a direita: Fonte das Pimenteiras, Fonte de Taumaturgo, Fonte Judith (do Alto), Fonte Ivete S. Garcia (da Rodoviária).

Historicamente as águas brasileiras são relatadas como sendo de característica ácida, o que foi comprovado pelas avaliações com titulação em fenolftaleína e medição direta com fita. A titulação realizada com adição de duas gotas de fenolftaleína alcoólica a 1% (m/V) e nenhuma das amostras se revelou rósea. Assim, foi realizada adição de solução 0,2 mol/L de bicarbonato de sódio (NaHCO_3) recém preparada.

Para esta metodologia, à ocasião foram utilizados pipeta Pasteur para adição da solução titulante e proveita para avaliação dos volumes. A gota de NaHCO_3 1% (m/V) foi padronizada como equivalendo a 0,04 mL. Assim os resultados de viragem para cada amostra foram:

- (1) 4 gotas [$\sim 0,16$ mL]; (2) 3 gotas [$\sim 0,12$ mL]; (3) 1 gota [$\sim 0,04$ mL];
 (4) 3 gotas [$\sim 0,12$ mL]; (5) 1 gota [$\sim 0,04$ mL].

Neste mesmo sentido, a fita universal de medição de pH indicou os seguintes valores:

pH = 4,0; (2) pH = 4,0; (3) pH = 5,0; (4) pH = 4,0; (5) pH = 5,0.

A seguir são apresentados registros fotográficos ilustrativos das análises realizadas.



Figura 2. Medição de temperatura, amostras coletadas em frascos esterilizados e resultado padrão da titulação realizada com NaHCO_3 em presença de fenolftaleína.

Para a medição direta de temperatura da água da fonte, realizada no período da tarde (entre 14h e 18h) no mesmo dia do mês de outubro de 2022, foram relacionadas as seguintes verificações:

(1) 20-21°C; (2) 20-21°C; (3) 18-19°C; (4) 19-20°C; (5) 20-21°C.

No intento de verificar a quantidade total de sais/eletrolitos presentes nas fontes foi utilizado um multímetro. Infelizmente o equipamento não se mostrou sensível o suficiente para verificação da concentração eletrolítica das águas verificadas. Com base na literatura, a sensibilidade do multímetro deveria ser mil vezes maior, para que a verificação da condutividade fosse possível. O padrão esperado seria da ordem de *microSiemens* por centímetro (mS/cm). As relações físicas exploradas seriam: $R = r(L/A)$ e $r.k = 1$.

A respeito da turbidez foram analisadas visualmente (a olho nu) bem como um estudo por fotografia, relacionando-se variação de RGB de imagens digitais. Em comparação a água destilada não houve derivação considerável que pudesse ser identificada, tanto para a água do campus sede, como das fontes naturais. Uma alternativa mais sensível que poderá ser explorada é a utilização de espectrofotômetro para identificação e comparação.

A avaliação de cloros totais foi realizada por iodometria, que é um tipo de titulação indireta através do qual os compostos clorados verificados (cloro livre e cloraminas) reagem com o iodeto de potássio (KI) formando cloreto de potássio (KCl) e liberando iodo molecular (I₂). Este último apresenta coloração castanha e foi titulado com uma solução aquosa de 0,050 mol/L de tiosulfato de sódio penta-hidratado (Na₂S₂O₃.(H₂O)₅) e amido, como indicador final.

Para este caso, as fontes naturais não apresentaram cloros em quantidades apreciáveis para serem detectados. Mesmo as águas do campus sede do UNIFESO continham quantidades bastante baixas de cloro. Desta forma, uma adequação à metodologia foi proposta, para que a quantidade de cloro fosse identificada.

Utilizou-se uma fonte comercial de hipoclorito de sódio diluída na proporção recomendada pelo Ministério da Saúde para obtenção da potabilidade da água. Como a proporção recomendada é de no mínimo uma e no máximo dez colheres de chá (5 a 50 mL) de água sanitária comercial por litro de água. Da mesma forma, os teores adequados ficam entre no mínimo 0,2 ppm (mg/L) e de no máximo 5 ppm (mg/L) de cloro residual.

O ajuste realizado foi a adição de certa quantidade de água sanitária comercial (3 gotas, ou cerca de 0,15 mL) em 50 mL de água destilada (analito teste branco), repetindo a mesma adição de água sanitária a 50 mL de água do bebedouro. Pela titulação do branco em comparação às triplicatas de água do bebedouro, identificou-se a diferença de cloros totais presentes.

A titulação do branco foi de 74 ppm em triplicata e o analito do bebedouro foi 85 ppm, 85 ppm e 81 ppm. Pela média dos analitos e pela diferença, encontrou-se 9,7 ppm, considerando o arredondamento pelo limite de detecção, conclui-se que o valor de cloros observados foi de 10 ppm, duas vezes acima do teor máximo previsto pela legislação e dez vezes acima da condição ideal prevista de 1 mg/L (ppm). Seja ressaltado que é água fornecida pela CEDAE (Companhia Estadual de Águas e Esgotos do Rio de Janeiro).

A respeito da avaliação microbiológica, foi realizada análise por microscopia, não sendo identificado nenhum tipo de estrutura direta, talvez por exceder o limite de detecção dos microscópios utilizados. Para contornar esta situação e alcançar resultados mais objetivos a esse respeito foi também executado o teste de Durhan para coliformes totais.

A esse respeito foram tomados testes que apresentaram resultados positivos para presença de bactérias quaisquer pelo teste presuntivo, mas, de forma mais significativa, foram identificados coliformes totais em algumas amostras (**Figura 3**). Os resultados são detalhados na **Tabela 1** adiante.

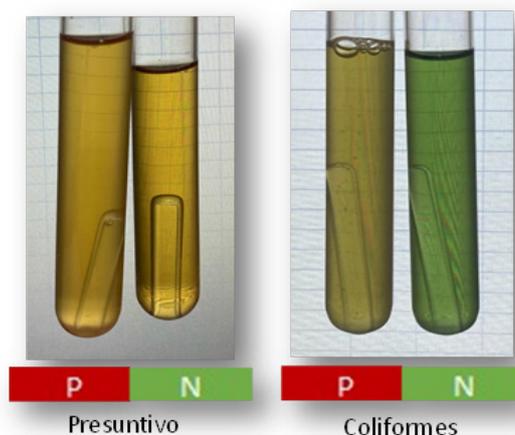


Figura 3. Testes microbiológicos: Presuntivo em Caldo Lauril Triptose 10% (m/V) à esquerda; & Coliformes Totais em Caldo Bile Verde Brilhante 4% (m/V) à direita. Leg.: P (vermelho) = Positivo; N (verde) = Negativo.

Tabela 1. Relações dos tipos de testes microbiológicos e diluições realizados.

Presuntivo	Amélia	Judith	Piment.	Rodov.	S. Pedro	Taumat.	CESO
(9:1)	P	N	P	i	P	P	N
(99:1)	N	N	N	i	i	i	N

Lactose	Amélia	Judith	Piment.	Rodov.	S. Pedro	Taumat.	CESO
(9:1)	P	i	i	i	P+	P	N
(99:1)	i	i	i	i	P	P	N

Legenda: P (vermelho) = Positivo; i (amarelo) = indefinido; N (verde) = Negativo.

Obs.: A indicação P+ indica grande presença de microrganismos.

Tabela 2. Correlações entre as Fontes de água e análises realizadas.

Fonte de água	pH*	pH (fita)	Temp. (°C)	Cond.	Col.	Mic.	Cloro	REv	AMb
(1) UNIFESO	4,0	4,0	20-21	nd	inc.	nd	10	1150	N
(2) Pimenteiras	4,5	4,0	20-21	nd	inc.	nd	nd	nr	P
(3) Taumaturgo	5,5	5,0	18-19	nd	inc.	nd	nd	nr	P
(4) Judith (alto)	4,5	4,0	19-20	nd	inc.	nd	nd	230	N
(5) Rodoviária	5,5	5,0	20-21	nd	inc.	nd	nd	nr	I
(6) Amélia	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	P
(7) São Pedro	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	P

* Valores de pH para titulação com NaHCO₃ e fenolftaleína.

Temp. = Temperatura

Cond. = Condutância

Col. = Coloração

Mic. = Microscopia para identificação de resíduos

Cloro = Cloros totais em ppm (mg/L)

REv = Resíduo de Evaporação em ppm (mg/L)

AMb = Avaliação Microbiológica

nd = não detectado

nr = não realizado

inc. = incolor

N = negativo

P = Positivo

I = indefinido

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foram identificadas e avaliadas as principais fontes naturais de água da cidade, bem como foi priorizada a avaliação da água do campus sede do UNIFESO.

As pesquisas desenvolvidas a respeito da avaliação da composição e qualidade das fontes de águas eleitas caracterizam uma avaliação completa que explora aspectos físico-químicos e microbiológicos.

Dos aspectos físico-químicos, todas as fontes avaliadas apresentam valores adequados para acidez. Uma água não se torna melhor nem pior pela característica de acidez ou basicidade, uma faixa mais adequada varia entre 4 e 10, e o pH médio das águas avaliadas foi em torno de 4,5 quando considerados os valores de medição direta com fita universal e via titulação.

As temperaturas e colorações foram adequadas (próximas a 20°C e incolores). Quanto à presença de eletrólitos, não foram quantificados por deficiência do equipamento utilizado, que não era suficientemente sensível à condutância presente, mas é relevante indicar que certamente haverá eletrólitos, uma vez que não se trata de água destilada e houve presença de resíduos de evaporação.

A respeito dos cloros medidos, as fontes naturais apresentavam teores baixíssimos a ponto de não serem detectados pelo método empregado. Em contrapartida, a água de bebedouro do campus sede apresentou valor médio de 10 mg/L (10 ppm), duas vezes acima do valor máximo recomendado e dez vezes acima do ideal. Água fornecida pela CEDAE. Todavia a quantidade de cloro observada não gera riscos consideráveis à saúde.

As avaliações por microscopia não foram capazes de determinar contaminantes, enquanto as análises microbiológicas com tubos de Durhan puderam diferenciar testes positivos e negativos. Considerando-se os testes procedidos, foram completamente isentos de microrganismos as águas do CESO e da Fonte Judith (teste presuntivo). No entanto, no teste para coliformes totais, apenas a água do CESO apresentou resultado negativo de forma contundente. Em tempo, recomenda-se a adição de uma colher de café (2,5 mL) a uma colher de chá (5 mL) de água sanitária (2,5%) para cada 10 litros de água a ser consumida, não se recomenda ultrapassar esta quantidade para evitar a ingestão exagerada de cloros.

REFERÊNCIAS

- [1] VON SPERLING, E. Afinal, quanta água temos no planeta. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 11, n. 4, p. 189-199, 2006.
- [2] BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil**: promulgada em 5 de outubro de 1988. 4. ed. São Paulo: Saraiva, 1990.
- [3] PAULOS, Elsa Marisa dos Santos. Qualidade da água para consumo humano. 2008. Tese de Doutorado.
- [4] TYNDALL, John; PASTEUR, Louis. **Les microbes organisés: leur rôle dans la fermentation, la putréfaction et la contagion**. Gauthier-Villars, 1878.
- [5] ZUIN, Vânia Gomes; IORIATTI, Maria Célia S.; MATHEUS, Carlos Eduardo. O emprego de parâmetros físicos e químicos para a avaliação da qualidade de águas naturais: uma proposta para a educação química e ambiental na perspectiva CTSA. **QNEsc**, v. 31, n. 1, p. 3-8, 2009.
- [6] GARCÍA CHINCHILLA, José Fernando. Aplicación del método Winkler como sustitución de la respirometría en la determinación de la demanda bioquímica de oxígeno en efluentes del proceso de beneficiado húmedo de café. 2015. Tese de Doutorado. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- [7] RIGUETO, Yasmin Ribeiro. Determinação de dureza em água fluvial na bacia do Córrego Sujo–Teresópolis por espectrofotometria de absorção molecular no UV-VIS. 2017.
- [8] DUARTE, Hélio A. Água: uma visão integrada. **Cadernos Temáticos, QNEsc**, v. 8, p. 4-8, 2014.

- [9] MARQUEZI, Marina Chiarelli; GALLO, Cláudio Rosa; DOS SANTOS DIAS, Carlos Tadeu. Comparação entre métodos para a análise de coliformes totais e *E. coli* em amostras de água. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 69, n. 3, p. 291-296, 2010.
- [10] GONZAGA, Heloisa Farias; FONTGALLAND, Isabel Lausanne. Doenças neurológicas causadas pela contaminação de metais nas águas do Brasil. **Journal Archives of Health**, v. 4, n. 3, p. 909-928, 2023.
- [11] GRASSI, Marco Tadeu. As águas do planeta Terra. *Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola*, v. 1, n. 1, p. 31-40, 2001.
- [12] <https://teresopolis.rj.gov.br/secretaria-de-saude-divulga-analise-da-agua-das-principais-fontes-de-teresopolis-3/>
- [13] <http://biologiaunifeso.blogspot.com/2012/11/> : Acqua Qualitas Serrana & <http://biologiaunifeso.blogspot.com/2012/11/pojeto-de-laboratorio-de-analise-de.html> (UNIFESO), 2012 (acessados em janeiro de 2023).
- [14] <https://www.aguabrasil.iciet.fiocruz.br/> - FIOCRUZ, 2010 (acessado em fevereiro de 2023)
- [15] DIOGO, LUÍS ALVITO. Sistema de potabilização da água. **Maputo: Universidade Eduardo Mondlane**, 2010.
- [16] SOUZA, Jeanette Beber de; DANIEL, Luiz Antonio. Comparação entre hipoclorito de sódio e ácido peracético na inativação de *E. coli*, colifagos e *C. perfringens* em água com elevada concentração de matéria orgânica. **Engenharia sanitária e ambiental**, v. 10, p. 111-117, 2005.
- [17] Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador. Diretriz Nacional do Plano de Amostragem da Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano [recurso eletrônico] / Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador. – Brasília : Ministério da Saúde, 2016. ISBN 978-85-334-2379-4
- [18] Brasil. Fundação Nacional de Saúde. Manual prático de análise de água / Fundação Nacional de Saúde – 4. ed. – Brasília : Funasa, 2013.
- [19] CURI, Denise, Colorimetria – Determinação de Fe^{3+} em Água, QNEsc, nº 24, novembro, 2006. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc24/eeq3.pdf> (acessado em março de 2023).
- [20] FERREIRA, Luiza Henrique, *et al.*, Determinação Simples de Oxigênio Dissolvido em Água, QNEsc, Nº19, Maio, 2004. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc19/a10.pdf> (acessado em março de 2023).
- [21] https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5005550/mod_resource/content/1/aula%203-Condu%20tometria.pdf – USP, *apud* LUCIANO, Valmir F. UFMG, *apud* USP, 2017. (acessado em março de 2023).
- [22] <https://www2.ufjf.br/quimica/files/2015/06/2018-QUI126-AULA-9-CONDUTIVIDADE-EL%20c3%2089TRICA.pdf> – UFJF, 2018 (acessado em março de 2023).
- [23] DE ANDRADE, João Carlos. Determinações iodométricas. **Revista Chemkeys**, n. 2, p. 1-6, 2001.
- [24] DOS SANTOS SOUZA, Quezia et al. Análise de coliformes totais e termotolerantes-fecais em diferentes pontos da sub-bacia do rio Poxim-Sergipe, Brasil. **Agroforestalis News**, v. 2, n. 2, p. 1-10, 2017.