

Nadar no Rio das velhas: Realidade ou meta distante? Evolução temporal das condições de balneabilidade no Médio e Baixo Rio das Velhas – MG

Swimming in das Velhas River: Reality or distant goal? Temporal evolution of contact recreational conditions in the Middle and Lower das Velhas River – MG

Nathália Mara Pedrosa Chedid
Centro de Inovação e Tecnologia - CIT SENAI
natychedid85@gmail.com

Frederico Azevedo Lopes
Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG
fredericolopes@ufmg.br

Resumo

Apesar de sua relevância histórico-cultural para o estado no Minas Gerais, a bacia do Rio das Velhas tem sofrido os impactos de um processo contínuo de degradação ambiental, com a contaminação tanto por fontes pontuais quanto difusas de poluição, de atividades agrícolas, industriais, minerais e urbanas, refletindo sobre a qualidade de suas águas, comprometendo seus diversos usos e serviços ecossistêmicos. Deste modo, diversas ações e programas foram implementados nas últimas décadas visando, especialmente, a volta dos usos recreacionais no Rio das Velhas, como o nado e a pesca. Neste contexto, este trabalho tem por objetivo avaliar a evolução temporal da qualidade das águas do Rio das Velhas, nos seus médio e baixo cursos, para fins de recreação de contato primário, considerando os padrões legais vigentes no estado e o Índice de Condições de Balneabilidade – ICB, no período de 2007 a 2022. Os resultados indicaram que, apesar da tendência de melhoria do ICB na maioria das estações analisadas, atividades como a agricultura, pecuária e o lançamento de esgotos ao longo da bacia impactaram, especialmente, as concentrações de Turbidez, *E.coli* e Densidade de Cianobactérias, de forma a gerar inconformidades aos padrões legais de balneabilidade ao longo da série histórica. Portanto, as medidas e ações para a recuperação da bacia devem ser envidadas de forma contínua, como política de estado, haja vista o aspecto temporal de médio a longo prazo para o alcance dos objetivos de retorno ao uso recreacional das águas do Rio das Velhas.

Palavras-chave: Balneabilidade, Rio das Velhas, Índice de qualidade das águas.

Abstract

Despite its historical and cultural relevance to the state of Minas Gerais, the das Velhas River basin has suffered several impacts from a continuous process of environmental degradation, due to point and diffuse sources of pollution, from agricultural, industrial, mineral, and urban activities. These impacts have had a significant effect on the quality of its waters, compromising its diverse uses and ecosystem services. To address this issue, various actions and programs have been implemented in recent decades, with a particular focus on restoring recreational uses in the Rio das Velhas, such as swimming and fishing. Within this context, the present work aims to evaluate the temporal evolution of water quality in the das Velhas river's medium and lower courses, specifically for primary contact recreation purposes. This evaluation takes into consideration the legal standards, currently in force in the state, as well as the Index of Conditions to Bathing (ICB), over the period from 2007 to 2022. The results indicate that, despite an observed trend of improvement in the ICB at most part of the analyzed stations, certain

activities such as agriculture, livestock farming, and the discharge of sewage into the basin have had a notable impact on the concentrations of turbidity, *E. coli*, and cyanobacteria density. These impacts have led to non-compliance with legal contact recreation standards throughout the historical data series. Therefore, measures and actions for the recovery of the basin must be undertaken continuously, as a state policy, considering the medium to long term temporal aspect to achieve the objectives of returning to the recreational use in das Velhas River.

Keywords: Water quality for contact recreation, das Velhas River, Water quality index.

Introdução

Os sistemas aquáticos continentais sempre consistiram em recurso essencial para o estabelecimento e desenvolvimento de civilizações ao longo da história, fundadas, preferencialmente, nas proximidades desses corpos d'água. Entretanto, o lançamento de efluentes domésticos, agrícolas e industriais, bem como alterações no uso e cobertura da terra têm resultado em um conjunto de impactos sobre a qualidade das águas e dinâmica hidrológica (ZIMMERMAN *et al.*, 2008; JULIAN *et al.*, 2017), comprometendo os múltiplos usos da água, tais como o consumo humano e a recreação de contato primário (VON SPERLING, 2005; LOPES *et al.*, 2016).

Neste contexto, o Rio das Velhas, apesar de sua importância histórica, cultural e econômica para o estado de Minas Gerais (GOULART, 2015; SILVA *et al.*, 2019), tem sofrido os impactos de um processo contínuo de degradação em sua bacia hidrográfica, com a contaminação por fontes pontuais e difusas de poluição, de atividades agrícolas, industriais, minerais e urbanas (MAILLARD; SANTOS, 2008; VON SPERLING; VON SPERLING, 2013; TRINDADE *et al.*, 2017; PIAZI; LOPES; AZEVEDO RUCHKYS, 2018). Contudo, a demanda pela atividade turística, associada ao uso recreacional das águas, pode ser verificada em diversos trechos da bacia (CARMARGOS, 2005), especialmente em área de cachoeiras e reservatórios artificiais, utilizadas pela população para atividades de contato primário (LOPES; MAGALHÃES JUNIOR, 2010; LOPES; LEITE, 2021).

Na tentativa de solucionar os problemas ambientais da bacia, foram lançados dois projetos estratégicos: o Projeto estruturador Meta 2010 – Navegar, pescar e nadar no Rio das Velhas; e Revitalização da bacia do Rio das Velhas – Meta 2014, de iniciativa do Projeto Manuelzão – UFMG (PDRV, 2015), constantes tanto no plano plurianual de Ação Governamental de 2008-2011, quanto no de 2012-2015 (MACHADO, 2008; RAPOSO, 2020). Os referidos programas visavam, dentre outras melhorias ambientais no âmbito da bacia hidrográfica, assegurar a volta do peixe e do nadar no Rio das Velhas, recuperando as condições

de balneabilidade e o alcance de padrões de qualidade da água em conformidade à classe 2 do enquadramento de corpos d'água (BRASIL, 2005; MINAS GERAIS, 2022)

Apesar dos avanços alcançados por meio de esforços e medidas propostas pelo governo de Minas Gerais com o projeto Estruturador Meta 2010 e 2014 (MANUELZÃO, 2007; POLIGNANO *et al.*, 2012; PDRV, 2015; INSTITUTO GUAICUY, 2022), especialmente sobre a qualidade das águas no médio e no baixo cursos do rio (POLIGNANO *et al.*, 2012), o objetivo do projeto não foi totalmente atingido devido a uma série de fatores e acontecimentos ao longo dos anos que esteve vigente (RAPOSO, 2020). Desta forma, haja vista a demanda pelo uso recreacional das águas, os inerentes riscos à saúde humana, bem como a escassez de programas de monitoramento em balneários no cenário mineiro, a avaliação de condições de balneabilidade torna-se essencial, visando subsidiar políticas públicas e orientação à população sobre possíveis riscos associados.

Neste contexto, este trabalho tem por objetivo avaliar a evolução temporal da qualidade das águas do Rio das Velhas, nos seus médio e baixo cursos, para fins de recreação de contato primário, considerando os padrões legais vigentes (BRASIL, 2000; MINAS GERAIS, 2022) e o Índice de Condições de Balneabilidade – ICB (LOPES, 2012), no período de 2007 a 2022.

Materiais e métodos

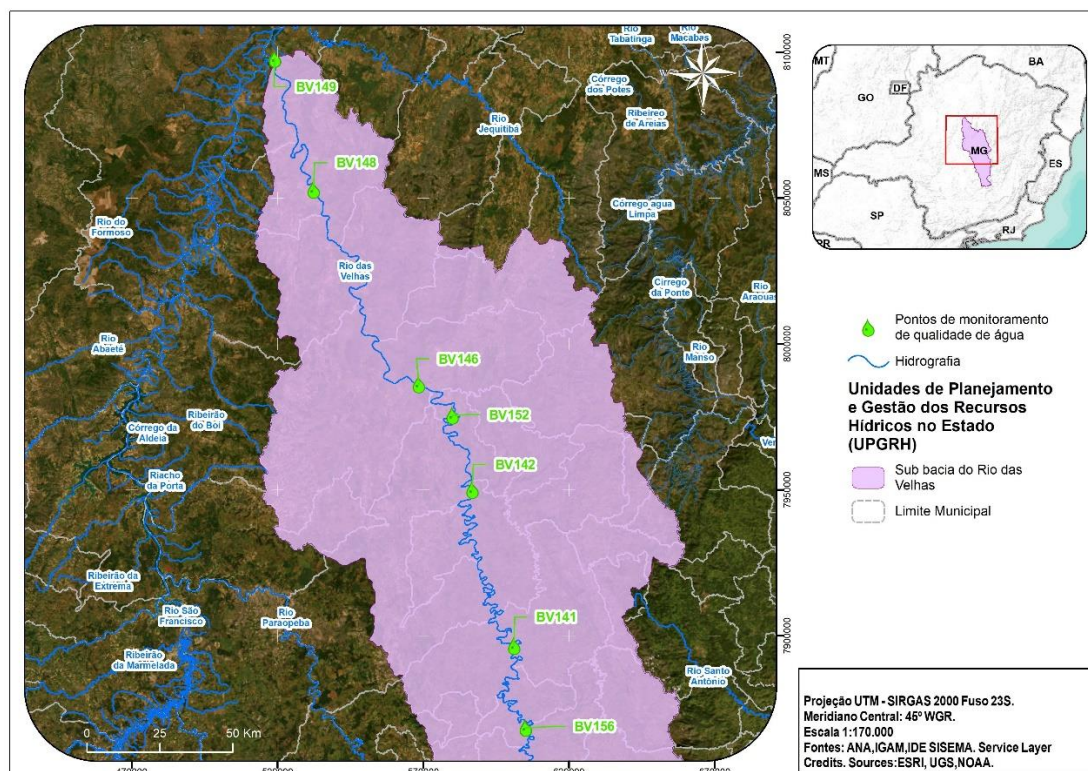
Localizada na região central do estado de Minas Gerais e inserida na bacia do rio São Francisco, a bacia do Rio das Velhas (Figura 1) abrange uma área aproximada de 29.173 km (PDRV, 2015). Para fins de gestão e planejamento em recursos hídricos em Minas Gerais, a bacia corresponde à Circunscrição Hidrográfica SF5 – CH do Rio das Velhas, junto à Unidade Estratégica de Gestão – UEG 1 – Afluentes do Alto São Francisco (MINAS GERAIS, 2020).

Neste contexto, o trecho selecionado, abrangendo o baixo e o médio (médio-alto e médio-baixo) cursos do Rio das Velhas (PDRV, 2015), foi definido como área de estudos na bacia, haja vista a ocorrência de florações de cianobactérias no referido trecho (JARDIM, 2011), como possível consequência de fontes diversas de poluentes, especialmente, desde a região metropolitana de Belo Horizonte (IGAM, 2014; 2016; PIAZI; LOPES; AZEVEDO RUCHKYS *et al.*, 2018).

Conforme a Deliberação Normativa nº 20/97, publicada em 24 de junho de 1997 pelo Conselho Estadual de Política Ambiental – COPAM, as águas desse segmento fluvial na

bacia estão enquadradas como Classe 2, a qual abrange as atividades de recreação de contato primário como um dos objetivos de uso das águas, desde que atendam aos padrões e critérios estabelecidos pela Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA 274 de 2000 (BRASIL, 2000).

Figura 1. Localização da área de estudos e estações amostrais



Fonte: Elaboração própria

Para avaliar a qualidade recreacional das águas na bacia do Rio das Velhas foram utilizados os parâmetros integrantes do índice de condição de balneabilidade – ICB (LOPES, 2012), no qual o cálculo integra os seguintes parâmetros: pH, densidade de cianobactérias, turbidez e *E. coli*, definidos junto a especialistas da área, bem como estudos epidemiológicos e legislação correlata, como indicadores chave para a avaliação de riscos de natureza física, microbiológica e aspectos estéticos.

O referido índice utiliza em sua formulação a metodologia do mínimo operador (SMITH, 1989), de forma a se evitar a perda de informações na agregação de resultados devido a interferência de um parâmetro sobre o outro. Deste modo, o parâmetro de pior desempenho (variável limitante) deve representar o resultado geral do índice, especialmente em casos de

usos restritivos da água, como a recreação de contato primário (NAGELS *et al.*, 2001). Assim, após a análise comparativa dos valores de (q), o menor resultado obtido corresponde à classificação geral do ICB, sendo esta: Excelente ($90 < \text{ICB} \leq 100$); Muito boa ($70 < \text{ICB} \leq 90$); Satisfatória ($50 < \text{ICB} \leq 70$); Imprópria ($25 < \text{ICB} \leq 50$) e Muito ruim ($0 \leq \text{ICB} \leq 25$).

Dessa forma, os resultados das estações de monitoramento distribuídas no referido trecho fluvial (Quadro 1), fornecidos pelo Programa de Monitoramento Oficial do Estado de Minas Gerais – Programa Águas de Minas/IGAM, disponibilizados por meio do Portal InfoHidro, foram inseridos em planilha do *software* Microsoft Excel e efetuados os cálculos conforme as equações estabelecidas para o ICB, obtendo-se o valor da curva (q), para cada variável.

Quadro 1. Descrição das estações de monitoramento de qualidade das águas

Estação	Descrição	Município
BV141	Rio das Velhas na cidade de Santana do Pirapama	Santana do Pirapama
BV142	Rio das Velhas a jusante do ribeirão Santo Antônio	Inimutaba, Presidente Juscelino
BV146	Rio das Velhas a jusante do rio Pardo Grande	Augusto de Lima, Corinto
BV148	Rio das Velhas na cidade de Várzea da Palma	Várzea da Palma
BV149	Rio das Velhas a montante da sua foz no rio São Francisco em Guaicuí	Várzea da Palma
BV152	Rio das Velhas entre os Rios Paraúna e Pardo Grande	Santo Hipólito
BV156	Rio das Velhas a jusante do Rio Jaboticatubas	Baldim

Fonte: Modificado de IGAM (2014)

Com os resultados obtidos de cada parâmetro foi realizada a classificação do ICB e a elaboração dos gráficos de evolução temporal do referido índice e suas variáveis componentes. Haja vista a expressiva variabilidade e amplitude dos dados, fez-se a conversão dos mesmos para escala logarítmica (base 10) visando sua melhor representação gráfica, sendo as estações organizadas no sentido de montante para jusante.

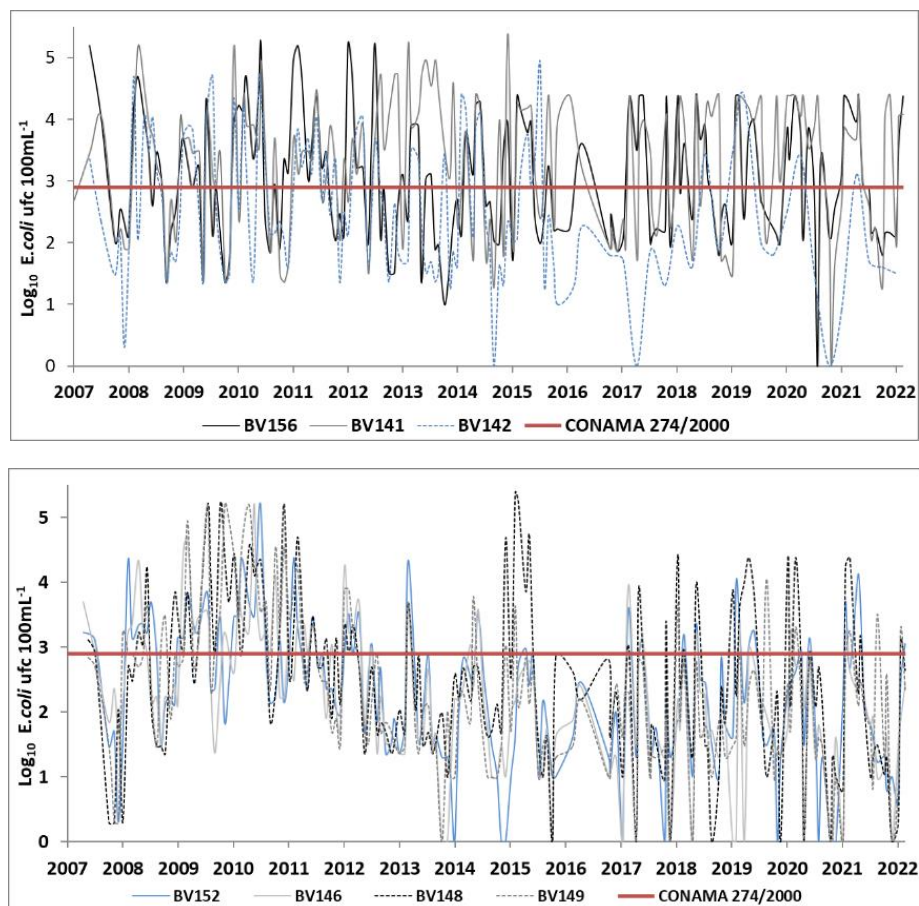
As análises de tendência temporal foram realizadas individualmente para cada estação e para cada parâmetro componente do ICB, bem como o resultado geral do índice, por meio da aplicação do teste não paramétrico *Mann-Kendall*, método frequentemente utilizado para o cálculo de tendências em séries de variáveis ambientais, como dados de qualidade das águas (IGAM, 2014; TRINDADE *et al.*, 2017; PIAZI; LOPES, 2018), adotando-se um nível de significância de 95%. Os testes foram realizados através do *software* ProUCL 5.2, de livre acesso (USEPA, 2022).

Resultados e discussões

Evolução temporal de condições de balneabilidade

Os resultados das análises de *E. coli* (n=877) variaram de 1 até 241.960 ufc/100ml na bacia do Rio das Velhas (Figura 2), excedendo o limite estabelecido para atividades de contato primário (800 ufc/100mL) em 42% das amostragens entre os anos de 2007 e 2022. Os pontos de amostragem BV149 e BV146 apresentaram melhores resultados para *E.coli* (1 a 160.000 ufc/100ml) em relação às demais estações, os quais 72,2% e 71,2% estão dentro do limite estabelecido pela legislação, respectivamente. Os resultados observados, em ambos os pontos, podem ser reflexo da presença das estações de tratamento de esgotos presentes nos municípios de Várzea da Palma e Corinto (PDRH, 2015; CBH Velhas, 2020).

Figura 2. Evolução temporal de *E. coli* entre o período de 2007 e 2022 – a linha vermelha representa o limite oficial para águas recreacionais no Brasil, segundo a Resolução CONAMA 274/2000



Fonte: Elaboração própria

A situação do esgotamento sanitário em Minas Gerais mostra que a maior parcela do atendimento por tratamento concentra-se em poucos municípios do Estado (MINAS GERAIS, 2021), bem como o observado para o referido trecho da bacia do Rio das Velhas (PIAZI; LOPES; AZEVEDO RUCHKYS, 2018). Conforme Calazans (2015), o lançamento de esgotos doméstico sem tratamento é a principal fonte de poluição que atua na qualidade das águas do Rio das Velhas, em toda sua extensão, haja vista as violações observadas para coliformes termotolerantes, consequência da baixa taxa de tratamento ou de tratamento em nível insuficiente.

Além da infraestrutura sanitária insuficiente para assegurar os objetivos do enquadramento de corpos d'água na bacia, a poluição difusa acarreta na elevação das concentrações de *E.coli* nos períodos chuvosos. Durante a estação chuvosa, o aumento da densidade de bactérias de origem fecal nas águas recreacionais é resultado do carreamento de material fecal pelo escoamento superficial, sistemas de drenagem pluvial e afluentes, além do extravasamento de sistemas de esgotos (WHO, 2003; LOPES *et al.*, 2016).

Neste contexto, 69% dos resultados inconformes ao padrão de balneabilidade (800 ufc/100mL) na série histórica foram observados no período chuvoso (Outubro a Março), demonstrando tal influência. Conforme Pinto *et al.* (2019), a contaminação de origem fecal, observada nos trechos médio e baixo, tem relação, principalmente, com a poluição difusa oriunda da atividade agropecuária na bacia.

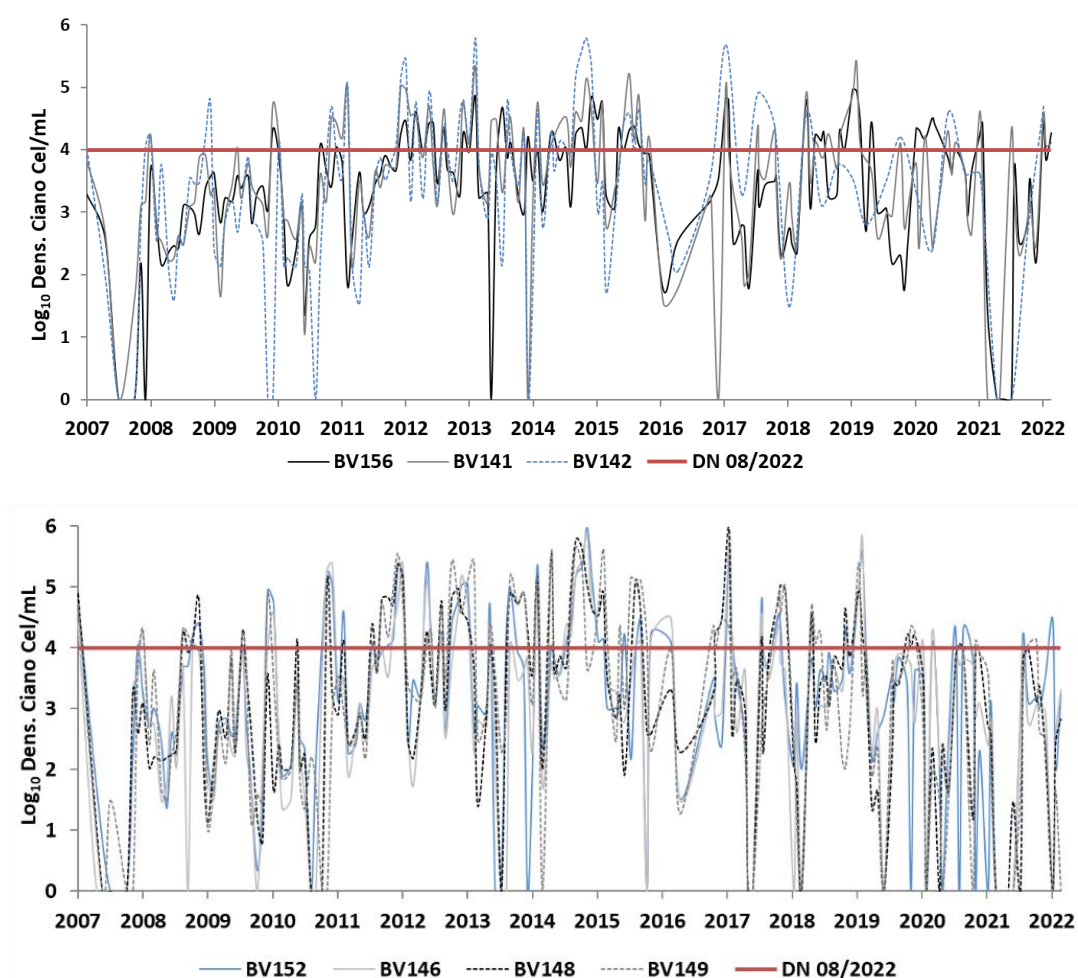
Apesar dos indicadores de contaminação fecal serem considerados os principais para a avaliação e classificação de águas recreacionais (WHO, 2003; LOPES *et al.*, 2016), outros fatores podem comprometer a saúde humana durante atividades de contato primário com as águas. Deste modo, as cianobactérias vem sendo motivo de preocupação nas últimas décadas, pelo impacto em aspectos sensoriais e estéticos (SRINIVASAN; SORIAL, 2011; WEST *et al.*, 2016; LOPES *et al.*, 2016) e, principalmente, em função dos riscos à saúde pública, pela exposição a cianotoxinas, que podem acarretar dermatites, diarreias e até fatalidades humanas (CHORUS; BARTRAM, 1999; CARMICHAEL *et al.*, 2001).

Esses organismos apresentam seu crescimento associado à eutrofização das águas, causada pela carga de nutrientes (fontes pontuais e difusas), proveniente da ação humana, além de outros fatores como, intensidade de luz, temperatura, concentração de oxigênio dissolvido, pH, herbívoros e estabilidade da coluna d'água (TUNDISI; MATSUMURA-TUNDISI, 2008). Apesar de comumente associadas a reservatórios e lagoas, a ocorrência destes processos em

ambientes hídricos lóticos tem sido observada, como verificado em trechos do Rio das Velhas (JARDIM *et al.*, 2014).

Neste contexto, para as estações de amostragem analisadas, a densidade de cianobactérias variou entre 0 e 928.736,64 cels/ml (Figura 3, n=833), extrapolando os padrões estabelecidos (10.000 cels/mL) em 41% dos resultados.

Figura 3. Evolução temporal de Densidade de cianobactérias entre 2007 e 2022. A linha vermelha representa o limite oficial para as águas no estado de Minas Gerais, conforme DN COPAM/CERH 08/2022



Fonte: Elaboração própria

Dentre as espécies de cianobactérias identificadas, especificamente na floração de agosto de 2015, na qual fora verificada o maior valor da série histórica analisada (928.736,64 cels/ml), as principais foram: *Planktothrix isoethrix*, *Planktothrix agardhii* e *Sphaerocavum brasiliense* (atualmente *Microcystis brasiliensis*) (IGAM, 2016). Cabe ressaltar que, a presença desses organismos, mesmo quando estão em altas densidades, não ocasionam necessariamente

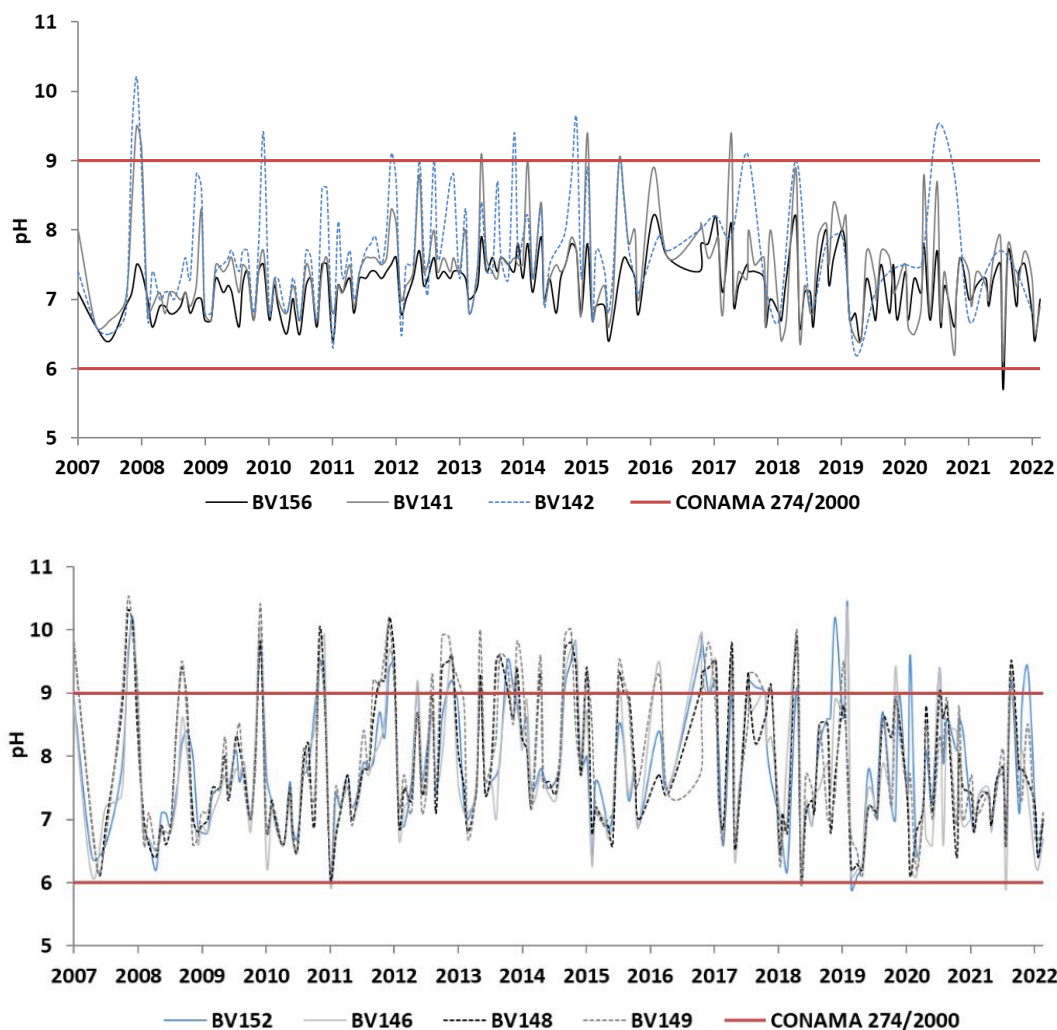
toxicidade na água. A produção dessas toxinas nas espécies de cianobactérias pode variar em função de fatores ambientais, genéticos e fisiológicos (BURATTI *et al.*, 2017).

Dentre esses fatores ambientais, a sazonalidade na distribuição das cianobactérias apresentou um papel inverso ao observado para as concentrações de *E.coli*, que teve 56% do total de resultados inconformes foram referentes à estação seca. Conforme Pinto-Coelho e Greco (1999), nas águas brasileiras, as florações algais apresentam seus picos geralmente durante a estação seca. Tal contexto também fora observado anteriormente, no Rio das Velhas, por Jardim (2011), especialmente após secas prolongadas. Nestes períodos, a menor carga de material em suspensão aumenta a transparência das águas, possibilitando a maior incidência de radiação no corpo d'água, favorecendo a proliferação das algas. Além disso, a menor vazão fluvial, como a observada entre os anos de 2013 e 2015 para o Rio das Velhas (MELO *et al.*, 2021), implica na menor capacidade de diluição, aumentando os nutrientes e facilitando o crescimento fitoplanctônico (VON SPERLING; JARDIM, 2009; FERRAZ, 2012).

Neste contexto, mesmo com a variação sazonal observada, são identificadas violações aos padrões de densidade de cianobactérias para o uso recreacional de contato primário em ambas as estações, refletindo os impactos do aporte de nutrientes para corpos de água dessa bacia, proveniente de lançamento de esgotos domésticos e industriais, bem como das atividades de agropecuária desenvolvidas nessa região (JARDIM *et al.*, 2014; PDRH, 2015). Cabe ressaltar que, conforme Von Sperling e Jardim (2009), a maioria das florações não ocorrem na área impactada, e sim a jusante, corroborando com a hipótese da influência de nutrientes ressuspensos como fator determinante para o desenvolvimento das algas que florescem no baixo curso do Rio das Velhas.

Em relação aos resultados para o potencial hidrogeniônico – pH (Figura 4), o percentual de atendimento aos padrões estabelecidos para o uso recreacional em águas doces no Brasil ($6 > \text{pH} < 9$), variaram entre 78, 7% (BV149) e 99,4 % (BV156). Haja vista a diversidade de fatores, naturais e antropogênicos, que podem influenciar os níveis de pH ao longo do perfil longitudinal do rio (ALMEIDA; SCHWARZBOLD, 2003; LOPES; MAGALHAES JUNIOR, 2010), a influência da sazonalidade pode estar relacionada aos 71,6% das violações para a referida variável terem sido observadas nos períodos de seca. Nestes, as temperaturas mais baixas influenciam diretamente os processos biológicos, como a decomposição, reduzindo a velocidade das reações, como a liberação de CO_2 , contribuindo para a elevação do pH nas águas (JARDIM, 2011).

Figura 4. Evolução temporal do pH nas estações de monitoramento entre 2007 e 2022. A linha vermelha representa o limite oficial para águas recreacionais no Brasil (entre 6 e 9), segundo a Resolução CONAMA 274/2000



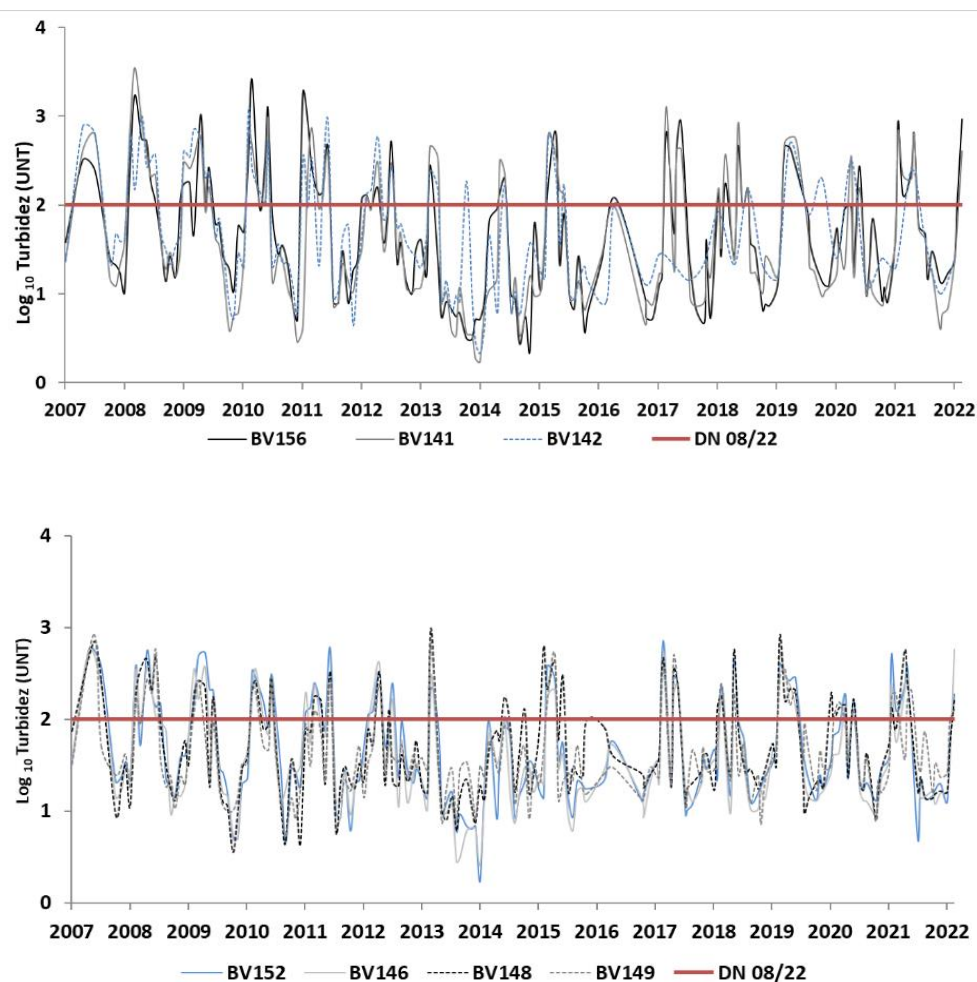
Fonte: Elaboração própria

Além dos efeitos adversos à saúde e a qualidade da atividade recreacional, devido especialmente às irritações oculares e dermatológicas em geral (WHO, 2003), valores de pH fora da referida faixa podem ser um importante indicador acerca da qualidade do corpo hídrico. Neste contexto, valores elevados de pH podem ser indicadores de florações de cianobactérias, por exemplo (CHORUS; BARTRAM, 1999; LOPES *et al.*, 2020).

A normativa de balneabilidade vigente no país não dispõe e estabelece padrões para variáveis capazes de descrever a visibilidade em águas doces. Entretanto, a análise de turbidez, como indicador de claridade visual, apresenta importância para a segurança de atividades recreacionais, pois influencia a capacidade do banhista em visualizar possíveis ameaças no

corpo d'água, além de consistir em um fator estético (LOPES, 2012). Neste contexto, considerando-se o limite de 100 UNT, referente à classe 2 da Deliberação Normativa COPAM/CERH 08 de 2022, os resultados para as estações analisadas estiveram entre 19% (BV149) e 32% (BV142) acima do referido limite (Figura 5).

Figura 5. Evolução temporal de Turbidez nas estações de monitoramento entre 2007 e 2022. A linha vermelha representa o limite de 100 NTU, referente à classe 2, conforme DN COPAM/CERH 08/2022



Fonte: Elaboração própria

Como reflexo direto da ação do escoamento superficial e consequente carreamento de material para os corpos d'água, especialmente durante a primavera e o verão, em ambientes tropicais, dentre os resultados que estiveram acima do referido padrão, 88,4% corresponderam às estações chuvosas. A ação do escoamento superficial, além da indução do processo de assoreamento, pode provocar aceleração dos processos biológicos em corpos hídricos por meio da entrada de material alóctone e aumento da produção primária, acumulando, assim, matéria

orgânica particulada nos corpos d'água e conseqüentemente elevados valores de turbidez (ALMEIDA; SCHWARZBOLD, 2003; CALAZANS, 2015; MAGALHÃES JÚNIOR; LOPES, 2022).

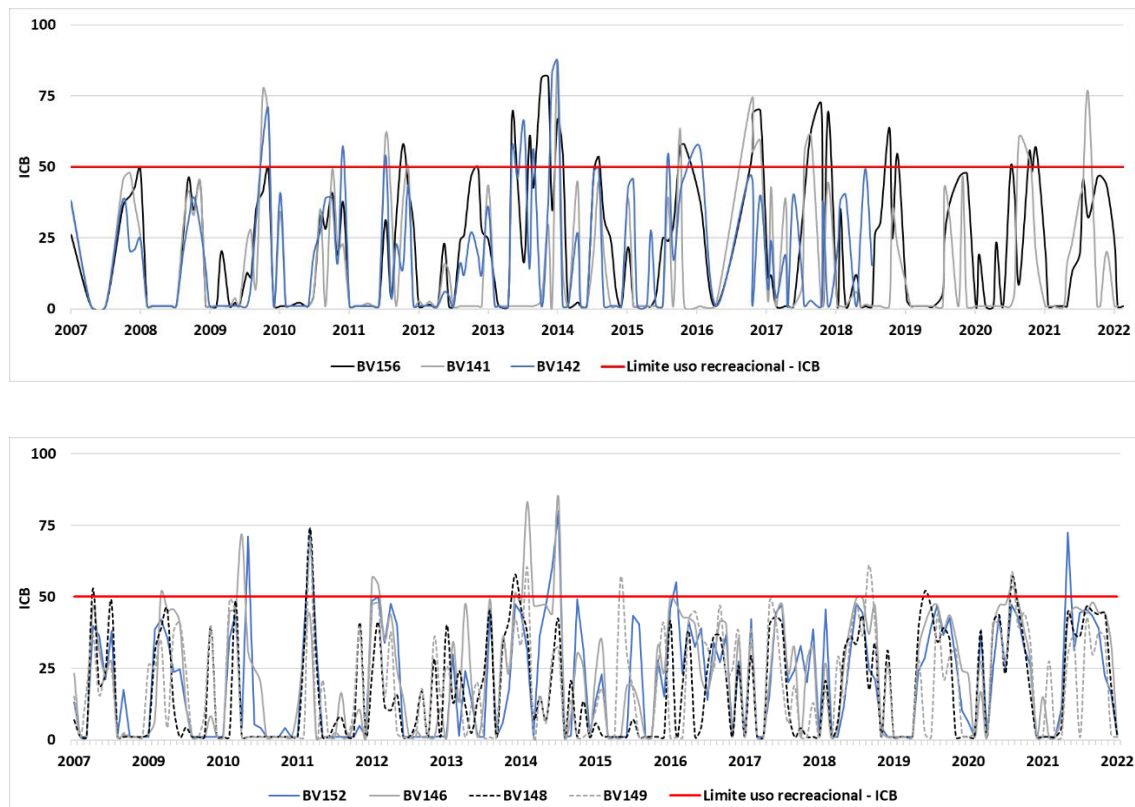
Na bacia do Rio das Velhas, os processos erosivos acelerados têm sido amplamente descritos e investigados, especialmente na unidade geológico-geomorfológica Complexo do Bação, haja vista a magnitude e implicações negativas associadas, incluindo a elevação da carga sedimentar nos corpos hídricos locais (BACELLAR; COELHO NETO; LACERDA *et al.*, 2005; BARROS; MAGALHÃES JUNIOR; RAPOSO, 2010)

Os resultados gerais do ICB variaram entre 1 (Muito ruim) a 87,3 (Muito boa) para práticas de recreação de contato primário, apresentando condições satisfatórias em apenas 6% das amostragens entre os anos de 2007 e 2022 (Figura 6), sendo a turbidez e a *E.coli*, as principais variáveis limitantes¹ (pior desempenho), em 58,7% e 45,4% dos resultados insatisfatórios, respectivamente. Cabe ressaltar que, a metodologia do ICB utiliza o limite de 10 UNT como referência para a prática de atividades recreacionais. Deste modo esperava-se que a turbidez apresentasse maior interferência no resultado geral do índice, devido à intensa sazonalidade da precipitação e conseqüente erosão de solos ricos em argilas, atenuantes de luz (LOPES *et al.*, 2016; LOPES; LEITE, 2021; SILVEIRA; LOPES, 2022).

Além da *E.coli*, as demais variáveis componentes do ICB que dispõem de padrões legais para recreação de contato primário em Minas Gerais, densidade de cianobactérias e pH, estiveram dentre as variáveis limitantes em 19,9 e 3,4% dos resultados, respectivamente. Neste contexto, as concentrações de *E.coli* podem ser consideradas o principal limitador para o alcance das metas de uso recreacional do Rio das Velhas, decorrente da infraestrutura sanitária aquém dos objetivos recreacionais da bacia, além de sua relação com a poluição difusa na bacia. Neste contexto, Von Sperling e Von Sperling (2013) destacam que, mesmo em cenário hipotético de infraestrutura sanitária com 95% de coleta e tratamento com desinfecção em todas as estações de tratamento, as concentrações de coliformes termotolerantes provavelmente extrapolariam os limites para recreação de contato primário.

¹ Conforme a metodologia do ICB, pode haver 1 ou mais variáveis limitantes no resultado geral do índice (LOPES, 2012).

Figura 6. Evolução temporal do Índice de Condições de Balneabilidade - ICB entre 2007 e 2022



Fonte: Elaboração própria

Conforme os resultados da análise de tendência (Quadro 2), as concentrações de *E.coli* apresentaram tendência de redução para as estações BV142, 146, 148, 149 e 152. Esta tendência de melhora, verificada para o referido indicador, implicaram na tendência de melhora no ICB geral das mesmas estações, haja vista que a redução das concentrações de determinado poluente implica em um ICB mais elevado, ou seja, com melhores condições de balneabilidade.

Tais resultados podem estar associados aos efeitos positivos de ações de melhoria de infraestrutura sanitária na bacia (JARDIM *et al.*, 2011; POLIGNANO *et al.*, 2012; IGAM, 2014; INSTITUTO GUAICUY, 2022). Mesmo assim, as concentrações verificadas, na maior parte do tempo, excedem os limites para a recreação de contato primário, demonstrando a influência tanto da poluição difusa na bacia, quanto o déficit de coleta e tratamento de esgotos em geral.

A tendência de melhora nas concentrações de coliformes termotolerantes/*E.coli* nas águas do Rio das Velhas também fora identificada em IGAM (2014), para a estação BV156, e

inconclusivo, com possibilidade redução para a BV141. Já Trindade *et al.* (2017) identificaram tendências de piora para as estações BV148, BV149 e BV152. No entanto, deve-se ponderar as especificidades entre os recortes temporais adotados e aspectos metodológicos entre os trabalhos.

Quadro 2. Tendência temporal para as estações analisadas entre 2007 e 2002

Estação	<i>E.coli</i>	Densidade de cianobactérias	Turbidez	pH	ICB
BV141	-	-	-	-	-
BV142	↓	↑	↓	↑	↑
BV146	↓	-	-	-	↑
BV148	↓	-	-	-	↑
BV149	↓	-	-	-	↑
BV152	↓	-	-	-	↑
BV156	-	↑	↓	↑	-

Notas: (↓) Evidência estatisticamente significativa de tendência de redução, no nível especificado de significância; (↑) Evidência estatisticamente significativa de tendência de elevação, no nível especificado de significância; (-) Evidência insuficiente para identificação de tendência, no nível especificado de significância (USEPA, 2022).

Já a deterioração da qualidade das águas pode ser verificada nas estações BV 142 e 156, para pH e densidade de cianobactérias, o que pode estar relacionado à correlação entre tais variáveis, especialmente durante as florações de cianobactérias (CHORUS; BARTRAM, 1999). Nos demais casos, não foi identificada evidência suficiente de tendência no nível especificado de significância (95%).

Considerações finais

No caso dos trechos médio-alto, médio-baixo e baixo do Rio Das Velhas, mesmo sob menor influência dos lançamentos oriundos da Região Metropolitana de Belo Horizonte e a despeito dos avanços promovidos pelos Projetos estruturadores Meta 2010 e 2014, os resultados demonstram que os objetivos de retorno do uso de recreação de contato primário nas águas do Rio das Velhas necessitam, ainda, tanto de investimentos em infraestrutura sanitária, quanto em controle e atenuação da poluição difusa. Neste sentido, revitalizar a bacia do Rio das Velhas não é uma tarefa simples como pôde ser observado, haja vista as décadas de degradação e intensa exploração antrópica, refletindo em impactos associados ao lançamento de esgoto ao longo de seu leito e supressão da cobertura vegetal pelos diversos usos e ocupações do solo.

Fato esse que foi corroborado pelos piores resultados do ICB, determinados, especialmente, pelos valores de turbidez e *E.coli* nas estações amostradas.

No entanto, a acessibilidade à água e seus múltiplos usos estão intrinsicamente ligadas aos interesses políticos e financeiros. Deste modo, as ações devem ser coordenadas e, principalmente, contínuas, adotadas como política de estado, haja vista o aspecto temporal, de médio a longo prazo, para o alcance dos objetivos de uso, como o observado para a recuperação do uso recreacional nas águas do continente europeu (EC, 2000; VOUVOLIS *et al.*, 2017) e Nova Zelândia (MfE, 2017), por exemplo.

Referências bibliográficas

ALMEIDA, M. A. B.; SCHWARZBOLD, A. Avaliação sazonal da qualidade das águas do Arroio da Cria Montenegro, RS com aplicação de um índice de qualidade de água (IQA). *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 8, n. 1, p. 81-97, 2003.

BACELLAR, L. de A. P.; COELHO NETTO, A. L.; LACERDA, W. A. Controlling factors of gullying in the Maracujá Catchment, southeastern Brazil. *Earth Surface Processes and Landforms*, v. 30, p. 1369-1385, 2005.

BARROS, L. F. de P.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. P.; RAPOSO, A. A. Fatores condicionantes da produção e escoamento de sedimentos na bacia do Rio Maracujá: Quadrilátero Ferrífero/MG. *Revista Geografias*, v. 6, n. 2, p. 102–117, 2010.

BRASIL - CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE - CONAMA. *Resolução nº 274 de 29 de novembro de 2000. Estabelece condições de balneabilidade das águas brasileiras*. Brasília.

BRASIL - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. *Resolução no 357 de 17 de março de 2005. Estabelece a classificação, segundo os usos preponderantes, para as águas doces, salobras e salinas do território nacional*. Brasília.

BURATTI, F. M.; MANGANELLI, M.; VICHI, S.; STEFANELLI, M.; SCARDALA, S.; TESTAI, E.; FUNARI, E. Cyanotoxins: producing organisms, occurrence, toxicity, mechanism of action and human health toxicological risk evaluation. *Archives of toxicology*, v. 91, n. 3, p.1049–1130, 2012.

CALAZANS, G. M. Avaliação e proposta de adequação da rede de monitoramento da qualidade das águas superficiais das sub-bacias do rio das Velhas e do rio Paraopeba, utilizando técnicas estatísticas multivariadas. *Dissertação* (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Minas Gerais, UFMG. Belo Horizonte, 2015.

CAMARGOS, L. M. M. *Plano diretor de recursos hídricos da bacia hidrográfica do Rio das Velhas: resumo executivo dezembro 2004*. Belo Horizonte. IGAM-CBH Velhas, 2005, 228p.

CARMICHAEL, W. W.; AZEVEDO, S. M.; AN, J. S.; MOLICA, R. J.; JOCHIMSEN, E. M.; LAU, S.; RINEHART, K. L.; SHAW, G. R.; EAGLESHAM, G. K. Human fatalities from cyanobacteria: chemical and biological evidence for cyanotoxins. *Environmental Health Perspectives*, 109 (7), p. 663-668, 2001.

CBH VELHAS - *ETE Curvelo evolui e aperfeiçoa tratamento de efluente que é lançado no Córrego Santo Antônio*. Disponível em: <<https://cbhvelhas.org.br/noticias/ete-curvelo-evolui-e-aperfeiçoa-tratamento-de-efluente-que-e-lancado-no-corrego-santo-antonio/>>. Acesso em: 18. jan. 2020.

CHORUS, I.; BARTRAM, J. *Toxic cyanobacteria in water: a guide to their public health consequences, monitoring e management*. London: WHO, 1999.

EUROPEAN COMMISSION - EC. *Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council establishing a framework for Community action in the field of water policy*. OJ L327, 22.12.2000.

FERRAZ, H. D. A. Associação da ocorrência de cianobactérias às variações de parâmetros de qualidade da água em quatro bacias hidrográficas de Minas Gerais. *Dissertação* (Mestrado em Meio Ambiente, Saneamento e Recursos Hídricos). Universidade Federal de Minas Gerais, Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Belo Horizonte, Minas Gerais. 2012.

GOULART, E. A história da ocupação humana da bacia do Rio das Velhas. *Revista Manuelzão*. Belo Horizonte, v.74, p.4-5, 2015.

INSTITUTO GUAICUY. *CBH Velhas lança campanha para colocar recuperação do Rio das Velhas de volta na agenda político-institucional*. Disponível em: <<https://guaicuy.org.br/rio-das-velhas-eu-faco-parte/>>. Acesso em: 28. Novembro. 2022.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS – IGAM. *Análise de tendência da qualidade das Águas na Bacia do rio das Velhas no período de 2000 a 2013*. Instituto Mineiro de Gestão das Águas.--- Belo Horizonte: Instituto Mineiro de Gestão das Águas, 2014. 72p.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS – IGAM. *Qualidade das águas superficiais em Minas Gerais em 2015: Resumo executivo*. Instituto Mineiro de Gestão das Águas.--- Belo Horizonte: Instituto Mineiro de Gestão das Águas, 2016. 179p.

JARDIM, B. F. M. *Variação dos Parâmetros Físicos e Químicos das Águas Superficiais da Bacia do Rio das Velhas-MG e sua Associação com as Florações de Cianobactérias*. 2011. *Dissertação* (Mestrado em saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais Belo Horizonte, 113p.

JARDIM, F. A; VON SPERLING, E; JARDIM, B. F. de. M; ALMEIDA, K. C. de. B. fatores determinantes das florações de cianobactérias na água do Rio Doce, Minas Gerais, Brasil. *Eng Sanit Ambient*. 19(3), p. 207-218, 2014.

JULIAN, J. P.; BEURS, K. M.; OWSLEY, B.; DAVIES-COLLEY, R. J.; AUSSEIL, A-G. E. River water quality changes in New Zealand over 26 years: response to land use intensity. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, v. 21, p.1149-1171, 2017.

LOPES, F.W.A. *Proposta metodológica para avaliação de condições de balneabilidade em águas doces no Brasil*. 2012. Tese (Doutorado em Geografia-Análise Ambiental) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, 200p.

LOPES, F. A.; LEITE, A. C. Water quality for triathlon and open water swimming competitions in Brazilian freshwaters. *Limnol. Rev.*, v. 21, n. 4, p. 169–179, 2021.

LOPES, F.W.A.; MAGALHÃES JR, A.P. Avaliação da qualidade das águas para recreação de contato primário na bacia do Alto Rio das Velhas - MG. *Hygeia: Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde*, v. 6, n. 11, p. 133-150, 2010.

LOPES, F.W.A.; DAVIES-COLLEY, R.J.; VON SPERLING, E.; MAGALHÃES JUNIOR, A.P. A water quality index for Brazilian freshwaters. *Journal of Water and Health*, v. 14, n. 2, p. 243-254, 2016.

LOPES, F. A.; DAVIES-COLLEY, R.; PIAZI, J.; SILVEIRA, J.S.; LEITE, A.C.; LOPES, N.I.A. Challenges for contact recreation in a tropical urban lake: Assessment by a water quality index. *Environment, Development and Sustainability*, v. 22, p. 5409–5423, 2020.

MACHADO, A. T. da. M. A construção de um programa de revitalização na bacia do Rio São Francisco. *Estudos Avançados*, v. 22, n. 63, p.195-210. 2008.

MAGALHÃES JUNIOR, A. P.; LOPES, F. W. A. *Recursos hídricos – As águas na interface sociedade-natureza*. Oficina de Textos, São Paulo, 2022, 255p.

MAILLARD, P.; SANTOS, N.A.P. Spatial-statistical approach for modelling the effect of non-point source pollution on different water quality parameters in the Velhas river watershed - Brazil. *Journal of Environmental Management*, v. 86, n. 1, 158-170, 2008.

MANUELZÃO. Saúde, ambiente e Cidadania no Rio das Velhas. O Rio que nós esperamos, o Rio que nos espera. *Jornal Manuelzão*. Ano 10. n. 43. p. 8-9, 2007.

MELO, M. C. de.; QUEIROZ, V. C. de.; FORMIGA-JOHNSON, R.M.; AZEVEDO, J.P.S.; NASCIMENTO, N.O.; MACHADO, F.; SÁ, R. V. de.; RIMULO, B. A. Avaliação da segurança hídrica para abastecimento público na Região Metropolitana de Belo Horizonte: estudo da crise hídrica 2014-2015. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 27, p. 680–701, 2021.

MINISTRY FOR THE ENVIRONMENT – MfE. *National Policy Statement for Freshwater Management 2014 (amended 2017)*. Publication 541. ME 1324, Ministry for the Environment, Wellington, New Zealand, 2017.

MINAS GERAIS. *Deliberação Normativa CERH – MG nº 66, de 17 de novembro de 2020. Estabelece as Unidades Estratégicas de Gestão do Estado de Minas Gerais*. DOU, Minas Gerais, 21/11/2020.

MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. *Panorama de abastecimento de água e esgotamento sanitário 2021*. Belo Horizonte: SEMAD, 106 p. 2021.

MINAS GERAIS. *Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH 08 de 05 de maio de 2022*. Dispõe sobre a classificação e o enquadramento dos corpos d'água. Diário do Executivo - Minas Gerais, 2022.

NAGELS, J. W.; DAVIES-COLLEY, R. J; SMITH, D. G. A water quality index for contact recreation in New Zealand. *Water Science and Technology*, v. 43, n. 5, 285–292 p. 2001.

PIAZI, J.; LOPES, F.A. Análise de tendência da qualidade das águas superficiais da porção mineira da bacia do Paraíba do sul. In: *Anais... III Simpósio de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul*, Juiz de Fora, Minas Gerais, 2018.

PIAZI, J.; LOPES, F.A.; AZEVEDO RUCHKYS, Ú. Qualidade das águas e outorgas superficiais no médio rio das Velhas, Minas Gerais, Brasil. *Caderno de Geografia*, v. 28, n. 55, p. 828-844, 2018.

PINTO-COELHO, R. M.; GRECO, M. K. B. The contribution of water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) and zooplankton to the internal cycling of phosphorus in the eutrophic Pampulha Reservoir, Brazil. *Hydrobiologia*, v. 411, p.115–127, 1999.

PINTO, C. C.; CALAZANS, G. M.; OLIVEIRA, S. C. Assessment of spatial variations in the surface water quality of the Velhas River Basin, Brazil, using multivariate statistical analysis and nonparametric statistics. *Environ Monit Assest*, v. 191, n. 164, 2019.

PLANO DIRETOR DE RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DAS VELHAS 2015 – PDRV. *Plano Diretor Consolidado – Volume I*. Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas. Belo Horizonte, 2015. 316p.

POLIGNANO, M.C.; IBRAHIM, E.; ALVES, G.; VIEIRA, N. *Diagnóstico preliminar, Meta 2014: Revitalização da bacia do Rio das Velhas*. Belo Horizonte, Minas gerais. Junho 2012. 60p.

RAPOSO, C. de. S. D. Vida Nova ao Velho Rio: O Financiamento do Projeto Estratégico Meta 2014 dentro da Política Ambiental do Governo de Minas Gerais. *Caminhos de Geografia*, v. 18, n. 64, p. 357–375, 2020.

SILVA, G. de. S. A. e; SILVA, G. E. C; ALVIM, A. M. M. A. A bacia hidrográfica do Rio das Velhas sob a ótica regional, uma análise entre os anos de 1991-2015. *Revista do Instituto de Ciências Humanas*, v. 15, n. 21, p. 113-136, 2019.

SILVEIRA, J.S.; LOPES, F.A. Inconformidade do enquadramento de corpos d'água em Unidades de Conservação de Proteção Integral: Proposta de revisão para a bacia do Ribeirão da Prata – Parque Nacional Serra do Gandarela – Minas Gerais. *Revista Geografias*, v. 18, n. 1, p.1-20, 2022.

SMITH, D. G. A new form for water quality index for rivers and streams. *Wat. Sci Tech*, v. 21, n. 2. p. 123-127, 1989.

SRINIVASAN, R.; SORIAL, G. A. Treatment of taste and odor causing compounds 2-methyl isoborneol and geosmin in drinking water: A critical review. *Journal of Environmental Sciences*, v. 23, n. 1, p. 1–13, 2011.

TRINDADE, A. L. C.; ALMEIDA, K. C. B. de.; BARBOSA, P. E.; OLIVEIRA, S. M. A. C. Tendências temporais e espaciais da qualidade das águas superficiais da sub-bacia do Rio das Velhas, estado de Minas Gerais. *Eng. Sanit. Ambient.*, v. 22, n. 1, p. 13-24, 2017.

TUNDISI, J. G; MATSUMURA-TUNDISI, T. *Limnologia*. 1ª ed. Oficina de Textos. 2008. 632p.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - USEPA. *ProUCL: Statistical Software for Environmental Applications for Data Sets with and without Nondetect Observations*. Version 5.2, 2022.

VON SPERLING, M. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias*. 3.ed. Belo Horizonte. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental: Universidade Federal de Minas Gerais, 2005.

VON SPERLING, E; JARDIM, F. Influence of Climatic Conditions on Cyanobacteria Blooms in a Tropical Water Supply River (rio Das Velhas, Brazil)”. In: *34th WEDC International Conference*, Addis Ababa, Ethiopia, 2009.

VON SPERLING, M.; VON SPERLING, E. Challenges for bathing in rivers in terms of compliance with coliform standards. Case study in a large, urbanized basin (das Velhas River, Brazil). *Water Science and Technology*, v. 67, p. 2534-2542. 2013.

VOULVOULIS, N.; ARPON, K. D.; GIAKOUMIS, T. The EU water framework directive: From great expectations to problems with implementation. *Science of the Total Environment*, v. 575, p. 358–366, 2017.

WEST, A. O; NOLAN, J. M; SCOTT, J. T. Optical water quality and human perceptions: A synthesis. *WIREs Water*, v. 3, n. 2, 167–180 p. 2016.

WORLD HEALTH ORGANIZATION - WHO. *Guidelines for safe recreational water environments - coastal and fresh waters*. Geneva, Switzerland, 2003.

ZIMMERMAN, J. B.; MIHELICIC, J. R.; SMITH, J. Global stressors on water quality and quantity. *Environmental Science & Technology*, v. 42, n. 12, p. 4247-4254, 2008.