

ASPECTOS AMBIENTAIS DA COVID-19 E A PROPOSIÇÃO DE UMA GESTÃO INTEGRADA ENTRE SAÚDE E MEIO AMBIENTE PARA O MUNICÍPIO DE MACAÉ* **



MAURICIO MUSSI MOLISANI^I
PABLO RODRIGUES GONÇALVES^{II}
ALFREDO LUIZ PESSANHA MANHÃES^{III}
GUILHERME SARDENBERG BARRETO^{IV}
ANDERSON DA ROCHAGRIPP^V
NEIVA PAULA VIEIRA DA SILVA^{VI}

^IORCID: 0000-0002-6752-3573; Endereço: Av. São José do Barreto 764, Barreto Macaé; e-mail: molisanimm@yahoo.com.br; Doutor em Geoquímica (Geociências); Professor Associado da Universidade Federal do Rio de Janeiro – Instituto de Biodiversidade e Sustentabilidade.

^{II}ORCID: 0000-0002-4923-2334; Endereço: Av. São José do Barreto 764, Barreto Macaé; email: prg@acd.ufrj.br; hotprg@gmail.com; Doutor em Ciências Biológicas (Zooloia; Professor Associado da Universidade Federal do Rio de Janeiro – Instituto de Biodiversidade e Sustentabilidade.

^{III}ORCID: 0000-0002-6675-1419; Endereço: Rua Aloísio da Silva Gomes, 50 - Granja dos Cavaleiros, Macaé; e-mail: alfredomanhaes@gmail.com; Mestre em Engenharia da Computação (UERJ); Professor do Programa de Pós-Graduação em Gestão Pública da Faculdade Municipal de Macaé Professor Miguel Ângelo da Silva Santos (FeMASS

^{IV}ORCID: 0000-0002-6103-7574; Endereço: Av. São José do Barreto 764, Barreto Macaé; e-mail: guisbarreto@gmail.com; Mestre em Engenharia Ambiental e Doutorando em Ciências Ambientais e Conservação; Doutorando da Universidade Federal do Rio de Janeiro – Instituto de Biodiversidade e Sustentabilidade.

^VORCID: 0000-0002-0099-6990; Endereço: Av. São José do Barreto 764, Barreto - Macaé; e-mail: argripp@ufrj.br; Doutor em Ecologia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Biologia, Departamento de Ecologia; Pós-doutor em Ciências Ambientais e Conservação, pela Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Biodiversidade e Sustentabilidade.

^{VI}ORCID: 000-0001-6003-0066 ; Endereço: Av. São José do Barreto 764, Barreto Macaé; e-mail: neivapaula2005@yahoo.com.br; Graduada em Letras – Português/Inglês e respectivas literaturas na FAFIMA, Especialização em Literatura Contemporânea na FAFIMA, Gestão Pública pela FeMASS e Mestranda da Universidade Federal do Rio de Janeiro em Ambiente, Sociedade e Desenvolvimento.

*Publicação original.

** Data de submissão: 25/07/2020. Data de aceite: 24/08/2020. Data de publicação: 10/09/2020.

RESUMO

Durante a pandemia de COVID-19, causada pelo vírus SARS-CoV-2, as publicações científicas vêm mostrando a importância de diferentes aspectos ambientais relacionados a essa doença, e esse estudo tem como objetivo realizar uma revisão sistemática sobre os aspectos ambientais do COVID-19. Dentre esses aspectos, ressaltamos: a relação entre o vírus, animais hospedeiros e ser humano em ambientes em modificação; a influência de fatores climáticos na sobrevivência e no potencial de infecção do vírus; a presença do vírus no esgoto doméstico e a possibilidade de dispersão no ambiente; a proposição de monitoramento do vírus no esgoto com fins de avaliação epidemiológica do COVID-19 na população; e os efeitos ambientais indiretos devido à quarentena, como a melhora de alguns aspectos de qualidade dos ecossistemas. Com base nessa revisão propomos uma gestão integrada entre saúde e ambiente para o município de Macaé.

PALAVRAS-CHAVE: Biodiversidade; Clima; Esgoto; Quarentena; Monitoramento.

INTRODUÇÃO

Com o decreto da pandemia de COVID-19 emitido pela Organização Mundial de Saúde (OMS), esforços mundiais vêm buscando metodologias e protocolos para detecção do vírus, para o tratamento de pacientes, para a proteção da população, e para a redução da transmissão do vírus. Em paralelo, uma série de artigos científicos vem divulgando dados sobre os diversos aspectos ambientais do COVID-19, a saber: a relação entre o vírus e a proximidade de humanos com animais silvestres e a ocupação desordenada do ambiente; fatores climáticos que favorecem (ou não) a sobrevivência e o potencial de infecção do vírus; a presença do vírus no esgoto doméstico e a possibilidade de dispersão no ambiente; a proposição de monitoramento do vírus no esgoto com fins de avaliação epidemiológica do COVID-19 na população; e os efeitos ambientais indiretos devido à quarentena, como a melhora de alguns aspectos de qualidade ambiental. Deste modo, a pandemia do COVID-19 precisa ser avaliada, tanto sob o ponto de vista dos serviços de saúde e dos dados epidemiológicos, quanto pelos aspectos ambientais do vírus. A partir da revisão integrativa dos aspectos ambientais do COVID-19 disponibilizados pela literatura científica, iremos realizar uma análise para o contexto ambiental do município de Macaé, propondo vias integrativas da gestão de saúde pública com a gestão do ambiente.

ORIGEM E SALTOS DO SARS-COV-2 E OS RISCOS DE TRANSMISSÃO A PARTIR DE ANIMAIS SILVESTRES

A origem mais comumente apontada, até o momento, do SARS-CoV-2 é um mercado que realizava, entre outras coisas, a venda e o abate de animais, localizado na cidade de Wuhan, na província de Hubei, na China. Também é especulado uma possível origem do SARS-CoV-2 em fazendas chinesas para a criação de animais para a obtenção de peles¹. Esses “mercados úmidos” concentram grande quantidade e diversidade de animais vivos, incluindo animais silvestres, que são vendidos ou abatidos na hora para consumo humano, em muitos casos, sem os devidos padrões

de qualidade sanitária. Não por acaso, a China sofreu vários surtos virais nas últimas três décadas, como o surto de influenza aviária, síndrome respiratória aguda grave (SARS) e febre grave com síndrome de trombocitopenia (SFTS)^{2,3}.

Ainda há dúvidas sobre as espécies que deram origem ao vírus da COVID-19, mas estudos estão sendo realizados visando entender a origem do SARS-CoV-2 e sua forma de transmissão. Uma parte considerável dos vírus que causam doenças nos seres humanos se desenvolveu previamente em outros animais, e pode ser transmitida diretamente por seu hospedeiro natural ou por meio de um hospedeiro intermediário (ex. HIV e chimpanzés; Influenza e aves e porcos; Ebola e morcegos e gado). Embora ainda se desconheça a origem e o local do reservatório natural do SARS-CoV-2, há evidências de que morcegos-ferradura (gênero *Rhinolophus*) sejam os hospedeiros naturais, pois seus coronavírus compartilham 96% de similaridade genética com o SARS-CoV-2 de humanos⁴. Já o processo de transmissão (salto) do SARS-CoV-2 para os humanos pode ter sido intermediado por outros animais, como cobras ou pangolins^{4,5}.

A maioria das doenças infecciosas emergentes geralmente envolve interações dinâmicas entre o ser humano e as populações de vertebrados domesticados ou silvestres. Essa condição está na maioria dos casos associada a ambientes em rápida mudança, seja nos padrões de uso da terra, na economia, no consumo de animais silvestres, ou na criação em cativeiro de rebanhos desses animais para consumo. Neste último caso, o empobrecimento genético das populações em cativeiro pode remover obstáculos imunológicos fundamentais para retardar o aparecimento de patógenos. A transmissão viral de animais para humanos, na prática, é algo bem complexo e a probabilidade de sucesso dessa transmissão é dirigida por fatores como: (a) a dinâmica da doença no hospedeiro animal; (b) o nível de exposição dos seres humanos ao vírus; e (c) a suscetibilidade da população humana em ‘adquiri-lo’⁴. Esses fatores podem ser resumidos em três etapas principais que descrevem o caminho da transmissão do vírus. O estágio primário define a pressão do patógeno no hospedeiro humano, ou seja, a quantidade de vírus que interage com um indivíduo em um instante específico, regulado pela prevalência e dispersão do vírus do hospedeiro animal, seguido pela capacidade de sobrevivência, desenvolvimento e distribuição do vírus fora do hospedeiro animal. No segundo estágio, o comportamento dos seres humanos e do vetor (o hospedeiro natural ou intermediário) define as chances de exposição viral, a via de entrada e a dose do vírus. O último estágio da transmissão é influenciado pela genética e pela condição

fisiológica e imunológica do hospedeiro humano, que, juntamente com os fatores do segundo estágio, determinam a possibilidade e a gravidade da infecção^{4,6}. Uma vez ultrapassadas essas barreiras, ocorre o chamado ‘transbordamento zoonótico’, em que pode ocorrer uma infecção em um hospedeiro humano. A partir daí, a transmissão viral humano-humano é muito mais eficiente se comparada à transmissão animal-humano. No caso dos coronavírus atuais e anteriores, como SARS-CoV e MERS-CoV, esse modo de transmissão foi tão eficiente que, em poucos dias, alcançou outros países além de sua fonte inicial, sendo motivo de preocupação em todo o globo³. Esse contexto sugere uma relação entre a origem da pandemia com questões socioeconômicas, políticas e ambientais experimentadas pela China nas últimas décadas^{7,8,9,10}, e que também podem se repetir em outras localidades que passam pelo mesmo processo de transição socioeconômica e ambiental, como o Brasil.

O Brasil é um país tropical, cujas florestas reúnem umas das maiores riquezas de espécies de mamíferos silvestres e rebanhos de animais de criação do mundo, boa parte delas com um potencial patogênico ainda desconhecido, ainda que estas condições sejam fundamentais para a emergência de doenças virais^{10,11}. A pressão socioeconômica induz a entrada do ser humano em áreas remotas, favorecendo a incursão e modificação de ecossistemas naturais e a interação com animais silvestres, favorecendo assim a exposição a novos agentes infecciosos. Todas essas condições são análogas às que originaram outras epidemias pelo globo, inclusive da COVID-19 na China. Portanto, a melhor maneira de manter o vírus afastado é manter uma barreira ou distanciamento entre seus reservatórios naturais e a civilização⁴. Para isso, faz-se urgente a implantação de políticas públicas que respeitem os limites de exploração dos recursos ambientais e estimulem a preservação dos ecossistemas naturais e das fortes relações ecológicas que os organismos dessas áreas mantêm entre si e que, naturalmente, ajudam a interromper as cadeias de transmissão desses vírus¹².

A origem do SARS-CoV-2 a partir de mamíferos asiáticos suscitou preocupações sobre o surgimento de novas pandemias em outras regiões do planeta com características ecológicas e socioeconômicas similares à região de Wuhan na China, marco-zero da pandemia atual. O município de Macaé, por estar situado no bioma da Mata Atlântica e em uma das regiões mais populosas da América do Sul, combina algumas das características que potencializam o risco de emergência de novas doenças

de origem silvestre¹⁰. Apesar de apresentar somente 34% de sua área municipal cobertapor florestas, Macaé ainda abriga uma elevada riqueza de mamíferos silvestres, com cerca de 80 espécies registradas, dentre elas, diversos morcegos que sobrevivem em meio a uma população de 239.471 pessoas^{13,14,15}. Além disso, desde junho, Macaé vem se destacando como o município fluminense fora da região metropolitana, com maior número de infecções por coronavírus. As condições epidemiológicas atuais preveem que o risco de uma pessoa contrair SARS-CoV-2 de outra pessoa infectada é muito maior do que o risco de infecção partir de um mamífero silvestre brasileiro. Ainda assim, há algum risco de que uma das dezenas de espécies silvestres ocorrentes em Macaé transmita este vírus para humanos?

O SARS-CoV-2 pertence a uma família de vírus (família Coronaviridae) diversificada e amplamente disseminada por inúmeras espécies de mamíferos não-humanos. Dentre os mamíferos, os morcegos representam o grupo com a maior diversidade conhecida de coronavírus no mundo^{16,17}. No Brasil, os levantamentos virológicos confirmam a presença de coronavírus em espécies de morcegos amplamente distribuídas na Mata Atlântica e ocorrentes em Macaé, como *Artibeus lituratus* (morcego-frugívoro), *Desmodus rotundus* (morcego-vampiro), *Glossophaga soricina* (morcego-beija-flor), *Molossus rufus* (morcego-insetívoro) e *Molossus molossus* (morcego-insetívoro)¹⁸. Contudo, as análises filogenéticas das linhagens de coronavírus identificadas nestas e em outras espécies brasileiras de morcegos mostram que seus vírus são filogeneticamente muito distantes do SARS-CoV-2 ou de outros coronavírus patogênicos em humanos^{18,19}.

Estes resultados sugerem, portanto, que o risco de emergências de novas coronaviruses humanas a partir de morcegos brasileiros seria relativamente baixo, embora a diversidade viral deste grupo de mamíferos ainda seja pouco estudada no Brasil²⁰.

O mesmo poderia ser dito sobre o potencial de infecção reversa, partindo de humanos para os mamíferos silvestres? A suscetibilidade de carnívoros (cães e gatos), roedores (camundongos e *hamsters*), morcegos e primatas não-humanos à infecção por SARS-CoV-2 já tem sido confirmada em estudos laboratoriais, sugerindo que espécies silvestres e domesticadas infectadas por humanos poderiam funcionar como novos reservatórios do vírus, retransmitindo-o para humanos secundariamente²¹. Até o

momento, apenas dois casos foram confirmados de transmissão reversa do SARS-CoV-2 de mamíferos silvestres para humanos, ambos a partir de doninhas europeias (carnívoros do gênero *Mustela*) criadas em cativeiro²². Contudo, o estabelecimento do SARS-CoV-2 em populações silvestres de mamíferos já preocupa a comunidade científica^{23,24}, especialmente em situações onde a perda de habitats expõe os animais à uma maior proximidade de seres humanos, como é o caso de Macaé. Diante do elevado número local de casos, as medidas de afastamento social no município deveriam também minimizar a exposição a mamíferos silvestres, protegendo pessoas e animais de futuros surtos.

ASPECTOS CLIMÁTICOS INFLUENCIANDO A PRESENÇA DO SARS-COV-2 NO AMBIENTE

Um importante aspecto ambiental da COVID-19 é a relação do vírus com as condições climáticas ambientais, ou seja, dependendo da temperatura e da umidade relativa, pode haver um aumento ou diminuição da sobrevivência e do potencial de infecção do vírus. Muitas doenças infecciosas têm um padrão sazonal de ocorrência, incluindo os coronavírus humano²⁵. Deste modo, estudos têm sido realizados em países de clima temperado e tropical, visando correlacionar os dados climáticos com o número de casos de COVID-19, buscando evidências da influência de fatores climáticos na presença do vírus. Um desses estudos realizados no Brasil correlacionou séries temporais de temperatura do ar, dados cumulativos diários confirmados de COVID-19, número de habitantes e densidade populacional (habitantes por Km²) em 27 capitais do país²⁶. Os resultados mostraram uma relação linear negativa entre os casos de COVID-19 e a temperatura até o valor de 25,8°C. Ou seja, para cada aumento de 1°C na temperatura há uma diminuição de 4,8% nos casos diários confirmados de COVID-19 nessas regiões.

Porém, é importante ressaltar que os testes estatísticos também retratam correlações diretas mais robustas entre o número de casos cumulativos diários de COVID-19 e o número de habitantes, ou a densidade populacional²⁷. Uma questão importante desse estudo é que essa inversa entre temperatura e COVID-19 só é linear

para temperaturas até 25,8°C, ou seja, essa tendência não deve ser extrapolada para temperaturas superiores à estabelecida acima.

Por outro lado, um outro estudo também analisou a relação entre parâmetros climáticos (temperatura, umidade e chuva) com os casos de COVID-19 em cinco capitais (Rio de Janeiro, Manaus, São Paulo, Brasília e Fortaleza). Esse estudo concluiu que a presença e transmissão do vírus pode ser favorecida em condições de temperatura mais elevada (27,5°C) e umidade relativa do ar intermediária (80%)²⁷. Deste modo, ambos os estudos mostram a influência das condições climáticas nos casos de COVID-19, que devem ser considerados junto com fatores epidemiológicos, culturais, econômicos para um entendimento amplo do comportamento do vírus no ambiente.

Diante da relação entre clima e COVID-19, é imperativa a aplicação desses resultados às condições climáticas e de epidemiologia do SARS-CoV-2 no município de Macaé. De acordo com os dados da estação meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia, localizada na sede municipal de Macaé, entre 2006 e 2020 foi observada uma faixa de temperatura variando de 15 a 35°C e de umidade relativa variando entre 35 a 95%. Apesar dessa estação meteorológica estar localizada na sede municipal, essas faixas de variação podem ser extrapoladas para as condições climáticas do município que se estende desde a região serrana até a zona costeira. Comparado com as faixas de temperatura e umidade dos estudos apresentados com as condições climáticas de Macaé, podemos esperar que as menores temperaturas observadas na região serrana de Macaé e no período de inverno no município possam favorecer a presença do vírus, da mesma forma, que temperaturas acima dos 27,5 °C e umidades acima dos 80%, principalmente na sede do município e no verão também possam favorecer a presença e o potencial de infecção pelo SARS-CoV-2.

Obviamente o número de habitantes e a densidade populacional são fatores preponderantes no número de casos de infecção, comparados com fatores climáticos²⁶. Mesmo a região serrana de Macaé tendo menores temperaturas, o que pode favorecer o vírus, os dados de casos notificados de COVID-19 (Glicério com 1 caso e Córrego do Ouro com 6 casos) representam somente 2,1% dos casos observados em Macaé no mês de maio²⁸. Por outro lado, o número de habitantes e a densidade demográfica são fatores predominantemente explicativos nos casos de COVID-19 no município, com mais casos de COVID-19 na sede municipal onde se encontram 243.298 habitantes, e maiores densidade populacionais, e menos casos nos distritos de Glicério e Córrego do Ouro com apenas 7.424 habitantes e menores

densidades demográficas. Porém, devemos ter a percepção, como demonstrado pelos artigos, que tanto baixas temperaturas, que ocorrem na região serrana, quanto altas temperaturas podem favorecer a presença do vírus do COVID-19.

Deteção de SARS-CoV-2 em esgoto e a possibilidade da transmissão oral-fecal

A principal rota de transmissão do SARS-CoV-2 é pela via respiratória através da inalação de gotículas e aerossóis contaminados por meio do contato entre pessoas. Porém, foi detectada a presença do vírus em fezes de pacientes infectados, que podem eliminar o vírus nas 7 fezes, mesmo dias após o fim dos sintomas respiratório ocasionados pela infecção²⁹. Esse quadro epidemiológico sugere a possibilidade de dispersão do vírus no ambiente, principalmente em locais onde não há saneamento básico, além da necessidade de investigação da transmissão fecal-oral³⁰.

Diante desse fato, estudos detectaram o vírus SARS-CoV-2 em esgoto na Austrália, USA, Holanda, França, em concentrações máximas de 106 cópias de RNA viral por litro de esgoto³¹. Desse modo, podemos observar um importante aspecto ambiental do COVID-19 que é a necessidade de compreender a dispersão, persistência, aspectos epidemiológicos e de risco humano por transmissão fecal-oral do SARS-CoV-2, devido à presença do vírus nas fezes de pessoas infectadas^{30,31,32,33}.

Desse modo, cenários são propostos para investigação de uma possível transmissão fecal-oral do SARS-CoV-2, baseados nas possíveis rotas das fezes no ambiente, como as águas, as superfícies e locais onde há a presença de insetos vetores, gerando a possibilidade de ingestão oral e infecção intestinal³⁰. Dentre esses cenários, o autor propõe as seguintes rotas: (a) ingestão oral de água contaminada por fezes com o vírus SARS-CoV-2; (b) ingestão oral de partículas em superfícies contaminadas por fezes com o vírus; (c) ingestão de partículas em superfícies que foram lavadas por água contaminada com fezes enriquecidas do vírus; (d) ingestão de partículas em superfícies que tenham contato com insetos vetores contaminados com fezes que tenham o vírus.

Dados indicam que para outros tipos de coronavírus (CoV) foram demonstrados que o tempo necessário para inativar 99,9% dos vírus em água de torneira é de dez dias, à temperatura de 23°C; e de 100 dias a 4°C. No esgoto, 99,9% dos vírus são inativados

depois de 2 a 3 dias a 23°C (34). A persistência do coronavírus humano nas superfícies varia de 2 a 9 dias dependendo da temperatura, umidade, tipo de superfícies e tipo do vírus³⁵. Porém, muitas espécies de coronavírus humano são sensíveis a tratamentos como cloração, com a possibilidade de inativação do SARS-CoV-2 se houver um tratamento efetivo da água através das diversas barreiras de filtração, coagulação, desinfecção; e do tratamento terciário do esgoto, embora os dados disponíveis sobre COVID-19 ainda sejam escassos na literatura. Uma revisão recente sobre coronavírus sugere que não há indícios do comportamento infeccioso desses vírus em águas superficiais, águas subterrâneas ou transmitidas em águas para consumo contaminadas, embora evidências mostrem que o vírus tenha baixa estabilidade no ambiente, sendo sensível à ação de substâncias oxidantes, como cloro, e variações na temperatura, com inativação mais rápida em águas superficiais do que vírus entéricos não-envelopados³².

Diante da detecção da presença do vírus em esgoto, estudos sugerem que a epidemiologia do COVID-19 possa ser investigada por meio do monitoramento do esgoto de uma determinada região. Esse método pode detectar reduzidas concentrações do vírus, fornecendo informações mesmo quando o número de doentes começa a diminuir na população, devido a ações de saúde pública, ou mesmo detectando a possibilidade de uma reintrodução ou “segunda onda” de contaminação. Do mesmo modo, esse método pode ser importante onde a vigilância clínica não é evidente devido ao grande número de casos assintomáticos ou reduzida abrangência dos diagnósticos de casos clínicos. Esse monitoramento também pode indicar variações sazonais do vírus no ambiente, influenciadas pelas condições climáticas nos períodos de inverno e verão ou secos e úmidos³¹.

Um estudo recente na Austrália implantou um monitoramento do vírus no esgoto visando estimar o número de pessoas infectadas em uma bacia hidrográfica. Esse monitoramento leva em consideração a detecção do número de cópias de RNA do SARS-CoV-2 no esgoto não tratado, e um balanço de massa que envolve as taxas de produção de esgoto da região, a quantidade de massa fecal produzida por indivíduo e o número de cópias de RNA viral por massa de fezes. As incertezas e a variabilidade dos dados foram incorporadas na estimativa pela análise estatística de Monte Carlo, e os resultados indicaram que no período estudado entre 171 e 1.090 pessoas estavam infectadas pela COVID-19 na região, sendo essa estimativa similar às observações dos dados de diagnóstico clínico³⁶.

PROPOSIÇÃO DE UMA MALHA AMOSTRAL DE ESGOTO PARA ANÁLISE DO SARS-COV-2 NO MUNICÍPIO DE MACAÉ

O Instituto de Biodiversidade e Sustentabilidade (NUPEM) vem realizando a testagem do SARS-CoV-2 para o sistema de saúde de Macaé em conjunto com o poder público e a iniciativa privada. Considerando a possibilidade da presença do vírus no efluente sanitário, pesquisadores do NUPEM, em paralelo com a testagem individual, vêm discutindo o desenvolvimento de um protocolo de detecção do vírus no esgoto, visando a estimativa do número de infectados no município. Em uma primeira etapa, este estudo propõe locais de coleta do esgoto para o monitoramento do vírus considerando os dados sobre a incidência do COVID-19 por bairros, a rede de drenagem fluvial e as informações sobre o tratamento de esgoto do município.

Segundo os dados atualizados em de junho de 2020 sobre os casos confirmados de COVID-19 por bairro no município de Macaé, podemos observar maior incidência no Parque Aeroporto (197), Barra de Macaé (132), Balneário Lagomar (123), Aroeira (108), Centro (88), Nova Holanda (71), Ajuda de Baixo (69), Riviera Fluminense e São José do Barreto (62), Bairro da Glória e Visconde de Araújo (58)²⁸.

Em relação à abrangência da coleta e do tratamento de esgoto no município, somente 33% dos 256.672 habitantes dispõem de sistema de esgotamento sanitário de rede coletora do tipo separador absoluto, que coleta e encaminha para tratamento em uma estação de tratamento de esgoto³⁷. Atualmente, existem no município três subsistemas de tratamento: (1) *subsistema Mutum*, que abrange o Mirante da Lagoa, Jardim Guanabara, São Marcos, Vale das Palmeiras, Vale dos Cristais e Bairros da Lagoa com 93% das casas ligadas à rede de coleta de esgoto; (2) *subsistema Centro*, que engloba a Nossa Senhora da Glória, Cavaleiros, Novo Cavaleiros, orla da Praia Campista, Cancela Preta (parte), Vale Encantado e Granja dos Cavaleiros, com somente 1,4% das residências ligadas ao subsistema e (3) *subsistema Lagomar*, que abrange Balneário Lagomar e Engenho da Praia, embora ainda não existam dados sobre o percentual de residências ligadas ao subsistema. Por fim, os distritos serranos do Sana e Glicério, e as localidades da Virgem Santa e Barreto totalizam 5,47% das residências com tratamento de esgoto. Os bairros e outras localidades não mencionados não

possuem tratamento de esgoto, podendo esses efluentes alcançar as águas superficiais e subterrâneas.

Deste modo, foram propostos três locais para coleta de esgotos ao longo da rede de drenagem do município para análise da presença do vírus, sendo (1) Canal Campos-Macaé na altura do bairro Parque Aeroporto que engloba os bairros com maior incidência do COVID-19 como Parque Aeroporto, Balneário Lagomar, Barreto e Ajuda, e que possui uma das menores abrangências de coleta e tratamento de esgoto no município; (2) o Canal do Morobá ou da Linha Vermelha, próximo ao Morro de Santana, que engloba bairros com alta incidência de casos confirmados de COVID-19, como Visconde de Araújo, parte do Centro, Riviera Fluminense, (3) Estação de Tratamento de Esgoto do Mutum, que engloba não estar com maior incidência do vírus é a rede com maior abrangência de coleta e tratamento do município (Figura 1). subsistema Mutum e, apesar do entorno não estar com maior incidência do vírus é a rede com maior abrangência de coleta e tratamento do município (Figura 1).

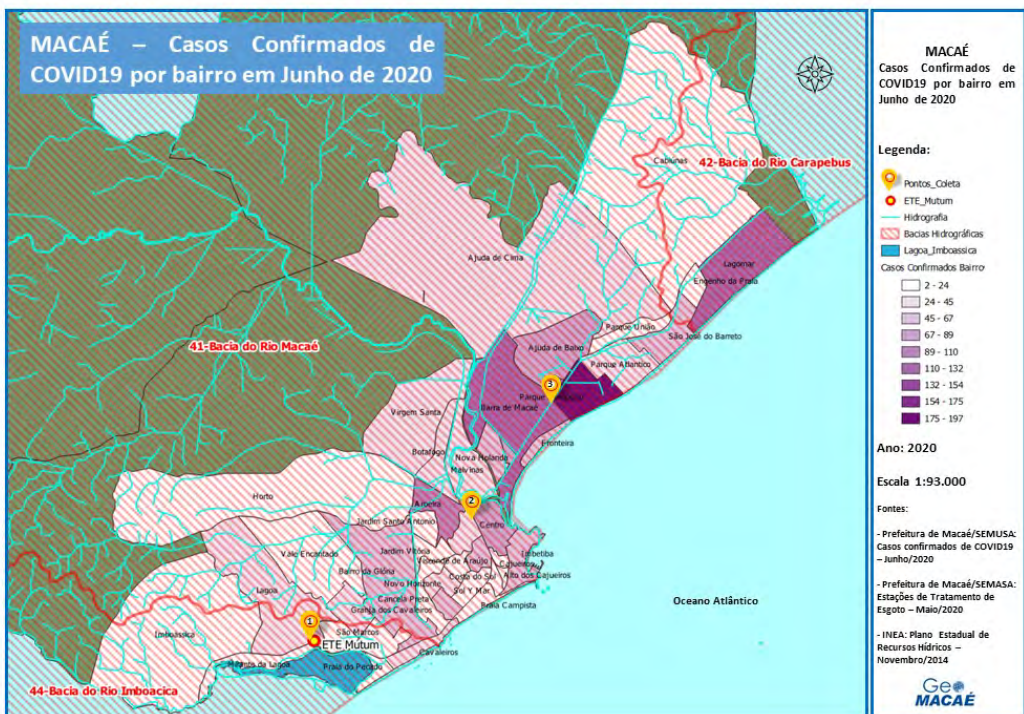


Figura 1: Pontos de coleta de esgoto para análise do vírus SARS-CoV-2, considerando a rede hidrográfica e os casos confirmados por bairros no município de Macaé.

Considerando a presença do vírus SARS-CoV-2 no esgoto e a possibilidade de sua inativação pelo processo de tratamento terciário, ressalta-se a necessidade e urgência da universalização do atendimento à população macaense para além dos 33% atuais.

No caso, das localidades com reduzido tratamento de esgoto, podemos supor que diante da possibilidade da presença do vírus, ele poderá estar circulando nos corpos hídricos que recebem esse esgoto, como o Canal Campos-Macaé e o Canal do Morobá/Linha Vermelha. Não há confirmação sobre a presença do vírus no esgoto de Macaé, nem da sua capacidade de infecção diante da possibilidade de constatação dessa presença, mas é importante ressaltar que o município é muito vulnerável à presença e à circulação de microorganismos, como vírus e bactérias patogênicos, diante da reduzida cobertura de saneamento básico e da presença extensiva de esgoto na rede hidrográfica de Macaé.

QUARENTENA IMPOSTA PELO COVID-19 E EFEITOS AMBIENTAIS

O isolamento social parcial ou completo “*lockdown*” foi uma das medidas globais de controle da pandemia do COVID-19. Com o isolamento social, houve uma redução das atividades da indústria, transporte, comércio, construção, turismo, recreação, entre outras, em diversas partes do mundo, ocasionando mensalmente uma perda de 2% do PIB em alguns países³⁸. Com a redução global das atividades socioeconômicas podemos observar uma redução do consumo de bens naturais, como o petróleo e o carvão, o que reduziu a queima de combustíveis fósseis e a emissão de gases de efeito estufa para a atmosfera^{39,40}. Dentre os gases emitidos pela queima de combustíveis fósseis, podemos observar uma redução de 20-30% nas emissões de dióxido de nitrogênio (NO₂) em capitais de diversos países devido à redução do tráfego de veículos, durante um mês de quarentena^{41,42}. Outros poluentes oriundos da queima de combustíveis fósseis (CO, NO₂, PM_{2,5}, PM₁₀, SO₂) também tiveram reduções de 6,1 a 25% nas concentrações na atmosfera durante a quarentena, apresentando um melhora significativa na qualidade do ar em diversas localidades do planeta, inclusive na cidade do Rio de Janeiro^{40,43}. Porém, um mês após a redução ou fim do isolamento pode-se observar um retorno gradual do aumento dos níveis de poluição atmosférica⁴⁰.

Além da redução da poluição atmosférica durante a quarentena, dados iniciais

descrevem uma melhora nas condições das praias e lagoas, que tiveram o lazer e turismo reduzidos pela pandemia, e do nível ruído devido à redução das atividades socioeconômicas. Por outro lado, especula-se o aumento na produção de resíduos devido ao aumento do comércio “*online*”, da geração de resíduos orgânicos pelo aumento da permanência das pessoas em casa, e de resíduos hospitalares e de proteção pela COVID-19, como máscaras e luvas, que já tiveram o aumento da observação da presença no mar^{44, 45}.

Da mesma forma, podemos supor que impactos ambientais possam ter ocorrido durante a quarentena no município de Macaé. Em relação ao lançamento de esgoto sem tratamento, podemos supor que bairros com maior frequência de atividades comerciais, como o Centro da cidade, tiveram redução durante a quarentena; enquanto que em bairros residenciais possa ter aumentado. Da mesma forma, a diminuição da presença de banhistas e conseqüentemente do pisoteio na areia e nos costões rochosos das praias de Macaé pode ter melhorado a qualidade desses ambientes, o que vem sendo monitorado por grupos de pesquisa do NUPEM/UFRJ. Em breve esses grupos de pesquisa terão resultados sobre o efeito da quarentena nos ecossistemas do município de Macaé.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O aparecimento e a transmissão do vírus SARS-CoV-2 têm um importante componente ambiental relacionado à proximidade entre animais silvestres e seres humanos em ambientes sob profunda alteração. O estabelecimento do SARS-CoV-2 em populações silvestres de mamíferos já preocupa a comunidade científica, especialmente em situações onde a perda de habitats expõe os animais a maior proximidade de seres humanos, como é o caso de Macaé, com somente 34% da sua área coberta por florestas com elevada riqueza de mamíferos silvestres. Diante do elevado número local de casos, as medidas de afastamento social no município deveriam também minimizar a exposição a mamíferos silvestres, protegendo pessoas e animais de futuros surtos. O clima, representado por parâmetros como temperatura e umidade, influencia a sobrevivência e o potencial de infecção do vírus SAR-CoV-2, sendo um fator a ser considerado nas ações de controle no inverno e em locais mais frios, como a região serrana de Macaé.

A detecção do vírus em fezes e no esgoto abre uma nova linha de investigação sobre a possibilidade da transmissão fecal-oral, além de fornecer uma metodologia de monitoramento dos casos de COVID-19 em larga escala. No caso de Macaé, um possível monitoramento do vírus para estimativa do número de casos deveria ocorrer na ETE Mutum, no Canal Campos-Macaé e no Canal do Morobá (Linha Vermelha).

Por fim, o isolamento social reduziu as emissões de gases de efeito estufa, melhorando a qualidade do ar e possivelmente a qualidade ambiental do planeta, mostrando à população o grau de esforços que devem ser feitos para reduzir o impacto da espécie humana no planeta. Essa revisão sistemática ressaltou a importância dos aspectos ambientais do COVID-19, que devem ser considerados junto com aspectos epidemiológicos, sociais e econômicos, ampliando essa discussão para o contexto do COVID-19 no município de Macaé, e propondo vias integrativas da gestão de saúde pública com a gestão do ambiente.

REFERÊNCIAS

1. Kupferschmidt K. The coronavirus czar. *Science* 2020; 368: 462-465
2. Woo PC, SK Lau, K.-y. Yuen. Infectious diseases emerging from Chinese wet-markets: zoonotic origins of severe respiratory viral infections. *Curr Opin Infect Dis.* 2006; 19:401-407.
3. Ahmad TM, Khan THM, Haroon S, Nasir J, Hui DK, Bonilla-Aldana, Rodriguez-Morales AJ. COVID-19: Zoonotic aspects. *Travel Med Infect Dis*, 2020; 101607.
4. Yadav T, Saxena SK. Transmission Cycle of SARS-CoV and SARS-CoV-2, In: *Coronavirus Disease 2019 (COVID-19)*, Saxena SK (Ed), Springer
5. Lam T, Shum M, Zhu H, Tong Y, Ni X, Liao Y, Guan Y. Identifying SARS-CoV-2 related coronaviruses in Malayan pangolins. *Nature* 2020; 583: 282-285.
6. Plowright RK, Parrish CR, McCallum H, Hudson PJ, Ko AI, Graham AL, Lloyd-Smith
athways to zoonotic spillover. *Nat Rev Microbiol* 2017; 15:502
7. Wolfe ND, Dunavan CP, Diamond J. Origins of major human infectious diseases. *Nature* 2017; 447:279-283.
8. Jisheng Y. 2012 *Tombstone: The untold story of Mao's great famine*. Penguin UK
9. Wallace R. 2016. *Big farms make big flu: dispatches on influenza, agribusiness, and the nature of science*. NYU Press.
10. Allen T, Murray KA, Zambrana-Torrel C, Morse SS, Rondinini C, Di Marco M, Breit N, Olival KJ, Daszak P. Global hotspots and correlates of emerging zoonotic diseases. *Nat Commun* 2017; 8:1-10.
11. BRASIL, 1999. *First National Report for the Convention on Biological Diversity, Brazil*. 8587166085, Ministério do Meio Ambiente-MMA, Brasília, DF, Brazil.
12. Everard M, Johnston P, Santillo D, Staddon C. The role of ecosystems in mitigation and management of Covid-19 and other zoonoses. *Environ Sci Policy* 2020; 111:7-17
13. Rezende CL, Scarano FR, Assad ED, Joly CA, Metzger JP, Strassburg BB, Tabarelli M, Fonseca GA, Mittermeier RA. From Hotspot to Hopespot: An Opportunity for the Brazilian Atlantic Forest. *Perspect Ecol Conser*, 2018; 16:208-214.
14. Molisani MM, Guimarães LG, Petry AC, Gonçalves PR, Caramaschi E, Silveira JR, Farias R, Esteves FA. Bacia hidrográfica na interface com a proteção da biodiversidade. In: *Gestão de Bacias Hidrográficas e Sustentabilidade*, Philippi Jr, A, Sobral MC (Eds), 2019; 314-41. São Paulo: Editora Manole.
15. Pessoa LM, Tavares WC, Gonçalves PR. Mamíferos das Restingas do macrocompartimento litorâneo da Bacia de Campos, Rio de Janeiro. In: *Mamíferos de Restingas e Manguezais Do Brasil*, L.M. Pessoa, W.C. Tavares, and S. Siciliano (Eds), 2010; 80:95-125. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Mastozoologia, Museu Nacional.

16. Letko M, Seifert S, Olival KJ, Plowright RK, Munster VJ. 2020. Bat-Borne Virus Diversity, Spillover and Emergence. *Nat Rev Microbiol*, 2020; 18:461-471
17. Anthony SJ, Christine KJ, Greig DJ, Kramer S, Che X, Wells H, Hicks AL, Global Patterns in Coronavirus Diversity. *Virus Evol*, 2016; 3: 1–15.
18. Bittar C, Rahal R, Machado G, Comelis MT, Bueno L, Beguelini MR, Morielle-Versute E, Nogueira ML, Rahal P. Alphacoronavirus Detection in Lungs, Liver, and Intestines of Bats from Brazil. *Microb Ecol*, 2020; 79: 203–12. <https://doi.org/10.1111/mam.12201>.
19. Carrington CVF, Foster JE, Zhu HC, Zhang JX, Smith GD, Thompson N, Auguste AJ, Ramkisson V, Adesiyun AA, Guan Y. Detection and Phylogenetic Analysis of Group 1 Coronaviruses in South American Bats. *Emerg Infect Dis* 2008; 14: 1890–93.
20. White RJ, Razgour O. Emerging Zoonotic Diseases Originating in Mammals: A Systematic Review of Effects of Anthropogenic Land-Use Change. *Mammal Rev*, 2020; no. June. <https://doi.org/10.1111/mam.12201>.
21. Mallapaty S, What’s the Risk That Animals Will Spread the Coronavirus? *Nature*, 2020; no June. <https://doi.org/10.1038/d41586-020-01574-4>.
22. Enserink, M. Coronavirus Rips through Dutch Mink Farms, Triggering Culls to Prevent Human Infections. *Science*, 2020 June. <https://doi.org/10.1126/science.abd2483>.
23. Germán, BN, Cunningham A, Moise E, Fils B, Frick W, Islam Md, et al. IUCN SSC Bat Specialist Group (BSG) Recommended Strategy for Researchers to Reduce the Risk of Transmission of SARS-CoV-2 from Humans to Bats MAP : Minimize , Assess , Protect Living Document Version 1 . 2020; Released 19th June 2020.”
24. ICMBio/CPB, SBPr, IUCN-SSC, SLAPrim, IPS, and Pró-Primatas. 2020. “Comunicado sobre primatas, COVID-19 e a SARS-COV-2: Orientações para profissionais que lidam com primatas não-humanos em cativeiro ou vida livre.”
25. Sajadi M, Habibzadeh P, Vintzileos A, Shokouhi S, Miralles-Wilhelm F, Amoroso A. Temperature, humidity, and latitude Analysis to estimate potential spread and seasonality of Coronavirus Disease
26. Prata DN, Rodrigues W; Bermejo PH. Temperature significantly changes COVID-19 transmission in (sub) tropical cities of Brazil. *Sci Total Environ* 2020; 729:138862
27. Auler AC, Cássaro FAM, da Silva VO, Pires LF. Evidence that high temperatures and intermediate relative humidity might favor the spread of COVID-19 in tropical climate: A case study for the most affected Brazilian cities. *Sci Total Environ* 2020; 729, 139090

28. SEMUSA - Sistema de de Informações de Vigilância Epidemiológica da Gripe, Ministério da Saúde/ <http://www.macaee.rj.gov.br/saude/leitura/noticia/boletim-coronavirus>
29. 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. *Lancet Gastroenterol Hepatol* 2020; 1253: 20–21.
30. Heller L, Mota C, Greco D. COVID-19 faecal-oral transmission: Are we asking the right questions? *Sci Total Environ* 2020; 729:138919
31. Kitajima M, Ahmed W, Bibby K, Carducci A, Gerba C, Hamilton K, Haramoto E, Rose J. SARS-CoV-2 in wastewater: State of the knowledge and research needs. *Sci Total Environ* 2020; 739:139076
32. La Rosa G, Bonadonna L, Lucentini L, Kenmoe S, Suffredini E. Coronavirus in water environments: Occurrence, persistence and concentration methods - A scoping review. *Water Res* 2020; 179: 115889
33. Nghiem L, Morgan B, Donner E, Short M. The COVID-19 pandemic: Considerations for the waste and wastewater services sector. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering* 2020; 1: 100006
34. Gundy PM, Gerba CP, Pepper IL, Survival of coronaviruses in water and wastewater. *Food Environ Virol* 2009; 1: 10–14.
35. Kampf G, Todt D, Pfaender S, Steinmann E. Persistence of coronaviruses on inanimate surfaces and their inactivation with biocidal agents. *J Hospital Infect* 2020; 104: 246–251.
36. Ahmed W, Angel N, Edson J, Bibby K, Bivins A, O'Brien J, Choi P, Kitajima M., Simpson L, Li J, Tschärke B, Verhagen R, Smith R, Zaugg J, Dierens L, Hugenholtz P, Thomas K, Mueller J. 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
37. SEMASA, Secretaria Adjunta de Saneamento (2020). Relatório técnico conclusivo de fiscalização das metas contratuais.
38. OECD annual national accounts; OECD trade in value added database, and OECD calculations; OECD 2020, <http://www.oecd.org/coronavirus/en/>, Accessed date: 08 April 2020
39. Muhammad S, Long X, Salman M COVID-19 pandemic and environmental pollution: A blessing in disguise? *Sci Total Environ*, 2020; 728: 138820
40. Wang Q, Su M. A preliminary assessment of the impact of COVID-19 on environment – A case study of China. *Sci Total Environ*, 2020; 728: 138915
41. NASA, 2020. NASA, 2020. <https://earthobservatory.nasa.gov/images>
42. ESA, 2020. https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Sentinel-5P
43. Dantas G, Siciliano B, França B, Silva C, Arbilla G. The impact of COVID-19 partial lockdown on the air quality of the city of Rio de Janeiro, Brazil. *Sci Total Environ*, 2020; 729: 139085
44. Zambrano-Monserrate M, Ruano M, Sanchez-Alcalde L. Indirect effects of COVID-19 on the environment. *SciTotal Environ* 2020; 728: 138813
45. Saadat S, Rawtani D, Hussain C. Environmental perspective of COVID-19. *Sci Total Environ* 2020; 728:138870