

Qualidade microbiológica da água do Córrego Corredor em Mário Campos, Minas Gerais, região metropolitana de Belo Horizonte

Microbiological quality of water from the Corredor Stream in Mario Campos, Minas Gerais, in the metropolitan region of Belo Horizonte

Matheus Felipe dos Reis Rodrigues⁰¹, Brendow Renato Leal Silvestre⁰², Leonardo de Paula Pereira⁰², Eduarda Geovana Coelho dos Santos⁰¹, Cristiane Freitas de Azevedo Barros⁰¹, Patrícia Dias Games⁰¹, Júlia Gatti Ladeia Costa⁰¹, Fernanda Prieto Bruckner⁰¹, Marisa Cristina da Fonseca Casteluber^{01*}

¹Universidade do Estado de Minas Gerais, Departamento de Ciências Biológicas, Ibirité, Minas Gerais, Brasil.

²Instituto de Pesquisa René Rachou, Fundação Oswaldo Cruz, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil.

*marisa.casteluber@uemg.br

Recebido: 21 de junho de 2024.

Aceito: 10 de março de 2025.

Publicado: 23 de abril de 2025.

RESUMO

Em 2019, foi instalada pela Prefeitura de Mário Campos, às margens do Córrego Corredor, no bairro Bela Vista, uma estação de tratamento de esgoto que lança o esgoto tratado diretamente no córrego. Esse fato alterou o aspecto colorimétrico e induziu um forte odor, causando transtornos à população local, que, além de sofrer com o mau cheiro, desconhece a qualidade da água em questão. Mesmo assim, a população utiliza essa água para irrigar parte das hortaliças folhosas que alimentam a população local e grande parte da região metropolitana de Belo Horizonte. Em 2021, o presente trabalho teve início com o objetivo de avaliar os parâmetros microbiológicos da água do córrego antes e depois do lançamento do esgoto tratado e compará-los aos padrões de potabilidade descritos na Resolução Conama n.º 357/2005. As análises de presença de coliformes foram realizadas conforme o Manual da Funasa (Brasil, 2006) e por análises com sonda multiparamétrica para determinação dos padrões físico-químicos. A presença de bacteriófagos foi avaliada utilizando *Escherichia coli* como isca. As condições da água estão distantes do desejável com base nos parâmetros microbiológicos, ultrapassando muitas vezes o limite de 100 UFC/mL, indicando níveis excessivos de coliformes totais e termotolerantes. Foi detectada a presença de colifagos, bioindicador que confirma a presença de *E. coli*. Os padrões físico-químicos também estavam em desacordo com os exigidos para potabilidade. Este estudo é pioneiro em investigar a qualidade da água do Córrego Corredor e evidencia que a água está imprópria para a irrigação das hortaliças consumidas cruas.

Palavras-chave: Análise de água. Coliformes. *Escherichia coli*.

ABSTRACT

In 2019, a sewage treatment station was installed by the Municipality of Mario Campos on the banks of the Corredor Stream in the Bela Vista neighborhood, which releases this treated sewage directly into the stream. This altered the water's colorimetric aspect and induced a strong odor, inconveniencing the local population who, in addition to suffering from the bad smell, are unaware of the quality of the water in question. Even so, this water is still used to irrigate part of the leafy vegetables which feed the local population and a large part of the Belo Horizonte metropolitan region. In 2021, the present study began with the aim of evaluating the microbiological parameters of the stream water before and after the discharge of treated sewage and comparing them to the potability standards described in CONAMA Ordinance no. 357/2005. Analyses for the presence of coliforms were conducted according to the FUNASA Manual (Brazil, 2006), and by analyzing a multiparametric probe to determine physicochemical patterns. The presence of bacteriophages was also evaluated, using *Escherichia coli* as bait. Water conditions were far from desirable based on microbiological parameters, often exceeding the limit of 100 CFU/mL, indicating excessive levels of total and thermotolerant coliforms. Coliphages were detected, another bioindicator that confirms the presence of *E. coli*. The physicochemical standards also did not meet those required for potability. This is a pioneering study in investigating the water quality of the Corredor Stream and shows that it is unsuitable for the irrigation of vegetables eaten raw.

Keywords: Coliforms. *Escherichia coli*. Water analysis.

INTRODUÇÃO

A água é um bem natural que participa intimamente de diversos ciclos e fenômenos que garantem a manutenção ecológica nos ecossistemas e a vida no planeta. No entanto, esse recurso essencial está sendo ameaçado pela urbanização desordenada, que provoca alterações no ciclo hidrológico, como a impermeabilização do solo, a canalização dos rios, a poluição das águas e a redução da biodiversidade. A água é utilizada em diversas atividades, seja pela agricultura, pela indústria ou para consumo e, por isso, conhecer os padrões de potabilidade é de grande importância para a saúde e o seu uso adequado (Tucci, 2008).

No entanto, cerca de 35 milhões de brasileiros carecem de acesso à água tratada e estima-se que haja por volta de 100 milhões de habitantes desprovidos de tratamento de esgoto no Brasil, resultando em doenças que podem culminar em morte (SNIS, 2018). Essa situação crítica está diretamente relacionada ao aumento de doenças infecciosas, especialmente as diarreicas. Os estudos publicados na literatura que avaliam resultados de intervenções em saneamento têm apontado um significativo efeito positivo sobre as doenças infecciosas intestinais, decorrente das melhorias no acesso à água e ao esgotamento sanitário. As

evidências sobre a magnitude do efeito do acesso não melhorado à água e ao esgotamento sanitário sobre o risco relativo de diarreia são claras, mostrando a urgência de intervenções eficazes nesse setor (Rêgo, Killinger & Barreto, 2018).

Isso pode ser corroborado pelas afirmações do Instituto Trata Brasil (2023), que relata que quase 200 mil brasileiros foram internados por doenças de veiculação hídrica (Abcon Sindicon, 2023). Sugere-se ainda que esses dados podem ter sido maiores, uma vez que, devido à pandemia, os leitos hospitalares priorizaram pacientes com Covid-19. Tal observação enfatiza a importância do saneamento básico como forma preventiva das doenças infecciosas.

No mundo, as doenças contraídas por veiculação hídrica são a principal causa de morte na infância, sendo a diarreia um dos principais agravantes, causada por diversos grupos bacterianos, virais e parasitários. Dentre essas infecções, podem ser citados como exemplo: cólera, salmonelose, shigelose, amebíase, balantídiase, giardíase, criptosporídiase, isosporíase, enterite por rotavírus, gastroenteropatia aguda por agente de Norwalk, enterite por adenovírus, outras enterites virais, febres entéricas, febre tifoide e hepatite A (Costa et al., 2002). Essas doenças

comprometem também a capacidade de trabalho e sobrecarga nos sistemas de saúde. Os serviços de esgotamento sanitário devem evitar o contato da população, das águas de abastecimento, dos vetores de doenças e dos alimentos com os dejetos humanos. No entanto, a ausência desse tipo de serviço é observada nas proximidades do Córrego Corredor em Mário Campos, o que aumenta a preocupação com as doenças relacionadas ao tratamento de esgoto inadequado.

Mesmo pertencendo à região metropolitana de Belo Horizonte, o Município de Mário Campos possui características de áreas rurais, com a utilização das águas de poços, cisternas, córregos, rios e lagos para o desenvolvimento econômico e para o bem-viver (Ramos, Silva, Lima, Marques & Gontijo, 2020). Já é reconhecido que o investimento em saneamento e qualidade da água previne doenças e melhora a qualidade de vida da população. Nesse cenário, as medidas de controle microbiológico são sugeridas para a prevenção de doenças e análise de amostras contaminadas (Fernandes et al., 2018).

O Município de Mário Campos é um dos maiores produtores de hortaliças dentro do estado de Minas Gerais, responsável por abastecer a capital mineira e toda a região metropolitana, além de outros grandes municípios, incluindo Sete Lagoas (Rodrigues & Tubaldini, 2002). Nesse sentido, a produção de hortaliças é de grande importância para a economia local (Mariano, 2023), pois além de gerar renda, abastece consumidores no hipercentro de Belo Horizonte e cidades como Ouro Preto, Sete Lagoas e regiões circunvizinhas desses municípios, por meio do CEASA5, alcançando regiões fora do estado de Minas Gerais.

Moraes, Costa e Silva, Bastos e Souza (2017) realizaram o mapeamento de uso e ocupação do solo de Mário Campos e apontaram que, ao longo dos anos, houve diminuição das áreas cobertas por vegetação densa e um aumento nas áreas ocupadas por cultivos agrícolas em toda a extensão do território municipal. Isso evidencia a relevância da atividade agrícola local. Apesar da sua importância para a geração de emprego e renda no município, não são encontrados estudos sobre a qualidade das águas utilizadas, principalmente para a irrigação das hortaliças produzidas.

O Córrego Corredor localiza-se em Mário Campos, Minas Gerais, e faz parte da bacia hidrográfica do Rio Paraopeba. Em 2019, foi construída uma estação de tratamento de esgoto (ETE) que capta o esgoto doméstico de dois bairros próximos, o Bela Vista e o Tangará, com cerca de 400 moradias (de acordo com dados fornecidos pela prefeitura do município). No entanto, essa ETE tem atuado apenas como coletora, de forma que o efluente liberado no corpo de água não apresenta as características visuais e sensoriais compatíveis com o tratamento proposto, não sendo verificado um esgoto clarificado e clorado no momento do descarte. Essa situação tem causado desconforto à população do entorno e alterado a qualidade da água do córrego a jusante do local de recebimento do efluente.

Segundo Von Sperling (2005), após um tratamento secundário com remoção da matéria-orgânica dissolvida e em suspensão, o esgoto já apresenta características que permitem o seu lançamento no meio ambiente. No entanto, grande quantidade de matéria orgânica ainda é visível no momento do lançamento. De acordo com o relato dos moradores da região, esse córrego era utilizado não somente para irrigação de hortaliças, mas também para recreação e pesca. Desde a instalação da ETE, a água tornou-se turva e malcheirosa, ainda assim, os produtores rurais utilizam bombeamento da água para irrigação de hortaliças consumidas cruas ou sem casca. Como não há registros de análise da água do Córrego Corredor na literatura, o presente estudo propôs a

análise que foi realizada ao longo de 2021 a fim de verificar a qualidade da água em questão para fins de irrigação de hortaliças consumidas cruas e verificação da efetividade da estação de tratamento de esgoto no local.

As análises físico-químicas são parâmetros importantes para inferir a qualidade da água. Tais análises são imprescindíveis em indústrias alimentícias, por exemplo, pois esse fator pode indicar a presença de resíduos gerados pela higienização, contaminação microbiológica ou até mesmo contaminação cruzada. Portanto, a medição dos parâmetros físico-químicos da água pode auxiliar e servir como indicador da qualidade das águas. Verificar a turbidez, o potencial hidrogeniônico e a quantidade de oxigênio dissolvido na água, identificar e monitorar a presença de substâncias nocivas, como poluentes químicos e sólidos orgânicos, possibilita inferir sobre a sobrevivência de patógenos, que podem representar ameaças à saúde. Dessa forma, investir em monitoramento e análise da água não apenas previne riscos à saúde, mas também contribui para a preservação ambiental, garantindo o acesso a uma água segura e de qualidade, fundamental para o bem-estar e a qualidade de vida da população (Fernandes et al., 2018).

Os microrganismos presentes na água podem ser utilizados como bioindicadores da qualidade da água e do grau de impacto do ecossistema. Os principais organismos encontrados nos esgotos são bactérias, fungos, protozoários, vírus e algas. Entre eles, as bactérias são as mais utilizadas como indicadores por serem responsáveis pela decomposição e estabilização da matéria orgânica e um grupo específico, os coliformes termotolerantes, são os bioindicadores mais utilizados por comprovarem a contaminação da água com fezes de animais homeotérmicos, já que habitam o trato intestinal desses animais (Fernandes et al., 2018). Por isso, a Resolução Conama de 2005 e a Portaria de Consolidação 05/2017, do Ministério da Saúde (Brasil, 2008), consideram os microrganismos associados à microbiota intestinal como bioindicadores da qualidade da água, por evidenciarem a contaminação por fezes (Seta, Oliveira & Pepe, 2017).

Outro indicador que favorece a comprovação da contaminação fecal é a presença de colifagos que são específicos para *Escherichia coli*, bactéria intestinal. A presença desses organismos não só confirma a presença dessas bactérias na água como é um indicativo indireto da presença de vírus entéricos humanos. Devido às características físico-químicas das partículas virais, elas podem permanecer na água mesmo após a eliminação bacteriana, podendo estar associadas a surtos de diarreia de origem viral. Devido à sua abundância e característica evolutiva, podem ser utilizados como ferramenta biológica para o tratamento de doenças infecciosas, bem como utilizados para identificação e/ou remoção de bactérias no meio ambiente (Apolinário, 2023).

A bacia do Rio Paraopeba abastece uma população estimada em 180.204 habitantes (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística [IBGE], 2019). Alguns dos afluentes tiveram suas bacias protegidas pela legislação do Estado de Minas Gerais em meados dos anos 80 e início da década de 90, e alguns de seus afluentes (córregos do Bálsamo, Rola-moça e Taboões) tiveram suas bacias protegidas por legislação estadual com a finalidade de garantir o abastecimento de água potável para parte da região metropolitana de Belo Horizonte (Alves, Maia, Lazaro, Cota & Magalhães, 2022). O Córrego Corredor, localizado em Mário Campos, faz parte da sub-bacia Ribeirão Sarzedo, outro afluente do rio Paraopeba.

Em função da ausência de informações sobre a qualidade da água do Córrego Corredor, a população dessa região continua utilizando sua água. Muitos desconhecem a existência dos indicadores de qualidade necessários para a utilização dessa água

nas hortaliças consumidas cruas e que são comercializadas, com o risco de serem fontes de contaminação humana. Nesse sentido, o objetivo do presente estudo foi verificar a qualidade da água do Córrego Corredor que é utilizada para fins de irrigação das hortaliças no município antes e após o dejetos lançado pela estação de tratamento de esgoto (ETE) instalada nas proximidades do referido córrego. Acredita-se que o impacto ambiental criado possa ter elevado a população microbiana nesse córrego, sobretudo a presença do bioindicador *E. coli*.

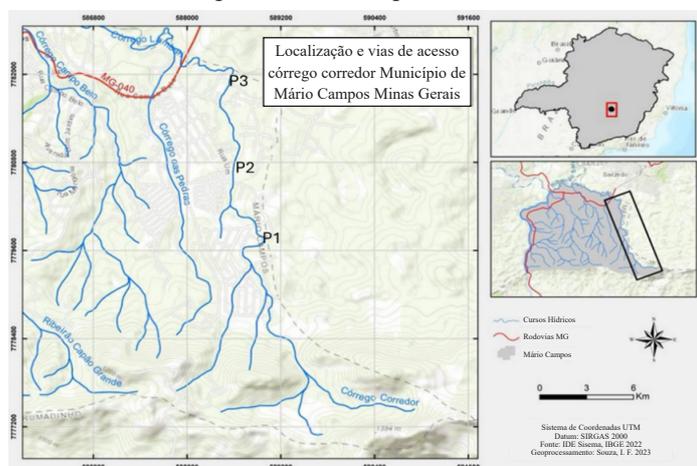
MATERIAIS E MÉTODOS

O Município de Mário Campos possui uma área de 72,395 km². Geomorfologicamente, encontra-se situado na região da Zona Metalúrgica, fazendo parte da microrregião 182 (Belo Horizonte). O estudo foi realizado no Córrego Corredor, localizado nesse município e pertencente à sub-bacia do Ribeirão Sarzedo e à bacia do Rio Paraopeba. Foram definidos três pontos de amostragem que foram escolhidos para entender se a estação de tratamento de esgoto (ETE) instalada no local tem atuado de modo a manter os parâmetros analisados similares aos observados no ponto que antecede a instalação dessa ETE: P1 – localizado na região próxima à nascente do córrego (20° 4'28.32" S; 44° 9'5.43" W); P2 – representa o local posterior ao despejo de dejetos da estação de tratamento de esgoto (20°4'13.16" S; 44° 9'8.44" W); P3 – localizado a jusante do lançamento do efluente tratado pela ETE e próximo às hortas que utilizam a água do córrego (20° 3'19.79" S; 44° 9'21.18" W). Esses pontos foram escolhidos a fim de delimitar um intervalo de um ponto que antecede a ETE (P1), um ponto logo após o despejo do esgoto tratado pela ETE (P2) e outro ponto após a ETE que dista cerca de 1 quilômetro da ETE (P3) a fim de verificar se o esgoto tratado tem influenciado a presença de coliformes termotolerantes.

A imagem das bacias hidrográficas de Mário Campos, com a indicação do córrego estudado, pode ser visualizada na Figura 1, obtida do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (Sisema, 2022).

Figura 1

Mapa das bacias hidrográficas do Município de Mário Campos – MG com indicação do Córrego Corredor. P1 – primeiro ponto de coleta, após a nascente; P2 – segundo ponto de coleta, após a ETE; P3 – terceiro ponto de coleta, próximo às hortas.



Fonte: Sisema, 2022.

Coleta das amostras

As coletas foram realizadas sempre no período da manhã entre 7:30 e oito horas, nos meses de fevereiro, março, maio e julho de 2021. Os intervalos devem-se a períodos chuvosos e à disponibilidade de materiais para realizar as análises, nos quais a

amostragem não pôde ser feita. A água foi coletada diretamente na subsuperfície do corpo hídrico (0 a 30 cm de profundidade) em recipiente de vidro esterilizado de boca larga com tampa esmerilhada, bem-ajustada, com a capacidade máxima de 125 mL. As amostras para análises microbiológicas foram coletadas em triplicata e mantidas entre quatro e 10 °C durante o transporte até o laboratório, conforme métodos especificados no Manual descrito pela Funasa (Brasil, 2006). As análises se iniciaram sempre em até uma hora após a coleta. As amostras para análise do fitoplâncton foram coletadas em frasco de vidro âmbar, fixadas com lugol acético e armazenadas em local seco e arejado até o momento da contagem.

Coleta de dados físicos e químicos

Durante as amostragens, os parâmetros de temperatura da água, condutividade elétrica, pH e turbidez foram analisados *in situ*, com auxílio de sonda multiparamétrica Horiba U-50.

Análises microbiológicas

As análises de coliformes totais e termotolerantes, bem como da presença de bacteriófagos, foram realizadas no Laboratório de Microbiologia Aplicada da UEMG (Universidade do Estado de Minas Gerais). Todos os procedimentos foram realizados em capela de fluxo laminar em condições estéreis. Os testes bacteriológicos foram realizados pela técnica dos tubos múltiplos, que consiste em demonstrar em Número Mais Provável (NMP).100 mL⁻¹ de amostra a quantidade de coliformes. O teste de coliformes totais é subdividido em dois testes, a saber, o Teste Presuntivo e o Confirmativo de acordo com o Manual da Funasa (Brasil, 2006).

Coliformes totais

Para o teste presuntivo foram utilizados 15 tubos de ensaio por ponto amostrado, sendo que cinco desses tubos continham caldo lactosado de concentração dupla e dez continham caldo lactosado de concentração simples. Nos cinco primeiros tubos (concentração dupla) foram inoculados 10 mL da amostra de água coletada (a diluição foi de 1:1). Nos outros dez tubos restantes (concentração simples) foram inoculados, nos cinco primeiros com diluição de 1:10, 1 mL da amostra. Nos cinco últimos tubos com diluição de 1:100, foram inoculados 0,1 mL da amostra. Todos os tubos foram incubados a 35 °C ± 0,5 °C durante 24/48 horas. Após esse período foi verificada a formação de gás dentro do tubo de Durham e a turvação do meio, confirmando que o teste presuntivo foi positivo. Posteriormente, o teste confirmativo foi realizado e com a alça de repicagem, previamente flambada e fria, foi retirada de cada tubo positivo uma porção de amostra e inoculada no tubo apropriado contendo o meio Verde Brilhante Bile a 2% (v/v). Os tubos foram incubados por 24/48 horas a 35 °C ± 0,5 °C e a presença de gás dentro do tubo de Durham confirmou o teste como positivo. Os resultados foram expressos em N.M.P. (Número Mais Provável).100 mL⁻¹ de amostra. Para determinar o N.M.P., verifica-se a combinação formada pelo número de tubos positivos que se apresentaram nas diluições 1:1; 1:10; 1:100 no Teste Confirmativo.

Coliformes Termotolerantes

Para a identificação de Coliformes Termotolerantes, os tubos do Teste Presuntivo positivos (formação de gás) e todos os tubos negativos em que houve crescimento após 48 horas, nas três diluições (1:1; 1:10 e 1:100), foram analisados. Uma porção coletada com alça de repicagem flambada e fria foi inoculada nos tubos de ensaio correspondentes contendo o meio EC, preparado conforme recomendações do fabricante. Os tubos

foram incubados em banho-maria a $44,5 \text{ }^\circ\text{C} \pm 0,2 \text{ }^\circ\text{C}$ durante 24 ± 2 horas. Ao fim de 24 horas, a formação de gás dentro dos tubos de Durham confirma a presença de coliformes termotolerantes. Após essa verificação, o N.M.P foi calculado com base na tabela disponibilizada pelo Manual Prático de Análise de Água da Fundação Nacional de Saúde (Brasil, 2006).

Contagem de bactérias totais

Para a contagem de bactérias totais, foi utilizado o ágar *Plate Counter* preparado de acordo com as recomendações do fabricante. Com auxílio de uma pipeta volumétrica, foi transferido 1 mL da amostra de água coletada para uma placa de Petri previamente esterilizada. Em seguida, o meio de cultura previamente fundido e estabilizado em banho-maria a $44-46 \text{ }^\circ\text{C}$ foi adicionado sobre a água depositada na placa. O conteúdo da placa foi homogeneizado em movimentos circulares moderados e a placa foi incubada a $35 \text{ }^\circ\text{C} \pm 0,5 \text{ }^\circ\text{C}$ durante 48 ± 3 horas. No final do período de incubação, a contagem das colônias foi realizada e os resultados expressos como número de colônias de bactérias por mililitro ou Unidades Formadoras de Colônias (UFC) por mililitro.

Confirmação da presença de *E. coli* em meio seletivo e diferencial

Para verificar a presença de *E. coli* foi também utilizado o ágar Eosina Azul de Metileno. Esse ágar é seletivo e diferencial para enterobactérias e permite o crescimento de *E. coli* na cor verde brilhante.

Análise da presença de *E. coli* utilizando colifagos

Para essa análise, as amostras de água coletadas foram centrifugadas por 30 minutos a 3000 g para remoção de detritos sólidos e filtradas com membrana filtrante de Polietersulfona (PES) com poro de $0,22 \text{ }\mu\text{m}$. Um mililitro do filtrado foi adicionado a 10 mL de cultura da bactéria *E. coli* 30, utilizada como isca, com 10^8 UFC/mL. Essa cultura foi incubada por 24 horas e posteriormente centrifugada para remoção da suspensão bacteriana e o sobrenadante foi filtrado utilizando-se membrana com poro de $0,22 \text{ }\mu\text{m}$ (Kutter, 2009).

O isolamento foi realizado pelo método de observação de formação de placas de lise sobre camada de ágar conforme metodologia adaptada de Keşik-Szeloch et al. (2013). Para isso, $250 \text{ }\mu\text{L}$ da cultura de *E. coli* M30 (1×10^6 células) incubada previamente a $35 \text{ }^\circ\text{C}$ para alcançar a fase exponencial de crescimento, cerca de 4 a 5 horas, foram misturados com 50-100 μL de filtrado viral e a mistura foi adicionada a 5 mL de meio Luria Bertani contendo 0,75% de ágar, mantido previamente a 55°C . A mistura foi vertida sobre placas contendo uma fina camada de meio LB sólido contendo 1,5% de ágar. As placas foram incubadas durante a noite e placas de lise foram observadas. Todos os procedimentos foram feitos em triplicata a partir das coletas feitas nos meses de março, maio e julho, após constatada nos meses anteriores a alta concentração de coliformes.

Contagem do Fitoplâncton

As contagens do fitoplâncton foram realizadas sob microscópio invertido, considerando a técnica de sedimentação de Utermöhl (Utermöhl, 1958). Foram contados 100 indivíduos da espécie dominante, respeitado o limite de confiança de 80% (Lund, Kipling & Le Cren, 1958). Cada alga unicelular, colonial e filamentosa foi considerada um indivíduo.

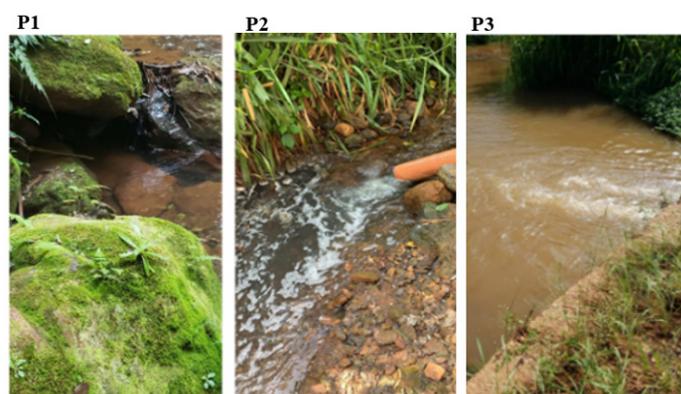
RESULTADOS E DISCUSSÃO

As análises físico-químicas foram realizadas no local da

coleta, já as análises microbiológicas foram realizadas a partir da água coletada nos pontos P1, P2 e P3, cujas fotos podem ser observadas na Figura 2. As análises feitas nesse córrego são as primeiras a serem divulgadas, não havendo informação acerca da qualidade dessa água em um tempo que antecede a instalação da ETE. Os dados da água no ponto P1, anterior ao local em que se encontra instalada a ETE, mostram-se dentro dos parâmetros estabelecidos pelo Conama em sua Resolução que trata da presença de coliformes termotolerantes em água utilizada para irrigação de hortaliças consumidas cruas. O número de bactérias contáveis estava acima de 1600 UFC/mL nos pontos P2 e P3 em todas as amostragens, já o P1 manteve-se a 200 UFC/mL. Nos pontos P2 e P3, os parâmetros amostrados inviabilizam a utilização dessa água para tal finalidade. Os aspectos visuais das imagens apresentadas na Figura 2 já permitem observar a eutrofização da água quando comparados os pontos P1, P2 e P3.

Figura 2

Locais de coleta das amostras para os testes microbiológicos e físico-químicos realizados no presente estudo. P1 – Próximo à nascente junto à Serra dos Três Irmãos; P2 – Após o despejo de esgoto da ETE existente; P3 – Próximo à MG 040.



Fonte: Os autores.

Com exceção do ponto P1, a água apresentou concentração de coliformes muito acima do desejável com relação à atividade para a qual é utilizada, isto é, a irrigação de hortaliças (Figura 3), pois, segundo a Resolução Conama n° 357, o limite máximo de coliformes presentes para águas destinadas à irrigação de hortaliças consumidas cruas não deve exceder 200 NMP e, na maioria das vezes, o limite encontrado para os pontos P2 e P3 foi acima de 1600 NMP, desqualificando a água para essa finalidade. No Brasil, apenas 46% do esgoto recebe tratamento (SNIS, 2018) e isso é preocupante, uma vez que, segundo estudos, muitos cursos d'água são utilizados para consumo, irrigação e outras finalidades.

De acordo com os dados mostrados na Tabela 1, pode-se observar que a quantidade de *E. coli* apresentada nos pontos P2 e P3 estão acima do desejável, com valores médios acima de 500 NMP. Tal resultado entra em concordância com Santos (2007), que aponta uma relação direta entre os aumentos das atividades econômicas da população urbana e o grande número de impurezas nas águas de córregos, rios e lagoas. Os dados também entram em concordância com o cenário que Alves et al. (2022) destacaram em seus estudos, no qual 80% dos efluentes domésticos e industriais no Brasil são despejados diretamente nos mananciais, rios e lagos sem qualquer tratamento prévio.

Tais dados provam ser insatisfatórios segundo a Resolução Conama n.º 357/2005 quando esta define os critérios da água a ser utilizada na agricultura para a irrigação de hortaliças que podem ser consumidas cruas ou de frutas que se desenvolvam

rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película. Inclusive, esses dados confirmam o panorama sobre o abastecimento de água e esgotamento sanitário apresentado pela Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável no ano de 2020 (SEMAD, 2020). O referido relatório apontou que, no Município de Mário Campos, somente 14% da população possui coleta de esgoto, sendo desses 9,9% com o esgoto tratado. Isso acaba por classificar o Município em estado crítico, inferindo que ele deve desenvolver políticas e ações públicas para a melhoria e criação de estações de tratamento de esgoto – ETEs.

Tabela 1

Número Mais Provável (NMP) de coliformes totais e termotolerantes de fevereiro a julho de 2021, de acordo com a série cinco de tubos múltiplos.

Mês	Pontos de coleta	Microbiológica	
		Coliformes Totais *NMP/100 mL	Coliformes Termotolerantes *NMP/100 mL
Fevereiro	P1	350	600
	P2	900	900
	P3	1600	900
Março	P1	350	350
	P2	≥ 1600	1600
	P3	≥ 1600	1600
Maio	P1	500	500
	P2	> 1600	1600
	P3	≥ 1600	1600
Julho	P1	500	240
	P2	≥ 1600	380
	P3	≥ 1600	500

Fonte: Os autores.

Notas. *NMP com limite de confiança de 95% para várias combinações de resultados positivos quando cinco tubos são usados para cada diluição (10 mL, 1,0 mL e 0,1 mL), conforme preconiza a tabela do Manual da Funasa (Brasil, 2006).

Esses dados, assim como no estudo de Rocha et al. (2006) conduzido na Bacia de Santa Cruz em Lavras – MG, revelaram que as amostras estavam contaminadas com coliformes termotolerantes e que a água estava em desconformidade com o exigido. Neste trabalho, as amostras de água são utilizadas para irrigar hortaliças rentes ao solo ou consumidas cruas e a resolução define esse tipo de água como sendo de Classe I devido à sua finalidade, no entanto, a água utilizada está muito abaixo do padrão esperado.

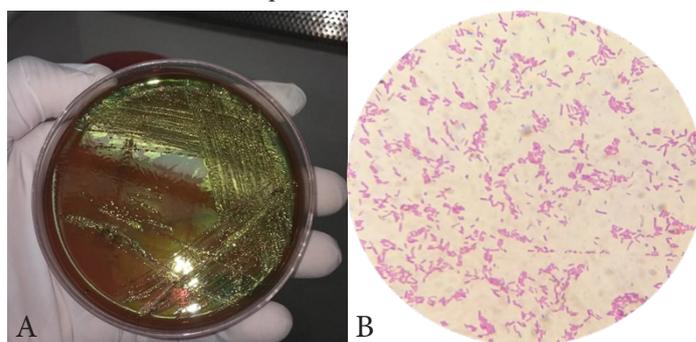
Quando analisadas as placas de meio Eosina Azul de Metileno inoculadas com as amostras dos tubos positivos de Caldo Verde Bile Brilhante, nota-se a presença de colônias verde-metálicas, como mostra a Figura 3A. Nela é possível a confirmação macroscópica da presença de *E. coli* termotolerante nas amostras analisadas. Além da confirmação em placa, foi realizada a técnica de Gram e, por meio desta, foram visualizadas células bacterianas no formato de bacilos com coloração rosada, confirmando a presença de bactérias Gram-negativas (Figura 3B), apontando que se trata do microrganismo indicador de contaminação fecal *E. coli*.

A confirmação da presença dessa bactéria em números que excedem o previsto pela legislação brasileira mostra que a água do Córrego Corredor, a partir do segundo ponto de coleta (P2) que se localiza logo após o despejo da ETE atual, encontra-se

imprópria para consumo ou irrigação de hortaliças. Apesar disso, durante as coletas foi observado que alguns agricultores ainda bombeiam a água desse córrego para irrigação de suas hortas, cuja maioria das hortaliças produzidas são para consumo em sua forma crua, o que constitui um quadro muito sério, tendo em vista que o consumo dessas hortaliças sem a devida higienização pode levar a doenças causadas por microrganismos e parasitos que são veiculados por essa água.

Figura 3

(A) Confirmação macroscópica da presença de *E. coli* em ágar Eosina Azul de Metileno; (B) Confirmação da presença de *E. coli* nas amostras analisadas pela técnica de Gram.



Fonte: Os autores.

Um esforço para mitigar esses problemas é necessário, uma vez que grande parte da população do Município se utiliza das águas contaminadas do Córrego Corredor para o plantio das hortaliças, sendo essas transportadas para todo o estado de Minas Gerais, segundo reportagens disponíveis no site da prefeitura e paralelamente em estudos acadêmicos (Pimenta, 2016).

Os três pontos de coleta apresentaram médias de pH dentro dos parâmetros estabelecidos na Resolução Conama n.º 357/05 (Brasil, 2005) para corpos d'água, Classe I, que é entre seis e nove. Razmi et al. (2023) atestam que o valor de pH é um fator ambiental significativo que controla o crescimento bacteriano, sua atividade e afeta suas propriedades metabólicas, levando em consideração que a maior parte das bactérias tem um pH ótimo entre 6,5 e 7,5. O ponto P1 teve em média um pH de 7,55, o ponto P2, de 7,4 e o ponto P3, de 6,84. De forma geral, os valores encontrados para o parâmetro pH (Tabela 2) favorecem o crescimento microbiano e corroboram os dados microbiológicos encontrados no estudo.

Tabela 2

Potencial hidrogeniônico (pH) da água do Córrego Corredor verificada para os pontos P1, P2 e P3 nos meses de fevereiro, março, maio e julho de 2021.

	Fevereiro	Março	Maio	Julho
P1	6,9	6,7	8,9	7,7
P2	6,3	8,3	8,3	6,8
P3	6,7	6,6	6,6	6,2

Fonte: Os autores.

Sobre a variação na condutividade elétrica, a Resolução Conama n.º 357/05 (Brasil, 2005) estabelece que tal variação para águas naturais deve ser entre 10 e 100 µS/cm, enquanto as que apresentam poluentes encontram-se em uma margem superior a 1000 µS/cm. Com relação à condutividade (Tabela 3), o ponto P1 teve uma média de 493 µS/cm, o ponto P2, uma média de 223 µS/cm e o ponto P3, uma média de 101 µS/cm. De acordo com Santos (2007), o valor da condutividade e nível de contaminação

estão diretamente relacionados e, por isso, pode-se afirmar que quanto maior o valor da condutividade elétrica amostrada em água, maior a contaminação desse recurso hídrico. Nesse caso, todos os pontos apresentam valores médios de condutividade acima do estabelecido. Os valores elevados nos pontos P1 e P2 podem estar relacionados ao acúmulo de íons dissolvidos no corpo d'água, sendo necessária uma análise dos solutos presentes na água do córrego para confirmar essa hipótese (Esteves, 2011).

Tabela 3

Condutividade Elétrica ($\mu\text{s}/\text{cm}$) da água do Córrego Corredor verificada para os pontos P1, P2 e P3 entre os meses de fevereiro, março, maio e julho de 2021.

Ponto de amostragem	Fevereiro	Março	Maio	Julho
P1	0,680	0,065	0,600	0,063
P2	0,177	0,204	0,251	0,261
P3	0,084	0,104	0,097	0,120

Fonte: Os autores.

A temperatura influencia diversos outros parâmetros químicos e físicos, sendo um fator ambiental fundamental para o controle da vida aquática. A temperatura da água também sofre influência de outros fatores, por exemplo, a altitude e latitude; estação do ano; regime de chuva, profundidade do corpo d'água e o fluxo da corrente (Santos, 2007). Quando foi avaliada a temperatura média da água do córrego (Tabela 4), no ponto P1 a medição foi de 19,37 °C, no ponto P2, de 21,12 °C, e no ponto P3, de 19,87 °C. Os dados apresentados indicaram temperaturas adequadas para todos os pontos, conforme orienta a Resolução Conama supracitada. Houve variação dos valores de temperatura nos meses de coleta, principalmente em relação a julho em comparação aos outros meses, entre 1,8 °C e 5,5 °C. A baixa temperatura nos meses de inverno deve-se, portanto, à diminuição da temperatura atmosférica, que influenciou a média de temperatura para o Córrego Corredor nessa época, quando foi registrada queda brusca da temperatura mínima na região metropolitana para o ano de 2021 segundo o Instituto Nacional de Meteorologia (2021).

Tabela 4

Temperatura (°C) da água do Córrego Corredor verificada para os pontos P1, P2 e P3 entre os meses de março e dezembro de 2021.

	Fevereiro	Março	Maio	Julho
P1	20,7	19,3	16,8	20,7
P2	22,5	21	19,2	21,8
P3	22,4	18,7	16,6	21,8

Fonte: Os autores.

A turbidez pode ser definida como uma medida do grau de interferência à passagem da luz através do líquido (Estevam, Silva e Silva, 2019). É considerada uma característica física da água e que ocorre devido à presença de substâncias em suspensão em meio líquido, tais como: sólidos divididos ou em estado coloidal, matéria orgânica em suspensão, minério insolúvel, partículas inorgânicas e organismos microscópicos (Santos, 2007). Ainda, a presença dessas partículas causa a dispersão e absorção da luz, o que deixa a água com aparência turva, esteticamente indesejável e potencialmente perigosa, pois uma alta taxa de turbidez indica o bloqueio da luz, prejudicando, portanto, a fotossíntese das algas e plantas aquáticas submersas.

Os dados apresentados indicaram valores de turbidez

acima do recomendado no ponto P2. Conforme a Resolução n.º 357/05 do Conama (Brasil, 2005), devem ser apresentados valores de turbidez abaixo de 40 UNT, o que indica uma alteração no aspecto físico da água. O ponto apresentou, em média, valores acima de 40 UNT (Tabela 5). O ponto P2 recebe o esgoto que sofreu alguns tratamentos pela ETE construída pela Prefeitura. Esse dado aponta irregularidade na qualidade da água lançada do córrego advinda da ETE, já que os demais pontos apresentaram valores dentro do padrão de qualidade. No ponto P2, essa alta turbidez é decorrente da proliferação de microrganismos em água que recebe esgoto tratado, pois coincide com o maior número de coliformes termotolerantes amostrados no local.

Os dados físico-químicos encontrados são similares àqueles apresentados por Kauano, Valerio & Andreola (2018) sobre o Córrego Moscados em Maringá – PR. Os autores reportam que alguns parâmetros, como o pH e a condutividade por meio da sonda Horiba, estão situados dentro dos valores máximos permissíveis pela Resolução Conama n.º 357/2005, mas, apesar disso, a presença de coliformes e o aumento da turbidez da água sugerem a contaminação da água do córrego em questão. Esses dados também se assemelham aos encontrados por Lenz, Lieberknect & Machado (2024), que, estudando os parâmetros físico-químicos do rio Fiuza em Panambi – RS, verificaram que ao longo do curso do rio havia um ponto onde a turbidez era maior do que nos demais locais amostrados e concluíram que isso ocorria devido ao maior acúmulo de materiais associados aos lançamentos da zona urbana e industrial nesse ponto. No caso do Córrego Corredor, esse aumento também pode ser explicado pela presença da ETE no ponto P2.

Tabela 5

Turbidez (UNT) da água do Córrego Corredor verificada para os pontos P1, P2 e P3 entre os meses de março e dezembro de 2021.

	Fevereiro	Março	Maio	Julho
P1	4	4	1	5
P2	34	42	51	41
P3	37	20	7	21

Fonte: Os autores.

Durante a pesquisa, também buscou-se determinar a presença de bacteriófagos nos corpos d'água estudados. Essa estratégia foi pensada porque os fagos são indicadores da contaminação fecal ou do tratamento inadequado de esgoto. Acredita-se que os bacteriófagos sejam a forma de vida mais abundante do planeta; podem ser encontrados no solo, água doce e salgada, plantas e animais, são ubíquos (Pereira, 2011). Neste estudo foram detectados fagos capazes de causar a lise da *E. coli* 30 em todos os pontos de amostra, como é possível visualizar na Figura 4.

Figura 4

Presença de fagos nas amostras dos pontos P1, P2 e P3, observadas através do método de plaqueamento sobrecamada.



Fonte: Os autores.

Nos pontos P2 e P3 era esperada a presença de fagos devido à suposição da contaminação fecal da água, enquanto no primeiro ponto a presença das lises era pouco esperada. Essa detecção de fago no P1 pode estar relacionada ao escoamento superficial da água da chuva, que acaba levando dejetos de animais que habitam as fazendas próximas ao ponto amostrado. “O escoamento superficial, proveniente de águas pluviais, é considerado uma fonte de poluição difusa e seu estudo pode auxiliar no saneamento [...]” (Faustino, 2021, p. 8).

Os dados da análise de colifagos confirmam presença de *E. coli* no córrego e a caracterização desses fagos encontrados no presente estudo permitirá conhecer seu potencial como agente de análise da contaminação fecal, assim como agente controlador de infecções por linhagens bacterianas permissivas. Em um primeiro teste, esses fagos foram capazes de infectar uma linhagem *E. coli* e isso poderá servir para futuros estudos pensados em terapias com fagos, por exemplo. Ademais, o uso de bactérias com protocolos bem determinados ajudará a estabelecer o nível de influência do esgoto na contaminação do córrego e possíveis doenças ou resistências bacterianas que possam estar relacionadas à presença desses fagos. Eles representam um dos mecanismos de variabilidade gênica bacteriana por transdução e podem transferir genes de uma bactéria para outra, tornando-as, por exemplo, resistentes a antibióticos aos quais antes eram sensíveis (Brown-Jaque, Calero-Cáceres & Muniesa, 2015).

Periasamy e Sundaram (2013) mostraram a eficácia do uso de bacteriófagos como agentes indicadores e inibidores do crescimento de diferentes cepas bacterianas patogênicas da família Enterobacteriaceae encontradas em amostras de esgoto de diferentes hospitais da Índia. Esses achados vão de encontro aos dados do presente trabalho, pois, além de terem sido encontrados fagos que se multiplicam especificamente em *E. coli*, esses microrganismos foram isolados em amostras da água de um córrego que é utilizada pelos moradores do entorno.

Além dos bacteriófagos, a procura por parasitos pode auxiliar no diagnóstico da qualidade da água utilizada para irrigação de hortaliças consumidas cruas, como foi feito por Ragazzi (2011). Esse autor verificou que as hortaliças vendidas no mercado em Ribeirão Preto – SP que eram oriundas dessa mesma região estavam contaminadas também com parasitos intestinais. Todas essas observações são importantes para que a saúde pública seja repensada a partir do consumo de produtos agrícolas, ampliando as fiscalizações nesse setor, a fim de reduzir as doenças veiculadas pelo consumo de alimentos que naturalmente são ingeridos crus. Os cuidados com a água e a necessidade de tratamento prévio à irrigação devem ser repensados a fim de melhorar a qualidade de vida da população, pensando na redução de doenças infecto-parasitárias.

Do ponto de vista microbiológico, os dados deste estudo apontam que a água avaliada é inadequada para irrigar hortaliças consumidas cruas, o que requer que novas medidas de saneamento básico sejam tomadas para tratar o esgoto recebido pela ETE construída pela prefeitura do município. Diversos estudos indicam os alimentos como veículos de microrganismos patogênicos, portanto, o uso de água contaminada para atividades humanas resulta em uma problemática para a saúde pública (Brasil, 2008).

A densidade do fitoplâncton variou entre 564 ind.mL⁻¹ (P1, março de 2021) e 3376 ind.mL⁻¹ (P3, março de 2021). O ponto P1, localizado próximo à nascente, apresentou menor densidade média (1003 ind.mL⁻¹) que os pontos P2 (1889 ind.mL⁻¹) e P3 (2289 ind.mL⁻¹), localizados a jusante da ETE. A Cyanobacteria *Aphanocapsa* sp. predominou nos três pontos, contribuindo com pelo menos 80% da densidade total. Espécies do gênero

Aphanocapsa constam da lista de espécies do picofitoplâncton consideradas potencialmente tóxicas (Jakubowska & Szelaż-Wasielewska, 2015). Ressalta-se também a maior contribuição de *Cryptomonas* sp. (Cryptophyceae), organismo associado a ambientes meso-eutróficos, para a densidade fitoplanctônica no ponto P3 (Padisák, Crossetti & Naselli-Flores, 2009). Tais resultados evidenciam condições mais favoráveis ao desenvolvimento do fitoplâncton nos pontos P2 e P3, com predomínio de cianobactérias, corroborando os indícios do efeito negativo da ETE sobre a qualidade da água do Córrego Corredor.

Os resultados encontrados no decorrer da pesquisa indicaram a contaminação do corpo d'água estudado. Portanto, a água é inadequada tanto para consumo direto quanto para a irrigação de hortaliças que são produzidas por agricultores locais, vendidas pelas ruas, em feiras da cidade, e consumidas cruas. Além disso, estando o córrego contaminado, são necessárias análises das águas subterrâneas em seu entorno para avaliar, por exemplo, o comprometimento de poços artesianos que se encontram nas margens do córrego. A água do córrego, se utilizada para irrigação, pode contaminar produtos agrícolas que, por sua vez, na mesa do consumidor, podem carregar diversos patógenos, situação essa que causaria problemas de saúde pública para os consumidores.

CONCLUSÃO

O Córrego Corredor em Mário Campos – MG vem sendo utilizado pelos agricultores do entorno para irrigação de hortaliças consumidas cruas. No entanto, não há na literatura dados que comprovem a qualidade da água nos quesitos microbiológicos exigidos pela legislação brasileira. Este estudo buscou avaliar os parâmetros microbiológicos exigidos pela Resolução Conama n.º 375/205 para a utilização da água destinada à irrigação, conforme citado.

Após as análises microbiológicas e físico-químicas da água do Córrego Corredor localizado em Mário Campos, é possível afirmar que tal córrego está contaminado por microrganismos do grupo de coliformes, confirmando a *E. coli* tanto pelos métodos padrões definidos pelo Manual da Funasa (Brasil, 2006) quanto pela presença de colifagos, e que alguns de seus parâmetros estão em desacordo com a regulação vigente. Também foi verificada a presença de um gênero de cianobactéria considerado potencialmente tóxico em maiores densidades nos pontos a jusante da ETE. Dessa forma, a água desse córrego não deve ser utilizada para irrigação de hortaliças consumidas cruas. Portanto, novas propostas de saneamento básico além da estação de tratamento de esgoto presente na região devem ser desenvolvidas pela prefeitura responsável e aplicadas para evitar contaminações dos alimentos, das águas subterrâneas e dos poços artesianos utilizados pela população do entorno.

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Apoio à Pesquisa da UEMG (PAPq) pelo financiamento das bolsas de estudo para os graduandos envolvidos neste trabalho e desenvolvimento da pesquisa. Às pesquisadoras Camila Teixeira Palhares e Juliana Magno pelo suporte na obtenção do mapa da região.

CONFLITO DE INTERESSES

Os autores declaram a ausência de conflito de interesse.

FONTES DE FINANCIAMENTO

Este estudo recebeu apoio financeiro do Programa de Apoio à Pesquisa da UEMG (PAPq).

CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Conceitualização: M. C. F. C. Curadoria de dados: M. C. F. C., F. P. B. Análise de dados: M. F. R. R., B. R. L. S., L. P. P., M. C. F. C. Recebimento de financiamento: M. F. R. R., B. R. L. S. Pesquisa: M. F. R. R., B. R. L. S., L. P. P., P. D. G., C. F. A.

B., J. G. L. C. *Metodologia*: M. F. R. R., B. R. L. S., L. P. P., C. F. A. B., M. C. F. C. *Administração do projeto*: M. C. F. C. *Disponibilização de ferramentas*: M. C. F. C., F. P. B., C. F. A. B. *Desenvolvimento, implementação e teste de software*: M. C. F. C., F. P. B. *Supervisão*: M. C. F. C. *Validação de dados e de experimentos*: M. C. F. C., F. P. B., C. F. A. B. *Design da apresentação de dados*: M. F. R. R., B. R. L. S., L. P. P., M. C. F. C., F. P. B. *Redação do rascunho inicial*: E. G. C. S., M. F. R. R., L. P. P., M. C. F. C. *Revisão e edição da escrita*: M. C. F. C., F. P. B.

REVISÃO POR PARES

A Uningá Review agradece aos revisores anônimos por sua contribuição para a revisão por pares deste trabalho.

REFERÊNCIAS

Abcon Sidcon. (2023). *Doenças de veiculação hídrica no Brasil: causas, sintomas e prevenção*. [Artigo de website]. Recuperado de: <https://abconsindcon.com.br/doencas-de-veiculacao-hidrica/>

Alves, F. G. S., Maia, C. O., Lazaro, G. L. V., Cota, G. E. M., & Magalhães Júnior, A. P. (2022). A proteção de mananciais na Região Metropolitana de Belo Horizonte (MG): os desafios de compatibilização entre usos da terra e da água na Área de Proteção Especial (APE) Taboões. *Revista Geografias*, 15(1), pp. 8–25. doi: 10.35699/2237-549X.2019.19736

Apolinário, M. (2023). “O inimigo do meu inimigo é meu amigo”: *Bacteriófagos e sua utilidade medicinal*. [Artigo de website]. Recuperado de <https://w2.microbiologia.ufrj.br/portal/index.php/pt/graduacao/informes-da-graduacao/988-o-inimigo-do-meu-inimigo-e-meu-amigo-bacteriofagos-e-sua-utilidade-medicinal>

Brasil. (2006). Fundação Nacional de Saúde – Funasa. *Manual Prático de Análise de Água* (2ª ed., rev.). Brasília: Fundação Nacional de Saúde. Recuperado de http://bvsmis.saude.gov.br/bvsmis/publicacoes/manual_analise_agua_2ed.pdf

Brasil. (2008). Ministério da Saúde. *Guia alimentar para a população brasileira: promovendo a alimentação saudável* (1ª ed.). Ministério da Saúde, Secretaria de Atenção à Saúde, Departamento de Atenção Básica – Série A. Normas e Manuais Técnicos. Recuperado de https://bvsmis.saude.gov.br/bvsmis/publicacoes/guia_alimentar_populacao_brasileira_2008.pdf

Brasil. (2005). Conselho Nacional de Meio Ambiente. *Resolução Conama 357, de 17 de março de 2005*. Recuperado de https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2005/res_conama_357_2005_classificacao_corpos_agua_rtfcd_a_altrd_res_393_2007_397_2008_410_2009_430_2011.pdf

Brown-Jaque, M., Calero-Cáceres, W., & Muniesa, M. (2015). Transfer of antibiotic-resistance genes via phage-related mobile elements. *Plasmid*, 79, pp. 1–7. doi: 10.1016/j.plasmid.2015.01.001

Costa, A. M.; Pontes, C. A. A.; Melo, C. H.; Lucena, R. C. B.; Gonçalves, F. R., & Galindo, E. F. (2002, s. d.). Classificação de doenças relacionadas a um saneamento ambiental inadequado (DRSAI) e os Sistemas de Informações em Saúde no Brasil: possibilidades e limitações de análise epidemiológica em saúde ambiental. In: *XXVIII Congreso interamericano de ingeniería sanitaria y ambiental, Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental: AIDIS*, Cancun, México.

Estevam, M., Silva, A. W., & Silva, F. F. (2019). Análise Física da Água de entrada no Sistema Agroindustrial de Curtume em Maringá – Paraná. *Ciência e Natureza*, 41, e16. doi: 10.5902/2179460X36610

Esteves, F. A. (2011). *Fundamentos da limnologia* (3ª ed.). Rio de Janeiro, RJ: Interciência. Recuperado de: http://professor.ufop.br/sites/default/files/roberthfagundes/files/fundamentos_de_limnologia_-_francisco_de_assis_esteves.pdf

Faustino, M. G. (2021). *Qualidades das águas urbanas: caracterização do escoamento superficial urbano quanto à ocorrência espacial e sazonal de multitraçadores* [Tese de Doutorado, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Universidade de São Paulo]. Teses USP. <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/85/85134/tde-15072021-160209/publico/2021FaustinoQualidades.pdf>

Fernandes, D. O., César, F. G., Martins, A. S., Santos, K. J., Vicente, E. A., Santos, J. R. E., ... Casteluber, M. C. F. (2018). Avaliação da qualidade microbiológica da água do córrego Barreirinho no município de Ibititê-MG: uma comparação com o Kit Enzquik. *Águas Subterrâneas*, 32(2), pp. 275-282. doi: 10.14295/ras.v32i2.29121

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. (2019). *Panorama do Município de Ibititê*. [Website]. Recuperado de <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/ibitite/panorama>

Instituto Nacional de Meteorologia – INMET. 5º Distrito de Meteorologia – Belo Horizonte (2021). *Boletim do Tempo/Agosto 2021*. [Artigo de website]. Recuperado de <https://portal.inmet.gov.br/boletinsagro/#>

Instituto Trata Brasil. (2023). *Ranking do Saneamento 2023*. [Artigo de website]. Recuperado de https://tratabrasil.org.br/ranking-do-saneamento-2023/?gad_source=1&gclid=CjwKCAjwps-zBhAiEiwALwsVYQMriNahtuYzNVI63SS-p0A7xKvDQACNVXyF22ZxzxtgXZGfGd6GGRoCKC4QAvD_BwE

Jakubowska, N., & Szeląg-Wasielewska, E. (2015). Toxic Picoplanktonic Cyanobacteria – Review. *Marine Drugs*, 13(3), pp. 1497-1518. doi: 10.3390/md13031497

Kauano, M. V., Valerio, V. S., & Andreola, R. (2018, outubro). Análise Físico-química das águas do Córrego moscados em Maringá – PR. In: *Anais do VIII Mostra Interna de Trabalhos de Iniciação Científica, I Mostra Interna de Trabalhos de Iniciação Tecnológica e Inovação da UNICESUMAR. Maringá – PR*.

Kęsik-Szeloch, A., Drulis-Kawa, Z., Weber-Dąbrowska, B., Kassner, J., Maiokowska-Skrobek, G., Augustyński, D., ... Kropinski, A. M. (2013). Characterizing the biology of novel lytic bacteriophages infecting multidrug-resistant *Klebsiella pneumoniae*. *Virology Journal*, 10. doi: 10.1186/1743-422X-10-100

Kutter, E. (2009) Phage host range and efficiency of plating. In: Clokie, M. R., Kropinski, A. M. (eds), *Bacteriophages. Methods in Molecular Biology* (vol. 501). Humana Press. Recuperado de https://doi.org/10.1007/978-1-60327-164-6_14

Lenz, A. G., Lieberknect, F., & Machado, F. F. (2024). Avaliação de parâmetros físico-químicos da qualidade da água do Rio Fiúza em Panambi, RS. *Revista Foco: Interdisciplinary Studies*, 17(4), e4633, pp. 1-20. doi: 10.54751/revistafoco.v17n4-077

Lund, J. W. G., Kipling, C., & Le Cren, E. D. (1958). The inverted microscope method of estimating algal numbers and the statistical basis of estimations by counting. *Hydrobiologia*, 11, pp. 143-170. doi: 10.1007/BF00007865

Mariano, G. M. L. (2023). *Análise de uma experiência de assistência técnica privada na agricultura familiar no município de Mário Campos – MG, atingida pelo rompimento da barragem de rejeitos da Mina do Córrego do Feijão*. [Dissertação de Mestrado em Extensão Rural, Universidade Federal de Viçosa]. Locus UFV. <https://locus.ufv.br/handle/123456789/31557>

Moraes, M. F.; Costa e Silva, D. L., Bastos, M. F., & Souza, P. M. (2017, maio). Análise multitemporal do uso e ocupação do solo em Mário Campos-MG. In: *XVIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR, 28 a 31 de maio de 2017. Anais INPE*. Santos – SP. Recuperado de <https://proceedings.science/sbsr/trabalhos/analise-multitemporal-do-uso-e-ocupacao-do-solo-em-mario-campos-mg?lang=pt-br>

Padisák, J., Crossetti, L. L. O., & Naselli-Flores, L. (2009). Use and misuse in the application of the phytoplankton functional classification: a critical review with updates. *Hydrobiologia*, 621, pp. 1–19. doi:10.1007/s10750-008-9645-0

Pereira, E. M. (2011). *Aplicações da terapia com bacteriófagos como controle microbiológico*. [Monografia, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais]. Repositório UFMG. https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUOS-99VHNF/1/monografia_fagos_151111_2_.pdf

Periasamy, D., & Sundaram, A. (2013). A novel approach for pathogen reduction in wastewater treatment. *Journal of Environment Health Science Engineer*, 11. doi:10.1186/2052-336X-11-12

Pimenta, A. P. (2016). *Definição de áreas prioritárias para o desenvolvimento de iniciativas de pagamento por serviço ambiental e potencial adesão dos produtores rurais do Município de Mário Campos, Minas Gerais*. [Monografia, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – CEFET]. DCTA CEFET-MG. https://www.dcta.cefetmg.br/wp-content/uploads/sites/21/2018/03/TCC-II_Final_Ana-Paula-Pimenta-2016.pdf

Ragazzi, M. (2011). *Estudo comparativo da qualidade parasitológica e toxicológica entre hortaliças cultivadas com água de reuso e hortaliças comercializadas em Ribeirão Preto – SP*. [Dissertação de Mestrado, Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo]. Teses USP. <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/22/22133/tde-28022012-142859/en.php>

Ramos, A. M., Silva, L. S., Lima, T. G., Marques, G. L., & Gontijo, H. M. (2020). Monitoramento da qualidade da água do rio Paraopeba e entorno após o rompimento da barragem de rejeitos em Brumadinho, Minas Gerais, Brasil. *Research, Society and Development*, 9(9), p. e627997594. doi: 10.33448/rsd-v9i9.7594

Razmi, N., Lazouskaya, M., Pajcin, I., Petrovic, B., Grahovac, J., Simic, M., & Stojanovic, G. (2023). Monitoring the effect of pH on the growth of pathogenic bacteria using electrical impedance spectroscopy. *Science Direct*, 20, 101425. doi: 10.1016/j.rineng.2023.101425

Rêgo, R. C. F.; Killinger, C. L., & Barreto, L. B. (orgs). (2018). *Impacto de um Programa Saneamento Ambiental na Saúde – Fundamentos teórico-metodológicos e resultado de pesquisa interdisciplinar*. Salvador, BA: EDUFBA.

Rocha, C. M. B. M.; Rodrigues, L. S.; Costa, C. C.; Oliveira, P. R.; Silva, I. J., Jesus, E. F. M., & Rolim, R. G. (2006). Avaliação da qualidade da água e percepção higiênico-sanitária na área rural de Lavras, Minas Gerais, Brasil, 1999-2000. *Caderno de Saúde Pública*, 22(9). doi: 10.1590/S0102-311X2006000900028

Rodrigues, R. S., Tubaldini, M. A. S. (2002, novembro). Agricultura metropolitana e sustentabilidade em Mário Campos – MG. In: *13º Encontro da Associação Brasileira de Estudos Populacionais, Anais... Ouro Preto: ABEP*, Ouro Preto, MG.

Santos, J. R. (2007). *Aspectos físico-químicos e metais pesados na água e sedimento do Rio Verruga no município de Vitória da Conquista – BA*. [Dissertação de Mestrado em Química Analítica, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia]. Domínio Público. http://www.dominiopublico.gov.br/pesquisa/DetalheObraForm.do?select_action=&co_obra=142026

Seta, M. H., Oliveira, C. V. S., & Pepe, V. L. E. (2017). Proteção à saúde no funasa: o Sistema Nacional de Vigilância Sanitária. *Ciência & Saúde Coletiva*, 22(10), pp. 3387-3398. doi: 10.1590/1413-812320172210.16672017

SEMAD. (2020). Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável de Minas Gerais – SEMAD. *Abastecimento de água e esgotamento sanitário*. [Artigo de Website]. Recuperado de <https://meioambiente.mg.gov.br/w/abastecimento-de-agua-e-esgotamento-sanitario>

SNIS. (2018). Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS. *Diagnóstico dos Serviços de água e Esgoto*. [Artigo de Website]. Recuperado de https://www.gov.br/cidades/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/snis/diagnosticos-antecedentes-do-snis/agua-e-esgotos-1/2018/Diagnostico_AE2018.pdf

SISEMA. (2022). Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos – SISEMA. *Percentual da população urbana atendida por serviço de abastecimento de água em 2020*. Recuperado de <https://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/geonetwork/srv/api/records/2575554a-421a-4118-a14a-14a321276eeb>.

Tucci, C. E. M. (2008). Águas urbanas. *Estudos Avançados*, 22(63), pp. 97-112. Recuperado de <https://www.revistas.usp.br/eav/article/view/10295>

Utermöhl, H. (1958). Toward the improvement of the quantitative phytoplankton method. *Mitteilungen-Internationale Vereinigung für Limnologie*, 9, pp. 1–38.

Von Sperling, M. V. (2005). *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos princípios do tratamento biológico de águas residuárias* (vol. 1). Belo Horizonte, MG: DESA-UFGM.