

Vigilância do sistema de esgotamento sanitário e o novo coronavírus (SARS-CoV-2) no Brasil: uma discussão necessária

Surveillance of the sanitary sewage system and SARS-CoV-2 in Brazil: a necessary discussion

Alexandra Fátima Saraiva Soares

Ministério Público do Estado de Minas Gerais (MPMG), MG, Brasil.

Escola de Saúde Pública do Estado de Minas Gerais (ESPMG), Programa de Pós-Graduação em Direito Sanitário, MG, Brasil.

Bárbara Caroline Ricci Nunes

Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUCMG), Departamento de Engenharia Química, MG, Brasil.

Flávia Cristina Rodrigues Costa

Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos (PPGSMARH), MG, Brasil.

Luís Fernando de Moraes Silva

Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos (PPGSMARH), MG, Brasil.

Luís Paulo Souza e Souza

Universidade Federal do Amazonas (UFAM), Instituto de Saúde e Biotecnologia (ISB), Departamento de Medicina, AM, Brasil.

Programa de Pós-Graduação em Cuidado Primário em Saúde (PPGCPS), Universidade Estadual de Montes Claros (UNIMONTES), MG, Brasil.

Escola de Saúde Pública do Estado de Minas Gerais (ESPMG), MG, Brasil.

Resumo

Este artigo apresenta dados sobre a ocorrência do novo coronavírus (SARS-CoV-2) no esgoto sanitário, discutindo as vantagens do monitoramento e aplicação de modelagem para o diagnóstico coletivo da COVID-19, principalmente no contexto brasileiro. O levantamento das evidências/pesquisas foi conduzido, principalmente, em bases de dados científicas eletrônicas, incluindo artigos, relatórios técnicos e publicações institucionais nacionais e internacionais. Apesar de, até o momento, poucos estudos indicarem o potencial de contaminação do SARS-CoV-2 pelo esgoto sanitário, as análises conduzidas direcionam para que esta proposição seja considerada nas ações de vigilância à saúde. A abordagem da Epidemiologia de Esgotos tem sido usada com sucesso para rastrear e fornecer alertas precoces de surtos de vírus. No Brasil, considerando o aumento de casos da COVID-19, as restrições da testagem em massa e as condições fragilizadas do saneamento, fortalecer o monitoramento dos sistemas de esgoto poderá somar no direcionamento das ações do Sistema Único de Saúde e demais setores frente aos atendimentos dos casos e às

medidas preventivas em áreas potencialmente em risco (com maior presença e circulação do vírus pelo esgoto). As alternativas para monitoramento e modelagem ambiental podem funcionar como sistemas de alerta precoces e auxiliar na adoção de medidas preventivas de contágio da COVID-19.

Palavras-chave: SARS-CoV-2; COVID-19; Sistema de Esgoto Sanitário; Vigilância em Saúde Pública; Epidemiologia Baseada em Esgoto.

Abstract

This study presents data about SARS-CoV-2 occurrence in sanitary sewage system, discussing the advantages of monitoring and applying modeling methods for COVID-19 collective diagnosis, especially in the Brazilian context. This review was conducted in electronic scientific databases, including articles, technical reports, and national and international institutional publications. Although few studies have indicated the potential for SARS-CoV-2 contamination through sewage, analysis carried out thus far led to this proposal to be considered in health surveillance actions. The Wastewater-based Epidemiology approach has been used successfully to trace and provide early warning of virus outbreaks. In Brazil, considering the COVID-19 cases increase, mass testing restrictions, and fragile sanitation conditions strengthening the monitoring of sewage systems may add up in directing the actions of the Unified Health System and other sectors before cases and preventive measures in areas potentially at risk (with greater presence and circulation of the virus through the sewage). The alternatives for environmental monitoring and modeling can act as early warning systems and assist in the embrace of preventive measures of contagion of the COVID-19.

Keywords: SARS-CoV-2; COVID-19; Sanitary Sewage System; Public Health Surveillance; Sewage-Based Epidemiology.

Introdução

Em dezembro de 2019, o primeiro caso da COVID-19 (*Coronavirus Disease 2019*) foi confirmado na cidade de Wuhan - China, sendo causado por um novo coronavírus denominado de SARS-CoV-2^{1,2}. Decorrido um mês, em janeiro de 2020, os casos já extrapolavam as áreas geográficas da cidade chinesa, fazendo com que a Organização Mundial da Saúde (OMS) declarasse situação de emergência internacional. Em março do mesmo ano, frente à rápida disseminação entre países dos diferentes continentes, a OMS elevou o estado da contaminação à pandemia^{1,2,3,4}.

Desde a gripe espanhola, o mundo não vivia uma crise sanitária tão séria, com impactos tão profundos em todos os segmentos da sociedade. Assim, a COVID-19 é considerada como um dos

maiores desafios do século para saúde pública mundial, pois pouco se sabe acerca do vírus, suas formas de propagação e ações no corpo humano, o que tem gerado grandes esforços de cientistas na busca de alternativas para contenção e tratamento dos casos⁴. As primeiras discussões reforçam que a transmissão da COVID-19 se dá por meio do contato (olhos, nariz e boca) de pessoas saudáveis com pequenas gotículas expelidas pelo nariz e boca de uma pessoa infectada após espirrar e tossir. Assim, medidas como higienização das mãos com água e sabão ou álcool em gel a 70%, limpeza de superfícies e de objetos foram amplamente divulgadas por apresentarem eficácia, comparando-se à COVID-19 a outras síndromes respiratórias agudas, as quais têm estas medidas como principais formas de interromper suas cadeias de transmissões^{2,3}. Em seguida, de forma mais forte, o uso de máscaras faciais e o distanciamento social foram encarados como as principais medidas de proteção (seja para pessoas infectadas ou não), pois muitos dos casos podem ser assintomáticos, mas apresentam alta capacidade de transmissão^{2,3,5}.

O esforço coletivo para o isolamento social almeja abrandar o crescimento exponencial do número de ocorrências e, assim, evitar que os casos graves se concentrem em um curto período. Dessa forma, o Sistema Único de Saúde (SUS) conseguirá, sem sobrecarga, manter o cuidado adequado para os que adoecerem e demandarem tratamentos intensivos⁶. Todavia, o Brasil vem apresentando números preocupantes: até o dia 11 de maio de 2020, foram confirmados 168.333 casos, com 11.519 mortes, conferindo uma taxa de letalidade de 6,8%.

Recentemente, alguns estudos relataram a presença de materiais genéticos do novo coronavírus nas fezes de indivíduos infectados (sintomáticos e assintomáticos)^{8,9,10,11} e em amostras de esgotos sanitários^{12,13,14,15,16}, apontando novos desafios a serem encarados pelas instituições e países. Apesar de a OMS declarar que a disseminação pela via oral-fecal não seja uma das principais características da doença^{2,3}, colocar em destaque a discussão sobre ações de vigilância dos sistemas de esgoto neste contexto pandêmico é, também, pensar em ações que envolvam a saúde coletiva.

Com o aumento da circulação do vírus na população, deve-se reconhecer que isso aumentará a carga viral nos sistemas de esgotos das cidades. Coletar informações sobre a ocorrência e o destino do SARS-CoV-2 no esgoto pode permitir que se conheçam áreas com maior presença do vírus, prevenindo possíveis surtos e contribuindo em ações regionalizadas que otimizem as respostas do sistema de saúde, principalmente em países que apresentam deficiências nos serviços de abastecimento de água, coleta e tratamento dos esgotos das cidades, como o Brasil.

Destaca-se que com as limitações dos testes em larga escala para constatação da COVID-19, que dificultam o conhecimento da real quantidade de indivíduos com o vírus, o monitoramento dos sistemas de esgoto constitui importante ferramenta que poderá somar no fortalecimento dos sistemas de vigilância epidemiológica e ambiental, contribuindo com as autoridades sanitárias.

Reconhecer a qualidade das informações sobre os esgotos é reconhecer que estas são, também, fontes de diagnóstico das condições de saúde das populações.

A partir do exposto, neste artigo, pretende-se apresentar dados acerca da ocorrência do novo coronavírus no esgoto sanitário e as vantagens do monitoramento e aplicação de métodos de modelagem para o diagnóstico coletivo, principalmente no contexto brasileiro, onde há limitação da testagem em massa para constatação da COVID-19.

Pautando-se na necessidade de acessar evidências científicas neste momento de pandemia, conduziu-se um levantamento bibliográfico, na primeira semana de maio de 2020, nas bases de dados *Web of Science*, Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), *Scopus* e naquelas indexadas junto à Biblioteca Virtual em Saúde (BVS). Além disso, foram consultados Repositórios de Instituições de Ensino e Pesquisa Brasileiras. Nas estratégias de buscas, foram utilizados os termos “*sewage coronavirus*”, “*sewage COVID-19*”, “*wastewater coronavirus*”, “*wastewater COVID-19*”, “*survival coronavirus wastewater*”, “*presence coronavirus wastewater*”, “*monitoring coronavirus wastewater*”, “sistema de esgoto sanitário”, “COVID-19”, “SARS-CoV-2”; com auxílio do operador booleano “AND”.

Destaca-se que foram seguidos orientações e protocolos já estabelecidos e cientificamente aceitos para elaboração desta revisão¹⁷. Na intenção de abranger o máximo de materiais, não se delimitou o período de publicação, tendo sido incluídos textos nos diversos idiomas; disponíveis eletronicamente e de forma gratuita. No entanto, haja vista a atualidade do tema, a maioria dos artigos utilizados é de 2020. Assim, foram consultados artigos originais, editoriais, notas técnicas, revisões de literatura e/ou comentários. Os textos eram analisados, inicialmente, pelo título, seguida pela análise do resumo. Para aqueles que não apresentassem informações suficientes que permitissem sua seleção ou exclusão pelo título ou pelo resumo, conduziram-se leituras verticais.

De forma complementar, foram consultados notas técnicas de entidades governamentais brasileiras e de outros países, além de outros textos que abordassem a temática, mas que não foram resultados das buscas nas bases de dados já mencionadas. A estratégia de consultar as citações dos textos incluídos também foi adotada. A seleção dos textos foi feita por todos(as) os(as) autores(as), sendo que as divergências foram resolvidas por consenso. Por fim, realizaram-se leituras minuciosas dos textos selecionados, de forma analítica e interpretativa, buscando reunir os consensos entre os autores, sem deixar de nos posicionarmos frente às questões levantadas.

Transmissão do SARS-CoV-2 (novo coronavírus) e contágio da COVID-19: apontamentos sobre rotas alternativas como a oral-fecal

O coronavírus é uma extensa família de vírus que pode causar doenças em animais e humanos. Até o momento, foram identificados sete coronavírus humanos: HCoV-229E, HCoV-OC43, HCoV-NL63, HCoV-HKU1, SARS-COV, causa síndrome respiratória aguda grave; o MERS-COV, que causa a síndrome respiratória do Oriente Médio; e o SARS-CoV-2, a cepa descoberta recentemente e que causa a COVID-19. O fato é que esses vírus causam infecções de vias aéreas, sendo os principais patógenos dos resfriados comuns (o primeiro é pelo rinovírus), contudo, doenças mais graves podem ser desenvolvidas, tais como a síndrome respiratória do Oriente Médio (MERS) e a síndrome respiratória aguda grave (SARS)^{1,2,3}. Especificamente ao SARS-CoV-2, este apresenta 82% de semelhança com os coronavírus da SARS que causou uma epidemia em 2003 na Ásia¹³.

Os coronavírus possuem forma esférica e têm seu material genético e nucleocapsídeo envolvidos por uma camada dupla de lipídeos, denominada envelope, de onde vem a denominação “vírus envelopado”. As principais propriedades de sua infectividade estão relacionadas às proteínas desse envelope, que têm importância na entrada do vírus nas células hospedeiras. Essas proteínas são proeminentes e formam uma estrutura semelhante a uma “coroa”, originando o nome em latim “*corona*” a esta família de vírus^{18,19}.

Os sintomas conhecidos da COVID-19, até o momento, são febre, cansaço, tosse seca, congestão e corrimento nasal, diarreia, dificuldade para respirar e, em casos de maior gravidade, pneumonia, insuficiência respiratória, falência renal e morte¹³. As transmissões de humano para humano ocorrem principalmente pela via respiratória, por meio de gotículas expelidas pela pessoa contaminada; e pelo contato, uma vez que as gotículas podem se depositar sobre superfícies (nas quais o vírus permanece viável durante um período de tempo a depender do material e da superfície) com as quais outras pessoas podem ter contato. De acordo com a OMS, o tempo de incubação varia entre 1 a 14 dias (média 5 dias), facilitando sua propagação. Essas estimativas estão sendo atualizadas à medida que aumenta a disponibilidade de dados².

A transmissão de pessoa para pessoa tem sido descrita tanto em ambientes hospitalares quanto comunitários. Portanto, é de extrema importância evitar a propagação na população em geral e entre os trabalhadores do setor saúde^{20,21}. A propagação do coronavírus por meio de superfícies secas contaminadas foi postulada, incluindo a auto-inoculação de membranas mucosas do nariz, olhos ou boca, enfatizando a importância da compreensão acerca da persistência do coronavírus em superfícies inanimadas²¹.

Ainda que a carga viral do coronavírus em superfícies não seja conhecida durante uma situação de surto, a transmissão pode ser reduzida por desinfecção. Vários tipos de agentes biocidas, como peróxido de hidrogênio, álcoois, hipoclorito de sódio ou cloreto de benzalcônio são utilizados em todo o mundo para desinfecção, principalmente em estabelecimentos de saúde. Uma lista de produtos desinfetantes que se qualificam para o uso contra o SARS-CoV-2 pode ser encontrada no site da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos²².

Material genético do SARS-CoV-2 foi recentemente detectado em amostras de fezes e urina de pessoas contaminadas (com ou sem sintomas)^{8,9,10,11}, bem como em amostras de esgoto^{12,13,14,15,16}. Até o momento, apenas um estudo reportou o isolamento do vírus SARS-CoV-2 a partir de uma amostra de urina¹¹, contudo, a amostra era relativa a um único paciente chinês. Na investigação¹¹, o vírus isolado foi capaz de infectar novas células. Apesar dessas constatações, a contaminação via fezes e urina ainda não foi reportada na literatura, embora a presença do vírus ativo possa sugerir que os esgotos sanitários contaminados podem ser via de transmissão da doença (via oral ou nasal). Ressalta-se, porém, que, até o momento, não existem evidências de que ocorra a transmissão de vírus viáveis através do contato com esgotos de indivíduos doentes²³. Contudo, essa possível rota merece atenção, principalmente no Brasil, uma vez que muitos brasileiros não são contemplados com condições sanitárias adequadas.

No Brasil, o percentual médio de atendimento por redes coletoras de esgotos é de 60,9% nas áreas urbanas das cidades brasileiras, destacando-se a região Sudeste, com média de 83,7%. Quanto ao tratamento dos esgotos, observa-se que o índice médio do país é de 46,3% para a estimativa dos esgotos gerados e 74,5% para os esgotos que são coletados²⁴. Esse cenário reforça a necessidade de atenção a essa possível via de contaminação no contexto brasileiro. Isso porque, de acordo com o conhecimento disponível atualmente, o risco de transmissão do vírus que causa a COVID-19 por meio de sistemas de esgoto é baixo quando existe coleta e tratamento (com desinfecção), embora a carga diária de SARS-CoV-2 nos esgotos sanitários foi estimada na faixa de 56,6 milhões a 11,3 bilhões de genomas virais por pessoa infectada, segundo Hart e Halden²⁵. Cabe destacar que a etapa de desinfecção de esgotos não é exigida e, portanto, não é praticada no Brasil.

Na **Figura 1**, encontra-se apresentado um esquema de possíveis rotas de propagação do coronavírus e transmissão da COVID-19 no cenário brasileiro.



Figura 1. Proposta de modelo das rotas de propagação do novo coronavírus, incluindo os sistemas de esgoto no contexto brasileiro.

Fonte: Elaboração dos autores.

Ao entrar no organismo humano, o SARS-CoV-2 se liga aos receptores celulares específicos que facilitam sua replicação, destacando a enzima conversora de angiotensina 2 (ECA2). Esta enzima é expressa de forma elevada nas células ciliadas, as quais estão muito presentes no trato respiratório superior, daí a facilidade da ação do vírus no desenvolvimento dos sintomas conhecidos mais comuns^{26,27}. Recentemente, por meio da análise de um banco de dados com tecidos de vários órgãos humanos, pesquisadores chineses identificaram que genes do SARS-CoV-2 foram expressos, principalmente, em células nasais e do trato respiratório superior, considerando esses locais como potentes fontes de infecção e reservatório do vírus, disseminando-o dentro e entre os indivíduos²⁸.

Todavia, Sungnak *et al.*²⁸ destacam que podem existir vias de transmissão alternativas, devido à detecção de co-expressão do vírus em tecidos do esôfago e intestino (mais especificamente no íleo - parte terminal do intestino delgado; e no cólon - parte central do intestino grosso).

De forma complementar a esta discussão, destaca-se que o novo coronavírus também pode entrar nas células humanas usando enzimas como a catepsina B e L, sendo que a L pode ser encontrada no intestino²⁷. Estudos anteriores também identificaram que a ECA2 pode estar presente nos epitélios vascular, renal, testicular e intestinal^{29,30}, mesmo que sua maior expressão se dê nas células do nariz, faringe e pulmões, como já citado²⁸. Em análises acerca do SARS-CoV, que apresenta semelhança com o SARS-CoV-2, autores debatem que, com a infecção dos epitélios das vias aéreas, há possibilidade de liberação do vírus por mecanismos de expulsão (tosse, espirro),

acessando o trato gastrointestinal, além da disseminação sistêmica do vírus para órgãos distantes do pulmão²⁵.

Uma investigação feita com crianças na China⁹ mostrou que, entre as 10 crianças com resultado positivo para SARS-CoV-2, oito delas apresentaram amostras retais positivas com o vírus. Além disso, foi observado, após o período sintomático, que as amostras fecais continuaram positivas mesmo com as amostras nasofaríngeas indicando resultado negativo. Os pesquisadores reforçam que há necessidade de estudos que comprovem a capacidade de replicação do vírus nas amostras fecais⁹.

Mesmo com as limitações destes estudos e a escassez de inquéritos populacionais com amostras mais representativas, tais achados podem direcionar para o fortalecimento da hipótese de transmissibilidade de vírus viáveis através do contato com esgotos de indivíduos doentes.

Sobrevivência do SARS-CoV-2 (novo coronavírus) no esgoto sanitário

A membrana de lipídios que envolve a camada protetora dos coronavírus é mais sensível do que a membrana que envolve outros vírus³¹. Isso significa que o SARS-CoV-2 é um dos tipos mais fáceis de eliminar com o produto desinfetante apropriado, sendo mais facilmente inativado do que outros vírus como o adenovírus e o rotavírus, por exemplo. Em relação à identificação do novo coronavírus em amostras de esgoto, em linhas gerais, essa envolve as seguintes etapas: *a) coleta e armazenamento das amostras; c) concentração do vírus; d) extração do RNA viral; e) detecção e quantificação do vírus por meio da técnica de transcrição reversa seguida da reação em cadeia pela polimerase em tempo real (real time RT-PCR)*³².

Como a estrutura do vírus que transmite a COVID-19 se assemelha a de outros coronavírus, alguns estudos conduzidos com outros vírus da mesma família trazem informações importantes. Um estudo publicado por Casanova *et al.*³³ identificaram a persistência de vírus semelhantes ao SARS-CoV-2 em águas naturais e no esgoto por mais de 10 dias. Esses autores também relataram a possibilidade de contaminação por meio de gotículas (aerossóis) provenientes do esgoto infectado³³.

A possibilidade de contaminação por aerossóis no surto de SARS em 2003 também foi discutida por McKinney e colaboradores em 2006³⁴. Um surto de SARS foi relato em *AmoyGardens*, um grande complexo de apartamentos particulares localizado em Hong Kong. Demonstrou-se que, diferentemente de um surto viral típico que se dissemina pelo contato pessoa a pessoa, o vírus da SARS espalhou-se, nesse caso, principalmente pelo ar. Altas concentrações de aerossóis virais provenientes do encanamento de edifícios foram arrastadas para os banheiros dos apartamentos através de ralos no piso, contaminando moradores e visitantes³⁴.

Em outra pesquisa com testes *in vitro*³⁵, avaliou-se a persistência do vírus responsável pela SARS em água de torneira sem desinfecção (adição de cloro), águas residuárias de hospital e esgoto doméstico, verificando a permanência do vírus nesses ambientes por dois dias a 20 graus *Celsius* (20° C). Entretanto, a permanência do mesmo vírus em fezes e urina foi de, respectivamente, 3 e 17 dias. No mesmo estudo, mostrou-se que o SARS-CoV foi mais suscetível ao processo de desinfecção do que a *Escherichia coli*. Para uma concentração de cloro residual acima de 0,5 mg/L, os autores verificaram a inativação completa do SARS-CoV, enquanto essa completa inativação não foi verificada para a *Escherichia coli*³⁵. O referido resultado corrobora o potencial do uso da desinfecção na inativação do novo coronavírus, entretanto a decisão sobre a implantação da etapa de desinfecção de esgotos não é simples, devido aos custos envolvidos e a possível geração de compostos tóxicos.

Em 2005, Wang *et al.*³⁶ também reportaram a detecção do RNA do coronavírus SARS-CoV em amostras de esgoto previamente concentradas oriundas de dois hospitais em Pequim, na China, que receberam indivíduos infectados com a Síndrome respiratória aguda grave. A detecção indicou que esse vírus pode ser excretado pelas fezes/urina. Testes *in vitro* também foram realizados inoculando o SARS-CoV em amostras de esgoto proveniente de um dos hospitais avaliados, mostrando que o vírus permaneceu infeccioso por mais de 14 dias a 4°C e por 2 dias a 20°C. Ademais, o RNA do vírus pôde ser detectado por 14 dias nas amostras de esgoto mantidas a 4°C e por 8 dias nas mantidas a 20°C, sugerindo tendência de inativação para temperaturas mais elevadas³⁶.

Em concordância com a tendência observada nos estudos com outros patógenos da família coronavírus, em 2020, Wu *et al.*⁸ constataram a presença do SARS-CoV-2 nas fezes de pacientes contaminados. Os pesquisadores coletaram amostras respiratórias e fecais de 74 pacientes a cada um ou dois dias até dois testes consecutivos darem negativo. Dentre o total de pacientes analisado, 41 tiveram testes fecais positivos por, em média, 16 dias, enquanto que, para os testes respiratórios, a média de dias com resultados positivos foi de 27 dias desde o primeiro sintoma⁸.

Recentemente, o *Dutch National Institute for Public Health and the Environment*, na Holanda, reportou a detecção de material genético do novo coronavírus em amostras de águas residuárias oriundas dos Países Baixos. O material genético do SARS-CoV-2 foi detectado em amostras de esgoto provenientes do Aeroporto Amsterdã-Schiphol e das Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) das cidades de Kaatsheuvel e de Tilburg, após duas semanas da confirmação do primeiro paciente com a COVID-19¹³.

De forma semelhante, Ahmed e colaboradores³⁷ reportaram a detecção e a quantificação do RNA do novo coronavírus em amostras de efluente bruto provenientes de Queensland, na Austrália. A partir da concentração do RNA encontrada no esgoto e utilizando simulação de Monte Carlo, os

autores estimaram o número de infectados na região naquele momento e encontraram um número próximo ao reportado pelas autoridades de saúde.

A presença de RNA viral em amostras de esgoto e o número de casos da COVID-19 também foi reportada por Wurtzer e colaboradores¹². Esses autores analisaram amostras de esgoto bruto e tratado proveniente das três maiores estações de tratamento de esgoto (ETE) da região de Paris. O monitoramento foi realizado entre os meses de março e abril durante mais de 30 dias. A presença do SARS-CoV-2 foi positiva em todas as amostras de esgoto bruto. Além disso, em 75% das amostras de esgoto tratado a presença também foi constatada, apesar de ter sido observado que a ETE propiciou uma redução da carga viral em 100 vezes. Em seguida, o grupo de estudo comparou a progressão de óbitos por COVID-19 em Paris e na França com a variação no tempo da presença do genoma no esgoto. Foi observado que a contaminação do esgoto aconteceu antes do aumento exponencial da epidemia: o aumento da presença da quantidade de genoma no esgoto bruto possui relação com o número de mortes, tanto em relação à Paris quanto em todo território francês. Dessa forma, o estudo confirmou a validade e a importância que o monitoramento da presença do vírus em esgoto possui na detecção do vírus em uma população em tempo hábil¹².

Monitoramento e modelagem para diagnóstico coletivo da COVID-19 pelos esgotos sanitários

Um fator que posterga a detecção do SARS-CoV-2 em uma população é o fato de as pessoas infectadas com a COVID-19 não apresentarem sintomas ou os apresentarem de formas mais leves ou até mesmo inespecíficos. Assim, a detecção só é feita após serem reportados os casos clínicos ou quando é disponibilizado o teste em massa, o que não é realidade em diversas localidades, fazendo com que não seja aplicado um monitoramento rápido - e de preço compatível. Esse período entre a infecção e a detecção é um dos fatores decisivos para o sucesso no controle da doença. Além disso, se os casos de reincidência se tornarem recorrentes ao redor do mundo, a velocidade de monitoramento se tornará ainda mais necessária³⁸.

No Brasil, pesquisadores da Fundação Oswaldo Cruz¹⁴ detectaram material genético do SARS-CoV-2 em amostras de esgotos de cinco dos doze pontos da rede de amostragem: três poços de visita (PVs) e na entrada de duas estações de tratamento - ETE Icaraí e ETE Cambinhas, na cidade de Niterói - Rio de Janeiro. Foi utilizada a metodologia de ultracentrifugação, tradicionalmente utilizada para concentração de vírus em esgotos, associado à técnica de RT-PCR em tempo real, indicada pela OMS. A pesquisa se encontra em andamento, com expectativa de obter mais dados promissores¹⁴.

Já em Minas Gerais, o Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia juntamente com pesquisadores da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) também reportaram a presença do

SARS-CoV-2 no esgoto sanitário¹⁵. As amostras foram coletadas em abril de 2020 (entre 13 e 17; e entre 20 e 24), nas cidades de Belo Horizonte e Contagem, e os resultados mostraram que 31% das 26 amostras coletadas tiveram resultado positivo para a presença do novo coronavírus. Importante destacar que os pesquisadores recolheram amostras de esgoto sem tratamento, mas há previsão de que a análise inclua pontos de saída de estações de tratamento¹⁵.

Neste contexto, a Epidemiologia de Esgoto surge como alternativa promissora, uma vez que o coronavírus pode ser detectado nos esgotos. Assim, os esgotos sanitários podem ser usados para determinar a escala do surto da COVID-19 em uma população. A abordagem de Epidemiologia de Esgoto tem sido usada com sucesso para rastrear e fornecer alertas precoces de surtos de vírus como o da hepatite A, o poliovírus e o norovírus. A técnica vem sendo bastante desenvolvida nas duas últimas décadas, principalmente na Europa, visando o monitoramento do uso de drogas ilícitas³⁹. Essa técnica é, portanto, capaz de oferecer informações importantes para o controle efetivo da pandemia através do monitoramento da presença de partículas de SARS-CoV-2 no esgoto. Para ser feita uma correlação quantitativa das amostras de RNA encontradas em esgoto com a escala da doença na população, faz-se necessário determinar a quantidade de RNA presente nas excretas da população e, a partir da concentração encontrada nas amostras, é possível fazer uma extrapolação para a população⁴⁰.

Especificamente para o novo coronavírus, Hart e Halden²⁵ avaliaram as oportunidades e os desafios do uso dessa ferramenta para enumerar infecções ativas pelo SARS-CoV-2 em nível local e global. Para tanto, foi realizada uma modelagem matemática, associada à análise computacional, para estimar o número de infectados a partir de dados de concentração de RNA do vírus em esgoto. Alguns dos parâmetros incluídos na modelagem foram: faixa de concentração de RNA esperada nas fezes de pessoas infectadas; valores de geração de efluentes *per capita*; dados da cinética de decaimento para o novo coronavírus, baseado em biomarcadores; efeito da temperatura média do esgoto na cinética de decaimento; limite de detecção em amostras de esgoto. Os autores estimaram que, dependendo das condições locais, um caso de infecção (sintomático ou não) poderá ser detectado para a faixa de 100 a 2.000.000 pessoas não infectadas. Assim, tendo em vista a existência de cerca de 105.600 estações de tratamento de esgotos em operação, os autores previram que cerca de 2,1 bilhões de pessoas poderiam ser monitoradas a partir dessa abordagem. Em termos econômicos e práticos, o monitoramento a partir do esgoto mostrou-se em ordens de magnitude mais barato e rápido quando comparado à triagem clínica²⁵. Entretanto, conforme enfatizado, o uso dessa ferramenta deverá ser realizado em conjunto com os testes clínicos. Assim, os autores recomendam um monitoramento em duas etapas, no qual a Epidemiologia do Esgoto poderá ser utilizada para identificar e enumerar o total de infectados, enquanto o teste clínico servirá para identificar os indivíduos infectados nos locais críticos revelados por essa ferramenta²⁵.

Nas localidades que apresentam fatores limitantes de natureza econômica, cultural ou logística, o que é o caso do Brasil, a Epidemiologia de Esgoto pode consistir em uma ferramenta fundamental para o monitoramento do vírus em seu estágio inicial, além de propiciar que as medidas pertinentes, como o distanciamento social, sejam tomadas em tempo hábil de promover a contenção da COVID-19⁴¹, bem como de outras doenças futuras.

Por fim, cabe destacar que os modelos matemáticos permitem projetar cenários distintos para auxiliar os tomadores de decisão na solução dos problemas. No campo da saúde pública, as modelagens permitem prever, por exemplo, a velocidade de propagação de doenças em determinadas comunidades, desta forma, o emprego da modelagem é oportuno para simular e conhecer a contaminação da população, bem como o espalhamento da doença em determinadas áreas, constituindo uma via menos onerosa e mais rápida, se comparada à triagem clínica. Reforça-se que os modelos matemáticos devem ser utilizados de forma complementar e com cautela - como as modelagens demandam.

Considerações Finais

Apesar de, até o momento, poucos estudos apontarem para o potencial de contaminação do SARS-CoV-2 pelo esgoto sanitário, as análises das pesquisas direcionam para que esta proposição seja fortemente considerada nas ações de vigilância para a COVID-19. Esta revisão demonstrou, também, que o monitoramento e a aplicação de modelos matemáticos para prever a constatação do novo coronavírus nos esgotos sanitários é uma alternativa viável no contexto brasileiro, já que, no mínimo, 60,9% da população dispõem de coleta de esgoto.

O monitoramento do vírus nos esgotos sanitários constitui em útil instrumento capaz de diagnosticar e mapear as condições sanitárias das comunidades neste período de pandemia. A estimativa da presença do SARS-CoV-2 nos esgotos se faz relevante para embasar as decisões das autoridades, especialmente no que concerne ao conhecimento da necessidade de avanço ou redução dos esforços de distanciamento social ou de outras medidas mais rígidas, como o *lockdown*. Ademais, o monitoramento e a modelagem subsidiam ações regionalizadas de contenção da transmissão quando permitem antecipar a mobilização da Atenção Primária à Saúde (APS) em áreas potencialmente em risco - onde a circulação do vírus seja detectada previamente pelo monitoramento dos esgotos; contribuindo, também, nas decisões dos serviços da atenção secundária e terciária, principalmente na alocação de recursos para criação de unidades de pronto atendimento para os casos de média complexidade e na abertura de novos leitos hospitalares para tratamentos intensivos.

Reconhece-se que os testes clínicos em massa para o diagnóstico da COVID-19 são preferenciais, contudo, no atual contexto de limitações financeiras e operacionais para esta medida no Brasil, o monitoramento e a modelagem ambiental pelos esgotos sanitários representam um complemento, somando no fortalecimento dos sistemas de vigilância sanitária, epidemiológica e ambiental. Há, ainda, os casos assintomáticos e os subnotificados, sendo os instrumentos aqui apresentados importantes ferramentas que precisam ser mais bem exploradas e incorporadas às ações da saúde pública no enfrentamento desta crise sanitária globalizada.

Por fim, e não menos importante, a atuação das empresas prestadoras dos serviços de saneamento precisa ser alinhada, com a necessidade de que elas tenham controle sobre os sistemas de esgotamento sanitário, para que se que sejam fornecidos dados de qualidade e capazes de orientar as medidas preventivas de contágio, mitigação dos riscos e cuidados para enfrentamento da doença no país.

Referências

1. Liu J, Liao X, Qian S, Yuan J, Wang F, Liu Y, Wang Z, et al. Community Transmission of Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2, Shenzhen, China, 2020. *Emerg Infect Dis* 2020;17(26):6.
2. Organização Pan-Americana da Saúde - OPAS. Folha informativa – COVID-19 (doença causada pelo novo coronavírus). Brasília: OPAS; 2020 [acesso 11 maio 2020]. Disponível em: http://www.paho.org/bra/index.php?option=com_content&view=article&id=6101:covid19&Itemid=875
3. World Health Organization. Coronavirus disease 2019 (COVID-19). Geneva: World Health Organization; 2020 [acesso 10 maio 2020]. Disponível em: https://www.who.int/docs/default-source/coronaviruse/situation-reports/20200326-sitrep-66-covid-19.pdf?sfvrsn=9e5b8b48_2
4. Yuen KS, Ye ZW, Fung SY, Chan CP, Jin DY. SARS-CoV-2 and COVID-19: The most important research questions. *Cell Biosci.* 2020;10:40.
5. Ferguson NM, Laydon D, Nedjati-Gilani G, Imai N, Kylie A, Marc Baguelin, Bhatia S, et al. Impact of non-pharmaceutical interventions (NPIs) to reduce COVID-19 mortality and healthcare demand. Imperial College London. 2020:1-20.
6. Werneck GL, Carvalho MS. A pandemia de COVID-19 no Brasil: crônica de uma crise sanitária anunciada. *Cad Saúde Pública* 2020;36(5):e00068820.
7. Brasil. COVID19 - Painel Coronavírus Brasil. Brasília: Ministério da Saúde; 2020 [acesso 12 maio 2020]. Disponível em: <http://covid.saude.gov.br>
8. Wu Y, Guo C, Tang L, Hong Z, Zhou J, Dong X, Yin H, et al. Prolonged presence of SARS-CoV-2 viral RNA in faecal samples. *Lancet Gastroenterol Hepatol.* 2020;5(5):434-435.
9. Xu Y, Li X, Zhu B, Liang H, Fang C, Gong Y, Guo Q, et al. Characteristics of pediatric SARS-CoV-2 infection and potential evidence for persistent fecal viral shedding. *Nat Med* 2020;26(4):502-505.
10. Zhang Y, Chen C, Zhu S, Shu C, Wang D, Song J, Song Y, et al. Notes from the Field: Isolation of 2019-nCoV from a Stool Specimen of a Laboratory-Confirmed Case of the Coronavirus Disease 2019 (COVID-19). *China CDC Weekly.* 2020;2(8):123-124. doi: 10.46234/ccdcw2020.033 shu
11. Sun J, Zhu A, Li H, Zheng K, Zhuang Z, Chen Z, Shi Y, et al. Isolation of Infectious SARS-CoV-2 from Urine of a COVID-19 Patient. *Emerg Microbes Infect.* 2020;28:1-8. doi: 10.1080/22221751.2020.1760144

12. Wurtzer S, Marechal V, Mouchel J-M, Maday Y, Teyssou R, Richard E, Almayrac JL et al. Time course quantitative detection of SARS-CoV-2 in Parisian wastewaters correlates with COVID-19 confirmed cases. medRxiv 2020. doi: 10.1101/2020.04.12.20062679
13. Medema G, Heijnen L, Elsinga G, Italiaander R, Brouwer A. Presence of SARS-Coronavirus-2 in sewage. MedRxiv. 2020. doi: <https://doi.org/10.1101/2020.03.29.20045880>
14. Fundação Oswaldo Cruz. Fiocruz divulga estudo sobre a presença do novo coronavírus em esgotos sanitários. 28 de abril de 2020. Rio de Janeiro; 2020 [acesso 11 maio 2020]. Disponível em: <http://portal.fiocruz.br/noticia/fiocruz-divulga-estudo-sobre-presenca-do-novo-coronavirus-em-esgotos-sanitarios>
15. Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG. Coronavírus é identificado em esgotos. 06 de maio de 2020. Belo Horizonte; 2020 [acesso 11 maio 2020]. Disponível em: <http://www.ufmg.br/prae/noticias/coronavirus-e-identificado-em-amostras-de-esgoto>
16. Nemudryi A, Nemudraia A, Surya K, Wiegand T, Buyukyoruk M, Wilkinson R, Blake M. Temporal detection and phylogenetic assessment of SARS-CoV-2 in municipal wastewater. medRxiv 2020. doi: <https://doi.org/10.1101/2020.04.15.20066746>
17. Rother ET. Revisão sistemática X revisão narrativa. Acta paul. Enferm. 2007;20(2):5-6.
18. Fehr AR, Perlman S. Coronaviruses: an overview of their replication and pathogenesis. Methods Mol Biol 2015; 1282:1-23.
19. Weiss SR, Navas-Martin S. Coronavirus pathogenesis and the emerging pathogen severe acute respiratory syndrome coronavirus. Microbiol Mol Biol Rev 2005;69(4):635-664.
20. Souza e Souza LP, Souza AG. Enfermagem brasileira na linha de frente contra o novo Coronavírus: quem cuidará de quem cuida? J nurs health 2020;10(n.esp.):e20104005.
21. Kampf G, Todt D, Pfaender S, Steinmann E. Persistence of coronaviruses on inanimate surfaces and its inactivation with biocidal agents. J Hosp Infect 2020;104(3):246-251.
22. Environmental Protection Agency - EPA. List N: Disinfectants for Use Against SARS-CoV-2. Estados Unidos da América: EPA; 2020 [acesso em 12 maio 2020]. Disponível em: <http://www.epa.gov/pesticide-registration/list-n-disinfectants-use-against-sars-cov-2>
23. Heller L, Mota CR, Greco DB. COVID-19 faecal-oral transmission: Are we asking the right questions? Sci Total Environ 2020;729:138919.
24. Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento. Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos. 2018 [acesso 11 maio 2020]. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/diagnostico-anual-agua-e-esgotos/diagnostico-dos-servicos-de-agua-e-esgotos-2018>
25. Hart OE, Halden RU. Computational analysis of SARS-CoV-2/COVID-19 surveillance by wastewater-based epidemiology locally and globally: Feasibility, economy, opportunities and challenges. Sci Total Environ 2020:138875.
26. Hussain M, Jabeen N, Raza F, Shabbir S, Baig AA, Amanullah A, Aziz B. Structural variations in human ACE2 may influence its binding with SARS-CoV-2 spike protein. J Med Virol 2020;6.
27. Hoffmann M, Kleine-Weber H, Schroeder S, Krüger N, Herrler T, Erichsen S, Schiergens TS, et al. SARS-CoV-2 Cell Entry Depends on ACE2 and TMPRSS2 and Is Blocked by a Clinically Proven Protease Inhibitor. Cell 2020;181(2):271-280.
28. Sungnak W, Huang N, Bécavin C, Berg M, Queen R, Litvinukova M, Talavera-López C, et al. SARS-CoV-2 entry factors are highly expressed in nasal epithelial cells together with innate immune genes. Nat Med 2020. <https://doi.org/10.1038/s41591-020-0868-6>
29. Hamming I, Timens W, Bulthuis ML, Lely AT, Navis G, van Goor H. Tissue distribution of ACE2 protein, the functional receptor for SARS coronavirus. A first step in understanding SARS pathogenesis. J Pathol 2004;203(2):631-637.
30. Jia HP, Look DC, Shi L, Hickey M, Pewe L, Netland J, Farzan M, et al. ACE2 Receptor Expression and Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus Infection Depend on Differentiation of Human Airway Epithelia. J Virol 2005;79(23):14614-21.

31. van Doremalen N, Bushmaker T, Morris DH, Holbrook MG, Gamble A, Williamson BN, Tamin A, et al. Aerosol and Surface Stability of SARS-CoV-2 as Compared with SARS-CoV-1. *N Engl J Med*. 2020; 382(16):1564-1567.
32. Saraiva Soares AF, Ricci Nunes BC, Santos CV, Costa FCR, Santos HR, Silva LFM, Souza RMGL. Recomendações para prevenção do contágio da COVID-10 (novo Coronavírus – SARS-CoV-2) pela água e por esgoto doméstico. 1 ed. Sala Técnica de Saneamento; 2020 [acesso em 12 maio 2020]. Disponível em: http://www.mpf.mp.br/regiao3/sala-de-imprensa/docs/2020-2/cartilha_sala_de_saneamento_covid-19_final
33. Casanova L, Rutala WA, Weber DJ, Sobsey MD. Survival of surrogate coronaviruses in water. *Water Res* 2009;43(7):1893-1898.
34. Mckinney KR, Gong YY, Lewis TG. Environmental transmission of SARS at Amoy Gardens. *Journal of Environmental health*, v.68, n.9, p.26-30, 2006.
35. Wang XW, Li JS, Jin M, Zhen B, Kong QX, Song N, Xiao WJ, et al. Study on the resistance of severe acute respiratory syndrome-associated coronavirus. *J Virol Methods* 2005;126(1-2):171-177.
36. Wang XW, Li J, Guo T, Zhen B, Kong Q, Yi B, Li Z, et al. Concentration and detection of SARS coronavirus in sewage from Xiao Tang Shan Hospital and the 309th Hospital of the Chinese People's Liberation Army. *Water Sci Technol* 2005;52(8):213-221.
37. Ahmed W, Angel N, Edson J, Bibby K, Bivins A, O'Brien JW, Choi PM, et al. 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. *Sci Total Environ* 2020;728:138764.
38. Daughton C. The international imperative to rapidly and inexpensively monitor community-wide Covid-19 infection status and trends. *Sci Total Environ* 2020;23(726):138149.
39. Choi PM, Tscharka BJ, Donner E, O'Brien JW, Grant SC, Kaserzon SL, Mackie R, et al. Wastewater-based epidemiology biomarkers: Past, present and future. *Trends Analyt Chem* 2018;105:453-469.
40. Mallapaty S. How sewage could reveal true scale of coronavirus outbreak. *Nature* 2020;580(7802):176-177.
41. Mao K, Zhang H, Yang Z. Can a Paper-Based Device Trace COVID-19 Sources with Wastewater-Based Epidemiology. *Environ Sci Technol*. 2020;54(7):3733-3735.