

Diagnóstico da qualidade da água de mananciais tributários das bacias hidrográficas do Rio Grande e do Rio Paranaíba, no Pontal do Triângulo Mineiro, baseada em atividade de educação ambiental

Diagnosis of water quality in tributary springs of Rio Grande and Rio Paranaíba basins, in Pontal do Triângulo Mineiro, based on an environmental education activity

Armando Castello Branco Júnior¹; Kayra H. Freitas Miranda⁴; Tainá Marques Sampaio²; Ana Karoline S. Rocha Farias³; João L. Peçanha Neto⁴; Stela Ferreira Rodrigues⁴

¹Professor do curso de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Iturama, Minas Gerais, Brasil. Orcid: <http://orcid.org/0000-0002-2848-1649>. E-mail: armando.junior@uftm.du.br

²Acadêmica do Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba, Minas Gerais, Brasil. E-mail: taina.msampaio@gmail.com

³Acadêmica do Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, Minas Gerais, Brasil. E-mail: rochadefarias.aks@ufu.br

⁴Acadêmico do curso de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Iturama, Minas Gerais, Brasil. E-mail: kayrahelena123@gmail.com; joalpnbiologia@gmail.com; stela.ferreira93@gmail.com

RESUMO: Há muitos registros de que a integração com as comunidades locais tem suprido as demandas do monitoramento da qualidade da água de mananciais por meio da análise físico-química e microbiológica por equipes voluntárias. O presente estudo tem por objetivo apresentar os resultados do trabalho envolvendo o diagnóstico ambiental de cursos d'água após a realização de atividade de educação ambiental com populações de 3 municípios do Pontal do Triângulo Mineiro. Foram feitas oficinas com as comunidades locais de Carneirinho, Iturama e União de Minas de forma que amostras de água de 25 pontos de coleta em 10 mananciais fossem analisadas por parâmetros físicos (temperatura, turbidez, odor, óleos, graxas e material flutuante), químicos (oxigênio dissolvido, nitrato, nitrito, amônia, ortofosfato e pH) e microbiológicos (concentração de coliformes totais e de *Escherichia coli*). Os resultados revelaram o não atendimento, a pelo menos 1 parâmetro legal, em 90% das análises, inclusive, com situações com risco real à saúde das populações humanas. As atividades de educação ambiental revelaram-se eficientes tanto para o diagnóstico da qualidade da água de diversos mananciais como também para construção e consolidação de uma consciência ambiental coletiva. Intervenções educacionais, como a proposta, além de serem instrumentos didáticos para a educação ambiental, também se constituem em ação motivacional que desperta a sensação de pertencimento ao lugar com a percepção da corresponsabilidade pela qualidade de vida local e seu planejamento futuro de forma a transformar a realidade das comunidades participantes inclusive, em conjunto com a gestão pública municipal.

Palavras-chave: Características da Água, Cursos d'Água, Participação Local.

ABSTRACT: *There are several reports of the integration with local communities solving demands of springs water quality monitoring by volunteer teams. The aim of the present study is to report the results of environmental diagnosis of watercourses due to environmental education activities with populations from 3 municipalities in Pontal do Triângulo Mineiro. Workshops were held with the local communities of Carneirinho, Iturama and União de Minas. Water samples from 25 collection points in 10 springs were analyzed by physical parameters (temperature, turbidity, odor, oils, grease, and floating material), chemical (dissolved oxygen, nitrate, nitrite, ammonia, orthophosphate, and pH) and microbiological (concentration of total coliforms and *Escherichia coli*). The results revealed non-compliance with at least one legal parameter in 90% of the analyses, including situations with real risk to the health of human populations. The environmental education activities proved to be efficient both for diagnosing the water quality of various springs and for consolidating a collective environmental awareness. Educational interventions, such as the proposal, are didactic instruments for environmental education and constitute a motivational action that awakens the feeling of belonging to the place and the perception of co-responsibility for the local life quality and future planning in order to transform the reality of communities together with the municipal public administration.*

Keywords: Water Quality, Watercourses, Local Participation.

INTRODUÇÃO

A qualidade da água de mananciais é multifatorial destacando-se não apenas a presença de matas ciliares, mas também a intensidade de captação da água dos mananciais e também o lançamento de efluentes domésticos e industriais devidamente tratados em suas águas, entre muitos outros fatores (CÂNEPA; PEREIRA; LANNA, 2010).

As ações dos Comitês de Bacia Hidrográfica e agências ambientais estaduais visam o monitoramento da qualidade da água de mananciais principais e alguns poucos tributários específicos (PHILIPPI JR.; SOBRAL, 2019; ANA, 2021). De qualquer forma, o diagnóstico ambiental dos recursos hídricos é importante para qualquer município, independente de seu porte ou de sua localização na bacia de drenagem, pois a presença de água, em quantidade e qualidade, é fundamental para o crescimento e planejamento de qualquer cidade e região.

A gestão de um município também é multifatorial e a intensidade de muitos aspectos é dependente do número de habitantes (TUNDISI, 2014). No entanto, algumas demandas são constantes e comuns a qualquer município, como por exemplo, educação, segurança, saúde, trabalho, moradia e meio ambiente (PHILIPPI JR.; ROMÉRIO; BRUNA, 2004). Considerando que 80,3% dos municípios brasileiros são de pequeno porte, ou seja, possuem população menor ou igual a 20.000 habitantes, tem-se que as dificuldades de gestão para estas localidades são relativamente maiores pois lhes faltam frequentemente vários recursos ao mesmo tempo, não apenas humanos, mas também de logística além de financeiros (FARIAS et al., 2017).

A região do Pontal do Triângulo Mineiro compreende 18 municípios mineiros divididos em duas microrregiões geográficas, sendo que 15 destes municípios têm população inferior a 20.000 habitantes (IBGE, 2021).

Vários autores relatam que, em municípios pequenos de muitas regiões do Brasil, a integração com as comunidades locais supriu as demandas do monitoramento da qualidade da água de cursos d'água e açudes por meio da análise físico-química e microbiológica por equipes voluntárias (HERMES et al., 2004; FIGUEIREDO et al., 2008; CAMPOS, 2015; FRANÇA; CALLISTO, 2015; SILVA, 2017; MAIA, 2018).

Hermes e colaboradores (2004) relatam que a participação local permitiu a ação de monitoramento, inclusive, de mananciais em regiões de difícil acesso.

A proposta de integração entre ações de preservação e recuperação ambiental com as intervenções em educação ambiental são previstas, inclusive, na Política Nacional de Educação Ambiental (BRASIL, 1999). No entanto, na prática, apesar de inúmeros programas, projetos e relatos, a educação ambiental ainda não foi consolidada no Brasil, por diversos aspectos, inclusive devido à sua extensão territorial (MAIA, 2015). Autores como Jacobi (2003) e Campos (2015) destacam que, a real mudança de comportamento diante da educação ambiental só acontece mediante um processo contínuo onde a interação de novas informações com outras pré-existentes na estrutura cognitiva do indivíduo acabam promovendo um aprendizado.

A Educação Ambiental baseada em projetos, como o apresentado no presente trabalho, tem como hipótese não apenas a colaboração para a sensibilização e conscientização das populações alvo sobre aspectos específicos de suas regiões, mas também gerar a percepção da corresponsabilidade pelas ações e resultados e propor uma opção de continuidade de ações.

O projeto "Conhecendo as Bacias Hidrográficas Urbanas" foi desenvolvido pela equipe do Núcleo de Estudos e Pesquisas Socioambientais - NEPS/ UFTM-Campus Iturama em quatro municípios do Pontal do Triângulo Mineiro, em Minas Gerais; Iturama,

União de Minas, Limeira do Oeste e Carneirinho, inclusive em seu distrito São Sebastião do Pontal ao longo do ano de 2019 e início de 2020. O projeto englobava diversas atividades destacando-se o mapeamento ambiental participativo, a aplicação da matriz SWOT/ FOFA e a aplicação de um protocolo de avaliação rápida entre os participantes das comunidades locais (CASTELLO BRANCOJR. et al., 2020, 2021).

O presente estudo tem por objetivo apresentar os resultados do trabalho envolvendo o diagnóstico ambiental de cursos d'água a partir de atividade de educação ambiental com as comunidades locais de municípios do Pontal do Triângulo Mineiro, analisando a qualidade da água por parâmetros físico-químicos e microbiológico, verificando seu enquadramento legal e avaliando a influência antrópica na qualidade de cursos d'água pertencentes às bacias hidrográficas do Rio Grande e do Rio Paranaíba.

MATERIAL E MÉTODOS

Participaram das atividades de Educação Ambiental e do Diagnóstico Ambiental, os municípios de Iturama, União de Minas e Carneirinho. Neste último, além da sede municipal também participou o distrito de São Sebastião do Pontal (**Figura 1A e B**).

A partir do mapeamento ambiental participativo de etapas anteriores, descritas em Castello Branco Jr. e colaboradores (2021), foram definidas 25 estações de coleta (EC) ao longo de 10 mananciais dos municípios alvo (**Figura 1C a F**).

Em cada EC obtiveram-se duas amostras de água coletadas, em recipientes de vidro, pelos participantes sob a supervisão da equipe executora do projeto. As amostras foram identificadas e acondicionadas em geladeiras térmicas para análise nos locais de trabalho das oficinas do projeto.

As análises físicas foram realizadas a campo. Termômetro portátil e disco de Secchi adaptado foram utilizados para a aferição de temperatura e turbidez enquanto a percepção de odor, óleos, graxas e material flutuante foi feita pela observação olfativa e a olho nú pelos participantes da comunidade.

As análises química e microbiológica foram feitas nos locais das oficinas do projeto com o auxílio de kit colorimétrico Alfakit® para determinação dos parâmetros de oxigênio dissolvido, nitrato, nitrito, amônia, ortofosfato, pH e concentração de coliformes totais e de *Escherichia coli*. Foram seguidos todos os protocolos do fabricante do kit.

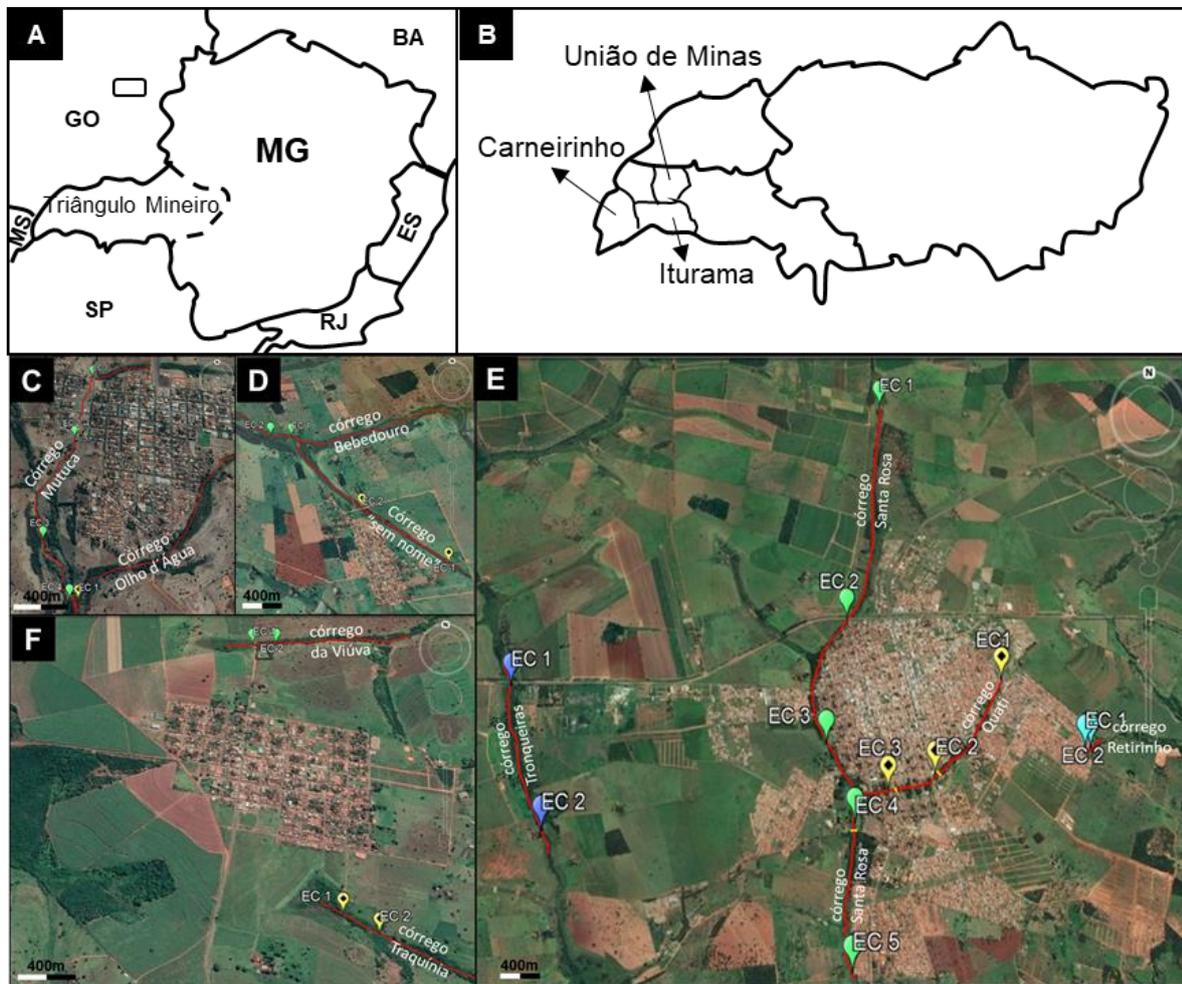
Os resultados das análises físico-química, de cada estação de coleta, foram tabulados, em lousa, para que todos os participantes pudessem acompanhar, inclusive com os valores referência da legislação pertinente (CONAMA, 2005). Dessa forma, havia também uma discussão com a comunidade para entender o significado dos parâmetros e de seus resultados quanto à qualidade da água dos cursos d'água que estava sendo analisada.

Houve a aplicação de uma ficha de avaliação da atividade para os participantes ao término de cada oficina. As fichas eram preenchidas de forma anônima e voluntária.

Uma vez que os resultados referentes à análise microbiológica demandavam a incubação em estufa de campo por 15 horas, de acordo com o protocolo do fabricante, os resultados eram repassados posteriormente para os líderes da comunidade que havia participado no dia anterior.

Figura 1. A. Estado de Minas Gerais e região do Triângulo Mineiro; **B.** Detalhe da região do Pontal do Triângulo Mineiro e os municípios alvo do estudo. **C.** Mananciais avaliados na sede do município de Carneirinho/ MG e estações de coleta de água; **D.** Mananciais avaliados no distrito de São Sebastião do Pontal/ Carneirinho/ MG e estações de coleta de

água; **E.** Mananciais avaliados na sede do município de Iturama/ MG e estações de coleta de água; **F.** Mananciais avaliados na sede do município de União de Minas/ MG



Fonte: Google Earth® modificado pelos autores.

Um relatório final, sintetizando as ações e seus resultados foi elaborado e apresentado para cada comunidade local além de ser enviado um exemplar para a prefeitura municipal de cada município participante.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Participação das comunidades locais

Além da equipe executora, houve a participação de 114 pessoas das comunidades dos municípios alvo, sendo 55 pessoas em Iturama (1,0% de jovens entre 15 a 19 anos; 95,0% de adultos entre 20 e 59 anos e 4% de idosos com mais de 59 anos), 24 pessoas em União de Minas (41,3% de jovens e 58,7% de adultos), 20 pessoas na sede do município em Carneirinho (87,5% de adultos e 12,5% de idosos) e 15 pessoas no distrito de São Sebastião do Pontal/ Carneirinho (92,3% de jovens e 7,7% de adultos).

Nas oficinas se constataram as mesmas reações de surpresa dos participantes, seja pelo fato de estarem executando, de fato, as análises e/ ou pelo fato de compreenderem o significado dos resultados e tirarem conclusões técnicas.

Constatou-se a desmistificação quanto às análises de água com a desconstrução da imagem idealizada de laboratório com estrutura física onerosa e inatingível para as escolas. Demonstrou-se não apenas o planejamento do acesso aos locais de coleta das amostras nos cursos d'água, mas também o método científico nas coletas, seus registros e acondicionamento e o protocolo operacional das análises e a fundamentação de cada parâmetro. Alguns dos pontos mais “perturbadores” para os participantes foram os fatos de que o laboratório pode ser uma sala de aula normal ou até as mesas da cantina da escola e que a vidraria e reagentes necessários cabem em uma maleta plástica de pequenas dimensões.

Outra importante desconstrução, foi a ideia que água transparente é água limpa. Independente da faixa etária, verificou-se o quão comum era tal concepção errada da qualidade da água e como as pessoas se surpreendem com a verdade.

Mais do que a informação correta, percebe-se que nesta metodologia de educação ambiental, a comprovação pessoal dos fatos provoca uma real mudança de paradigmas nos participantes. França e Callisto (2015) e Silva (2017) reportam estes mesmos cenários em seus trabalhos em Minas Gerais e no Rio Grande do Sul, respectivamente.

A mudança de paradigma implica, inclusive, na percepção de sua corresponsabilidade com as questões ambientais no município em que vivem. Essa corresponsabilidade é destacada por diversos autores, como nos trabalhos de Jacobi (2003), Ferreira e Fonseca (2014) e Mota, Oliveira e Medina (2020). De acordo com Maia (2018), a comunidade participativa passa a ter uma visão mais ampla do ambiente, além de criar um vínculo de compromisso com o manancial.

Entre os participantes, figuravam professores, produtores rurais, empresários e vereadores além de alunos. A percepção da corresponsabilidade foi comum a todos esses grupos, inclusive naqueles com poder de pressão mais imediato para impulsionar ações corretivas e preventivas junto aos mananciais hídricos de seus municípios. Esta participação popular é a base para uma gestão participativa e para mudanças para uma melhor qualidade de vida na realidade de uma região (PINTO et al., 2018; MOTA; OLIVEIRA; MEDINA et al., 2020).

O retorno das fichas de avaliação oscilou de 37,5% a 43%, dependendo do município. A longa duração das oficinas comprometeu a devolução das fichas. Foram cerca de 3 horas, em cada oficina, não apenas devido aos procedimentos de coleta e análise das amostras, mas também aos deslocamentos até os mananciais e retorno para o local de trabalho. Este tempo de atividade gerou desgaste e cansaço entre os participantes. Embora se manifestassem nas sessões de fechamento, em cada turma, muitos revelaram não ter tempo para preencher as fichas devido o horário de término da atividade.

A tabulação das respostas das fichas de avaliação revelou que 48,0% dos respondentes consideraram “muito bom” os conteúdos abordados nas oficinas. Trinta e cinco por cento considerou “bom” e 17,0% consideraram “regular”. Quanto a aplicação dos conteúdos abordados no cotidiano dos participantes, 74,0% consideraram “bom” ou “muito bom” enquanto 24,5% considerou regular e 1,5% percebeu sem aplicação no seu dia-a-dia.

A organização das oficinas e a atuação da equipe executora foram consideradas “muito boa” por 72,0% e 73,0% dos respondentes, respectivamente; “boa” por 24,5% e 24,8%, respectivamente e; “regular” por 3,5% e 2,2%. Esta avaliação, em especial, nos orienta a manter a formatação em trabalhos futuros.

Outro aspecto norteador para futuros trabalhos é a forma de divulgação das oficinas. As escolas foram declaradas como a maior divulgadora das ações (43,0%) enquanto a divulgação por colegas/ amigos vem em segundo lugar (21,5%). Dez por cento dos respondentes declararam que ficaram sabendo das oficinas no seu trabalho. Estes resultados indicam que a estratégia de divulgação entre as lideranças de cada município foi válida. A divulgação pelas redes sociais e pelas rádios foram declaradas por 14,5% e 2,0% dos respondentes, respectivamente. Por último, 9,0% declararam outras vias pelas quais tomou ciência dos trabalhos das oficinas.

A manifestação verbal ou escrita, nas fichas de avaliação, sugere que a sensibilização aconteceu na maioria dos participantes. No entanto, a conscientização modificadora de comportamento não é tão simples de ser aferida. Silva (2017) aponta que o sucesso das ações participativas não é, necessariamente, por altas taxas de pessoas envolvidas no processo e sim, pelo número daqueles verdadeiramente abertos à promoção das tarefas.

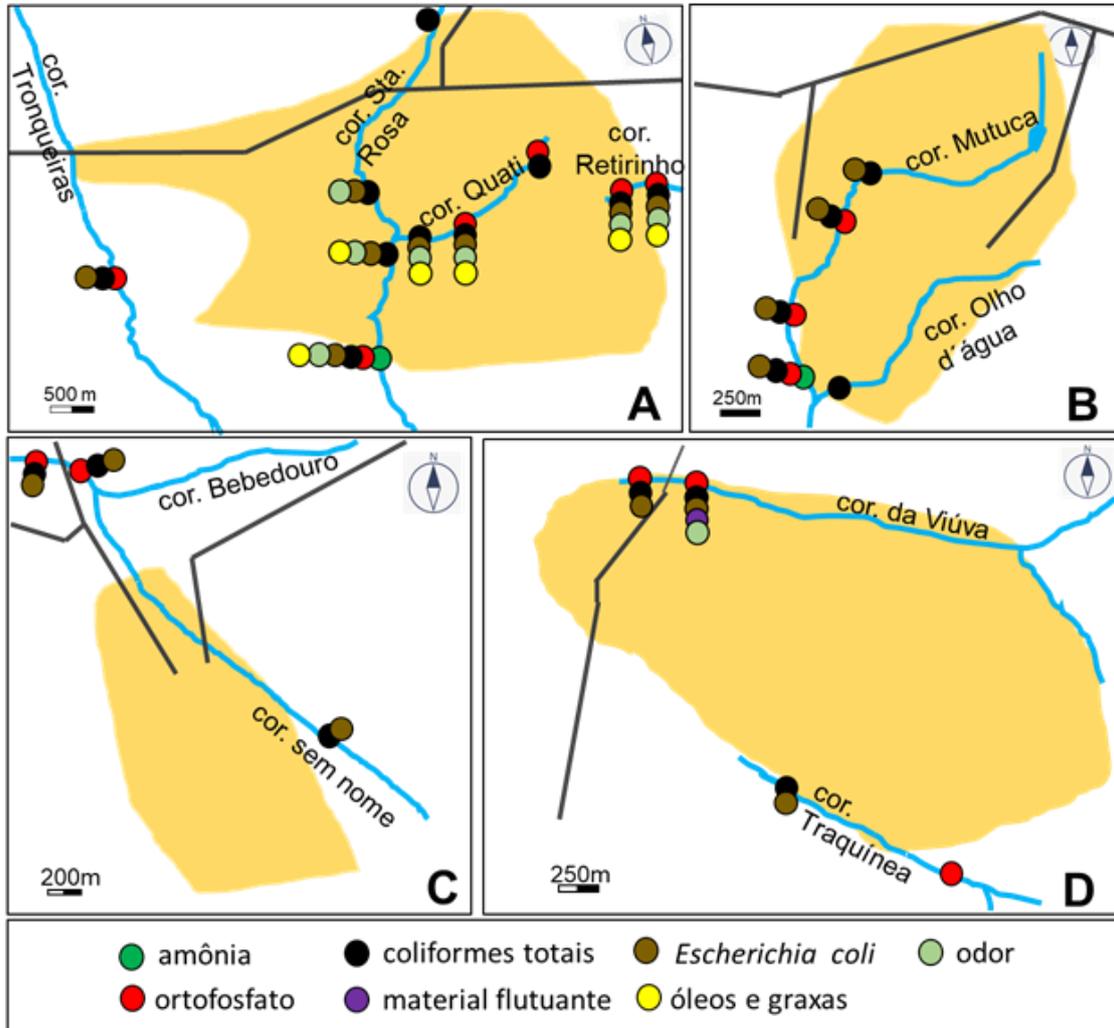
Em seu trabalho, no município de Viamão/ RS, Silva (2017) destaca que o importante é a qualidade com que se atinge a comunidade alvo, não se preocupando em tocar a todos, mas àqueles que estejam interessados em ouvir, especialmente nas localidades que nunca houve orientações ou aprendizagem no contexto participativo. Alguns autores relatam resultados semelhantes nestes mesmos cenários em diferentes regiões do Brasil (HERMES et al., 2004; GIRÃO; SOUSA; SILVA, 2010; FRANÇA; CALLISTO, 2015; PALMA, 2016; MAIA, 2018). Nesse contexto, tem-se que os 23,0%, dos respondentes das fichas de avaliação, que declararam o interesse pela área ambiental ser a motivação pela participação nas oficinas se constituiriam no principal público destacado por Silva (2017). No entanto, consideramos que os 71,0% que declararam a curiosidade e/ou a busca de novos conhecimentos serem a motivação de sua participação, também constituíram parcela importante do público mais receptivo e interessado. Os demais 6% dos respondentes das fichas de avaliação declararam motivações variadas.

Um aspecto importante a ser considerado é a linguagem utilizada junto às comunidades locais. O uso de linguagem acessível, de fácil compreensão, nem pueril em demasia e nem repleta de tecnicismos é fundamental para que os participantes possam integrar os novos conhecimentos aos que já conhecem. Silva (2017) alerta para a necessidade de explicar conceitos e raciocínios em linguagem informal de maneira a permitir o diálogo e o entendimento e assim, contribuições positivas nas ações participativas de educação ambiental. Nesse contexto, tem-se que 83,0% dos respondentes das fichas de avaliação considerou que o esclarecimento das dúvidas do público participante foi “muito bom” ou “bom” enquanto 14,5% consideraram os esclarecimentos de forma “regular”; Por fim, 2,0% dos respondentes consideraram que os esclarecimentos foram “ruins”.

Diagnóstico Ambiental

A **Figura 2** apresenta um mapa que permite a visualização global dos critérios de qualidade dos mananciais em desacordo com a legislação vigente, em cada curso d'água avaliado, nos diferentes municípios.

Figura 2. Mapa dos resultados da análise da qualidade de mananciais, nas estações de coleta, nos municípios avaliados mostrando os critérios em desacordo com a legislação vigente. **A.** Iturama/ MG; **B.** Carneirinho/ MG (sede); **C.** distrito de São Sebastião do Pontal/ Carneirinho/ MG; **D.** União de Minas/ MG



Os resultados da análise físico-química e microbiológica das águas das 25 estações de coleta dos dez mananciais avaliados são apresentados nas Tabelas 1 a 3.

A análise das tabelas 1 a 3 permite identificar alguns parâmetros frequentemente em desacordo com os limites legais, destacando-se ortofosfato, óleos e graxas, material flutuante e odor na água além da concentração da enterobactéria *Escherichia coli*.

Tabela 1. Resultado da análise da qualidade da água nas estações de coleta (EC) dos córregos Olho d'água e Mutuca, na sede do município de Carneirinho/ MG, dos córregos "sem nome" e Bebedouro, no distrito de São Sebastião do Pontal, município de Carneirinho/ MG e parâmetros de qualidade da água (Resolução Conama nº 357/2005)

Parâmetro (unidade)	Carneirinho (sede)					São Sebastião do Pontal				Resolução CONAMA nº 357/ 2005
	Olho d'água	Mutuca				"sem nome"		Bebedouro		
		EC1	EC1	EC2	EC3	EC4	EC1	EC2	EC1	
OD (mg/L)	6,0	8,0	9,0	7,5	5,0	7,0	6,0	6,5	5,0	≥ 5,0
Amônia (mg/ L)	0,1	0,17	0,25	0,25	>3,0	0,1	0,1	0,25	2,0	≤ 2,0(pH= 8,0)
Nitrato (mg/ L)	0,2	0,7	2,5	1,0	0,7	0,1	0,3	0,0	2,0	≤ 10,0
Nitrito (mg/ L)	0,01	0,02	0,02	0,02	0,05	0,03	0,0	0,0	0,1	≤ 1,0
Ortofosfato (mg/L)	0,0	1,0	1,75	3,0	3,0	0,0	0,0	1,0	0,75	≤ 0,1
pH	7,0	8,0	8,0	8,0	8,0	6,5	6,0	7,0	7,0	6,0 - 9,0
Turbidez (NTU)	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	≤ 100,0
Temperatura (°C)	24,0	25,0	23,0	25,0	26,0	28,0	28,0	28,0	26,0	Parâmetro não contemplado
Óleos e graxas	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	Virtualmente ausentes
Materiais flutuantes	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	Virtualmente ausentes
Odor	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	Virtualmente ausentes
UFC <i>E. coli</i> (x10 ³) /100mL	0,0	3,7	5,8	4,0	5,0	4,4	nr	2,2	14,5	Parâmetro não contemplado
UFC coliformes tot. (x10 ³)/100 mL	1,1	6,6	8,9	8,1	5,1	12,5	nr	5,9	15,9	≤ 1,0

nr = análise não realizada

Tabela 2. Resultado da análise da qualidade da água nas estações de coleta (EC) nos córregos Quati, Retirinho e Tronqueiras no município de Iturama/ MG e parâmetros de qualidade da água (Resolução Conama nº 357/2005)

Parâmetro (unidade)	Córrego Quati			Córrego Retirinho		Córrego Tronqueira		Resolução CONAMA nº 357/2005
	EC1	EC2	EC3	EC1	EC2	EC1	EC2	
OD (mg/L)	8,5	7,0	7,5	7,0	6,0	6,0	5,0	≥ 5,0
Amônia (mg/ L)	1,0	3,0	2,0	3,0	0,35	0	2,5	≤ 3,7 (pH ≤ 7,5)
Nitrato (mg/ L)	0,1	>2,5	>2,5	1,75	>2,5	0	1,0	≤ 10
Nitrito (mg/ L)	0,03	0,4	0,5	0,2	0,3	0	0,25	≤ 1,0
Ortofosfato (mg/ L)	0,75	0,75	0	0,75	0,75	0	1,75	≤ 0,1
pH	6,75	7,5	7,5	7,5	8,0	7,0	7,5	6,0 – 9,0
Turbidez (NTU)	100	100	100	100	100	100	100	≤ 100
Temperatura (°C)	24,0	23,0	23,0	24,0	24,0	23,0	23,0	Parâmetro não contemplado
Óleos e graxas	ausente	presente	presente	presente	ausente	ausente	ausente	Virtualmente ausentes
Materiais flutuantes	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	Virtualmente ausentes
Odor	ausente	presente	presente	presente	presente	ausente	ausente	Virtualmente ausentes
UFC <i>E. coli</i> (x10 ³) / 100mL	1,3	8,3	13,1	7,8	2,0	0,3	3,7	Parâmetro não contemplado
UFC coliformes totais (x10 ³)/100mL	3,3	ni	17,3	8,5	3,3	0,7	7,0	≤ 1

ni=número incontável de UFC

Tabela 3. Resultado da análise da qualidade da água nas estações de coleta (EC) do córrego Santa Rosa, no município de Iturama/ MG, dos córregos da Viúva e Traquínea, no município de União de Minas/ MG e parâmetros de qualidade da água (Resolução Conama nº 357/2005)

Parâmetro (unidade)	Iturama					União de Minas				Resolução CONAMA nº 357/ 2005
	Córrego Santa Rosa					Córrego da viúva		Córrego Traquínea		
	EC1	EC2	EC3	EC4	EC5	EC1	EC2	EC1	EC2	
OD (mg/L)	8,0	9,0	7,5	5,5	6,5	7,0	6,0	6,5	7,5	≥ 5,0
Amônia (mg/ L)	0,0	0	0,25	1,0	>3,0	0,1	> 3,0	0,0	0,1	≤ 2,0 (pH=8,0)
Nitrato (mg/ L)	0,0	0	0	2,5	0,7	< 0,1	0,3	0,6	0,85	≤ 10,0
Nitrito (mg/ L)	0,0	0	0,01	0,1	0,05	< 0,01	0,02	0,0	0,0	≤ 1,0
Ortofosfato (mg/ L)	0,0	0	0,5	0,5	1,0	0,75	3,0	0,0	0,75	≤ 0,1
pH	7,0	6,5	7,0	7,25	7,5	6,25	7,5	6,75	7,75	6,0 - 9,0
Turbidez (NTU)	100	100	100	75	60	100,0	100,0	nr	nr	≤ 100,0
Temperatura (°C)	23,0	22,0	23,0	24,0	26,0	18,0	20,0	24,0	24,0	Parâmetro não contemplado
Óleos e graxas	ausente	ausente	ausente	presente	presente	ausente	ausente	ausente	ausente	Virtualmente ausentes
Materiais flutuantes	ausente	ausente	ausente	presente	presente	ausente	presente	ausente	ausente	Virtualmente ausentes
Odor	ausente	ausente	presente	presente	presente	ausente	presente	ausente	ausente	Virtualmente ausentes
UFC <i>E. coli</i> (x10 ³) / 100mL	0,0	0,1	4,6	8,5	10,4	4,4	14,5	2,2	nr	Parâmetro não contemplado
UFC coliformes tot. (x10 ³) /100 mL	1,7	0,9	9,0	ni	ni	12,5	15,9	5,9	nr	≤ 1,0

nr = análise não realizada; ni = número incontável de UFC (unidades formadoras de colônias)

O ortofosfato revela o total de fosfatos disponíveis na água para processos biológicos. Sua origem pode ser geológica, agrícola (por fertilizantes e defensivos) e/ou por lançamentos de esgoto doméstico, animal e industrial. No esgoto doméstico há elevada concentração de fosfatos, que podem levar a eutrofização da água dos mananciais. Quanto maior a eutrofização, melhores condições para multiplicação de algas e, em consequência, menor será a disponibilidade de oxigênio dissolvido na água devido à redução da penetração de luz na água (GOMES FILHO, 2013). Este parâmetro químico pode estar presente até o limite legal igual a 0,1 ppm (mg/ L). O ortofosfato foi encontrado frequentemente acima dos parâmetros legais, chegando até a um valor igual a 30 vezes acima.

O odor na água tem sua origem associada tanto à presença de substâncias químicas ou gases dissolvidos, quanto à presença de alguns microrganismos como algas e bactérias. A matéria orgânica em grande quantidade e com compostos voláteis também gera odor característico (BRASI, 2014).

Salienta-se que óleos e graxas das ruas são facilmente carregados pela água de chuva para a rede de drenagem pluvial, chegando aos cursos d'água urbanos (SECRON; GIORDANO; BARBOSA FILHO, 2010).

Considerando a legislação vigente (CONAMA, 2005), odor, óleos, graxas e material flutuante devem estar virtualmente ausentes em qualquer amostra de água.

Todos os parâmetros citados podem indicar contaminação nas águas naturais. No entanto, o parâmetro que confirma a contaminação por fezes e eventualmente, por esgoto doméstico é a presença da enterobactéria *E. coli*. A origem fecal de *E. coli* é inquestionável assim como sua natureza ubíqua pouco provável, validando-a como um organismo indicador de contaminação em águas naturais e tratadas (BRASIL, 2014).

Estes e outros parâmetros são definidos nas Resoluções CONAMA nº 357/ 2005 e CONAMA nº 430/ 2011. O parâmetro microbiológico da concentração de *E. coli* é previsto na Resolução CONAMA nº 274/ 2000 de forma a caracterizar as águas como excelente para consumo humano, muito boa, satisfatória ou imprópria.

A análise dos resultados nos mananciais será feita por município.

Em Carneirinho, município com cerca de 9.500 habitantes, verificou-se no córrego Mutuca, a concentração de ortofosfato sempre acima do padrão legal. Na EC1, sua concentração era 10 vezes acima do permitido legalmente, chegando a 30 vezes na EC3 e EC4 (Tabela 1). Destaca-se haver lançamento do efluente da estação de tratamento de esgoto municipal entre EC2 e EC3 (Figura 1C). A concentração de *E. coli* no córrego Mutuca caracterizou águas impróprias para o consumo humano (superior a $2,0 \times 10^3$ UFC/100mL de água - CONAMA, 2000) (Tabela 1).

Não foi verificada qualquer desconformidade de parâmetros legais no córrego Olho d'Água, em Carneirinho.

No distrito de São Sebastião do Pontal, em Carneirinho, no córrego "sem nome" (Figura 1D), verificou-se também desconformidade do parâmetro de *E. coli* caracterizando suas águas como impróprias (Tabela 1) enquanto, no córrego Bebedouro (Figura 1D), além da desconformidade quanto à presença de *E. coli* caracterizando suas águas como impróprias (Tabela 1), a concentração de ortofosfato também estava acima dos limites legais.

Em Iturama, o maior município da região com cerca de 36.000 habitantes, no córrego Quati, a concentração de ortofosfato era 7,5 vezes superior ao limite legal a 100 m de sua nascente (EC1) (Figura 1E). A concentração de ortofosfato só reduziu ao longo dos 900 m

que separam EC2 de EC3 (Tabela 2). Também foi verificada a presença de óleos e graxas e forte odor de esgoto neste córrego.

No córrego Retirinho (Figura 1E), a concentração de ortofosfato igual a 7,5 vezes acima do limite legal, em ambas as estações de coleta, também comprova a contaminação pelo lançamento de esgoto pelo extravasor da estação elevatória (Tabela 2). Também foi verificado forte odor de esgoto neste córrego.

No córrego Tronqueiras (Figura 1E), embora não tenha sido verificada a presença de fosfato na EC1, houve algum lançamento entre a EC1 e a EC2 pois foi detectada a concentração igual a 17,5 vezes superior ao limite legal (Tabela 2). Esta situação é preocupante uma vez que a captação de água para abastecimento público do município de Iturama é feita no trecho entre a EC1 e a EC2.

No córrego Santa Rosa (Figura 1E), também em Iturama, não se verificou a presença de fosfato até a EC2, a cerca de 3.300m da nascente. No entanto, entre a EC2 e EC3 foram verificados grandes lançamentos por canalização de drenagem pluvial, mesmo não havendo precipitação alguma. A concentração de fosfato na EC3 passou a ser cinco vezes superior ao limite legal (Tabela 3). Mesmo após receber as águas de seu afluente, córrego Quati, a concentração de fosfato permaneceu neste valor (0,5 ppm) na EC4. Após 1.000m do lançamento do efluente tratado da estação de tratamento de esgoto municipal, na EC5, constatou-se a concentração de fosfato igual a dez vezes o limite legal (1,0 ppm) (Tabela 3).

Ainda no córrego Santa Rosa, destacam-se as presenças de odor, material flutuante (espumas não naturais), óleos e graxas na EC4 e EC5. Estes parâmetros deveriam estar virtualmente ausentes em cursos d'água Classe 2 como é o caso de todos os mananciais avaliados no presente trabalho.

A bactéria *E. coli* não foi detectada na nascente do córrego Santa Rosa (EC1). No entanto, já era verificada na EC2, ao entrar no tecido urbano. De acordo com a Resolução CONAMA nº 274/ 2000, águas com a presença de *E. coli* na concentração até 200 unidades formadoras de colônia (UFC)/ 100 mL de água são consideradas excelentes. Assim, ainda na EC2, as águas do córrego Santa Rosa estavam nessa categoria. No entanto, a partir da EC3, verificaram-se concentrações muito acima do limite para água satisfatória (até 800 UFC/ 100 mL água) inclusive dentro da categoria de água imprópria (CONAMA, 2000).

Em União de Minas, município com cerca de 5.000 habitantes, no córrego da Viúva (Figura 1F), na EC1, a cerca de 150 metros de sua nascente a concentração de ortofosfato era igual a 7,5 vezes maior que o limite legal. Na EC2, a cerca de 160 m a jusante da EC1, a concentração de ortofosfato era igual a 30 vezes o limite legal (Tabela 3). O ortofosfato na EC1 é de origem aparentemente agropecuária uma vez que este córrego está imerso em uma matriz agropastoril distante aproximadamente 550 m da área urbana (Figura 1F). Por outro lado, a EC2 estava localizada a 50 metros abaixo do ponto de lançamento da estação de tratamento do esgoto municipal e assim, assume-se que a origem do ortofosfato detectado na EC2 tenha como origem o esgoto doméstico municipal. Também se verificou a presença de odor desagradável de esgoto e espuma neste córrego.

Ainda em União de Minas, no córrego Traquínea (Figura 1F), embora não tenha sido detectada qualquer concentração de ortofosfato na EC1, a concentração era igual a 7,5 vezes o limite legal aos 200 metros a jusante (EC2) (Tabela 3). Verificou-se o lançamento de esgoto doméstico pelo extravasor da estação elevatória de esgoto localizada nas imediações do córrego Traquínea. Também foram detectadas altas concentrações de *E. coli* chegando ao valor máximo de 14.500 UFC/ 100 mL de água e assim, comprovando a contaminação por esgoto doméstico.

É frequente o relato de parâmetros fora dos padrões legais em diversos trabalhos. Em Minas Gerais, na região metropolitana de Belo Horizonte, em trecho da bacia hidrográfica do rio São Francisco, França e Callisto (2015) reportaram várias situações deste tipo. Da mesma forma, também foram reportados casos no Estado de São Paulo (CAMARGO FILHO et al., 2009; CAMPOS, 2015), no Rio Grande do Sul (SILVA, 2017), na região do Distrito Federal (PALMA, 2016; WERNECK, 2018) e no semiárido nordestino (FIGUEIREDO et al., 2008; GIRÃO; SOUSA; SILVA, 2010). Em todos estes casos, sempre aconteceu a participação da população local nas avaliações.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos comprovaram alterações na qualidade da água de 90% dos mananciais avaliados revelando, inclusive, situações que colocavam em risco a saúde das populações humanas.

A participação das comunidades locais nas ações de educação ambiental permitiu o diagnóstico da qualidade da água de mananciais gerando não apenas conhecimento técnico-científico sobre algumas sub-bacias hidrográficas do Pontal do Triângulo Mineiro, mas também colaborando para a construção de uma real consciência ambiental coletiva.

Intervenções educacionais, como a proposta, além de serem instrumentos didáticos para a educação ambiental, também se constituem em atividade motivacional que estimula o sentimento de pertencimento ao lugar com a percepção da corresponsabilidade pela qualidade de vida local e seu planejamento futuro transformando a realidade das comunidades participantes. A abordagem demonstrou conquistar jovens e adultos, de diferentes escolaridades e classes sociais, colaborando no fortalecimento da cidadania e no empoderamento da comunidade local através do conhecimento gerado e democratizado à toda a comunidade envolvida, inclusive, com a participação da gestão pública municipal.

REFERÊNCIAS

ANA. Agência Nacional das Águas. **Portal da Qualidade das Águas. Rede Nacional de Monitoramento**. Disponível em: <http://pnqa.ana.gov.br/rede-nacional-rede-monitoramento.aspx>. Acesso em: 31 ago. 2021.

BRASIL. **Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999**. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9795.htm. Acesso em: 26 ago. 2021.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **Manual prático de análise de água**. 4 ed. Brasília: Funasa, 2014, 150p. Disponível em: http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files_mf/manual_pratico_de_analise_de_agua_2.pdf. Acesso em: 06 jun. 2021.

CAMARGO FILHO, H. J.; COIMBRA, V.; ZANETTI, C.; VALLE, R.; CARLOS, V. M. União Pró-Tietê – Observando o Rio Sorocaba – Monitoramento da qualidade da água e conscientização do público jovem. **Revista Ciência em extensão, UNESP**, v. 5, n. 2, p.104, 2009.

CAMPOS, T. V. A. **Monitoramento Participativo da qualidade da água do Rio Sorocabaçu**. Monografia (Especialização em Ensino de Ciências) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Itapevi, PR, 2015. 69 p.

CÂNEPA, E. M.; PEREIRA, J.S.; LANNA, A. E. Água e Economia. *In*: BICUDO, C.E.M.; TUNDISI, J. G.; SCHEUENSTUHL, M. C. B. **Águas do Brasil: análises estratégicas**. São Paulo: Instituto de Botânica, 2010, p.43-54. Disponível em: <http://www.abc.org.br/IMG/pdf/doc-6820.pdf>. Acesso em 06 jun. 2021.

CASTELLO BRANCO JR., A.; SOUZA, L. L.; SAMPAIO, T. M.; FARIAS, A. K. S. R.; MIRANDA, K. H. F.; PEÇANHA NETO, J. L. *et al.* Protocolo de avaliação rápida como ferramenta de gestão de recursos hídricos urbanos. **RMRH - Revista Mineira de Recursos Hídricos**, v.1, n.2, p.1-17, 2020.

CASTELLO BRANCO JR., A.; SAMPAIO, T. M.; FARIAS, A. K. S. R.; MIRANDA, K. H. F.; SOUZA, L. L.; PEÇANHA NETO, J. L. *et al.* Mapeamento ambiental participativo e matriz SWOT enquanto práticas de gestão e educação ambiental com ênfase em recursos hídricos. **Geografia Ensino & Pesquisa, Santa Maria**, v. 25, e. 11, p. 1 - 37, 2021. DOI: <https://doi.org/10.5902/2236499443295>.

CONAMA. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução nº 274, de 29 de novembro de 2000. Define os critérios de balneabilidade em águas brasileiras. **Diário Oficial da União**: Seção 1, Brasília, DF, n. 18, p. 70-71, 25 jan. 2001. Disponível em: http://pnqa.ana.gov.br/Publicacao/Resolu%C3%A7%C3%A3o_Conama_274_Balneabilidade.pdf. Acesso em: 06 jun. 2021.

CONAMA. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. **Diário Oficial da União**: Seção 1, Brasília, DF, n. 53, p.58-63, 18 mar. 2005. Disponível em: http://pnqa.ana.gov.br/Publicacao/RESOLUCAO_CONAMA_n_357.pdf. Acesso em: 06 jun. 2021.

CONAMA. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. **Diário Oficial da União**: Seção 1, Brasília, DF, n 92, p. 89, 16 mai. 2011. Disponível em: http://www.adasa.df.gov.br/images/stories/anexos/8Legislacao/Res_CONAMA/Resolucao_CONAMA_430_2011.pdf. Acesso em: 06 jun. 2021.

FARIAS, A. R.; MINGTI, R.; do VALLE, L. B.; SPADOTTO, C. A.; LOVISI FILHO, E. **Identificação, mapeamento e quantificação das áreas urbanas do Brasil**. Brasília: Comunicado Técnico, EMBRAPA, n. 4, 2017. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/176016/1/20170522-COT-4.pdf>. Acesso em 06 jun. 2021.

FERREIRA, C. M. S.; FONSECA, A. Análise da participação popular nos Conselhos Municipais de Meio Ambiente do Médio Piracicaba (MG). **Ambiente & Sociedade**, v. 17, n. 3, p. 239-258, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1414-753X2014000300014>.

FIGUEIREDO, M. C. B.; VIEIRA, V. P. P. B.; MOTA, S.; ROSA, M. F.; ARAÚJO, L. F. P.; GIRÃO, E. *et al.* Monitoramento comunitário da qualidade da água: uma ferramenta para a gestão participativa dos recursos hídricos no semi-árido. **REGA**, v. 5, n. 1, p. 51-60, 2008.

FRANÇA, J. S.; CALLISTO, M. Monitoramento ambiental participativo de qualidade de água: A comunidade escolar como parceira na conservação de biodiversidade. *In: 5ª Reunião de Estudos Ambientais*, Porto Alegre, RS, Brasil, 2015. Disponível em: http://labs.icb.ufmg.br/benthos/index_arquivos/pdfs_pagina/2015/ResumoExpandidosReuniaoEstudosAmbientais-Franca&Callisto.pdf. Acesso em: 23 jun. 2021.

GIRÃO, E.; SOUSA, F. D. M.; SILVA, F. N. S. Vigilantes da água: Participação social e monitoramento da qualidade da água em municípios cearenses. *In: I Congresso Baiano de Engenharia Sanitária e Ambiental - COBESA*, Salvador, BA, Brasil, 2010. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/34744/1/AT10021.pdf>. Acesso em: 23 jun. 2021.

GOMES FILHO, R. R. **Gestão de recursos hídricos. Conceitos e experiências em bacias hidrográficas**. Goiânia: Editora América, 2013.

HERMES, L. C.; FAY, E. F.; BUSCHINELLI, C. C. A.; SILVA, A. S.; SILVA, E. F. F. **Participação Comunitária em Monitoramento da Qualidade da Água**. Jaguariúna: Circular Técnica n.8, EMBRAPA, 2004.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Conheça cidades e estados do Brasil**. 2021. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em 30 ago. 2021.

JACOBI, P. R. Espaços públicos e práticas participativas na gestão do meio ambiente no Brasil. **Sociedade e Estado**, v. 18, n. 1/2, p. 315-338, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-69922003000100015>.

MAIA, J. S. S. Problemáticas da Educação Ambiental no Brasil: elementos para a reflexão. **Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental**, v. 32, n. 2, p. 283-298, 2015. DOI: <https://doi.org/10.14295/remea.v32i2.5544>.

MAIA, A. R. S. **Monitoramento comunitário da qualidade da água de reservatório estratégico do semiárido Brasileiro**. Monografia (Especialização) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Iguatu, CE, 2018. 41 p.

MOTA, L. L. C.; OLIVEIRA, G. P. T. C.; MEDINA, P. A gestão dos recursos hídricos no Brasil: Educação ambiental e democracia participativa na promoção do desenvolvimento sustentável. **Revista Humanidades e Inovação**, v.7, n.20, p. 553-567, 2020.

PALMA, D. A. **Monitoramento de Qualidade da Água com o Enfoque Ciência Cidadã: Estudo de Caso em Brazilândia**. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) - Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2016. 76 p.

PHILIPPI JR. A.; ROMÉRIO, M. A.; BRUNA, G. C. **Curso de Gestão Ambiental**. Ed. São Paulo: Editora Manole, 2004.

PHILIPPI JR., A.; SOBRAL, M. C. **Gestão de bacias hidrográficas e sustentabilidade**. São Paulo: Editora Manole, 2019.

PINTO, T. R. G. S.; MARTINS, S.; LEONEL, D. S.; CKAGNAZAROFF, I. B. Governança Participativa: possibilidades e desafios na gestão local. **Interações (Campo Grande)**, v. 19, n. 3, p. 627-641, 2018. DOI: <https://doi.org/10.20435/inter.v19i3.1730>.

SECRON, M. B.; GIORDANO, G.; BARBOSA FILHO, O. **Controle da poluição hídrica gerada pelas atividades automotivas**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2010. Disponível em: <http://mineralis.cetem.gov.br/bitstream/cetem/295/1/sgpa-12.pdf>. Acesso em: 06 jun. 2021.

SILVA, C. G. **Monitoramento participativo com o envolvimento de comunidade escolar no arroio Dornelinhos, Viamão/ RS**. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2017. 143 p.

TUNDISI, J. G. **Recursos hídricos no Brasil. Problemas, desafios e estratégias para o futuro**. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 2014. Disponível em: <<http://www.abc.org.br/IMG/pdf/doc-5923.pdf>> Acesso em: 020 jun. 2021.

WERNECK, R. O. **Bacia de Aprendizado com aplicação do monitoramento de qualidade da água por meio do enfoque ciência cidadã – Estudo de caso da Bacia Hidrográfica do Córrego Chapadinha/DF**. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2018. 111 p.

Recebido em: 08/09/2021

Aprovado em: 22/04/2022