




Monitoramento do esgoto como ferramenta de vigilância epidemiológica para controle da COVID-19: estudo de caso na cidade de Belo Horizonte

Sewage monitoring as a surveillance epidemiological tool for COVID-19 control: a case study in the city of Belo Horizonte

Carlos Augusto de Lemos Chernicharo¹ , Juliana Calábria Araújo^{1*} , César Rossas Mota Filho¹ , Thiago Bressani-Ribeiro¹ , Lucas Chamhum-Silva¹ , Cintia Dutra Leal¹ , Deborah Freitas Leroy¹ , Elayne Cristina Machado¹ , Maria Fernanda Spinosa Cordero¹ , Lariza Azevedo¹ , Luyara de Almeida Fernandes¹ , Thiago Lima Leão¹, Filipe Laguardia² , Marcus Tullius de Paula Reis³, Marília Carvalho Melo⁴ , Sérgio Ayrimoraes⁵ 

RESUMO

A recente detecção de material genético (RNA) do novo coronavírus em amostras de fezes e no esgoto aponta para a possibilidade de se identificar a circulação do vírus e até mesmo estimar o número de pessoas infectadas em determinada região pelo monitoramento sistemático do esgoto, configurando-se em importante ferramenta epidemiológica de testagem massiva indireta, incluindo portadores sintomáticos e assintomáticos. Nesse sentido, concebeu-se um projeto para a detecção e a quantificação do novo coronavírus em amostras de esgoto coletadas em 15 sub-bacias de esgotamento sanitário dos ribeirões Arrudas e Onça, visando entender a dinâmica de circulação e a prevalência do vírus nas regiões investigadas. Tais sub-bacias esgotam os efluentes gerados por uma população da ordem de 1,5 milhão de pessoas no município de Belo Horizonte e parte de Contagem. O plano de amostragem contemplou 17 pontos (15 sub-bacias + afluente às 2 estações de tratamento de esgoto) de monitoramento semanal, com coletas compostas durante todo o período da manhã. A detecção e a quantificação do RNA viral efetuaram-se em laboratório por meio de ensaios de RT-qPCR. Os resultados obtidos em quatro semanas de monitoramento (semanas epidemiológicas 21 a 24) mostraram um incremento da ocorrência do vírus, atingindo 100% das regiões investigadas na semana epidemiológica 24. A estimativa da população

ABSTRACT

The recent detection of SARS-CoV-2 RNA in stool and sewage samples highlights the possibility of mapping the circulation of the virus and even estimating the number of infected people through the systematic monitoring of sewage in a specific region. Therefore, this is an important epidemiological tool for large-scale indirect testing, including symptomatic and asymptomatic carriers. This project was conceived for the detection and quantification of the SARS-CoV-2 in sewage samples collected in 15 watersheds of the Arrudas and Onça streams, aiming to understand the dynamics of spread and the prevalence of the virus in these regions/watersheds. These sub-basins exhaust the effluents generated by a population of approximately 1.5 million people in the municipality of Belo Horizonte and part of Contagem. Weekly composite samples were collected during the morning periods in seventeen monitoring points (15 water sheds + influent to 2 sewage treatment plants). RNA detection and quantification were performed in the laboratory using RT-qPCR. The results obtained in four weeks of monitoring (epidemiological weeks 21 to 24) showed an increase in the occurrence of the virus, reaching 100% of the monitored regions investigated in epidemiological week 24. The infected

¹Universidade Federal de Minas Gerais - Belo Horizonte (MG), Brasil.

²Secretaria de Estado de Saúde de Minas Gerais - Belo Horizonte (MG), Brasil.

³Companhia de Saneamento de Minas Gerais - Belo Horizonte (MG), Brasil.

⁴Instituto Mineiro de Gestão das Águas - Belo Horizonte (MG), Brasil.

⁵Agência Nacional de Águas - Brasília (DF), Brasil.

*Autor correspondente: juliana@desa.ufmg.br

Conflitos de interesse: os autores declaram não haver conflito de interesses.

Financiamento: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) (Processo 465746/2014-4), Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Código de Financiamento 001) (CAPES), Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) (Processo nº CBB - APO-0360417), Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Estações Sustentáveis de Tratamento de Esgoto (INCT ETE Sustentáveis), Agência Nacional de Águas (ANA) (Termo de Execução Descentralizada TED nº 02/2020/ANA Título: Detecção e Quantificação do novo Coronavírus em Amostras de Esgoto nas Cidades de Belo Horizonte e Contagem, Parceira: Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Processo: 02501001424/2020), do Instituto Mineiro de Gestão das Águas (Igam), da Secretaria de Estado de Saúde de Minas Gerais (SES), da Companhia de Saneamento de Minas Gerais (Copasa) e da Prefeitura de Belo Horizonte (PBH).

Recebido: 07/07/2020 - **Aceito:** 21/07/2020 - **Reg. ABES:** 20200243

infectada pelo novo coronavírus pelo monitoramento do esgoto em Belo Horizonte apresentou tendência de crescimento exponencial, sendo até 20 vezes maior do que o número de casos confirmados acumulados. Quanto à circulação do vírus, as concentrações do RNA viral têm se mostrado bastante variáveis nas regiões monitoradas, com maiores porcentagens de população infectada estimada ao norte e nordeste da capital mineira.

Palavras-chave: COVID-19; epidemiologia baseada no esgoto; RNA do SARS-CoV-2; vigilância epidemiológica.

population, estimated by sewage monitoring in Belo Horizonte, showed exponential growth, being up to 20 times higher than those of accumulated confirmed cases. As for the dynamics of virus spread, RNA concentrations have shown to be quite variable in the monitored regions with higher percentages of the estimated infected population in the northern and north-eastern portions of Belo Horizonte.

Keywords: COVID-19; wastewater based epidemiology; SARS-CoV-2 RNA; epidemiological surveillance.

INTRODUÇÃO

No dia 25 de fevereiro de 2020, noticiou-se no Brasil o primeiro paciente com sintomas da doença denominada COVID-19 (síndrome respiratória aguda), posteriormente confirmado como positivo para o novo coronavírus (SARS-CoV-2), causador da pandemia que desde dezembro de 2019 tem provocado milhares de mortes em todo o mundo. Os sintomas mais comuns da COVID-19 são dor de garganta, tosse, febre, dificuldade para respirar e, em casos graves, pneumonia. Alguns pacientes podem ainda apresentar diarreia. Trabalhos recentes, publicados na revista científica *The Lancet Gastroenterology and Hepatology* (WU *et al.*, 2020b), mostraram que pacientes com a COVID-19 apresentaram em suas fezes o ácido ribonucleico (RNA) viral. Em cerca de 50% dos pacientes investigados no estudo, a detecção do RNA do SARS-CoV-2 nas fezes aconteceu por 11 dias após as amostras do trato respiratório dos pacientes terem sido negativas, indicando a replicação ativa do vírus no trato gastrointestinal. Em outro estudo, realizado nos Países Baixos, o novo coronavírus foi detectado em amostras de esgoto do aeroporto de Schiphol, em Amsterdã, bem como em amostras das estações de tratamento de esgoto (ETE) das cidades de Kaatsheuvel e de Tilburg (onde é tratado o esgoto do aeroporto de Schiphol) seis dias antes da confirmação do primeiro paciente com COVID-19 (MEDEMA *et al.*, 2020).

Apesar das evidências da presença de outros coronavírus nas fezes, como o SARS-CoV (causador da síndrome respiratória aguda e severa) e o MERS-CoV (causador da síndrome respiratória do Oriente Médio), e tendo em vista a capacidade de permanecerem viáveis em condições que facilitarão a transmissão via feco-oral, não há evidências de que o SARS-CoV-2 também possa ser transmitido por essa rota. Portanto pesquisas futuras devem ser realizadas para verificar se o vírus estaria viável no esgoto sanitário de forma que comprove ou não a possibilidade dessa via de transmissão (HELLER; MOTA; GRECO, 2020).

Se, por um lado, os resultados dos estudos mencionados anteriormente alertam para eventuais riscos de transmissão da doença COVID-19 pela via feco-oral, por outro, indicam a possibilidade de estabelecer uma estratégia para detectar a presença de uma doença ou infecção viral na população, inclusive na parcela que não manifesta a doença (portadores assintomáticos). O monitoramento da ocorrência de bactéria e vírus entéricos no afluente das ETE tem se mostrado uma ferramenta poderosa de vigilância de doenças infecciosas e pode ser também relevante para a vigilância da COVID-19, com exemplos de sucesso na Holanda (MEDEMA *et al.*, 2020), Austrália (AHMED *et al.*, 2020), França (WURTZER *et al.*, 2020), Estados Unidos (NEMUDRYI *et al.*, 2020; WU *et al.*, 2020a), Espanha (RANDAZZO *et al.*, 2020) e Itália (LA

ROSA *et al.*, 2020). Essa estratégia pode ser ainda mais importante nos países em desenvolvimento, como o Brasil, mas somente se o monitoramento for expandido para além das ETE, de modo que contemple também pontos de monitoramento no sistema de coleta e interceptação dos esgotos. Isso porque, nos países em desenvolvimento, é bastante usual que uma parte significativa dos esgotos gerados pela comunidade não chegue até as ETE, tornando muito difícil extrapolar os resultados do monitoramento centralizado para toda a população. Dessa forma, o monitoramento do esgoto deve ser feito de forma regionalizada, de tal maneira que se possa determinar, de maneira indireta, o número de pessoas contaminadas nas áreas de maior interesse (regiões da cidade com diferentes índices de vulnerabilidade social). Uma espécie de “testagem indireta” que inclui tanto os portadores sintomáticos como os assintomáticos da COVID-19. Essa informação é de vital importância no contexto brasileiro, haja vista o número excessivamente baixo de testes clínicos, as diferenças sociais extremas e o acesso restrito aos serviços de abastecimento de água e de esgotamento sanitário.

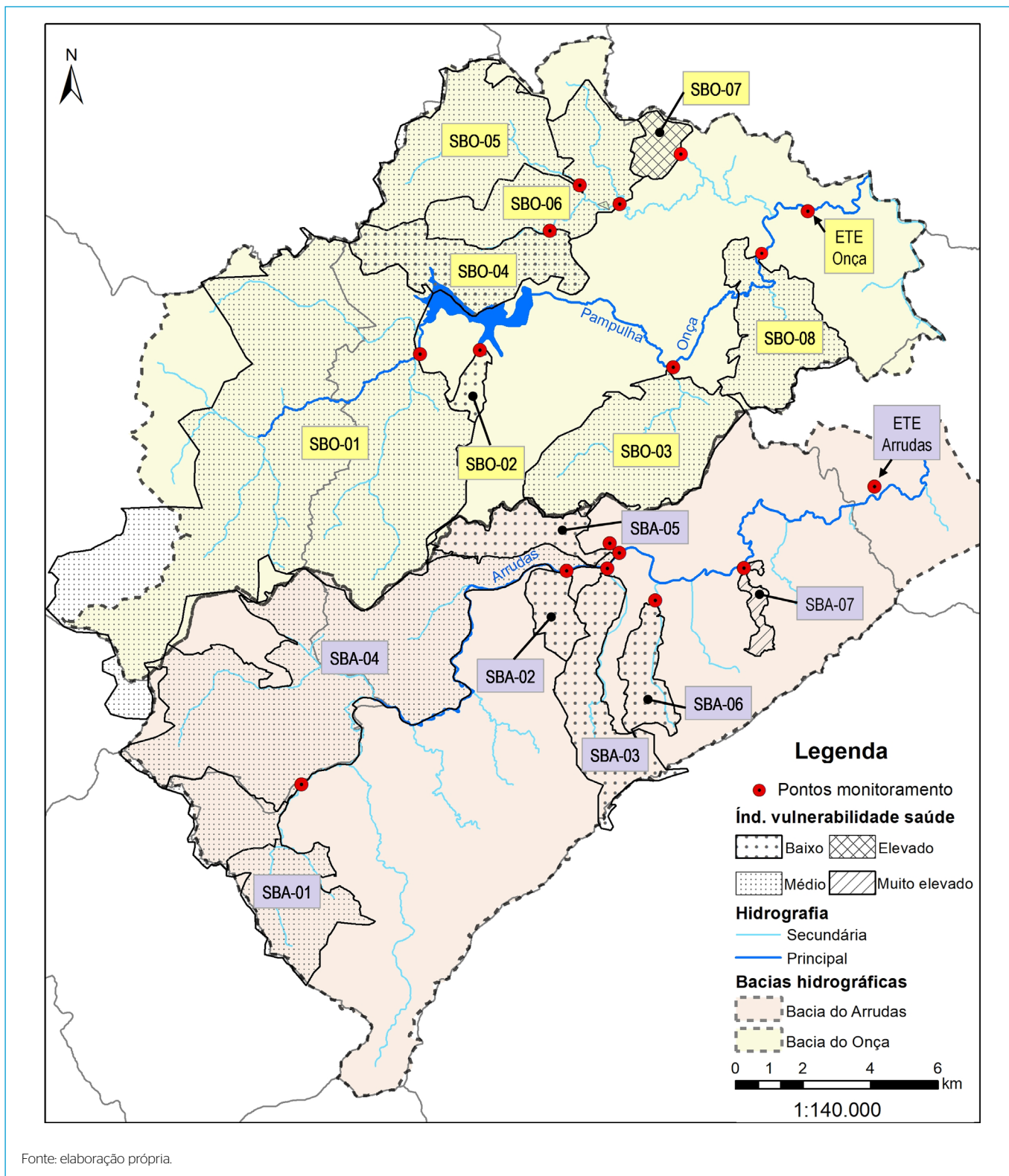
É nesse sentido que se insere o presente trabalho, que apresenta a experiência com o desenvolvimento de um projeto para detecção e quantificação do novo coronavírus em amostras de esgoto coletadas em diferentes pontos nas sub-bacias de esgotamento sanitário de Belo Horizonte e parte de Contagem (MG). O projeto visa entender a circulação e a prevalência do vírus nas diferentes regiões investigadas para gerar informações que possam auxiliar as secretarias de saúde (municipal e estadual) na tomada de ações de controle da pandemia. Trata-se de uma iniciativa pioneira no Brasil, liderada pela Agência Nacional de Águas (ANA) e pelo Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Estações Sustentáveis de Tratamento de Esgoto (INCT-ETE sustentáveis), em parceria com o Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM), a Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA) e a Secretaria de Estado de Saúde de Minas Gerais (SES).

METODOLOGIA

Escolha dos pontos de coleta de amostras de esgoto

A escolha dos pontos de coleta das amostras foi feita em conjunto com profissionais da COPASA, tendo por base as seguintes premissas principais:

- distribuição espacial homogênea dos pontos de amostragem, abrangendo as sub-bacias de esgotamento sanitário dos ribeirões Arrudas e Onça, as quais envolvem todas as regionais de Belo Horizonte e parte importante do município de Contagem;



Fonte: elaboração própria.

Figura 1 - Identificação dos pontos de monitoramento do projeto de mapeamento de ocorrência, abundância e circulação do SARS-CoV-2 nas cidades de Belo Horizonte e Contagem, em Minas Gerais.

- influência de hospitais, tendo em vista a eventual carga viral mais elevada em função do atendimento a pacientes com casos suspeitos e confirmados da COVID-19;
- índice de vulnerabilidade da saúde, abrangendo desde áreas mais vulneráveis até as potencialmente menos suscetíveis à doença;
- presença e acessibilidade à rede coletora de esgoto para coleta das amostras;
- presença de ETE, a fim de avaliar a influência do processo de tratamento em relação ao novo coronavírus. A identificação e a caracterização dos

Tabela 1 – Identificação e características das sub-bacias de esgotamento sanitário contempladas no projeto de mapeamento de ocorrência, abundância e circulação do SARS-CoV-2 nas cidades de Belo Horizonte e Contagem, em Minas Gerais.

Sub-bacia*	Vazão média (L/s)		Equivalente populacional (hab.)		Índice de vulnerabilidade da saúde (IVS)**
	BH	BH + Contagem	BH	BH + Contagem	
SBA-01	127	127	77.660	77.660	Médio
SBA-02	75	75	45.881	45.881	Baixo
SBA-03	168	168	102.566	102.566	Baixo
SBA-04*	74	470	45.094	286.191	Médio
SBA-05	71	71	43.297	43.297	Baixo
SBA-06	117	117	71.005	71.005	Baixo
SBA-07	16	16	9.872	9.872	Muito elevado
ETE Arrudas	1.904	2.300	1.160.488	1.401.584	Baixo-médio
SBO-01*	115	513	73.765	328.948	Médio
SBO-02	16	16	10.301	10.301	Baixo
SBO-03	236	236	151.475	151.475	Médio
SBO-04	87	87	55.690	55.690	Baixo
SBO-05	125	125	79.872	79.872	Médio
SBO-06	298	298	191.187	191.187	Médio
SBO-07	12	12	7.954	7.954	Elevado
SBO-08	82	82	52.777	52.777	Médio
ETE Onça	1.691	2.089	1.084.779	1.339.962	Médio-elevado

*BH: Belo Horizonte; SBA: Sub-bacia de esgotamento sanitário do Ribeirão Arrudas; sob: Sub-bacia de esgotamento sanitário do Ribeirão do Onça. SBA-04 e SBO-01 esgotam contribuições de BH e de Contagem; as demais apenas de BH. Para a localização das sub-bacias verificar a Figura 1; **índice de vulnerabilidade de saúde consultado no portal BHmap (PBH, 2018). Tal índice é obtido pela ponderação de indicadores socioeconômicos (moradores por domicílio, analfabetismo, renda, cor e etnia) e aqueles relacionados ao saneamento (acesso a soluções adequadas de abastecimento de água, esgotamento sanitário e destinação final de resíduos).

Fonte: elaboração própria.

pontos escolhidos para a coleta de amostras são apresentadas na Figura 1 e na Tabela 1.

Coleta, preservação e transporte das amostras de esgoto

A coleta das amostras de esgoto nos pontos anteriormente definidos realizou-se pela equipe operacional da COPASA, com apoio da equipe do INCT ETE sustentáveis. Os seguintes procedimentos foram observados:

- isolamento da área ao redor do tampão de acesso ao poço de visita, usando cones ou cavaletes sinalizadores;
- instalação de amostradores automáticos, equipados com bateria, frasco coletor e placas de gelo artificial reutilizável, para manter a amostra a 4°C;
- coleta de amostras compostas representativas do período da manhã, usualmente entre 8h30 e 12h30 — o amostrador é programado para coletar uma alíquota de cerca de 400 mL a cada 10 minutos, totalizando aproximadamente 10 litros ao término do período de 4 horas de amostragem;
- ao término da amostragem, o volume acondicionado no frasco coletor foi homogeneizado e transferido para outro frasco, com o volume de 1 litro, e posteriormente levado ao laboratório de Microbiologia de Água e Esgoto do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental (DESA) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), para os procedimentos associados à detecção e à quantificação do novo coronavírus;
- as coletas das amostras de esgoto bruto (afluente) e tratado (efluente final) nas ETE Arrudas e Onça seguem o procedimento normal já adotado nessas duas ETE, todavia a composição das amostras é feita em 24 horas.

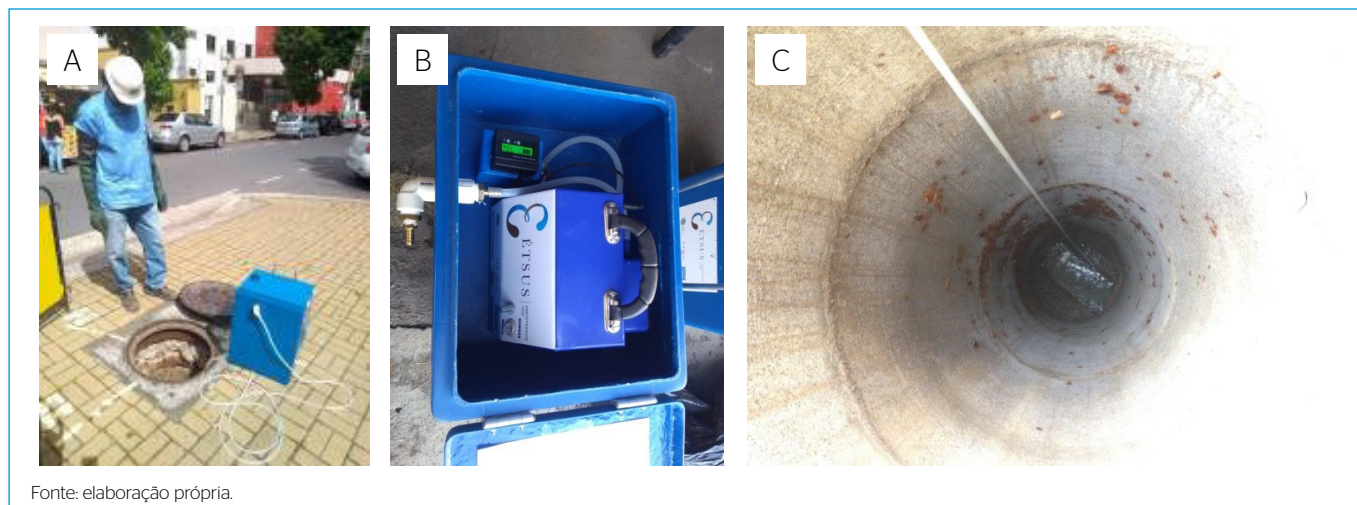
Na Figura 2, é ilustrada a etapa de coleta de amostras em um dos poços de visita do sistema de esgotamento sanitário de Belo Horizonte.

Quantificação do SARS-CoV-2 em amostras de esgoto

No laboratório, as amostras foram processadas em quatro etapas:

- concentração do vírus;
- extração do RNA viral;
- detecção e quantificação do vírus por meio de reação única de transcrição reversa e reação em cadeia da DNA polimerase (PCR) em tempo real (One Step Real Time RT-PCR);
- análise e interpretação dos resultados.

A primeira etapa envolveu o processamento da amostra para concentração do vírus e foi realizada de acordo com metodologia adaptada de Symonds *et al.* (2014) e Ahmed *et al.* (2015). Essa se baseia na filtração (de cerca de 30 a 150 mL de esgoto) em membrana carregada negativamente (membrana 0,45 µm-HAWP04700-Millipore) e extração direta do ácido nucleico pela membrana utilizando-se o *kit* comercial de extração All Prep power Viral DNA/RNA (Qiagen). Após extração, o RNA foi ressuscitado em 100 µL e armazenado em *ultrafreezer* a -80°C até a próxima etapa. A terceira etapa consistiu na reação de amplificação do material genético do vírus (RNA extraído) por meio da técnica de RT-PCR em tempo real (usando sonda de hidrólise da TaqMan com o *kit* iTaq Universal probe One Step e transcriptase reversa). Determinaram-se as concentrações virais usando dois ensaios de RT-qPCR, com *primers* e sondas para duas regiões-alvo do gene do nucleocapsídeo (N1 e N2), bem como os



Fonte: elaboração própria.

Figura 2 - Amostragem realizada em um dos pontos de monitoramento, com visualização da mangueira de sucção do equipamento inserida em um poço de visita. Detalhes da parte superior do amostrador automático de líquidos Êtsus 1000.

controles positivo e negativo para a reação, seguindo protocolo do Centro de Controle e Prevenção de Doenças (CDC) dos EUA (2019-nCoV), e expressas em número de cópias de RNA por mL de esgoto (CDC, 2019).

A estimativa da população infectada foi realizada dividindo-se a carga viral detectada no esgoto (produto da concentração viral pela vazão média de esgoto no período monitorado) pela carga viral média *per capita*. Neste trabalho, adotou-se uma carga viral *per capita* equivalente a 10^7 número de cópias de RNA (material genético) viral por pessoa por dia – equivalente a 10^5 número de cópias de RNA viral por grama de fezes por dia, segundo Zhang *et al.* (2020) e Woelfel *et al.* (2020). Esse valor adotado foi obtido com base nas referências internacionais citadas (para amostras de fezes), considerando que uma pessoa excreta cerca de 200 g de fezes por dia (WU *et al.*, 2020a). Complementarmente, estudos em condução por nosso grupo apontam para a confirmação desse valor médio de carga viral *per capita*, considerando amostras de esgoto hospitalar (BRESSANI-RIBEIRO *et al.*, no prelo).

Processamento e divulgação dos resultados

Como se trata de um projeto que tem o objetivo de gerar informações para guiar ações de controle da pandemia, é fundamental que haja agilidade no fluxo de informações entre os parceiros, a imprensa e as autoridades de saúde. Nesse sentido, boletins semanais são preparados e divulgados com os resultados organizados em tabelas, gráficos e mapas, permitindo a visualização espacial e temporal da ocorrência do novo coronavírus nas 15 sub-bacias que integram o plano de monitoramento (ver Figura 1 e Tabela 1). No conjunto, essas sub-bacias esgotam os efluentes gerados por uma população urbana da ordem de 1,5 milhão de pessoas. Complementarmente, considerados os pontos de monitoramento de esgoto bruto afluente às ETE Arrudas e Onça, os quais abrangem as demais sub-bacias de esgotamento sanitário além das 15 monitoradas, tem-se uma contribuição equivalente a 2,7 milhões de pessoas (71% da população urbana das cidades de Belo Horizonte e Contagem).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Embora a pesquisa esteja em curso desde a semana epidemiológica 16 (12 a 18/03/2020), compreendendo nove semanas consecutivas de monitoramento,

os resultados aqui apresentados correspondem a amostras de esgoto coletadas no período de 22/05 a 12/06/2020 (semanas epidemiológicas 21 a 24). Enquanto as Figuras 3 e 4 apresentam os resultados qualitativos (presença ou ausência do vírus) do estudo, as Figuras 5 e 6 mostram resultados quantitativos, com as estimativas das populações infectadas.

Pela análise dos resultados apresentados nos mapas da Figura 3 e nos gráficos da Figura 4, é possível observar claramente o incremento da propagação do novo coronavírus em ambas as bacias de esgotamento monitoradas.

Em apenas quatro semanas de monitoramento, a malha urbana monitorada passou de 8 para todas as 15 sub-bacias com testagem positiva para o novo coronavírus. O incremento foi mais lento na bacia do Arrudas, com os percentuais de amostras positivas aumentando de 43 a 100% em quatro semanas de monitoramento (Figura 4A). Já na bacia do Onça, o percentual de amostras positivas atingiu 83% ainda na 21ª semana epidemiológica, e, nas três semanas consecutivas (22, 23 e 24), 100% das amostras resultaram positivas para a presença do novo coronavírus (Figura 4B).

Em relação às estimativas de população infectada pelo novo coronavírus em Belo Horizonte (Figura 5), identificou-se dois períodos com aumentos substanciais, o primeiro entre as semanas epidemiológicas 21 e 22, passando de pouco menos de 3.000 para quase 20.000 pessoas, e o segundo entre as semanas 23 e 24, passando de cerca de 21.000 para aproximadamente 50.000 pessoas. Essa população equivale a aproximadamente 2,5% de toda a população interligada aos sistemas de esgotamento e tratamento das bacias do Arrudas e do Onça.

As estimativas de população infectada pelo monitoramento das concentrações virais quantificadas no esgoto afluente às ETE Arrudas e Onça, excluídas as contribuições da cidade de Contagem, mostraram-se significativamente superiores aos casos confirmados acumulados de COVID-19 registrados nos boletins epidemiológicos da Prefeitura de Belo Horizonte. Na semana epidemiológica 22, o número de infectados estimado foi duas vezes maior que os casos confirmados reportados no mesmo período, atingindo o patamar aproximadamente 20 vezes maior na semana epidemiológica 24. Essa diferença marcante provavelmente se associa a dois fatores principais:

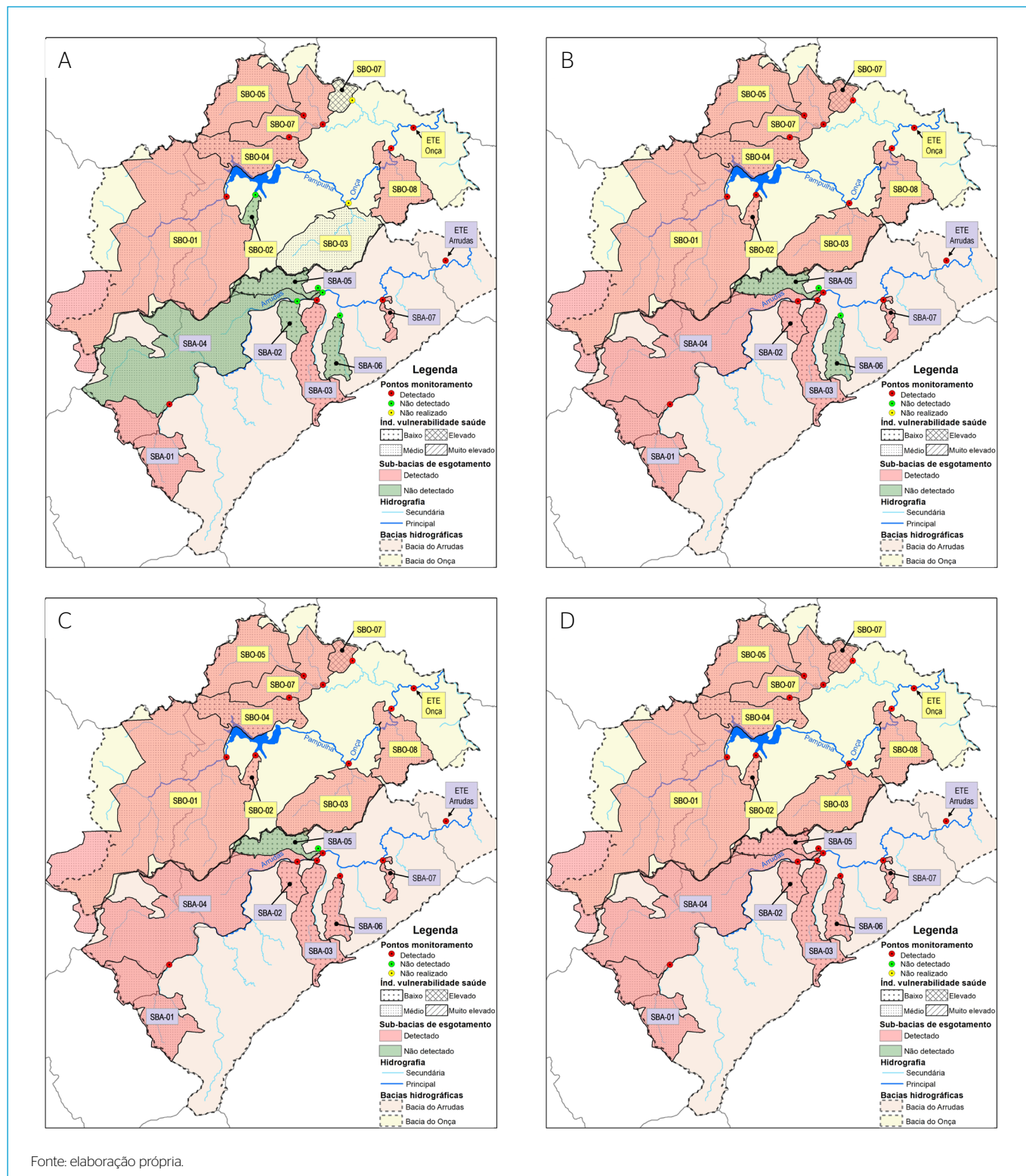


Figura 3 - Resultados qualitativos do monitoramento da ocorrência do novo coronavírus em amostras de esgoto coletadas nas 15 sub-bacias de esgotamento investigadas: (A) semana epidemiológica 21 (18 a 22/05/2020); (B) semana epidemiológica 22 (25 a 29/05/2020); (C) semana epidemiológica 23 (01 a 05/06/2020); (D) semana epidemiológica 24 (08 a 12/06/2020).

- o número excessivamente baixo de testes clínicos realizados, haja vista que até a semana epidemiológica 23 menos de 7.000 exames haviam sido conduzidos pela Fundação Ezequiel Dias (Funed), integrante do Sistema de Saúde Pública do Estado de Minas Gerais;
- o monitoramento do esgoto tem o potencial de detectar os portadores assintomáticos do novo coronavírus, uma vez que esses indivíduos excretam partículas virais ainda que não manifestem sintomas da doença (BAI et al., 2020; La ROSA et al., 2020).

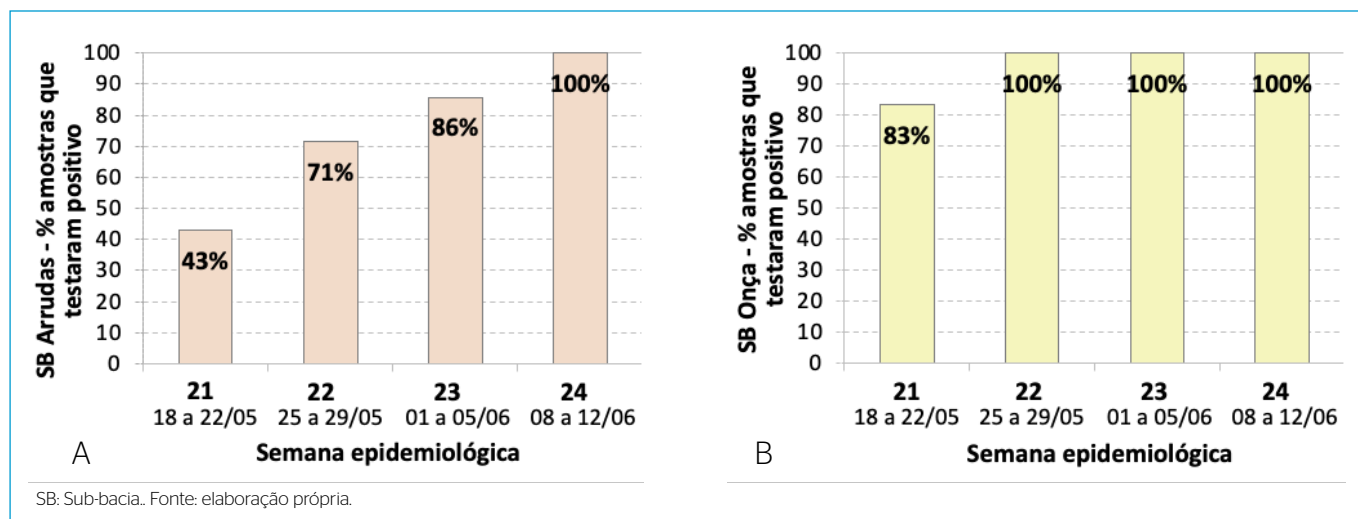


Figura 4 - Percentuais das amostras das 15 sub-bacias de esgotamento investigadas que testaram positivo para ocorrência do novo coronavírus ao longo de quatro semanas epidemiológicas consecutivas: (A) bacia do Arrudas; (B) bacia do Onça.

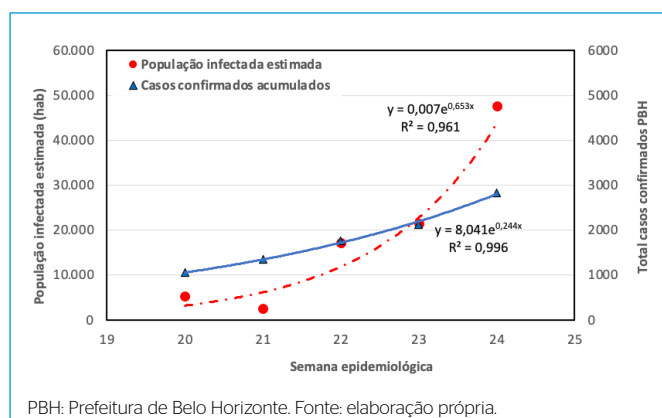


Figura 5 - Evolução da estimativa da população infectada pelo novo coronavírus (com base nas concentrações virais quantificadas no esgoto afluente às estações de tratamento de esgoto Arrudas e Onça, excluídas as contribuições da cidade de Contagem) e do número de casos confirmados de COVID-19 em Belo Horizonte (Boletins epidemiológicos COVID-19 da Prefeitura de Belo Horizonte), acumulados até o dia 12/06/2020.

Interessante notar que, após o registro do primeiro caso de COVID-19 na cidade de Belo Horizonte, em 16 de março, até a véspera da reabertura dos primeiros estabelecimentos comerciais de natureza não essencial, em 25 de maio (correspondente à semana epidemiológica 22), registravam-se 1.766 casos confirmados acumulados da doença (ver Figura 5). Nesse período, a estimativa da população infectada pelo novo coronavírus era de aproximadamente 20 mil pessoas pelo monitoramento do esgoto. Nas duas semanas epidemiológicas posteriores à flexibilização das medidas de distanciamento social, considerando a reabertura de salões de beleza, *shoppings* populares e comércios varejistas, noticiou-se um expressivo incremento do número estimado de pessoas infectadas, passando para cerca de 50 mil pessoas na semana epidemiológica 24 (3.094 casos confirmados de COVID-19 até 12 de junho).

Embora a circulação do vírus tenha sido detectada em todas as 15 sub-bacias monitoradas na semana epidemiológica 24, as concentrações do RNA viral encontrado nas amostras de esgoto mostraram-se bastante variáveis, o

que repercute de maneira distinta e preocupante em algumas regiões da cidade. Conforme se pode observar pela Figura 6, em duas sub-bacias de esgotamento localizadas na bacia do Arrudas (SBA-01 e SBA-04) e em cinco localizadas na bacia do Onça (SBO-01, SOB-05, SBO-07, SBO-08 e SBO-09) foram registrados os maiores percentuais estimados de população infectada na semana epidemiológica 24, variando entre 1,9 e 11,7% (Figura 6). Nessa semana em particular, mais da metade das sub-bacias de esgotamento situadas na bacia do Onça apresentaram percentuais de população infectada acima de 3,0%, ressaltando que os índices de infecção para os profissionais da saúde testados para COVID-19 em Belo Horizonte variaram, aproximadamente, entre 5 e 20%, nesse mesmo período (semanas epidemiológicas 20 a 24) (PBH, 2020).

CONCLUSÕES

O monitoramento do esgoto de forma regionalizada e ao longo do tempo permitiu verificar a dinâmica da circulação do novo coronavírus e estimar a população infectada em 15 regiões da cidade de Belo Horizonte, representativas de uma população da ordem de 1,5 milhão de habitantes. Os resultados confirmam que o monitoramento no esgoto é uma importante ferramenta de vigilância epidemiológica, sobretudo quando a testagem clínica é limitada.

- Verificou-se incremento substancial do número de amostras positivas a partir da semana epidemiológica 21 (18 a 22/05/2020), revelando que as regiões localizadas na bacia de esgotamento sanitário do Onça, notadamente nas regiões norte e nordeste da capital mineira, apresentaram as maiores percentagens de população infectada estimada (acima de 3%);
- O aumento do número de pessoas infectadas estimado pelo monitoramento do esgoto seguiu tendência exponencial. Esse incremento foi acompanhado pelo aumento do número de casos clínicos confirmados de COVID-19, todavia atingindo o patamar aproximadamente 20 vezes maior na semana epidemiológica 24 (08 a 12/06/2020);
- Os resultados das estimativas com base no monitoramento do esgoto indicam aumento expressivo da população infectada pelo novo coronavírus em Belo Horizonte em momento coincidente com a etapa de flexibilização das medidas de distanciamento social.

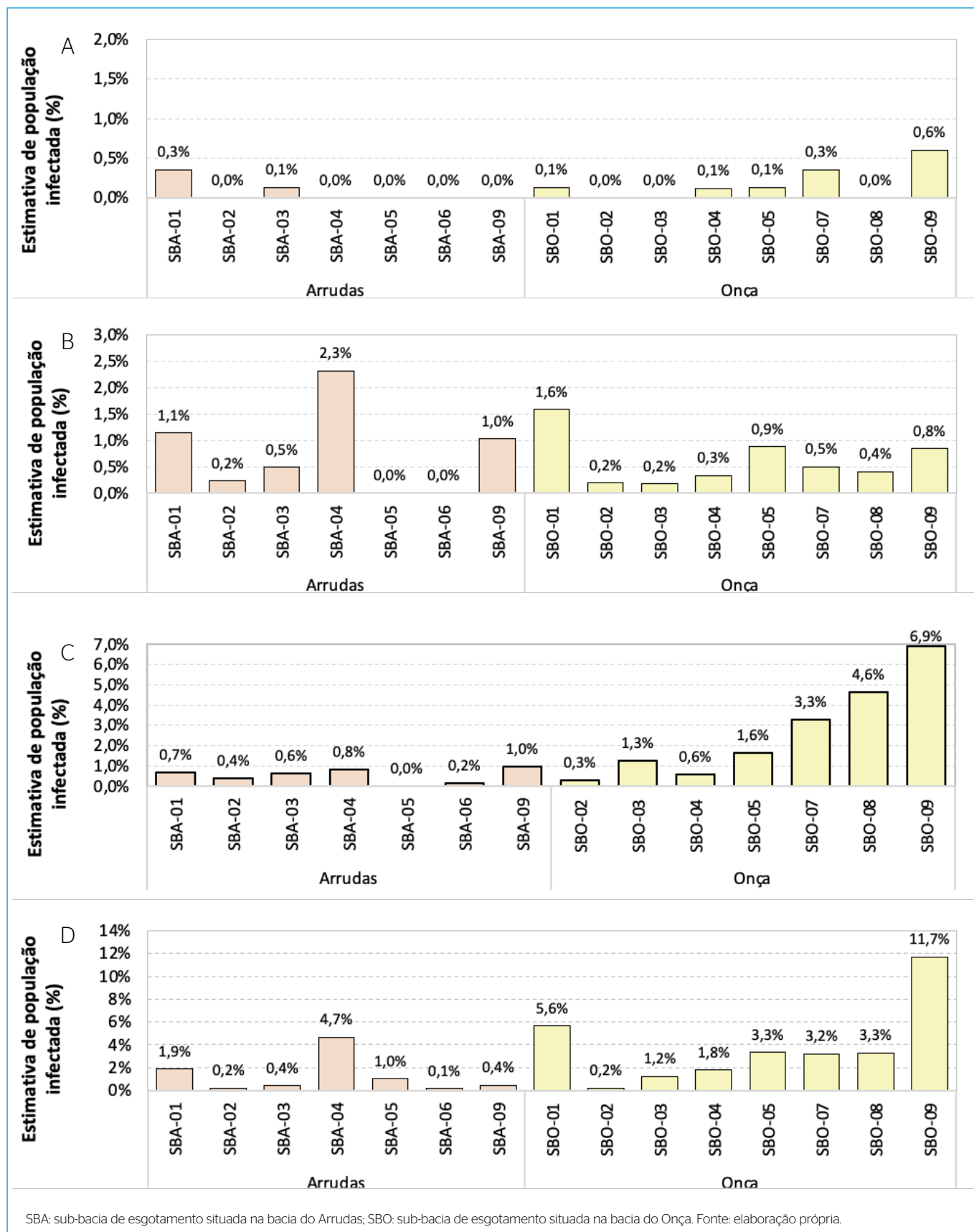


Figura 6 - Estimativa do percentual de população infectada pelo novo coronavírus nas 15 sub-bacias de esgotamento monitoradas. Os percentuais foram obtidos pela vazão de contribuição de cada sub-bacia e da carga viral quantificada nas amostras de esgoto coletadas nos respectivos pontos de amostragem, em quatro semanas epidemiológicas consecutivas de monitoramento. (A) Semana epidemiológica 21 (18 a 22/05/2020); (B) semana epidemiológica 22 (25 a 29/05/2020); (C) semana epidemiológica 23 (01 a 05/06/2020); (D) semana epidemiológica 24 (08 a 12/06/2020).

CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES

Chernicharo, C.: Conceituação, Estruturação, Escrita – Primeira Redação, Escrita – Revisão e Edição. Araújo, J. C.: Investigação, Metodologia, Curadoria de dados, Recursos, Escrita – Revisão e Edição. Mota, C.: Escrita – Primeira Redação. Bressani-Ribeiro, T.: Escrita – Primeira Redação, Plano de Amostragem. Chamhum-Silva, L. A.: Elaboração Gráficos e Tabelas. Leal, C. D.: Investigação, Metodologia, Curadoria de dados. Freitas, D. L.: Investigação, Metodologia, Curadoria de dados. Machado,

E. C.: Investigação, Metodologia, Curadoria de dados. Fernandes, L.: Investigação, Metodologia, Curadoria de dados. Spinosa Cordero, M. F.: Investigação, Metodologia, Curadoria de dados. Leão, T. L.: Investigação, Metodologia, Curadoria de dados. Azevedo, L.: Elaboração Gráficos e Tabelas. Reis, M. T. P.: Metodologia, Coletas de Amostras em Campo. Ayrimoraes, S. R.: Escrita – Primeira Redação, Escrita – Revisão e Edição. Melo, M.: Escrita – Primeira Redação, Escrita – Revisão e Edição. Laguardia, F. C.: Escrita – Primeira Redação, Escrita – Revisão e Edição, Curadoria de Dados.

REFERÊNCIAS

- AHMED, W.; ANGEL, N.; EDSON, J.; BIBBY, K.; BIVINS, A.; O'BRIEN, J.W.; CHOI, P.M.; KITAJIMA, M.; SIMPSON, S.L.; LI, J.; TSCHARKE, B.; VERHAGEN, R.; SMITH, W.J.M.; ZAUGG, J.; DIERENS, L.; HUGENHOLTZ, P.; THOMAS, K.V.; MUELLER, J.F. First confirmed detection of SARS-CoV-2 in untreated wastewater in Australia: a proof of concept for the wastewater surveillance of COVID-19 in the community. *Science of the Total Environment*, v. 728, 138764, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138764>
- AHMED, W.; HARWOOD, V.J.; GYAWALI, P.; SIDHU, J.P.S.; TOZE, S. Concentration Methods Comparison for Quantitative Detection of Sewage-Associated Viral Markers in Environmental Waters. *Applied Environmental Microbiology*, v. 81, n. 6, p. 2042-2049, 2015. <https://doi.org/10.1128/aem.03851-14>
- BAI, Y.; YAO, L.; WEI, T.; TIAN, F.; JIN, D.Y.; CHEN, L.; WANG, M. Presumed asymptomatic carrier transmission of COVID-19. *JAMA*, v. 323, n. 14, p. 1406-1407, 2020. <https://doi.org/10.1001/jama.2020.2565>
- BRESSANI-RIBEIRO, T.; CHERNICHARO, C.A.L.; MOTA FILHO, C.R.; ARAÚJO, J.C.; LEAL, C.D.; LEROY, D.; MACHADO, E.; SPINOSA, F.; FERNANDES, L.; LEÃO, T. Estimando a carga viral de portadores do SARS-CoV-2 a partir do monitoramento do esgoto hospitalar. (no prelo).
- CENTER FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION (CDC). *Novel coronavirus (2019-nCoV) Real-time rRT-PCR panel primers and probes*. CDC, 2019. Disponível em: <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/lab/rt-pcr-panel-primer-probes.html>. Acesso em: 12 maio 2020.
- HELLER, L.; MOTA, C.; GRECO, D. COVID-19 faecal-oral transmission: Are we asking the right questions? *Science of the Total Environment*, v. 729, 138919, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138919>
- LA ROSA, G.; IACONELLI, M.; MANCINI, P.; FERRARO, G.B.; VENERI, C.; BONADONNA, L.; LUCENTINI, L.; SUFFREDINI, E. First detection of SARS-CoV-2 in untreated wastewaters in Italy. *Science of the Total Environment*, v. 736, 139652, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139652>
- MEDEMA, G.; HEIJNEN, L.; ELSINGA, G.; ITALIAANDER, R.; BROUWER, A. Presence of SARS-Coronavirus-2 RNA in sewage and correlation with reported COVID-19 prevalence in the early stage of the epidemic in the Netherlands. *Environmental Science & Technology Letters*, v. 7, n. 7, p. 511-516, 2020. <https://doi.org/10.1021/acsestlett.0c00357>
- NEMUDRYI, A.; NEMUDRAIA, A.; SURYA, K.; WIEGAND, T.; BUYUKYORUK, M.; WILKINSON, R.; WIEDENHELFT, B. Temporal detection and phylogenetic assessment of SARS-CoV-2 in municipal wastewater. *medRxiv*, 2020. <https://doi.org/10.1101/2020.04.15.20066746>
- PREFEITURA DE BELO HORIZONTE (PBH). BH Map. 2018. *Índice de vulnerabilidade de saúde*. 2018. Disponível em: <http://bhmap.pbh.gov.br/v2/mapa/idebhgeo>. Acesso em: 14 abr. 2020.
- PREFEITURA DE BELO HORIZONTE (PBH). *Boletim epidemiológico e assistencial COVID-19*, n. 42, 2020. Disponível em: <https://prefeitura.pbh.gov.br/saude/coronavirus>. Acesso em: 20 jun. 2020.
- RANDAZZO, W.; CUEVAS-FERNANDO, E.; SANJUAN, R.; DOMINGO CALAP, P.; SANCHEZ, G. Metropolitan Wastewater Analysis for COVID-19 Epidemiological Surveillance. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, v. 230, 113621, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2020.113621>
- SYMONDS, E.; VERBYLA, M.E.; LUKASIK, J.O.; KAFLE, R.C.; BREITBART, M.; MIHELICIC, J.R. A case study of enteric virus removal and insights into the associated risk of water reuse for two wastewater treatment pond systems in Bolivia. *Water Research*, v. 65, p. 257-270, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2014.07.032>
- WOELFEL, R.; CORMAN, V.M.; GUGGEMOS, W.; SEILMAIER, M.; ZANGE, S.; MULLER, M.A.; NIEMEYER, D.; JONES, T.C.; VOLLMAR, P.; ROTHE, C.; HOELSCHER, M.; BLEICKER, T.; BRUNINK, S.; SCHNEIDER, J.; EHMANN, R.; ZWIRGLMAIER, K.; DROSTEN, C.; WENDTNER, C. Virological assessment of hospitalized patients with COVID-2019. *Nature*, v. 581, n. 7809, p. 465-469, 2020. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2196-x>
- WU, F.; XIAO, A.; ZHANG, J.; GU, X.; LEE, W.; KAUFFMAN, K.; HANAGE, W.; MATUS, M.; GHAELI, N.; ENDO, N.; DUVALLET, C.; MONIZ, K.; ERICKSON, T.; CHAI, P.; THOMPSON, J.; ALM, E. SARS-CoV-2 titers in wastewater are higher than expected from clinically confirmed cases. *MedRxiv*, 2020a. <https://doi.org/10.1101/2020.04.05.20051540>
- WU, Y.; GUO, C.; TANG, L.; HONG, Z.; ZHOU, J.; DONG, X.; YIN, H.; XIAO, Q.; TANG, Y.; QU, X.; KUANG, L.; FANG, X.; MISHRA, N.; LU, J.; SHAN, H.; JIANG, G.; HUANG, X. Prolonged presence of SARS-CoV-2 viral RNA in faecal samples. *The Lancet Gastroenterology and Hepatology*, v. 5, n. 5, p. 434-435, 2020b. [https://doi.org/10.1016/s2468-1253\(20\)30083-2](https://doi.org/10.1016/s2468-1253(20)30083-2)
- WURTZER, S.; MARECHAL, V.; MOUCHEL, J.M.; MOULIN, L. Time course quantitative detection of SARS-CoV-2 in Parisian wastewaters correlates with COVID-19 confirmed cases. *MedRxiv*, 2020. <https://doi.org/10.1101/2020.04.12.20062679>
- ZHANG, N.; GONG, Y.; MENG, F.; BI, Y.; YANG, P.; WANG, F. Virus shedding patterns in nasopharyngeal and fecal specimens of COVID-19 patients. *MedRxiv*, 2020. <https://doi.org/10.1101/2020.03.28.20043059>

