

MEDIDAS DE CONTROLE FÍSICAS PARA REDUZIR A AMEAÇA DE PLANORBÍDEOS DA ESPÉCIE “*BIOMPHALARIA GLABRATA*” NO SISTEMA DE ABASTECIMENTO ETA MATA DO SEMINÁRIO EM MARIANA, MG

PHYSICAL CONTROL MEASURES TO REDUCE THE THREAT OF PLANORBIDS OF THE SPECIES “*BIOMPHALARIA GLABRATA*” IN THE MATA OF THE SEMINÁRIO ETA SUPPLY SYSTEM IN MARIANA, MG

Isabel Francisco de Araújo Reis^a, Aníbal da Fonseca Santiago^a, Ana Letícia Pilz de Castro^a, Hamilton Cristiano Leônico^a

^aUniversidade Federal de Ouro Preto

isabel.araujo@aluno.ufop.edu.br, anibal@ufop.edu.br, anacastro@ufop.edu.br, hamilton.leoncio@gmail.com

Submissão: 31 de março de 2022

Aceitação: 19 de dezembro de 2022

Resumo

Contaminantes físicos, químicos e biológicos podem chegar aos mananciais de abastecimento por diferentes rotas. O *Schistosoma mansoni* é o agente etiológico da esquistossomose e em seu ciclo de vida, o parasita desenvolve-se no ser humano (hospedeiro definitivo) e em planorbídeos do gênero *Biomphalaria* (hospedeiro intermediário). Na cidade de Mariana, MG, Brasil foi identificada a espécie *Biomphalaria glabrata*, no manancial de abastecimento Córrego do Seminário, responsável por abastecer a ETA Mata do Seminário. O presente estudo procurou alternativas para reduzir esse perigo biológico por meio da adoção de medidas de controle. A abordagem utilizada na pesquisa foi quali-quantitativa e contou com pesquisa bibliográfica, documental, análises laboratoriais de *Escherichia coli* (*E. coli*) e trabalho de campo. Os resultados obtidos indicaram que métodos de controle físicos associados com ações de educação em saúde e procedimentos operacionais adequados foram eficientes no controle desses planorbídeos. Esse estudo de caso representou uma contribuição para os municípios brasileiros, pois atualmente existe um número considerável de cursos d'água onde foi identificada a presença desses planorbídeos. Conhecer estratégias para controlá-los pode assessorar gestores de sistemas de abastecimento na resolução do problema, caso a proliferação desses planorbídeos ocorra em seus sistemas de abastecimento.

Palavras-chave: Esquistossomose, estação de tratamento de água, manancial de abastecimento, educação em saúde

Abstract

Physical, chemical and biological contaminants can reach water supply sources by different routes. *Schistosoma mansoni* is the etiological agent of schistosomiasis and in its life cycle the parasite develops in humans (definitive host) and in planorbids of the genus *Biomphalaria glabrata* (intermediate host). In the city of Mariana, Minas Gerais, Brazil, the species *Biomphalaria glabrata* was identified in the Seminario stream that supplies the Mata of the Seminario ETA. This study sought alternatives to reduce this biological hazard through affordable and effective control measures. The approach used in the research was quali-quantitative and included bibliographic and documentary research, laboratory analysis of *Escherichia coli* (*E. coli*) and field work. The results obtained indicated that physical control methods associated with health education actions and adequate operational procedures were efficient in the control of these planorbids. This case study represented a contribution to Brazilian municipalities, as there is currently a considerable number of water courses where the presence of these planorbids has been identified. Learning strategies to control the planorbids can help water supply system managers to prevent any proliferation of these planorbids in their water supply systems.

Keywords: Schistosomiasis, water treatment station, supply source, health education

INTRODUÇÃO

Contaminantes químicos, físicos ou biológicos podem ser introduzidos nos cursos d'água de uma bacia hidrográfica por meio de atividades antrópicas ou por fontes naturais. Nesse contexto, avaliar os perigos, suas origens, vias de acesso para alcançar o manancial superficial ou circunstâncias que contribuem para sua permanência em determinado ambiente, como também, estabelecer medidas de controle para minimizar esses perigos são fundamentais para melhorias na qualidade da água (WHO, 2016).

O *Schistosoma mansoni* é o agente etiológico da esquistossomose e pode ser considerado um perigo biológico de importância socioeconômica para a saúde pública, pois atinge cerca de 200 milhões de pessoas, totalizando aproximadamente 75 países (WHO, 2017), além de ser endêmica em cerca de 49 países que se localizam nas Américas, Antilhas e África (CARVALHO *et al.*, 2018). Em todas as regiões do Brasil, entre os anos de 2003 e 2018, foram encontrados municípios com taxas de mortalidade para esquistossomose maior que 1,0 óbito / 100.000 habitantes, sendo que as taxas mais altas localizavam-se nos municípios dos estados de Pernambuco e Alagoas (região nordeste) e nos estados de Minas Gerais, Espírito Santo, Rio de Janeiro e São Paulo (região sudeste) (PINHEIRO *et al.*, 2020). Paz *et al.* (2021) mencionaram que entre os anos de 1999 e 2018, 65,81% de óbitos registrados no Brasil por esquistossomose foram associados à região nordeste e 31,18% à região sudeste. Portanto, as desigualdades socioeconômicas entre as regiões brasileiras, cenários ambientais e epidemiológicos diversificados tornam o controle da esquistossomose um desafio para as autoridades públicas.

No ciclo de vida do parasita, o ser humano, hospedeiro definitivo, secreta ovos do *Schistosoma* por meio das fezes que contaminam os corpos d'água onde ocorre a eclosão imediata desses ovos e liberação do miracídio (estádio de larva) que penetrará em planorbídeos do gênero *Biomphalaria* (CARVALHO *et al.*, 2020). No desenvolvimento larval, no interior do caramujo, ocorre a liberação da forma infectante aos humanos denominada cercaria, que pode penetrar na pele das pessoas por meio da natação livre, atividades agrícolas, domésticas e recreativas. Os sintomas da esquistossomose dependem da

quantidade e localização dos ovos no corpo do hospedeiro. Infecções leves podem ser assintomáticas. Em algumas pessoas, os sintomas iniciais incluem febre, calafrios, dores musculares e tosse. Infecções crônicas podem resultar em sintomas intestinais e hepáticos, que incluem diarreia com sangue, dores abdominais e hepatoesplenomegalia (WHO, 2017).

A esquistossomose tem prevalência em áreas tropicais e subtropicais e a maioria das infecções ocorrem em comunidades pobres, que não possuem saneamento ambiental adequado. Prevenir a contaminação do manancial de abastecimento por dejetos humanos, programas de controle de caramujos e tratamento de água adequados são medidas de controle que ajudam na redução da doença, pois as cercarias podem ser removidas por filtração e inativadas por cloração (WHO, 2017).

Os hospedeiros intermediários da esquistossomose são invertebrados moluscos planorbídeos do gênero *Biomphalaria*. Em função da sua alta suscetibilidade ao *Schistosoma mansoni* e ampla distribuição geográfica, o *Biomphalaria glabrata* é o hospedeiro intermediário mais importante na transmissão da esquistossomose. Souza *et al.* (2006) descreveram que Ruiz (1952) coletou e identificou planorbídeos da espécie *Biomphalaria glabrata* no Córrego do Seminário, tributário da bacia do ribeirão do Carmo, na cidade de Mariana, MG. Relatou também, que em sua amostragem (anos de 2003 e 2004) foi identificada a mesma espécie nas bacias do rio Piracicaba, rio Gualaxo do Norte e ribeirão do Carmo que são importantes mananciais do município e afluentes da bacia hidrográfica do rio Doce.

Carvalho *et al.* (2020) descreveram que foram encontrados *Biomphalaria glabrata* em 15,8% dos municípios brasileiros, onde 16 estados foram amostrados. Em Minas Gerais, foram identificados exemplares nas mesorregiões Norte de Minas, Jequitinhonha, Central Mineira, Vale do Mucuri, Vale do Rio Doce, Metropolitana de Belo Horizonte e Zona da Mata. Na microrregião de Ouro Preto foram identificados exemplares do molusco em Diogo de Vasconcelos, Itabirito, Ouro Preto e Mariana, ou seja, nas 4 cidades que compõem a microrregião.

No ano de 2015, funcionários do Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE), autarquia que presta o serviço de coleta, distribuição,

tratamento da água e coleta de esgoto do município de Mariana identificaram a presença de planorbídeos da espécie *Biomphalaria glabrata* nas paredes dos floculadores da Estação de Tratamento de Água Mata do Seminário (ETA Mata do Seminário) e na barragem de elevação de nível da captação ETA Mata do Seminário.

Mesmo com a possibilidade de eliminação dos planorbídeos no tratamento convencional, a presença desses organismos no sistema de abastecimento trouxe aversão dos operadores de ETA ao consumo da água produzida no sistema. Isso porque as características organolépticas e estéticas da água podem provocar rejeição ao consumo da água de abastecimento e embasar questionamentos sobre a segurança para a saúde, considerando-a imprópria para o consumo (VIEIRA, 2018). Consequentemente, a implementação de diversas medidas se tornaram essenciais, contribuindo para a garantia do conceito de múltiplas barreiras e remeteu a prevenção, redução ou minimização da contaminação do sistema de abastecimento (BRASIL, 2012).

Em WHO (2017) foi descrito que barragens proporcionam ambientes propícios para o desenvolvimento desses indivíduos. Singh *et al.* (2016) relataram que esses hospedeiros são bem adaptados em locais onde o fluxo de água é lento e descreveram que uma forma eficaz de reduzir a incidência desses moluscos é por meio de moluscidas. No Brasil, a niclosamida (2'5-dicloro- 4'-nitro-salicilanilida) é o único produto que permanece disponível comercialmente e é aprovado pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) como moluscida (BRASIL, 2008). Seus principais compostos ativos são o ácido salicílico e o 1,2-dicloro-4-nitrobenzeno que tem baixa toxicidade para os mamíferos (COURA-FILHO *et al.*, 1992). Fenwick *et al.* (1987) e Coura-Filho *et al.* (1992), mencionaram que a niclosamida quando aplicada regularmente, reduz o *Biomphalaria*, o que permite o declínio da transmissão da esquistossomose. Fenwick *et al.* (1987) ressaltaram, porém, que o sucesso do moluscida relaciona-se a ações conjuntas com a quimioterapia, que tem a finalidade erradicar o verme adulto em indivíduos infectados, medidas de saneamento ambiental e educação em saúde. Apesar da eficiência descrita pelos autores para a eliminação do *Biomphalaria* com a utilização do moluscida, Coura-Filho *et al.* (1992), relataram que o uso do moluscida está relacionado a efeitos negativos como a extinção de espécies da

flora e fauna de água doce. Concluíram, também, que a redução desse planorbídeo é momentânea, não sendo permanente na população no decorrer dos anos, pois não ocorreram variações na quantidade de planorbídeos nos pontos de coleta do sistema hídricos onde foram administrados os moluscidas durante os 14 anos de pesquisa. Os autores mencionaram também, que, pesquisadores como Gilles *et al.* (1973) & Pauline & Dias (1955) descreveram o mesmo fenômeno.

Outro tipo de controle é o biológico, método que se caracteriza pela introdução de espécies que atuam como predadoras, competidoras, parasitárias ou patogênicas sobre planorbídeos, hospedeiros, mas, apresenta a desvantagem de reduzir ou eliminar a biodiversidade nativa, como também, a possibilidade de introduzir nos ambientes, espécies que são hospedeiras intermediárias de trematódeos e nematódeos responsáveis pela veiculação de um número considerável de doenças (BRASIL, 2008). Controlar a proliferação da esquistossomose nos sistemas de abastecimento de água corrobora com as metas preconizadas pelo Plano de Segurança da Água (PSA) previsto na Portaria nº 888, de 04 de maio de 2021, Brasil (2021), pois nessa abordagem valorizam-se ações preventivas que têm a meta de reduzir ameaças à saúde dos usuários do sistema de abastecimento, o que torna imprescindível a escolha do método adequado de controle desses planorbídeos.

Dessa forma, o presente trabalho teve o objetivo de enumerar medidas de controle utilizadas para reduzir a ameaça de planorbídeos da espécie *Biomphalaria glabrata* no sistema de abastecimento ETA Mata do Seminário, sem a utilização de moluscidas, o que pode assessorar gestores dos sistemas de abastecimento em desafios como o identificado no município de Mariana.

METODOLOGIA

Caracterização da área de estudo

O município de Mariana localiza-se no Quadrilátero Ferrífero no Estado de Minas Gerais, Brasil. Possui uma área de aproximadamente 1.194,21 km² e uma população total de 54.219 habitantes, de acordo com o último censo do IBGE (IBGE, 2010) e hoje estima-se que a cidade possua 61.830 habitantes (IBGE, 2021). Está inserido regionalmente na bacia hidrográfica do rio Doce. Os principais cursos d'água do município são os rios Gualaxo do Sul, Gualaxo do Norte e

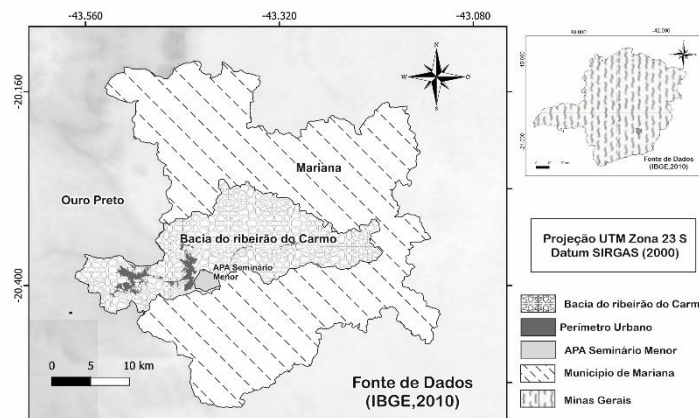
ribeirão do Carmo. Esses cursos d'água vão nomear as principais bacias do município (bacia do rio Gualaxo do Sul, bacia do rio Gualaxo do Norte e bacia do ribeirão do Carmo (LIMA & BALTAZAR, 1993; COSTA, 2007).

A presente pesquisa teve como objeto de estudo a ETA Mata do Seminário que se situa na APA Seminário Menor, que atualmente é foco da atividade extrativa da madeira, responsável por sustentar a produção de doces artesanais e quitandas de moradores da região, Silva (2012); Souza (2015) e abastece cerca de 7.581 pessoas (PREFEITURA MUNICIPAL DE MARIANA, 2015). A estação é abastecida pela barragem de elevação de nível denominada captação ETA Mata do Seminário. Essa localiza-se no Córrego do Seminário, no qual suas nascentes situam-se na APA Seminário Menor e seu curso d'água deságua no ribeirão do Carmo. Essa captação, responsável pelo abastecimento da estação, situa-se no paralelo 20° 23'14" de latitude sul, e no meridiano de 43° 24'31" de longitude leste, dentro dos contornos da APA Seminário Menor. Caracteriza-se por ser uma captação a fio d'água com barragem de elevação de nível em concreto armado no qual o processo de adução é feito por gravidade. A tubulação que conduz a água bruta

até a estação é composta por PVC e ferro fundido e possui 150 mm de diâmetro. A água captada é conduzida até a ETA Mata do Seminário onde passa pelo tratamento de ciclo completo. A ETA apresenta vazão nominal de 18 L/s, calha Parshall onde ocorre a correção de pH com a adição de cal hidratada e o processo de coagulação pela adição de sulfato de alumínio. O floculador da estação é hidráulico, de seção circular com 13 câmaras, decantador de seção circular e cinco filtros rápidos descendentes composto por areia e antracito. A ETA Mata do Seminário não possui tanque de contato. O processo de desinfecção é realizado com a adição de hipoclorito de cálcio após filtração por meio da utilização de bombas dosadoras. Após o tratamento, a água é armazenada em um reservatório com a capacidade de 200.000 litros, sendo posteriormente distribuída para a população.

Na FIGURA 1, foi ilustrada a localização da área de estudo. Nela foi identificada a APA Seminário Menor onde insere-se o manancial de abastecimento Córrego do Seminário, que possui suas nascentes na área da APA, a uma altitude de aproximadamente 1.260 metros, atravessa toda a APA, e deságua no ribeirão do Carmo (IEF, 2006).

Figura 1 – Localização da área de estudo



Fonte: Autores (2021)

Confirmação do evento perigoso e do perigo potencial

Ao se ter ciência da existência de caramujo nas paredes dos floculadores e barragem de elevação de nível, procedeu-se a identificação, tendo-se como fundamento critérios conqiliológicos e anatômicos (BRASIL, 2008). A confirmação da presença de planorbídeos do gênero *Biomphalaria glabrata* desencadeou o

processo de retirada dos animais por meio do procedimento de varredura, que consistiu em varrer as paredes da barragem de elevação de nível, da captação ETA Mata do Seminário, desarenador e floculadores em até cerca de 30 cm de profundidade com a utilização de uma vassoura tipo gari de piaçava (base 40 cm e cabo de 1,50) e posterior avaliação malacológica nas paredes dessas estruturas por meio de uma rede de mão

(tipo puçá) confeccionada com uma peneira com furos de aproximadamente dois mm, adaptada a um cabo de madeira de cerca de um metro que teve o objetivo de capturar espécies de planorbídeos. Essa metodologia foi adaptada de Brasil (2008) e de observações de campo. Os decantadores não passaram pela avaliação porque a ETA possui formato circular, caracterizando-se por floculadores que circundam os decantadores, havendo dificuldade de acessar essas estruturas. Não houve relatos da observação de planorbídeos nos filtros em todo o período da pesquisa o que demonstra a eficiência das etapas anteriores a filtração.

Todo esse procedimento ocorreu nos dias 13/07/2015 e 21/07/2015. Os moluscos coletados foram enrolados em gaze umedecida com água isenta de cloro e acondicionados em sacos plásticos, pois esses indivíduos precisavam permanecer vivos para a realização do exame parasitológico. Posteriormente, foram encaminhados ao Centro de Pesquisas René Rachou, em Belo Horizonte, com supervisão da Secretaria de Saúde do município. Os procedimentos de varredura e avaliação malacológica foram implantados posteriormente no sistema com a frequência semanal e eram executados pelos operadores de ETA.

Ações de Educação em Saúde

Foram realizadas ações de Educação em Saúde que objetivaram sensibilizar operadores de ETA, agentes de saneamento (funcionários que realizam atividades de manutenção do sistema de abastecimento) e gestores (diretores, coordenadores, chefes de departamentos e encarregados) sobre o perigo potencial identificado na ETA Mata do Seminário e discorreu sobre as medidas de controle que seriam implementadas. Nessa ação, foram realizadas palestras com a apresentação de fotos dos caramujos *Biomphalaria glabrata*, rota de transmissão da esquistossomose, sintomas da doença, modos de prevenção, tratamento e apresentação de possíveis medidas de controle que poderiam ser implementadas no sistema, como também, a importância da utilização de EPI nos procedimentos operacionais.

Medidas de controle com o objetivo de proteger os funcionários do sistema

Foram realizadas reuniões de trabalho com os operadores de ETA e agentes de saneamento com o objetivo de sensibilizar da importância de

utilizar EPI's adequados nos procedimentos operacionais, nos quais os operadores de ETA deveriam utilizar luvas de látex nos procedimentos de coleta e monitoramento da água. Essas também foram medidas de controle realizadas. Nas atividades de malacologia, os operadores de ETA deveriam utilizar jaleco e luvas de borracha. Os agentes de saneamento deveriam usar óculos protetor facial e uniformes impermeáveis nas atividades de descarga de fundo da captação e limpeza da estação de tratamento.

Medidas de controle realizadas no manancial de abastecimento e áreas a montante

A montante da captação ETA do Seminário foi identificada uma única residência. Essa residência foi considerada uma fonte poluidora importante no processo de contaminação do *Biomphalaria glabrata*, pois o esgoto da residência não era tratado e podia alcançar o manancial de abastecimento. A primeira medida de controle que foi realizada pela autarquia na área de estudo foi o tratamento do esgoto da residência por meio da construção de um tanque séptico + filtro + sumidouro. Posteriormente, a autarquia iniciou a realização do monitoramento mensal de *E. coli* na água bruta que abastece a ETA Mata do Seminário. O método laboratorial utilizado nos ensaios foi o 9223B, Apha (2012).

Estabelecimento de procedimentos operacionais no interior da ETA

- Instalação de uma estrutura de barras para contenção de caramujos composta pelos seguintes componentes: 1 grade de ferro com barras paralelas com 1,15 m de comprimento e 40 cm de altura. As barras possuem 3 cm de diâmetro e eram espaçadas a cada 3 cm, uma tela de ferro galvanizado e uma tela de nylon encaixada e sobreposta nesse conjunto de barras. Na FIGURA 2 foi representada a estrutura de barras descrita anteriormente.

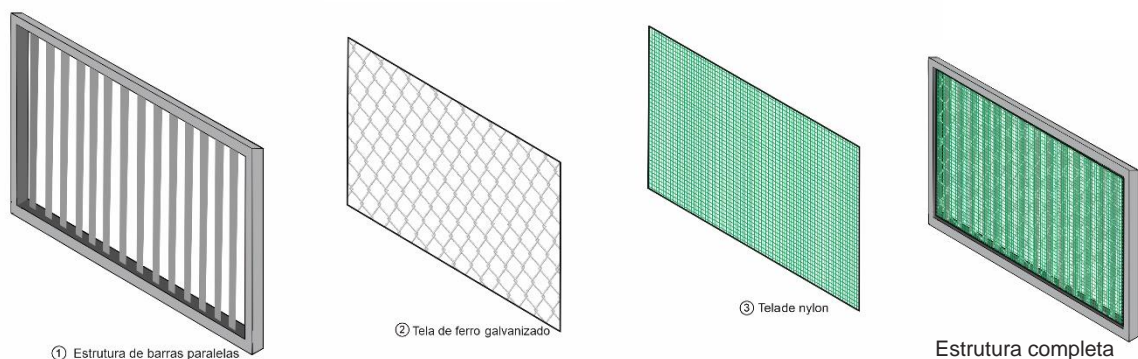
Essa estrutura foi instalada na chegada da água bruta da ETA Mata do Seminário. A água bruta passava por essa barreira antes de chegar à calha Parshall da estação. Ali ficavam retidos os moluscos que estivessem presentes na água bruta. Posteriormente, esses caramujos, eram retirados e armazenados no álcool 70% para descarte.

- Elaboração de relatório de registro de procedimento operacional padrão de varredura, que foi orientado a ser preenchido semanalmente

após a realização do procedimento. Os procedimentos de avaliação malacológica foram programados para execução todas às quartas-feiras no horário de 7:00 às 15:00. No relatório, deveria ser indicado, pelo responsável, a quantidade de caramujos identificados e capturados no procedimento (na contagem não eram contabilizados os caramujos retidos na estrutura de barras, pois o método tinha o objetivo de avaliar a efetividade da barreira física no controle dos caramujos, ou seja, apenas aqueles que conseguiram ultrapassar a barreira) e o horário de início e término da atividade. Mensalmente, os dados eram conferidos e tabulados. Mensalmente, as conchas dos caramujos eram maceradas e descartadas no lixo comum.

- Estabelecimento de cronograma de limpeza e descarga de fundo da captação que deveria ocorrer a cada três meses. Foi acertado que todas as vezes que ocorresse o processo de limpeza e descarga de fundo da captação, os envolvidos seriam orientados pelo setor de segurança do trabalho sobre a importância da utilização de EPI no procedimento.
- Os operadores da ETA Mata do Seminário e ajudantes de saneamento realizaram o exame coproscópico denominado Kato Katz, entre os dias 03 e 10 de setembro de 2015, que objetivou detectar pessoas contaminadas com a esquistossomose. Todos os contaminados identificados no ensaio foram tratados pela Secretaria de Saúde do município.

Figura 2: Estrutura de barras para contenção de caramujos.



Fonte: Autores (2021)

RESULTADOS

Identificação de caramujos contaminados por meio de exame parasitológico

Após avaliação malacológica e exame laboratorial foi possível identificar dois caramujos contaminados por *Schistosoma mansoni* na amostragem do dia 13/07/2015 de trinta e dois caramujos avaliados e, um caramujo contaminado na amostragem de 21/07/2015 dos cinco caramujos examinados. O exame parasitológico dos caramujos foi uma medida importante, pois, permitiu certificar se havia caramujos contaminados na área de estudo e realizar intervenções para que o ciclo do parasita fosse interrompido.

Ações de Educação em Saúde

A Educação em Saúde foi utilizada não

apenas nas palestras, mas ocorreram também, nos treinamentos presenciais de malacologia e capacitação dos agentes de saneamento para execução de limpeza e descarga de fundo e foram consideradas fundamentais em todo o processo. É importante mencionar que antes do procedimento de descarga de fundo da captação e limpeza da ETA, os agentes de saneamento passavam por treinamento (ações de Educação em Saúde) com o objetivo de sensibilizar sobre a importância do uso de EPI's no procedimento e modos de transmissão e prevenção da esquistossomose.

Schall *et al.* (2008), constataram que a transmissão da esquistossomose está relacionada às condições de vida, hábitos, costumes e tradições das populações. Enfatizam assim, a urgência em refletir sobre os aspectos psicossociais envolvidos e de se estabelecer medidas educativas que possam auxiliar no

controle da doença. Em conformidade com essas ideias, as ações de Educação em Saúde ocorreram em vários momentos do processo e foi considerada um dos pilares fundamentais para o controle do *Biomphalaria glabrata*.

Medidas de controle com o objetivo de proteger os funcionários do sistema

O tratamento dos operadores de ETA que estavam contaminados com a esquistossomose foi uma medida de controle importante, pois tratar o doente é uma das medidas que ajuda na redução do número de parasitas circulando no corpo hídrico, o que consequentemente protege os demais operadores da doença (BRASIL, 2008)

Conforme mencionado por Souza *et al.* (2006) o *Biomphalaria glabrata* foi identificado em diferentes cursos d'água da região, a cidade não possui esgoto tratado, podendo o operador de ETA ou agente de saneamento, ter se contaminado em ambientes externos ao seu ambiente de trabalho, como em atividades de lavagem de roupas e utensílios, banho, prática de esporte, pesca ou recreação (MELO, 2014). Entretanto, essa afirmação não exclui a possibilidade de contaminação em suas atividades laborais. Diante desse perigo, medidas de controle importantes como a utilização de luvas de látex nos procedimentos de coleta de amostras e utilização de EPI's apropriados foram indicados nos procedimentos de limpeza da ETA e descarga de fundo do manancial. Todas essas intervenções reduziram o contato dos funcionários com a água bruta ou em processo de tratamento e consequentemente ajudava a reduzir a contaminação desses funcionários pelo helminto.

Medidas de controle realizadas no manancial de abastecimento e áreas a montante

Conforme mencionado por WHO (2016), identificar os perigos relevantes em um determinado ambiente e conhecer suas vias de acesso ao manancial são fundamentais para a redução de perigos. Em concordância com essas ideias, outra medida implementada foi o tratamento de efluentes da única residência por meio da construção de um tanque séptico + filtro + sumidouro que reduziu o número de patógenos que alcançavam o manancial de abastecimento. Essa, pode ser considerada uma das principais rotas de contágio dos caramujos.

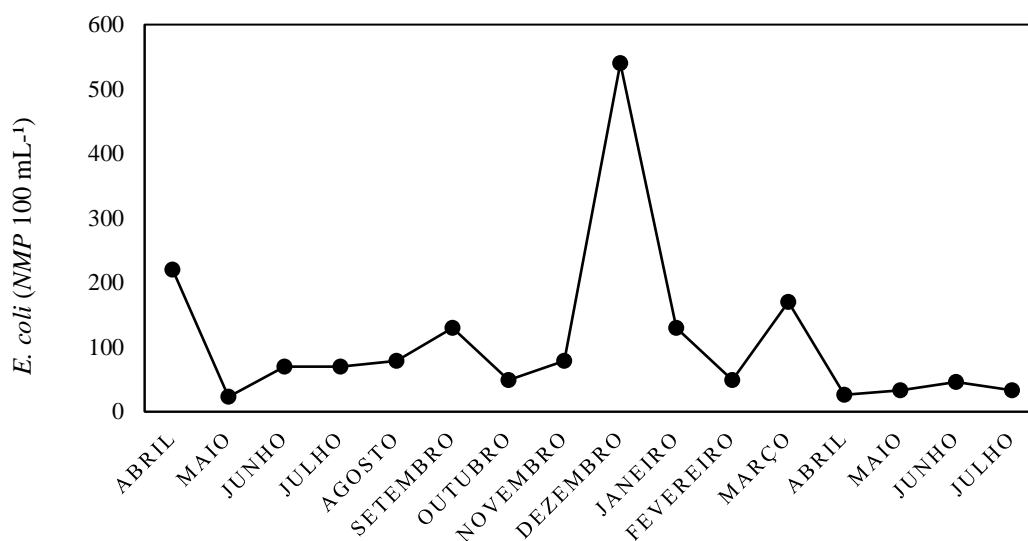
A APA Seminário Menor tem sofrido grandes pressões antrópicas, pois em todas as pesquisas de campo foi possível identificar a presença de

pessoas nas trilhas de acesso a captação, podendo ser essa, outra rota de contágio dos planorbídeos do gênero *Biomphalaria glabrata*. Acredita-se que a redução de atividades extrativas na região poderia contribuir com a quebra do ciclo de vida do helminto. Medidas de controle importantes como aumento da fiscalização da área da APA, trabalhos de educação em saúde e construção de banheiros no interior da APA, como também a realização de exames coproscópicos na comunidade que se localiza no entorno da APA e cura dos contaminados foram consideradas fundamentais. Contudo, essas são intervenções que exigem um elevado quantitativo de funcionários envolvidos e a realização de parcerias externas, posto que são ações que extrapolam os limites de uma empresa de saneamento. Por esse motivo essas medidas de controle não foram implementadas.

Na época em que se iniciou a pesquisa e foram identificados planorbídeos contaminados ainda não havia o monitoramento mensal de *E. coli* na captação ETA Mata do Seminário. Uma das medidas de controle foi iniciar o monitoramento mensal de *E. coli* no manancial de captação em abril de 2016. Na FIGURA 3 foram apresentados os resultados da quantificação de *E. coli* que foi avaliada no período de abril de 2016 a julho de 2017.

Essa medida de controle foi muito importante, pois a FIGURA 3 mostra que os resultados de ensaio apresentaram-se abaixo dos valores de referência para *E. coli* (1.000 *E. coli* NMP/100mL), recomendados pela Portaria nº 888, de 04 de maio de 2021 (BRASIL, 2021). Essa recomendação indica que resultados acima desses valores são indicativos de contaminação, por microrganismos patogênicos, como os helmintos identificados na pesquisa.

Nesse contexto, medidas de controle que funcionariam como barreiras físicas para impedir a entrada dos moluscos na ETA foram implementadas, confirmando, assim, a importância de conhecer as rotas de contaminação do manancial de captação e a necessidade de aplicar uma abordagem preventiva conforme recomenda o Plano de Segurança da Água (VIEIRA, 2018). A pesquisa demonstrou também, que a avaliação de riscos baseada apenas em análises laboratoriais, (análises de *E. coli*), foi insuficiente para assegurar uma água que não remete riscos para a saúde, o que corrobora com as conclusões de Mancuso & Souza (2015).

Figura 3: Resultado de quantificação de *E. coli* – abril de 2016 a julho de 2017


Fonte: Autores (2021)

Medidas de controle implementadas na ETA Mata do Seminário

Os procedimentos de varredura e avaliação malacológica realizados no sistema foram importantes na redução do número de planorbídeos nas estruturas internas da ETA. Para a execução desse procedimento, foi realizada a instalação da estrutura descrita na FIGURA 2 na entrada da água bruta da ETA Mata do Seminário que funcionou como uma barreira física contra a entrada de caramujos na estação. O resultado do número de indivíduos que conseguiram penetrar na estação foi apresentado na FIGURA 4. O período em que ocorreu a avaliação foi de agosto de 2015 a julho de 2017.

Na FIGURA 4 foi apresentado o resultado do acompanhamento do procedimento de malacologia realizado pelos operadores na ETA Mata do Seminário. O período avaliado foi agosto de 2015 a julho de 2017.

No período 1, agosto de 2015 a julho de 2016, a mediana do número de caramujos no interior da estação foi dois. O valor máximo do terceiro quartil foi onze, o que demonstrou uma maior dispersão quando comparado com o período 2, nos quais o primeiro, o segundo quartil e a mediana estão muito próximos de zero, demonstrando pouca entrada de caramujos no segundo ano de monitoramento.

No período 1, entre os meses de maio a setembro, período de estiagem, houve um aumento do número de planorbídeos que ultrapassaram a barreira física e penetraram nas estruturas unitárias do tratamento, o que corrobora com as conclusões de Carvalho et al. (2017) e

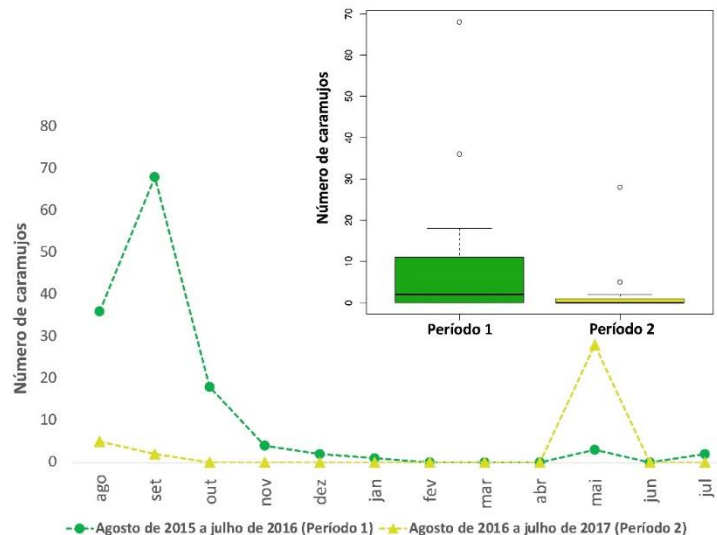
Palásio et al. (2021) de que na estiagem ocorre uma expansão populacional. Esses autores mencionaram que esses organismos são resistentes a dessecação, pois se adaptam em temperaturas que variam de 18° a 41°C, observando-se uma expansão populacional. Essas temperaturas são muito acima de seu ponto ótimo de sobrevivência, que variam de 20° C a 26° C, o que facilita a adaptação em ambientes com essa variação de temperatura. Em Brasil (2008), consta que os planorbídeos são resistentes a dessecação e que dentre as características que contribuem para a sobrevivência desses indivíduos na estiagem, podem ser observados o espessamento da concha e a redução de sua área de abertura, como também, a presença de lamelas e epifragmas que subsidiarão na capacidade de sobreviver fora da água e no estado de dormência prolongada. Em consequência, esses planorbídeos persistem à dessecação dos criadouros, emigrando da água, retraindo-se na concha, pausando seu crescimento e permanecendo em diapausa até o retorno das condições propícias (BRASIL, 2008).

Nesse mesmo período, meses de outubro a março, estação chuvosa, houve redução no número de caramujos que ultrapassaram a estrutura de barras. Contudo, deve-se mencionar que a distribuição de planorbídeos do gênero *Biomphalaria glabrata* é dependente de atores climáticos como a chuva e a temperatura, pois esses fatores, influenciam na expansão ou retração das populações dos moluscos (PALASIO et al. 2021), sendo a pluviosidade, um dos fatores climáticos que pode ter interferido no número de

indivíduos que chegaram na estação de tratamento. No caso da pesquisa, a pluviosidade não corroborou com o aumento do número de indivíduos. Isso porque a varredura pode ter

ocorrido, em dias que não estava ocorrendo precipitações, o que remete a normalização do número de indivíduos na população após o período de dispersão.

Figura 4 - Resultado do acompanhamento da varredura dos operadores na ETA Mata do Seminário (agosto de 2015 a julho de 2017)



Fonte: Autores (2021)

Outra ocorrência desse período, foi que após a instalação da barreira física e início do monitoramento, agosto e setembro de 2015, o número de caramujos que penetraram na ETA foi superior ao número encontrado nos demais meses do ano. A justificativa é que a estrutura estava servindo de barreira apenas para a captação ETA Mata do Seminário. A água que fluía do outro manancial, localizado no sítio, e a montante, estava com a chegada d'água anterior a barreira física, o que comprometia todo o monitoramento. Após solucionar esse problema, no mês de outubro de 2015, o número de caramujos que penetravam na ETA tendeu a diminuir. Os operadores do sistema observaram que alguns caramujos adentravam na ETA no momento de retirada estrutura de barras para a limpeza. A estrutura de barras além de reter os caramujos, ainda retinha sedimentos e resíduos que eram removidos com jato d'água.

No período 2, conforme mencionado, houve pouca entrada de caramujos na estação. Esse resultado sugere que tanto no período de estiagem, quanto na estação chuvosa, poucos caramujos penetraram na ETA. No mês de agosto de 2016, três caramujos foram identificados e no mês de setembro de 2016, dois. Percebe-se, um

aumento considerável, deles, no mês de maio de 2017, após um período de mais de seis meses com poucos identificados. Os meses em que os caramujos penetraram na ETA, estão inseridos no período de estiagem, o que pode ter sido influenciado pela expansão populacional que esse período pode exercer em populações de planorbídeos.

Entretanto, a entrada dos caramujos na estação pode ter ocorrido no momento de limpeza da estrutura de barras. Esse pico foi justificado pela condição dessa estrutura, que se encontrava danificada. A troca do nylon fez o número de caramujos decair novamente. A vigilância das condições físicas dessa estrutura, deve ser ininterrupta e a manutenção preventiva do nylon deve ocorrer com periodicidade, pois, a estrutura de barras, foi fundamental na redução do número de caramujos que se adentravam na ETA. Essa ação refletiu positivamente na redução do número de caramujos presentes na estação e na melhoria da qualidade laboral dos operadores.

Limpezas nas estruturas internas da ETA e descargas de fundo da captação não eram realizadas com periodicidade e não havia procedimentos para execução dessa tarefa. Além dessas observações, não foi identificado registro

das atividades de limpeza e descarga de fundo da captação no software operacional da empresa, sendo proposto que esse registro fosse feito a fim de que o monitoramento dos procedimentos de limpeza e descarga de fundo fossem realizados no período adequado. Ficou estabelecido que o cronograma de limpeza nas dependências internas da ETA e o desassoreamento da captação, ocorreriam a cada três meses. Esse critério foi estabelecido após observações visuais da necessidade de limpeza. A APA Seminário Menor apresenta o relevo mais acentuados em sua porção sudeste, próximo aos contrafortes da serra do Itacolomi, que vertem em direção centro-norte, onde se situam as instalações do Seminário Menor e culminam com as menores altitudes, nas proximidades da ETA Mata do Seminário e captação do Seminário, conforme mencionado por IEF (2006). Em consequência desta morfologia, a captação acumula grande quantidade de sedimentos na barragem de elevação de nível, havendo a necessidade de desassoreamento no início da estação chuvosa e no mínimo a cada três meses na estação seca.

Sempre que a limpeza foi executada foram perceptíveis as melhorias no procedimento de execução da varredura (as paredes dos floculadores ficavam com menos resíduos) o que facilitava as ações de monitoramento, pois reduzia a quantidade de substratos para esconderijo do *Biomphalaria*. Esse resultado corroborou com as conclusões de Brasil (2008) que em sua pesquisa descreveu que esses moluscos sobrevivem em substratos ricos em argila fina e detritos orgânicos. Esses substratos geralmente são densos e macios, sobre os quais os moluscos podem se abrigar da luz solar. Além dessa característica, esses sedimentos são ricos em microrganismos epifíticos e são a principal fonte de alimento dos moluscos hospedeiros.

A troca do leito filtrante dos filtros rápidos foi uma medida de controle que também foi realizada na estação de tratamento, pois, Bastos et al. (2003) mencionaram que ovos de *Schistosoma mansoni* são removidos por processo de filtração. De acordo com essa ideia, Neto et al. (2012) mencionaram que a ausência de infraestrutura adequada de água e saneamento influenciam no aumento das taxas de esquistossomose.

Todos os procedimentos, que foram realizados na pesquisa, ocorreram após uma denúncia do Ministério Público, que relatava presença de planorbídeos no sistema ETA Mata do Seminário e seus riscos para a saúde. Dessa

forma, a pesquisa foi realizada de forma exploratória, não havendo registros da quantidade de caramujos que havia na ETA antes da instalação das medidas. Apesar da ausência dessa avaliação quantitativa inicial, o conjunto de medidas minimizou a quantidade de caramujos que penetrava na ETA, sendo os procedimentos da pesquisa aceitos pelo Ministério Público e operadores de ETA.

CONCLUSÃO

Medidas de controle físico, como as estruturas de barras para contenção de caramujos, procedimentos de varredura e avaliação malacológica implementados na ETA Mata do Seminário, foram eficientes no controle de planorbídeos. Tais intervenções tiveram o objetivo de aplicar medidas de controle preventivas, que foram ao encontro com as metas de saúde previstas no Plano de Segurança da Água. Destaca-se que ações de Educação em Saúde foram fundamentais em todo o processo de controle da esquistossomose.

A pesquisa foi importante, pois, indicou caminhos para a solução de um estudo de caso ocorrido no município de Mariana, MG, e, forneceu embasamento para que municípios brasileiros, solucionem o problema, caso ocorra em seus sistemas de abastecimento, pois, a presença de planorbídeos do gênero *Biomphalaria* foi detectada em um número considerável de cursos d'água de municípios brasileiros.

REFERÊNCIAS

- 1 APHA. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 22th ed., WASHINGTON, D.C.: APHA, AWWA, WEF, 2012.
- 2 BASTOS, R. K. X.; BEVILACQUA, P. D.; KELLER, R. O. Organismos patogênicos e efeitos sobre a saúde humana. In: GONÇALVES, R. F. (Org.). Desinfecção de efluentes sanitários remoção de patógenos e substâncias nocivas. Aplicações para fins produtivos como agricultura, aquicultura e hidroponia Projeto *PROSAB*. 1 ed. Rio de Janeiro: **ABES**, cap.2, p. 27-88, 2003.
- 3 BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 888, de 04 de maio de 2021. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 05, de 28 de setembro de 2017. **DOU**: seção1, edição 85, Brasília, DF, p. 127, 07 mai. 2021.

4 BRASIL. **Planos de segurança da água: garantindo a qualidade promovendo a saúde – um olhar do SUS**, 1 ed., 2012, 61p.

5 BRASIL. **Vigilância e controle de moluscos de importância epidemiológica: diretrizes técnicas: Programa de Vigilância e Controle da Esquistossomose (PCE)**. 2 ed., Brasília: Ministério da Saúde, 2008, 178p.

6 CARVALHO, O. S.; MENDONÇA, C. L. F.; MARCELINO, J. M. R.; PASSOS, L. K. J.; FERNANDEZ, M. A.; LEAL, R. S.; CALDEIRA, R. L.; SCHOLTE, R. G. C.; CARMO, E. H., MESQUITA, S. G.; THIENGO, S. C. Distribuição geográfica dos hospedeiros intermediários do *Schistosoma mansoni* nos estados do Paraná, Minas Gerais, Bahia, Pernambuco e Rio Grande do Norte, 2012-2014. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v.27, n.3, p.10-22, 2018.

7 CARVALHO, O. S.; MENDONÇA, C. L. F.; TELES, H. M. S.; FINAU, J.; CALDEIRA, R. L.; SCHOLTE, R. G. C.; MESQUITA, S. G. **Moluscos hospedeiros intermediários de *Schistosoma mansoni* do Brasil**. Belo Horizonte: Instituto Rene Rachou / Fundação Oswaldo Cruz, 2020, 124p.

8 CARVALHO, M. E. S.; MENDONÇA, F. A.; SANTOS, S. S. C. Variabilidade climática e a modelagem ecológica de *Biomphalaria glabrata*: cenários futuros (2050 e 2070) para o hospedeiro intermediário da esquistossomose no Brasil. In: PEREZ FILHO, A., AMORIM, R. R. (org.). **Os desafios da geografia física na fronteira do conhecimento Instituto de geociência**, UNICAMP, v. 1, p. 1579–1589, 2017.

9 COSTA, A. T. **Registro histórico de contaminação por metais pesados associados a exploração aurífera na bacia do ribeirão do Carmo, QF: um estudo de sedimentos de planícies de inundação e terraços aluviais**. 2007. 259 f. Tese de Doutorado (Doutorado em Evolução Crustal e Recursos Naturais. Área de concentração: Geodinâmica Superficial/Geoquímica Ambiental) - Programa de Pós-Graduação em Evolução Crustal e Recursos Naturais, Geologia Ambiental – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2007.

10 COURA-FILHO, P., MENDES, N. M., SOUZA, C. P., PEREIRA, J. P. The prolonged use of

niclosamide as a molluscicide for the control of *Schistosoma mansoni*. **Rev. Inst. Med. Trop. Paulo**, v.34, n.5, 1992

11 FENWICK, A. KLUMPP R.K. Chu K.Y. Chu. The Role of molluscicides in schistosomiasis control., **Parasitology Today**., v.3, n.3, p. 70–73, 1987..

12 GILLES, H.M.; ZAKI, A. ABDEL-AZIZ; SOUSSA, M.H.; SAMAAN, S.A.; SOLIMAN, S.S.; HASSAN, A. & BARBOSA, F.S. - Results of a seven year control project on the endemicity of *Schistosoma haematobium* infection **Egypt. Ann. trop. Med. Parasit.**, v. 67: p.45-65, 1973.

13 IBGE. **Malha municipal**. Minas Gerais: IBGE, 2010.

14 IBGE. **Cidades**. Minas Gerais: IBGE, 2021.

15 IEF. **Áreas de proteção ambiental no estado de Minas Gerais: demarcação e estudos para o pré zoneamento ecológico APA Seminário Menor**. Minas Gerais: IEF. 2006, 135p.

16 LIMA, J. E. S.; BALTAZAR, O. P. Geografia. In: BALTAZAR, O. P.; RAPOSO, F. O, (Org.). **Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil, Mariana – Folha SF.23- XB-1. Estado de Minas Gerais. Escala 1:100.000**. Brasília: Ministério de Minas e Energia, 1993,196p.

17 MANCUSO, P. S.; SOUZA, R. M. Princípios e métodos utilizados em Segurança da Água para o consumo humano. In: D'ÁVILA BENSOSSAN, M. (org.). **Plano de Segurança da Água na visão de especialistas**. 1 ed. São Paulo: Setri, p. 47-62, 2015.

18 MELO, C.B. **Mapeamento das condições ambientais favoráveis ao desenvolvimento da esquistossomose na região sul do Estado de Sergipe**. 2014. 167f. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde.Universidade Federal de Sergipe, 2014.

19 NETO, O. B.L; GALVÃO, T. Y. C, ESTEVES, F. A. M., GOMES, A. M. A. S.; GOMES, E. C. S.; ARAÚJO K. C. G. M. BARBOSA, C. S. Análise espacial dos casos humanos de esquistossomose em uma comunidade horticultora da Zona da Mata de Pernambuco, Brasil. **Rev. Bras. Epidemiol**, v. 15, n. 4, p. 771–80, 2012.

- 20 PALASIO, R. G. S.; AZEVEDO, T. S.; TUAN R.; CHIARAVALLLOTI-NETO, F. Modelling the present and future distribution of *Biomphalaria* species along the watershed of the Middle Paranapanema region. **Acta Tropica**, v. 214, 2021
- 21 PAULINE, E. & DIAS, E.P. - Resultados de três anos de controle da esquistossomose em Belo Horizonte (MG). **Rev. bras. Malar**, v.7, p. 375-383, 1955.
- 22 PAZ, W. S.; DUTHIE, M. S.; JESUS, A. R.; ARAÚJO, K. C. M.; SANTOS, A. D.; BEZERRA-SANTOS, M. Population-based, spatiotemporal modeling of social risk factors and mortality from schistosomiasis in Brazil between 1999 and 2018. **Acta Tropica**, v. 218, p. 1-9, 2021.
- 23 PINHEIRO, M. C. C.; FERREIRA, A. F.; FILHO, J. D. S.; LIMA, M. S.; MARTINS-MELO, F. R.; BEZERRA, F. S.M.; SOUSA, M.S.; RAMOS, A. N. Burden of schistosomiasis-related mortality in Brazil: epidemiological patterns and spatial-temporal distribution, 2003-2018. **Tropical medicine & international health**, v. 25, n. 11, p.1395-1407, 2020.
- 24 PREFEITURA MUNICIPAL DE MARIANA. **Arquivos internos**. Mariana: Secretaria Municipal de Saúde, 2015.
- 25 RUIZ, J.M. Índices cercários específicos do *Schistosoma mansoni* verificados em Neves e Mariana, Estado de Minas Gerais. **Mem. Inst. Butantan**, São Paulo, v.24, p.63-68,1952.
- 26 SCHALL, V.T.; MASSARA, C.L.; DINIZ, M.C.P. Educação em saúde no controle da Esquistossomose. In: CARVALHO, O.S.; COELHO, P.M.Z.; LENZI, H.L. (Org.). **Schistosoma mansoni e esquistossomose: uma visão multidisciplinar**. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ, p. 1029-1079, 2008. 2021.
- 27 SILVA, R. A. **Estrutura da paisagem em área de Mata Atlântica, na região de Ouro Preto – MG**. 2012. 145 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.
- 28 SINGH, K.; MUDDASIRU, D.; SINGH, J. Current status of schistosomiasis in Sokoto, Nigeria. Parasite. **Epidemiology and Control**, v.1, n.3, p. 239–244, 2016.
- 29 SOUZA, L. A. **Cartografia geoambiental e cartografia geotécnica progressiva em diferentes escalas: aplicação na bacia hidrográfica do Ribeirão do Carmo, municípios de Ouro Preto e Mariana, Minas Gerais**. 2015. 461 f. Tese (Doutorado em Geotecnia) - Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2015.
- 30 SOUZA, M. A. A.; SOUZA, L. A.; COELHO, G. L. L. M.; MELO, A. L. Levantamento malacológico e mapeamento das áreas de risco para a transmissão da esquistossomose no município de Mariana, MG, Brasil. **R. Ci. Méd. Biol. Salvador**, n. 2, v.5, p.132–139, 2006.
- 31 VIEIRA, J.M.P. **Água e Saúde Pública**. 1th ed. Lisboa: Edições Sílabo, 2018, 459p.
- 32 WHO. **Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating the first addendum**, 4 th ed. Geneva: WHO, 2017. 631p.
- 33 WHO. **Protecting surface water for health. Identifying, assessing and managing drinking-water quality risks in surface-water catchments**, Geneva: WHO, 2016, 196p.