

VII – 1335 MONITORAMENTO DO SARS-CoV-2 NO ESGOTO BRUTO DO DISTRITO FEDERAL COMO PARTE DA REDE NACIONAL DE MONITORAMENTO COVID ESGOTOS

Fuad Moura Guimarães Braga⁽¹⁾

Engenheiro Civil pela Universidade Federal do Ceará (UFC), Mestre em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos pela Universidade de Brasília (UnB) e Assessor de Projetos Especiais e Novos Negócios da Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal (Caesb).

Ana Maria do Carmo Mota⁽¹⁾

Bióloga pela Universidade de Brasília (2006), Mestre em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos pela Universidade de Brasília (UnB) e Superintendente Superintendência de Operação e Tratamento de Esgotos da Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal (Caesb)

Laís Pereira de Freitas⁽¹⁾

Graduada em Relações Internacionais (UCB/UCA), Pós-Graduada em Gestão Pública (UNEB), Mestre em Governança, Tecnologia e Inovação (UCB), Graduanda em Administração (UCB) e Assistente da Assessoria de Projetos Especiais e Novos Negócios da Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal (Caesb).

Sandra Rita Silva⁽¹⁾

Bióloga pela Universidade de Brasília (2006), Mestre em Biologia Animal pela Universidade de Brasília (UnB) e Coordenadora de Operação dos Sistemas Brasília Sul e Riacho Fundo, da Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal (Caesb).

Cristina Celia Silveira Brandão⁽²⁾

Engenheira Química pela Universidade Federal da Bahia. Mestre em Engenharia Química pela COPPE/UFRJ. Doutora em Engenharia Ambiental pelo Imperial College (Londres). Professora Associada da Universidade de Brasília.

Endereço⁽¹⁾: Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal (Caesb), Av. Sibipiruna, 13/21 - Águas Claras, Brasília - DF, 71928-720. Tel: +55 (61) 3329-9090. Cel: +55 (61) 98146-8410. fuadbraga@caesb.df.gov.br.

RESUMO

Diante da realidade de detectar fragmentos virais do SARSCoV-2 em amostras de esgoto bruto, contribuindo para identificação da circulação do vírus na população do Distrito Federal (DF), a Caesb, por meio de seus projetos de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação, e diante de sua atuação em investigações experimentais na linha da “Epidemiologia do Esgoto” (WBE), passou, em parceria com a Universidade de Brasília, a contribuir com a “Rede Monitoramento Covid Esgotos” coordenada pelo Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Estações de Tratamento de Esgotos Sustentáveis (INCT ETEs Sustentáveis). A metodologia para alcançar o objetivo do trabalho foi planejada com as seguintes etapas: 1) Identificação dos pontos de coleta de amostras de esgoto; 2) Coleta, preservação e transporte das amostras de esgoto; 3) Processamento das amostras e realização das análises em laboratório; e 4) Processamento e divulgação dos resultados. O plano de amostragem contemplou 8 Estações de Tratamento de Esgoto, de monitoramento semanal, correspondente ao esgoto coletado de cerca de 80% da população do DF. O monitoramento epidemiológico do esgoto possibilitou acompanhar a propagação e a dinâmica da COVID-19 no DF, uma vez que a concentração de partículas de SARS-CoV-2 nas amostras de esgoto bruto coletadas demonstrou forte correlação com o número de casos da doença registrados no período. Outro aspecto importante observado no trabalho foi o caráter sentinela do monitoramento, com a clara relação do aumento da carga genômica de SARS-CoV-2 antes do aumento do registro de casos de Covid-19 no sistema de saúde. A avaliação dos resultados demonstra a eficácia da campanha de vacinação, uma vez que a evolução da imunização (cobertura vacinal da população) resultou na redução da carga dos fragmentos virais do SARS-CoV-2 no esgoto bruto, do número de casos de covid e na ocupação dos leitos de UTI e de enfermaria. Os mapas de calor gerados se mostraram como uma ferramenta robusta para acompanhar a propagação do SARS-CoV-2 nas diferentes regiões do DF, funcionando como instrumento de alerta.

PALAVRAS-CHAVE: COVID-19; epidemiologia baseada no esgoto; WBE; SARSCoV-2; vigilância epidemiológica.

INTRODUÇÃO

A Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal - Caesb é uma sociedade de economia mista, regida pela Lei das Sociedades Anônimas responsável pela prestação de serviços de saneamento e em quaisquer de seus processos, com vistas à exploração econômica, planejando, projetando, executando, ampliando, remodelando, administrando, operando e mantendo os sistemas de abastecimento de água; de coleta, tratamento e disposição final de esgotos sanitários.

A Caesb destaca-se por projetos de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação e diante sua atuação em investigações experimentais na linha da “Epidemiologia do Esgoto” (WBE), passou, em parceria com a Universidade de Brasília, a contribuir com a “Rede Monitoramento Covid Esgotos” coordenada pelo Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Estações de Tratamento de Esgotos Sustentáveis (INCT ETEs Sustentáveis) e que conta com apoio financeiro da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) e de órgão de fomento.

A Rede Monitoramento Covid Esgotos foi criada como objetivo aumentar a disponibilidade de informações para o enfrentamento da pandemia de Covid-19 em importantes capitais brasileiras (Belo Horizonte, Curitiba, Fortaleza, Recife e Rio de Janeiro) e no Distrito Federal. No DF este monitoramento vem sendo realizado desde março de 2021 por meio do monitoramento do SARS-CoV-2 nos afluentes das suas maiores Estações de Tratamento de Esgotos. Os resultados e conclusões do projeto ajudaram as autoridades de saúde a tomar decisões, incluindo a definição de ações para combater a pandemia de Covid-19.

OBJETIVOS

No escopo do projeto “Rede Monitoramento Covid Esgotos”, o monitoramento no DF teve como objetivo produzir dados de concentração (cópias genômicas /L) e carga (cópias genômicas/d) do SARS-CoV-2 para diferentes regiões do Distrito Federal durante o período de 2020 a 2022. Adicionalmente, dados locais do sistema de saúde foram compilados e comparados aos dados de carga, em um esforço para auxiliar as autoridades locais na tomada de decisões sobre a pandemia do CoVid-19, bem como informar a população.

METODOLOGIA

Para alcançar o objetivo do trabalho, foram planejadas as seguintes etapas:

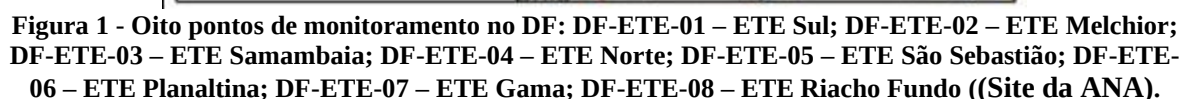
1. Identificação dos pontos de coleta de amostras de esgoto

A identificação dos pontos de coleta das amostras foi feita em conjunto com profissionais com a Universidade de Brasília, buscando-se obter uma representatividade adequada da população do DF, todavia considerando também aspectos importantes relacionados à capacidade de processamento dos laboratórios, de logística e disponibilidade de equipes de campo e de acessibilidade aos pontos de amostragem.

Ao final, o planejamento do estudo definiu 8 pontos de monitoramento do esgoto, indicados na Tabela 1 e na Figura 1 e correspondente ao esgoto coletado de cerca de 80% da população do DF.

Tabela 1. Tecnologia de tratamento, vazão e população atendida por ETE monitorada

ETE	Vazão Média em 2022 (L/s)	Estimativa da População Atendida em 2022 (hab)
ETE Brasília Norte	538,1	301.336
ETE Brasília Sul	1.216,80	551.746
ETE Gama	170,6	88.030
ETE Melchior	1.152,50	694.266
ETE Planaltina	143,5	135.831
ETE Riacho Fundo	70,8	51.395
ETE Samambaia	157,6	100.158
ETE São Sebastião	163,5	180.216



As coletas das amostras de esgoto nas 8 ETES previamente definidas foram de responsabilidade das equipes operacionais da Caesb em cada ETE. As coletas eram realizadas no afluente às ETES por meio de amostradores automáticos, refrigerados, pelo período de 24 horas. Durante o período de coleta era também registrada a vazão de esgoto alimentando cada ETE.

A frequência de amostragem era semanal e, à exceção de feriados, as coletas são realizadas de 0 a 24 horas nas 3ª feiras (dia útil representativo da dinâmica da população do DF), sendo transportadas no início da manhã de quarta-feira, sob refrigeração, para o Laboratório de Saneamento Ambiental do Programa de Pós-graduação

em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos da Universidade de Brasília, onde eram imediatamente processadas.

3. Processamento das amostras e realização das análises em laboratório

No laboratório, as amostras foram processadas seguindo basicamente 3 etapas:

(i) *concentração*;

As amostras de cada ETE eram acidificadas a um pH entre 3,0 e 3,5 e posteriormente submetidas à filtração e concentração de partículas virais pelo método de adsorção em membrana eletronegativa, com tamanho de poro de 0,45 µm.

(ii) *extração*;

A extração do material genético viral foi realizada diretamente da membrana utilizando o kit AllPrep PowerViral DNA/RNA (Qiagen®, Hilden, Alemanha).

(iii) *deteção e quantificação*;

O material genético do SARS-CoV-2 foi detectado e quantificado a partir da transcrição reversa seguida de reação em cadeia da polimerase em tempo real (RT-qPCR), usando os oligonucleotídeos iniciadores que flanqueiam a região codificante do nucleocapsídeo (N) viral. Para determinação do número de cópias do gene alvo nas amostras foi empregado o método da curva padrão. Em todos os ensaios, um controle positivo e um controle negativo foi inferido. As amostras foram quantificadas e consideradas positivas para a presença de SARS-CoV-2 quando o Ciclo Threshold (Ct) < 40.

4. Processamento e divulgação dos resultados

De posse dos dados laboratoriais, os resultados obtidos eram expressos por meio da evolução temporal das concentrações do material genético do SARS-CoV-2 (cópias genômicas /L) e mapas de calor.

A partir das concentrações e vazão de cada ETE eram calculadas as cargas virais (cópias genômicas /L) em cada ETE e total (somatório das cargas em cada ETE). A evolução temporal era apresentada de forma conjunta de dados de saúde (casos confirmados de Covid-19, internações em leitos de UTI e enfermaria, e imunização).

Os gráficos e mapas foram produzidos de modo a possibilitar a visualização espacial e temporal da SARS-CoV-2.

Os resultados do monitoramento no DF, juntamente com o das demais capitais participantes da “Rede Monitoramento Covid Esgotos”, eram publicados periodicamente no site da ANA. Quando eram detectadas tendências de crescimento das cargas virais, eram emitidas notas de alerta.

RESULTADOS

A Figura 2 apresenta a evolução da carga viral por 10 mil habitantes no esgoto afluente às 8 estações de tratamento de esgoto monitorados no Distrito Federal no período de 30 de março de 2021 a 31 de janeiro de 2023. A Figura 2 apresenta ainda dados dos indicadores de saúde: (a) número de novos casos confirmados de Covid-19; (b) número de leitos (enfermária e UTI) destinados a Covid-19 que se encontram disponíveis para recebimento de novos pacientes e número de leitos ocupados; e (c) porcentagem da população imunizada contra a Covid-19 com a 1ª dose, 2ª dose ou dose única, 1ª dose de reforço e 2ª dose de reforço.

A Figura 3 exemplifica distribuição espacial das concentrações do SARS-CoV-2 nas áreas de abrangência das ETEs monitoradas no período de 14 de dezembro de 2021 a 11 de março de 2022, durante a onda de Covid-19 destacada na Figura 2(a).

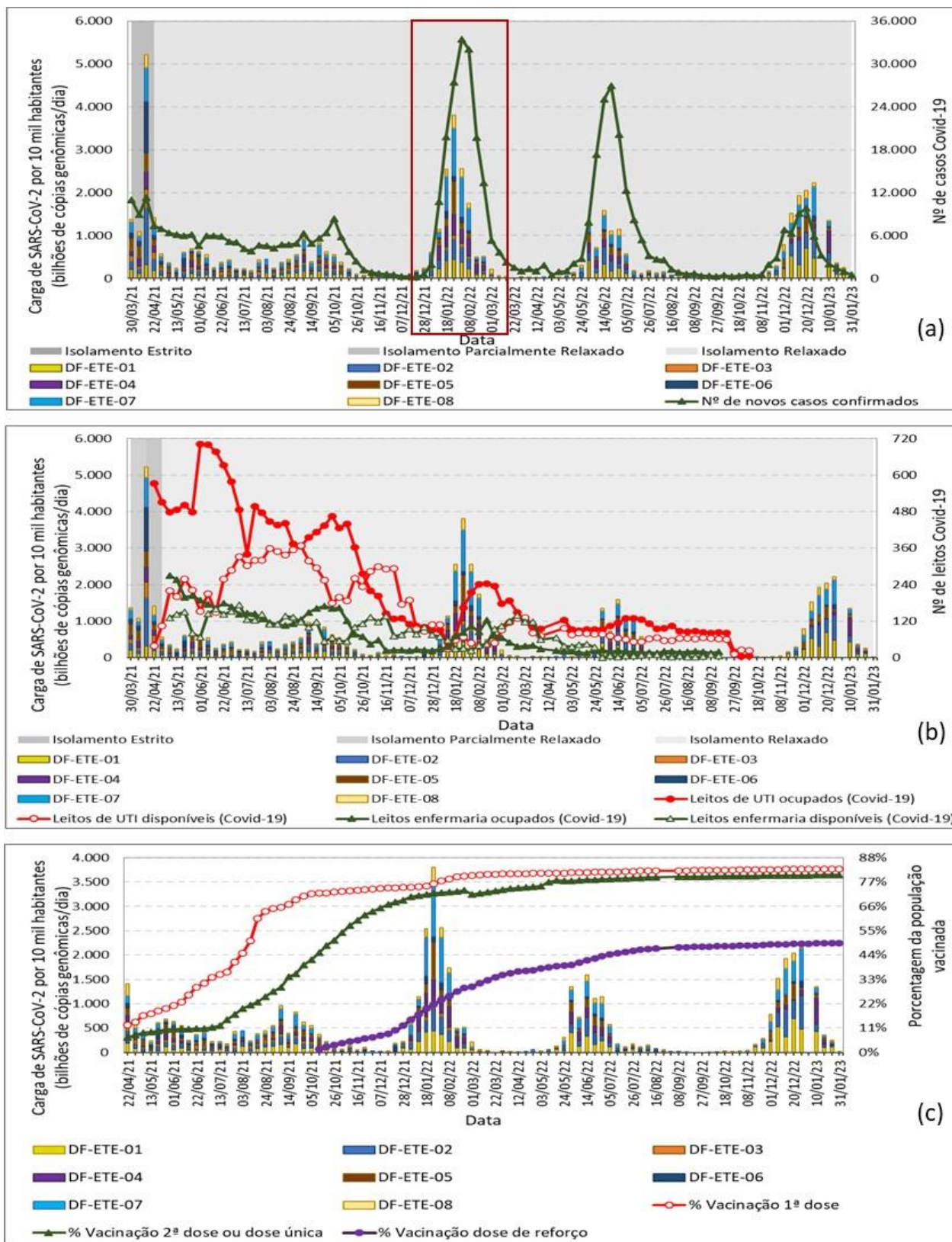


Figura 2 – Evolução da carga viral no esgoto DF x indicadores de saúde (a) novos confirmados de Covid-19, (b) leitos covid-19 (enfermaria e UTI) disponíveis e ocupados e (c) % da população imunizada contra Covid-19 (Site da ANA, 2022)

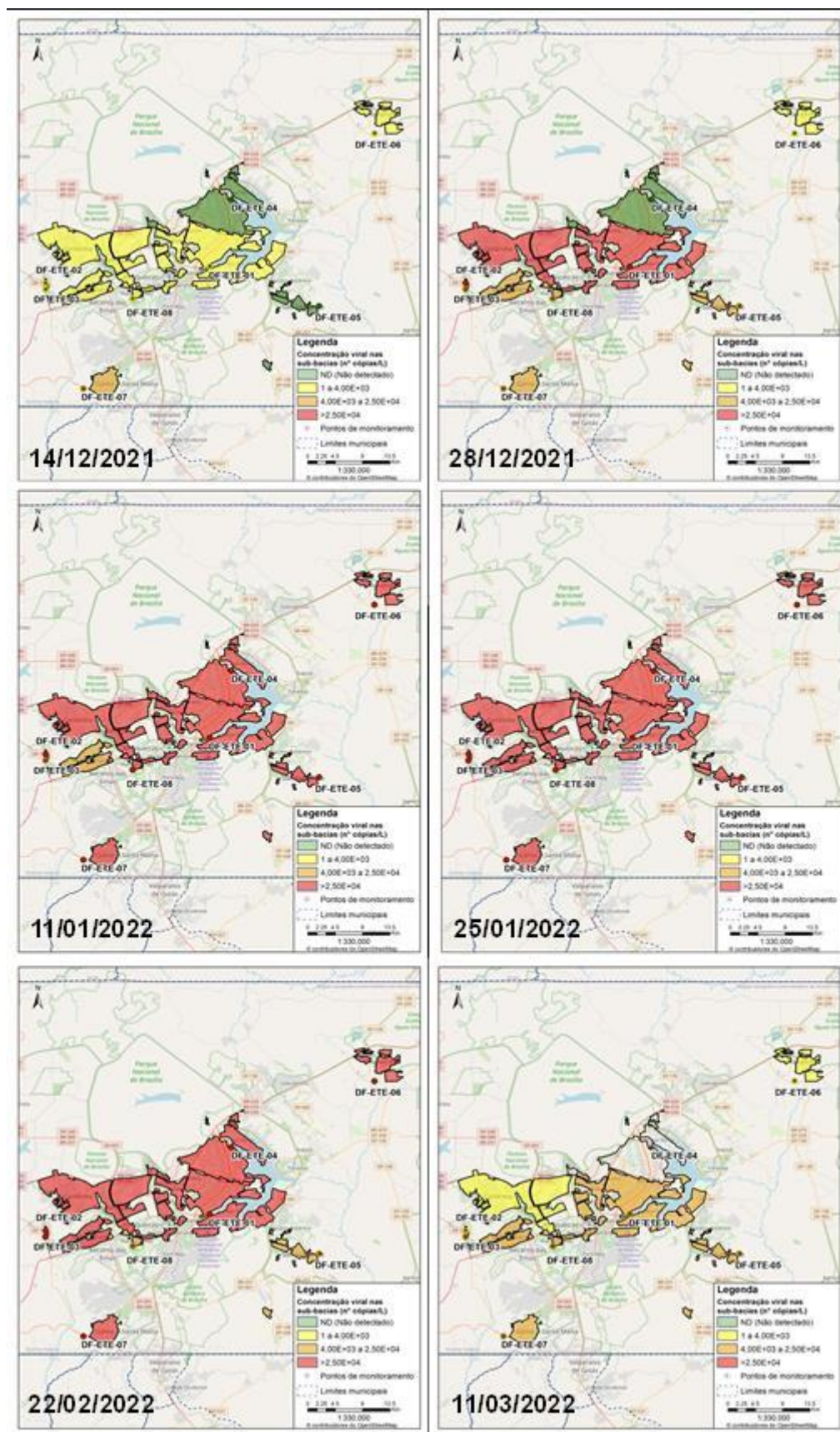


Figura 3 - Exemplos de Mapas de Calor do período de 14/12/2021 a 11/03/22

ANÁLISE DOS RESULTADOS

Observando a Figura 2(a) é notável a relação entre a carga genômica de SARS-CoV-2 no esgoto bruto do Distrito Federal e o número de casos de Covid 19 registrados no sistema de saúde. Considerando o período abril de 2021 a abril de 2022, quando a carga de SARS-CoV-2 era calculada a partir das contribuições das 8 ETEs monitoradas, verificou-se correlação positiva entre a carga viral semanal e os casos confirmados de Covid 19 em cada semana (coeficiente de Spearman de 0,83, $p < 0,1$), confirmando o potencial do monitoramento do esgoto como ferramenta de apoio a tomada de decisão das autoridades de saúde pública. A partir de maio de 2022, a ETE Samambaia (DF-ETE-03) foi retirada de operação para manutenção e com isso as cargas passaram a ser calculada com base em 7 ETEs.

Observando ainda a Figura 2(a) nota-se (ver período destacado) um aspecto muito importante da epidemiologia baseada no esgoto, que é seu caráter sentinela. Analisando este período fica claro que o aumento da carga genômica de SARS-CoV-2 acontece antes do aumento do registro de casos de Covid-19 no sistema de saúde.

A partir da Figura 2(c) é possível observar a eficácia da campanha de vacinação, uma vez que com a evolução da imunização (cobertura vacinal da população), particularmente com a elevada cobertura da segunda dose ou dose única, verifica-se a redução da carga dos fragmentos virais do SARS-CoV-2 no esgoto bruto, do número de casos de covid. A eficácia da vacinação fica ainda mais evidente quando se analisa a ocupação dos leitos de UTI e de enfermaria (Figura 1(b)).

Os mapas de calor, exemplificados na Figura 3, se mostraram ferramenta robusta para acompanhar a propagação do SARS-CoV-2 nas diferentes regiões do DF e ser usado como instrumento de alerta. No dia 14/12/2020, ainda quando número de casos semanal de Covid 19 registrado do sistema de saúde se mostrava muito baixo, o mapa de calor já mostrava a presença de fragmentos genômicos do SARS-CoV-2 concentrações preocupantes. Ao longo do pico de Covid os mapas mostravam a disseminação do SARS-CoV-2 em todas as regiões do DF e, mesmo antes do número de casos voltarem ao patamar pré-pico, o mapa de calor do dia 11/03/2021 sinaliza o recuo da disseminação do vírus nas diferentes regiões.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Destacam-se como aspectos importantes no trabalho: i) o caráter sentinela do monitoramento, com a clara relação do aumento da carga genômica de SARS-CoV-2 antes do aumento do registro de casos de Covid-19 no sistema de saúde; ii) a eficácia da campanha de vacinação, uma vez que a evolução da imunização (cobertura vacinal da população) resultou na redução da carga dos fragmentos virais do SARS-CoV-2 no esgoto bruto, do número de casos de covid e na ocupação dos leitos de UTI e de enfermaria; iii) os mapas de calor gerados se mostraram como uma ferramenta robusta para acompanhar a propagação do SARS-CoV-2 nas diferentes regiões do DF, funcionando como instrumento de alerta.

O monitoramento epidemiológico do esgoto (WBE) possibilitou acompanhar a propagação e a dinâmica da COVID-19 no Distrito Federal, uma vez que a concentração de partículas de SARS-CoV-2 nas amostras de esgoto bruto coletadas demonstrou forte correlação com o número de casos da doença registrados no período.

Esse comportamento também foi observado em outras cidades que integram a rede de monitoramento. Assim, tendo em vista o a correlação observada das cargas de SARS-CoV-2 no DF, ressalta-se a importância do trabalho realizado pela Caesb em parceria com a Universidade de Brasília, no âmbito da Rede Nacional de Monitoramento Covid, e o suporte financeiro das agências de fomento (FAPDF e CNPq) além da Agência Nacional de Água e Saneamento (ANA).

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à FAPDF, ao CNPq e a ANA pelo suporte financeiro. Agradecemos também aos colegas e amigos do INCT ETEs Sustentáveis, ao Prof. Fernando Sodré e Prof Ricardo Krüger pela oportunidade do trabalho conjunto. Nosso mais profundo agradecimento à equipe da Superintendência de Operação e Tratamento de Esgotos (POE) da Caesb, à equipe da Superintendência de Suporte à Expansão e Operação (ESE) da Caesb, em especial à Gerência de



Geoprocessamento, e à equipe do Laboratório de Saneamento Ambiental da UnB (Alice Pereira, Carla Alves; Carla Vizzotto, Rafaella Silveira) pois sem esse grupo comprometido, de diferentes equipes e Instituições, este trabalho não teria acontecido.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Site Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal – Caesb, 2022: <https://www.caesb.df.gov.br/>
2. Site da Agencia Nacional de Águas - ANA, 2022 <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiMTAyYzJlZDUtMDZhZC00MDQyLTgyNWItZDU5YTk4M2VhMjQ4IiwidCI6IjBkOGNhYjA4LTg4MzktNDQ2OC04M2Y0LWE4ZGUiY2Q5YmQ4NyJ9&pageName=ReportSection>
3. Sites da Secretaria de Saúde do Governo do Distrito Federal, 2022 <http://www.saude.df.gov.br/boletinsinformativos-divep-cieves/>
4. <http://www.coronavirus.df.gov.br/index.php/leitros/>
5. <http://info.saude.df.gov.br/vacinometro-covid/>
6. Site do IBGE, 2022
7. <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/df/panorama>