

Distribuição espacial da soroprevalência de SARS-CoV-2 na Região Administrativa da Estrutural, Distrito Federal, Brasil

Spatial distribution of SARS-CoV-2 seroprevalence in the Administrative Region of Estrutural, Federal District, Brazil

Rafael da Silva Faria¹, Raíssa Nogueira de Brito², Ana Izabel Passarella Teixeira³, Carolina Carvalho Gontijo⁴, Gustavo Adolfo Sierra Romero⁵, Rodrigo Haddad⁶, Wildo Navegantes de Araújo⁷, Walter Massa Ramalho⁸

Resumo

Introdução: Conhecer a soroprevalência do SARS-CoV-2 e sua distribuição espacial na Estrutural é fundamental para o planejamento de políticas de saúde pública adequadamente direcionadas em situações de epidemias futuras. **Métodos:** Realizamos um estudo de análise espacial da soroprevalência e fatores associados na RA SCIA/Estrutural entre 27/05 e 19/09 de 2021. Aplicamos questionários e realizamos testes sorológicos de anticorpos IgG para o vírus SARS-CoV-2 em uma amostra de 1057 participantes, analisando variáveis demográficas, socioeconômicas, presença de anticorpos para o vírus e sua distribuição no espaço. Uma amostra de 1054 foi considerada para a análise espacial. **Resultados:** Dos 1057 participantes, 202 apresentaram resultado sorológico positivo para SARS-CoV-2. A prevalência estimada foi de 19,11% (IC 95%; 16,85% a 21,59%). No modelo de regressão logística, ter uma renda de até um salário mínimo mensal apresentou uma associação negativa (OR = 0,46; IC95% 0,25 a 0,83). A análise espacial identificou a Chácara Santa Luzia como a área de maior densidade de participantes soropositivos para SARS-CoV-2. **Discussão:** Quase um quarto da população já havia sido infectada ainda no início da pandemia na população estudada. A análise espacial identificou concentração de participantes soropositivos na área mais vulnerável da Estrutural, mostrando que a distribuição espacial não é homogênea. Essa diferença pode estar relacionada às características locais de Santa Luzia, como adensamento de residências e moradores por residência. **Palavras chave:** Distribuição espacial, soroprevalência, fatores associados, anticorpos, SARS-CoV-2.

¹ Mestrado em Medicina Tropical pela Universidade de Brasília (UnB), Brasília, Distrito Federal, Brasil. E-mail: rafaelsof098@gmail.com. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-0434-739X>

² Doutorado em Ciências da Saúde pelo Instituto René Rachou/Fiocruz Minas (IRR/FIOCRUZ), Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil. E-mail: raissanogueirabrito@gmail.com. Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-5981-8139>

³ Doutorado em Medicina Tropical pela Universidade de Brasília (UnB), Brasília, Distrito Federal, Brasil. E-mail: anaipassarella@gmail.com. Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-9208-4288>

⁴ Doutorado em Biologia Animal pela Universidade de Brasília (UnB), Brasília, Distrito Federal, Brasil. E-mail: carolinacarvalhogontijo@gmail.com. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-8021-5081>

⁵ Doutorado em Medicina Tropical pela Universidade de Brasília (UnB), Brasília, Distrito Federal, Brasil. Professor da Universidade de Brasília (UnB), Brasília, Distrito Federal, Brasil. E-mail: romgustavo@gmail.com. Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-1425-926X>

⁶ Doutorado em Ciências Médicas pela Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo (USP), Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil. Professor da Universidade de Brasília (UnB), Brasília, Distrito Federal, Brasil. E-mail: haddad@unb.br. Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-4699-164X>

⁷ Doutorado em Biotecnologia em Saúde e Medicina Investigativa pelo Centro de Pesquisa Gonçalo Moniz/Fiocruz Bahia (CPqGM/FIOCRUZ), Salvador, Bahia, Brasil. Professor da Universidade de Brasília (UnB), Brasília, Distrito Federal, Brasil. E-mail: wildo74@gmail.com. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-6856-4094>

⁸ Doutorado em Medicina Tropical pela Universidade de Brasília (UnB), Brasília, Distrito Federal, Brasil. Professor da Universidade de Brasília (UnB), Brasília, Distrito Federal, Brasil. E-mail: walter.ramalho@gmail.com. Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-5085-5670>

Abstract

Introduction: Understanding the seroprevalence of SARS-CoV-2 and its spatial distribution in Estrutural is crucial for properly targeting public health policies in future epidemic situations. **Methods:** We conducted a spatial analysis study of seroprevalence and associated factors in the SCIA/Estrutural Administrative Region between May 27 and September 19, 2021. We administered questionnaires and performed IgG serological tests for SARS-CoV-2 antibodies on a sample of 1057 participants, analyzing demographic, socioeconomic variables, antibody presence for the virus, and their spatial distribution. A sample of 1054 was considered for spatial analysis. **Results:** Out of 1057 participants, 201 tested positive for SARS-CoV-2 antibodies. The estimated prevalence was 19.11% (95% CI; 16.85% to 21.59%). In the logistic regression model, having a monthly income of up to one minimum wage showed a negative association (OR = 0.46; 95% CI 0.25 to 0.83). Spatial analysis identified Chácara Santa Luzia as the area with the highest density of SARS-CoV-2 seropositive participants. **Discussion:** Nearly a quarter of the population had been infected early in the pandemic among the studied population. The spatial analysis identified a clustering of seropositive participants in the most vulnerable area of Estrutural, demonstrating that the spatial distribution is non-homogeneous. This difference may be related to local characteristics of Santa Luzia, such as residential density and residents per household. **Keywords:** Spatial distribution, seroprevalence, SARS-CoV-2, COVID-19.

Introdução

A COVID-19 é causada pelo coronavírus SARS-CoV-2⁽¹⁾, identificado inicialmente em Wuhan, China, em dezembro de 2019. A pandemia de COVID-19 teve repercussões significativas tanto na saúde global quanto nas economias⁽²⁾. O primeiro caso confirmado no Brasil ocorreu em 26 de fevereiro de 2020, no estado de São Paulo. Em menos de dois meses, todos os 27 estados brasileiros já reportavam pelo menos dez casos de COVID-19⁽³⁾. A disseminação do vírus intensificou os impactos nas áreas mais vulneráveis socioeconomicamente, aumentando os desafios enfrentados por essas comunidades onde os residentes são mais suscetíveis à infecção por SARS-CoV-2⁽⁴⁾.

Os estudos de soroprevalência são essenciais para determinar o verdadeiro número de indivíduos infectados, incluindo assintomáticos. Assim, envolvendo a testagem de amostras de sangue de pessoas buscando anticorpos contra SARS-CoV-2, que indicam uma infecção anterior⁽⁵⁾. A análise espacial da soroprevalência contribui significativamente para identificar as áreas de alta prevalência e populações vulneráveis, mostrando as regiões com as maiores concentrações de pessoas com a

presença de anticorpos, indicando onde há maior probabilidade de infecção. Além disso, são fundamentais para orientar políticas de saúde pública e projetar estratégias de prevenção direcionadas, especialmente para grupos sub-representados.

A Região Administrativa (RA) SCIA/Estrutural é uma das regiões mais vulneráveis socioeconomicamente do Distrito Federal, apresentando elevados índices de vulnerabilidade social⁽⁶⁾. A Chácara Santa Luzia, inserida na Estrutural, é uma ocupação irregular formada por um aglomerado com várias famílias que necessitam de todos os tipos de assistência⁽⁷⁾, desde assistência em saúde e social até infraestrutura. Aqui, estimamos e analisamos a distribuição espacial da soroprevalência de SARS-CoV-2, como também, identificamos a área de maior densidade espacial de participantes soropositivos. Neste estudo, visamos a nossa hipótese de que a distribuição de infectados na região não é homogênea. Os dados produzidos por esse estudo podem servir como base para políticas públicas em situação de futuras epidemias na região.

Métodos

Cenário

Realizamos um estudo transversal de base populacional estimando a soroprevalência de IgG específica contra o SARS-CoV-2 na população da RA SCIA/Estrutural. A coleta de dados e amostras biológicas foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Medicina da Universidade de Brasília (CEP-FM/UnB, CAEE 39866620.4.0000.5558), com todos os participantes voluntários assinando termos de consentimento, incluindo menores de 18 anos que precisaram do consentimento dos pais ou responsáveis.

O “Lixão da Estrutural”, inaugurado na década de 1960, foi considerado o segundo maior do mundo⁽⁸⁾ e o maior da América Latina⁽⁹⁾, impulsionando o desenvolvimento de uma comunidade de catadores de lixo⁽¹⁰⁾, dependente de atividades econômicas relacionadas ao lixão. Hoje, a Estrutural diversificou suas fontes de renda com vários estabelecimentos comerciais, mas ainda é uma das áreas mais vulneráveis do Distrito Federal. Segundo o PDAD 2021, tem 37.527 habitantes, média de idade de 27,5 anos e 50,7% do sexo masculino. 61,2% se identificam como pardos, 21,4% como brancos e 14,2% como pretos. Densidade domiciliar média: 3,53 moradores por residência. 55% da população ativa estava empregada, com 86,6% ocupada e renda média de R\$ 1.385,31⁽¹¹⁾.

Amostragem

Para o cálculo amostral foi considerada a população de 35.520 pessoas, de acordo com os dados da Pesquisa Distrital por Amostra de Domicílios (PDAD) de 2018, dado mais recente disponível durante o delineamento do projeto. A prevalência considerada foi de 50%, erro de 3%, efeito de desenho igual a 1 (por tratar-se de amostragem aleatória simples), e intervalo de confiança de 95%, resultando em uma amostra de pelo menos 1036 participantes.

Para selecionar as residências abordadas foi

realizado um sorteio utilizando o *software* de geoprocessamento QGIS 3.10.14 e o *shapefile* do Distrito Federal de 2020, disponibilizado no site Geoportal / DF (<https://www.geoportal.seduh.df.gov.br/geoportal/>). A Estrutural foi selecionada e seus limites redimensionados criando um *shapefile* da área urbana residencial da Estrutural. Todos os residentes da área de interesse eram elegíveis para participar do estudo. Sorteamos aleatoriamente 2.072 pontos (1.036 pontos originais mais 1.036 pontos de reposição) sobre o *shapefile* criado. Adicionamos um *buffer* de vários anéis à camada para criar um raio de 20,3 metros. Os pontos sorteados que não estavam localizados em residência foram movidos manualmente para as residências mais próximas, respeitando o limite do raio. Os pontos amostrados foram armazenados em arquivos *.kml e carregados no aplicativo Locus Map 4.5.5, permitindo a navegação até a residência sorteada.

Coleta de dados e amostras

Cinco equipes, cada uma com um motorista, um entrevistador e um flebotomista, visitaram os pontos amostrados semanalmente de quinta-feira a domingo, de 27 de maio a 19 de setembro de 2021. Um morador por residência foi sorteado usando uma tabela de números aleatórios. Para compensar perdas, pontos de reposição foram usados para alcançar a amostra desejada, que incluiu casos onde não havia edificação no local, recusa de participação ou ausência após três visitas consecutivas.

Os dados foram coletados pelo entrevistador por meio de um questionário padronizado no *software* de captura de dados Research Electronic Data Capture (REDCap, Harries et al., 2009), versão 7.5.0, hospedado na Universidade de Brasília (UnB). Além de informações socioeconômicas e demográficas, foram registrados se os participantes haviam realizado testes prévios para COVID-19 e os respectivos resultados. A coleta de sangue venoso foi realizada por um flebotomista licenciado. As amostras de sangue foram armazenadas em dois tubos de 5 ml contendo um ativador de coagulação para separação do soro e foram transportadas

a 4–6 °C para o Laboratório de Diagnóstico Molecular (LDM) do Hospital Universitário de Brasília (HUB), localizado em Brasília. Os dados dos questionários e as amostras foram identificados com um número de série correspondente a cada participante para garantir sua confidencialidade e anonimato. As amostras biológicas coletadas de cada participante e encaminhadas ao LDM foram centrifugadas em até 24h após a coleta para obtenção do soro sanguíneo sem hemácias. O soro foi aliquoteado em dois microtubos de 1,5ml, um para o teste e outro para biorrepositório. Os microtubos foram identificados com o mesmo número serial correspondente aos respectivos participantes. As alíquotas foram armazenadas a -80 °C até a realização das análises.

Teste sorológico

Uma alíquota de soro de cada participante foi utilizada na realização do teste de imunoenensaio enzimático de quimiluminescência IgG anti-SARS-CoV-2 (IEQ) para detectar anticorpos IgG contra a proteína do nucleocapsídeo (N) do vírus SARS-CoV-2. Foram utilizados os testes SARS-CoV-2 IgG Reagent Kit do laboratório Abbott, com sensibilidade (74,7–87,3%) e especificidade (96,3–99,9%). Para a realização do teste foi utilizado o sistema ARCHITECT PLUS i2000SR, de acordo com as instruções do fabricante.

Dados

Para as análises, a variável dependente resultado positivo/negativo no teste sorológico foi transformado em variável binária, 1 para positivo e 0 para negativo. Os preditores foram categorizados: idade em jovens até 14 anos, adultos economicamente ativos (15 a 64 anos) e idosos (65 anos ou mais) de acordo com o padrão utilizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE); número de moradores por residência em um morador, dois a quatro moradores e mais de quatro moradores por residência. Escolaridade em sem instrução, ensino fundamental incompleto, fundamental completo, médio completo e supe-

rior completo que inclui especialização, mestrado e/ou doutorado. Renda mensal em até um salário mínimo, até três salários e acima de três salários mínimos. Raça em pretos/pardos e não-pretos/não-pardos que abrange brancos, amarelos/asiáticos ou indígenas. Setores definidos como Leste, Oeste, Norte e Especial, havendo adição de Santa Luzia ao *shapefile* na delimitação da área de estudo.

Análise de dados

A análise univariada foi realizada a partir do teste Qui-quadrado utilizando a calculadora epidemiológica OpenEpi versão 3.01. As covariáveis que apresentaram p -valor $\leq 0,2$ foram selecionadas para compor o modelo multivariado e suas razões de chances foram calculadas.

O modelo multivariado foi constituído por uma regressão logística binária, onde a variável dependente foi o resultado positivo/negativo (1, 0) no teste sorológico, considerando como preditores a renda mensal, escolaridade e idade. Primeiramente foi ajustado o modelo 1 contendo apenas as covariáveis com p -valor $\leq 0,2$ na análise univariada, a partir daí as variáveis foram retiradas do modelo, uma por vez. Foram removidas do modelo os preditores que apresentaram os maiores valores de p em comparação com as categorias dos demais preditores. O modelo 1 incluiu os três preditores, o modelo 2 considerou apenas renda e idade, e o modelo 3 foi baseado exclusivamente na variável renda. Os modelos foram executados utilizando o *software* R, versão 4.1.1. Para comparar o desempenho dos modelos, foi utilizado o Critério de Informação de Akaike (AIC).

Para analisar o padrão de distribuição espacial dos participantes que obtiveram resultado sorológico positivo na área de estudo, foi gerado um mapa de densidade de Kernel utilizando o *software* QGIS 3.10.14. Foi realizada a análise de varredura espacial com base na estatística Scan utilizando o *software* SaTScan versão 10.0.2 – tratando-se de uma análise puramente espacial. Por se tratar de um estudo transversal, o risco relativo gerado pelo SaTScan foi considerado como razão de prevalência (RP).

Resultados

Foram coletadas 1100 amostras. Houve 26 exclusões por resultado sorológico inconclusivo ou pela impossibilidade de realizá-los, seis por serem dados duplicados e 11 por não responder à entrevista de forma satisfatória. Assim, 1057 participantes foram considerados para a realização das análises. Na análise espacial, foram mais três exclusões (1054) devido a não identificação do ponto onde a coleta foi realizada.

Dos 1057 participantes, 202 (19,11%) apresentaram resultado sorológico positivo para presença de anticorpos anti-SARS-CoV-2. Portanto, a prevalência estimada de infecção pelo vírus na população da Estrutural foi de 19,11% (IC 95%; 16,81% a 21,64%).

Dos 1057 participantes, 8,42% da amostra (89/1057) foram vacinados com CoronaVac. Dos participantes vacinados com CoronaVac, 22,47% (20/89) relataram, na entrevista, possuir teste prévio com resultado positivo para COVID-19. Dos 202 participantes que tiveram resultado positivo no nosso teste, 83,66% (169/202) não estavam vacinados com CoronaVac, 33 estavam. Dos vacinados com CoronaVac que tiveram resultado positivo no nosso teste, 33,33% (11/33) relataram no momento da entrevista possuir teste positivo para COVID-19 – formando um total de 180 participan-

tes (169+11) com resultado positivo no nosso teste sem influência vacinal. Isso nos permite estimar uma soroprevalência de 17,03% (IC 95%; 14,83% a 19,46%), sem influência vacinal. 22 participantes com sorologia positiva não relataram a realização de testes no momento da entrevista. Dos 11 participantes que, na entrevista, relataram resultado positivo para COVID-19, quatro informaram ter realizado apenas teste de RT-PCR e quatro apenas de anticorpos (punção digital). Dos demais participantes, dois realizaram teste de RT-PCR e sorológico (punção venosa) e um realizou teste apenas sorológico (punção venosa).

Na realização do teste Qui-quadrado, as categorias que apresentaram menor soroprevalência foram utilizadas como comparadores nos respectivos preditores. Dessa forma, para o preditor idade foi utilizado como comparador a categoria 15 a 64 anos. Para raça/cor a categoria pretos e pardos, em escolaridade a categoria fundamental incompleto, e para renda mensal foi considerada a categoria até 1 salário-mínimo. Em número de moradores por residência foi considerada como categoria de referência um morador, e para o preditor setores a categoria Santa Luzia. Apenas os preditores idade ($p = 0,187$), escolaridade (sem instrução: $p = 0,136$) e renda (> 1 até 3 salários: $p = 0,013$; > 3 salários: $p = 0,004$) foram consideradas para as análises multivariadas (Tabela 1).

Tabela 1 – Prevalência dos desfechos em relação a cada um dos preditores e análise univariada.

Preditores	Desfecho	n	Prevalência	IC 95%	p	OR	IC 95% OR
Idade							
<15	5	23	21,74	8,29 a 44,2	0,361	1,2	0,39 a 3,15
15 a 64	184	979	18,79	16,42 a 21,41	-	-	-
>64	13	55	23,63	13,65 a 37,32	0,187*	1,3	0,68 a 2,50
Raça							
Não pretos e não pardos	43	213	20,18	15,14 a 26,33	0,392	1,1	0,72 a 1,53
Pretos e pardos	154	796	19,34	16,69 a 22,30	-	-	-

Escolaridade							
Sem instrução	11	45	24,44	13,38 a 39,86	0,136*	1,5	0,7 a 3,1
Fundamental incompleto	61	345	17,68	13,89 a 22,21	-	-	-
Fundamental completo	35	190	18,42	13,32 a 24,82	0,416	1,0	0,66 a 1,66
Médio completo	75	377	19,89	16,05 a 24,35	0,224	1,1	0,79 a 1,69
Superior completo	18	86	20,93	13,19 a 31,31	0,243	1,2	0,67 a 2,2
Renda mensal							
Até 1 salário-mínimo	96	597	16,08	13,27 a 19,33	-	-	-
> 1 até 3 salários	75	343	21,86	17,68 a 26,69	0,013*	1,5	1,04 a 2,04
> 3 salários	18	61	29,50	18,86 a 42,74	0,004*	2,2	1,18 a 3,91
Nº de moradores na residência							
1	16	84	19,04	11,60 a 29,38	0,484	1,0	0,55 a 1,77
2 a 4	130	689	18,86	16,05 a 22,03	-	-	-
>4	56	280	20,00	15,57 a 25,26	0,343	1,1	0,75 a 1,52
Setor							
Leste	56	288	19,44	15,13 a 24,59	0,299	1,1	0,73 a 1,72
Oeste	58	299	19,39	15,16 a 24,43	0,303	1,1	0,73 a 1,71
Norte	34	173	19,65	14,16 a 26,52	0,304	1,1	0,69 a 1,85
Especial	5	23	21,73	8,29 a 44,20	0,315	1,3	0,41 a 3,52
Santa Luzia	48	271	17,71	13,46 a 22,89	-	-	-

(n) número de participantes, (IC95%) intervalo de confiança de 95% da prevalência, (p) p-valor da estatística qui-quadrado, (OR) odds ratio, (IC95% OR) intervalo de confiança de 95% da odds ratio, (*) categorias que apresentaram p-valor $\leq 0,2$.

Fonte: Autoria própria.

O modelo de regressão logística 1 foi executado com todos os preditores selecionados a partir do p -valor menor ou igual a 0,2 na análise univariada. Após ajustar o modelo 1, o preditor escolaridade foi removida (Tabela 2), pois suas categorias mostraram os maiores valores de p — indicando que, conforme os intervalos de confiança, não havia relação entre suas categorias e a presença de anticorpos.

O preditor idade foi retirada do modelo 2 por apresentar, em suas categorias, os maiores valores de p (Tabela 3). O modelo 3 (Tabela 4) consistiu apenas no preditor renda mensal, mostrando em ambas as categorias uma associação negativa com a infecção por SARS-CoV-2. A categoria até um salário apresentou um efeito forte sobre a infecção por SARS-CoV-2 (OR = 0,46), com o IC

95% (0,25 a 0,83) — isto é, ter uma renda de até um salário se mostra um fator de proteção para a infecção por SARS-CoV-2 na Estrutural. Esse mesmo efeito também pode ser observado nos modelos anteriores (modelo 1: OR = 0,44; IC 95% 0,23 a 0,84; modelo 2: OR = 0,46; IC 95% 0,25 a 0,83).

A categoria >1 até três salários apresenta um efeito moderado sobre a infecção por SARS-CoV-2, com o OR = 0,67, mostrando um possível fator de proteção, mas o IC 95% (0,36 a 1,23) mostrando não haver uma associação, ou na verdade, que poderia ser uma associação de risco. Ao realizar a comparação entre os três modelos executados, o modelo 2 apresentou o menor valor de AIC (965.8719), os modelos 1 e 3 apresentaram os valores 969.7531 e 966.8557 respectivamente.

Tabela 2 – Modelo de regressão logística 1.

Variável	OR	IC	p
Renda mensal			
Até um salário	0,44	0,23 a 0,84	0,01*
>1 até três salários	0,66	0,35 a 1,23	0,19
>Três salários	-	-	-
Escolaridade			
Sem instrução	1,45	0,60 a 3,50	0,41
Fundamental incompleto	1,02	0,63 a 1,65	0,94
Fundamental completo	-	-	-
Médio completo	1,13	0,71 a 1,80	0,60
Superior/Pós-graduação	0,91	0,45 a 1,82	0,79
Idade			
<15	-	-	-
15 a 64	0,74	0,27 a 2,08	0,57
>64	1,07	0,31 a 3,67	0,91

(OR) Resultado da odds ratio, (IC) intervalo de confiança de 95% do resultado da odds ratio, (p) resultado referente a significância da variável no modelo com p -valor $\leq 0,05$. (*) Resultado estatisticamente significativo.

Fonte: Autoria própria.

Tabela 3 – Modelo de regressão logística 2.

Variável	OR	IC	<i>p</i>
Renda mensal			
Até um salário	0,46	0,25 a 0,83	0,01*
>1 até três salários	0,67	0,37 a 1,24	0,20
>Três salários	-	-	-
Idade			
<15	-	-	-
15 a 64	0,75	0,27 a 2,11	0,59
>64	1,14	0,34 a 3,82	0,83

(OR) Resultado do Odds ratio, (IC) intervalo de confiança de 95% do resultado do Odds ratio, (*p*) resultado referente a significância da variável no modelo com *p*-valor $\leq 0,05$. (*) Resultado estatisticamente significativo.

Fonte: Autoria própria.

Tabela 4 – Modelo de regressão logística 3.

Variável	OR	IC	<i>p</i>
Renda mensal			
Até um salário	0,46	0,25 a 0,83	0,01*
>1 até três salários	0,67	0,36 a 1,23	0,19
>Três salários	-	-	-

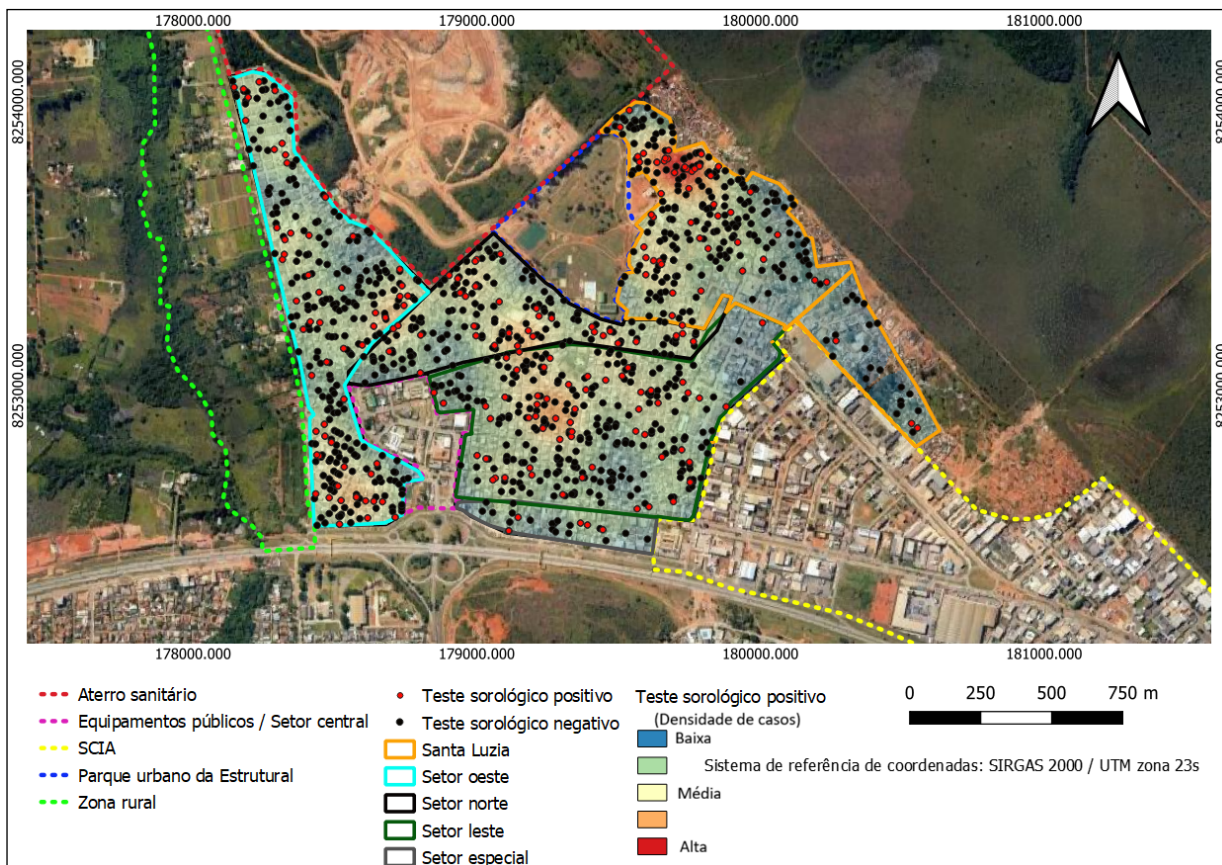
(OR) Resultado do Odds ratio, (IC) intervalo de confiança de 95% do resultado do Odds ratio, (*p*) resultado referente a significância da variável no modelo com *p*-valor $\leq 0,05$. (*) Resultado estatisticamente significativo.

Fonte: Autoria própria.

Conforme mostrado no mapa de Kernel (Figura 1), na Estrutural, a área mais intensamente colorida indica a região com maior densidade de pessoas com sorologia positiva para o SARS-CoV-2, situada em Santa Luzia. A Figura 2 mostra a situação vacinal de cada participante com resultado sorológico positivo, e a distribuição desses participantes no espaço.

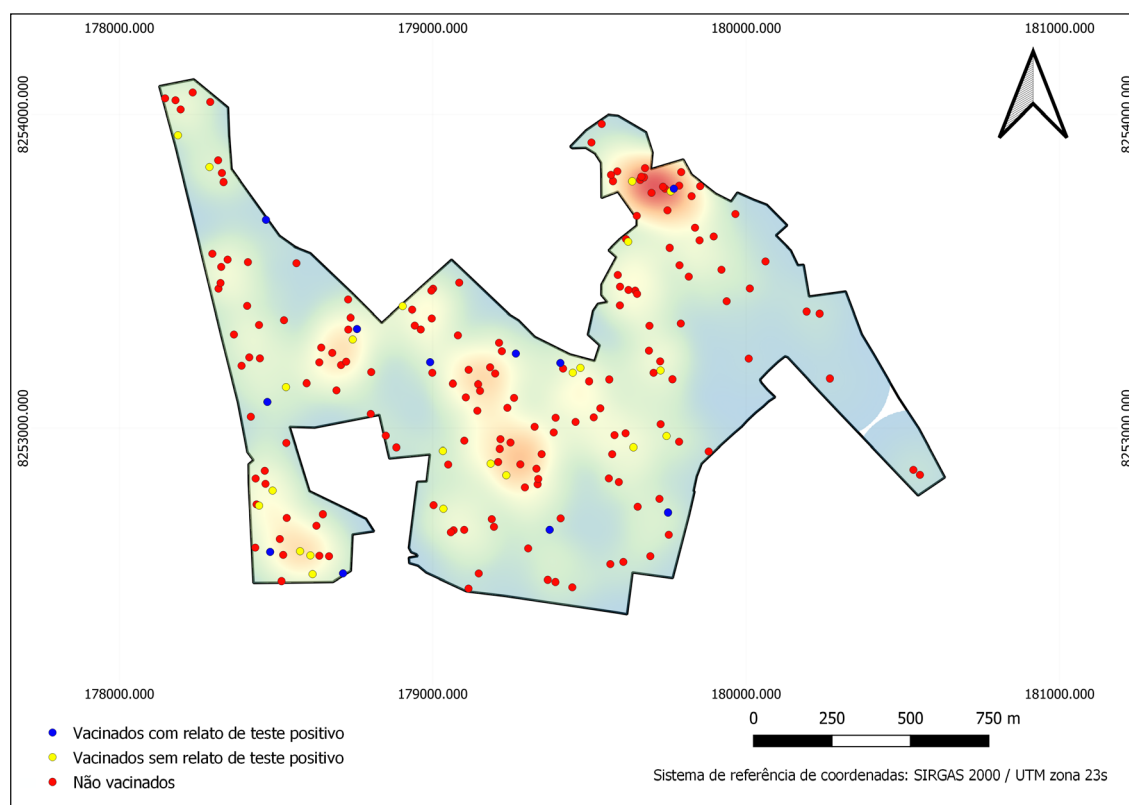
A análise dos dados utilizando a estatística espacial Scan considerou uma população total de 1054 participantes, com número total de 201 casos e 19,1% ($p = 0,5$) de casos na área. (Figura 3). A razão de prevalência (RP) foi de 5,33. No raio do

cluster foram considerados 4 casos, com casos esperados igual a 0,76 e observado / esperado igual a 5,24. O cluster está localizado em Santa Luzia, mesma região de maior densidade de casos no mapa de Kernel. Ao remover os 22 participantes com resultado positivo sem relato de teste prévio, obtivemos os seguintes resultados: a população total de 1032 (1054 - 22), com um número total de 179 casos (201 - 22), representando 17,3% ($p = 0,5$) dos casos na área. A razão de prevalência (RP) foi de 5,87. Não houve diferença no mapa ao considerar a possível influência vacinal, mantendo o cluster na região de Santa Luzia (Figura 4).

Figura 1 – Distribuição dos participantes da pesquisa na área de estudo.

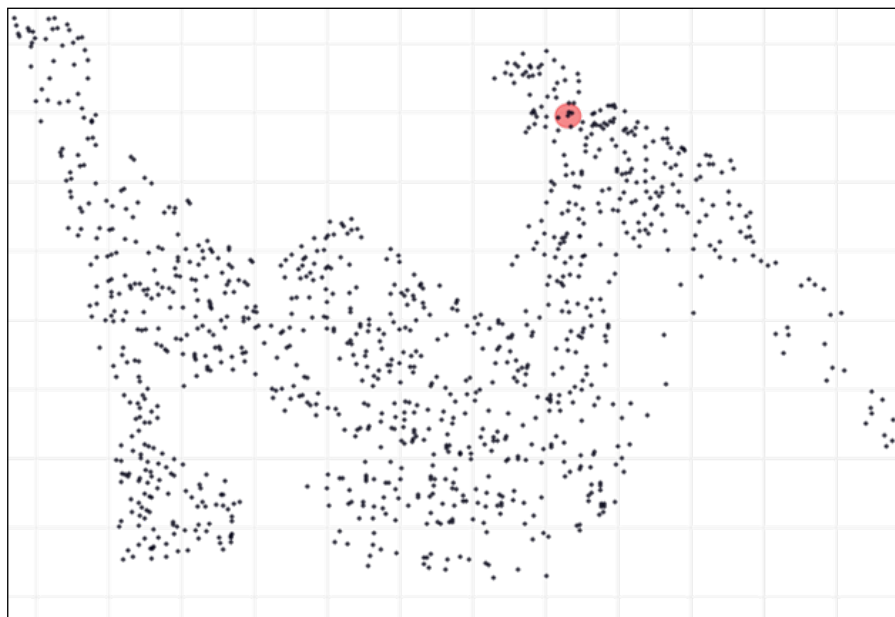
A cor do ponto é referente ao resultado do teste sorológico para detecção de anticorpos para o SARS- CoV-2 (Os pontos em vermelho são referentes a participantes que obtiveram resultado positivo no teste sorológico, os pontos em preto são referentes a participantes que obtiveram resultado sorológico negativo). As tonalidades mais intensas representam áreas com maior densidade espacial de participantes soropositivos estimada pelo método Kernel, considerando raio de busca de 200 metros. **Fonte:** Autoria própria.

Figura 2 – Distribuição dos participantes da pesquisa com resultado sorológico positivo, considerando vacinados e não vacinados.

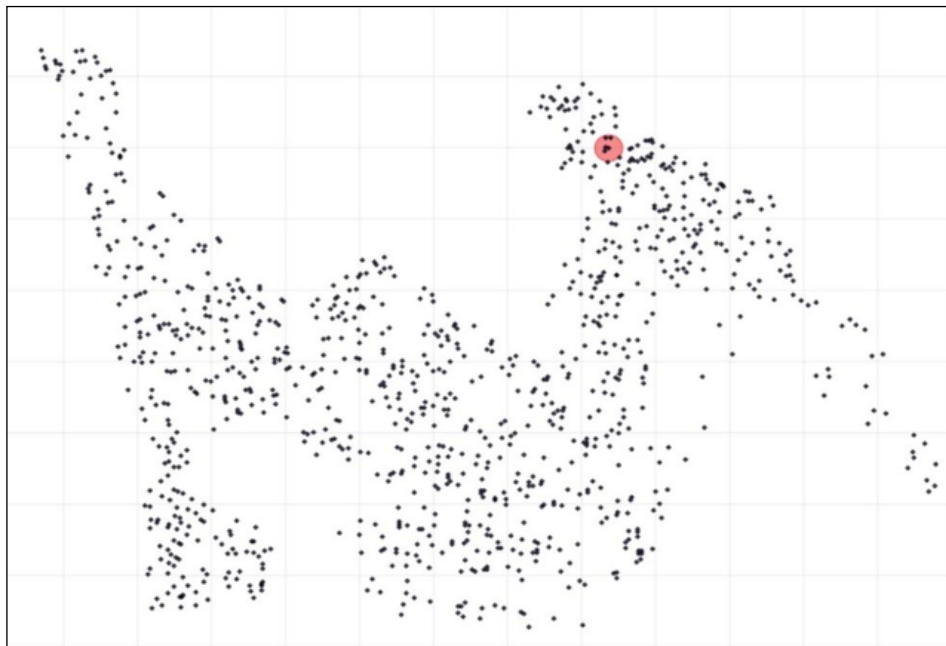


Em vermelho, participantes que tiveram resultado sorológico positivo e não estavam vacinados. Em azul, participantes vacinados que relataram ter realizado teste de COVID-19 e obter resultado positivo. Em amarelo, participantes vacinados que não relataram ter realizado teste para COVID-19. **Fonte:** Autoria própria.

Figura 3 – Estatística espacial Scan



Cluster identificado na área de Santa Luzia a partir da utilização da estatística espacial Scan. Mapa de coordenadas cartesianas. **Fonte:** Autoria própria.

Figura 4 – Estatística espacial Scan

Cluster identificado na área de Santa Luzia a partir da utilização da estatística espacial Scan. Mapa considerando apenas participantes com resultado sorológico positivo não vacinados com a vacina CoronaVac e vacinados com relato na entrevista de teste positivo. Mapa de coordenadas cartesianas. **Fonte:** Autoria própria.

Discussão

A soroprevalência para o SARS-CoV-2 entre maio e setembro de 2021 foi de 19,11% (IC 95%; 16,81% a 21,64%). Considerando possível influência vacinal, estimamos uma prevalência de 17,03% (IC 95%; 14,83% a 19,46%) – o que representa uma alta prevalência de infecção. A vacina CoronaVac usa vírus SARS-CoV-2 inteiro inativado, nosso teste detecta anticorpos contra a proteína N do nucleocapsídeo, havendo risco de falso positivo em vacinados. Contudo, poucos foram vacinados, sem impacto relevante nos resultados. Assim, a estimativa de soroprevalência reflete a realidade local de infecções por SARS-CoV-2 adquiridas naturalmente.

Embora não tenha sido observada associação estatisticamente significativa entre escolaridade e soropositividade para SARS-CoV-2, a categoria sem instrução apresentou o maior OR observado entre as categorias avaliadas (OR = 1,45; IC95% 0,60–3,50), enquanto a categoria superior/pós-graduação apresentou OR inferior a 1 (OR =

0,91; IC95% 0,45–1,82). Esses resultados sugerem uma possível tendência de maior soropositividade entre indivíduos com menor escolaridade e menor soropositividade entre aqueles com maior nível educacional. Nesse sentido, não é possível afirmar que a escolaridade esteja associada ao resultado sorológico positivo para SARS-CoV-2, devendo os resultados ser interpretados apenas como uma tendência observada na população estudada. A educação facilita o acesso a informações precisas e influencia o comportamento em medidas de prevenção e cuidados pessoais. Pessoas com baixa escolaridade enfrentam desafios para acessar serviços de saúde, como testagem para COVID-19, muitas vivendo em condições precárias de moradia e áreas com dificuldade de distanciamento social. A maioria dos participantes sem instrução (33,33%) reside em Santa Luzia, área mais vulnerável da Estrutural e que apresentou a maior concentração espacial de participantes soropositivos. Nesse contexto, embora não tenha sido observada associação estatisticamente significativa, a direção dos efeitos observados é compatível com a hipótese de maior

soropositividade entre indivíduos com menor escolaridade e menor soropositividade entre aqueles com maior nível educacional.

A categoria idade entre 15 e 64 anos (modelo 2; OR = 0,75; IC95% 0,27 a 2,11) apresentou OR inferior a 1 quando comparada às demais categorias etárias. Com relação à idade, estamos tratando de uma população em contexto de vulnerabilidade social, onde as pessoas em idade ativa foram impedidas de exercer suas atividades profissionais. Portanto, um isolamento social forçado poderia ser uma possível explicação do por que indivíduos em idade ativa, que tendem a estar mais expostos, se apresentam com um possível efeito protetivo. No entanto, o IC95% mostrou não haver associação estatisticamente significativa entre idade e soropositividade para SARS-CoV-2.

O preditor renda apresentou associação negativa para a ocorrência de infecção por SARS-CoV-2. Em todos os três modelos a categoria até três salários (modelo 3; OR = 0,67; IC95% 0,36 a 1,23) apresentou OR inferior a 1, porém seu IC95% indica não haver associação estatisticamente significativa. Em todos os três modelos a categoria até um salário apresentou uma associação negativa (modelo 3; OR = 0,46; IC95% 0,25 a 0,83), e os menores valores de OR – sendo a única categoria estatisticamente significativa em todos os modelos ($p = 0,01$), com seu IC 95% mostra que a categoria é um fator de proteção para a infecção por SARS-CoV-2.

Na Estrutural, ter uma renda mensal de até um salário mínimo está inversamente relacionado à infecção por SARS-CoV-2, refletindo a alta vulnerabilidade social na região, que está entre os maiores índices do Distrito Federal considerando as 33 Regiões Administrativas⁶. A maioria dos moradores (46,5%) vive com renda de até dois salários mínimos, 44,5% com rendimentos de até um salário mínimo¹¹, o que limitou o isolamento social eficaz para trabalhadores assalariados que precisaram se deslocar para o trabalho.

Os trabalhadores informais enfrentaram desemprego e falta de renda, dependendo do auxílio emergencial do Governo Federal para o sustento. Apesar disso, o auxílio pode não ter proporcionado

os recursos suficientes para atividades de lazer e interação social, o que potencialmente reduziu a circulação desses indivíduos e, consequentemente, sua exposição a ambientes de maior risco de transmissão, como os terminais de ônibus⁽¹²⁾. Nesse contexto, a associação observada entre renda de até um salário mínimo e menor soropositividade para SARS-CoV-2 pode refletir diferenças nos padrões de mobilidade e interação social entre os grupos avaliados. Entretanto, os mecanismos responsáveis por essa associação não foram investigados neste estudo e devem ser interpretados com cautela. Das 597 pessoas com renda de até um salário mínimo mensal, 91,28% (545) possuíam idade entre 15 e 64 anos. Embora essa distribuição sugira possível relação entre renda e composição etária da população estudada, não foi observada associação estatisticamente significativa entre idade e soropositividade para SARS-CoV-2. Diferentemente da variável renda, a escolaridade não apresentou associação estatisticamente significativa no modelo analisado.

O estimador de densidade de Kernel identificou áreas com alta densidade de participantes soropositivos, destacando-se a Santa Luzia, que concentra a maior quantidade de casos. A distribuição não homogênea dos participantes com resultado positivo era esperada, dado que comunidades vulneráveis, como assentamentos informais, têm maior exposição ao risco de infecção⁽⁴⁾. A Estrutural, em geral, é uma região vulnerável, sendo a Santa Luzia a área mais suscetível dentro dela.

A estatística Scan identificou um cluster de casos em Santa Luzia, coincidindo com a área de maior densidade de infecções, porém sem aglomerados estatisticamente significativos. A RP estimada para o cluster foi de 5,33. Embora o cluster identificado não tenha apresentado significância estatística ($p = 0,5$), sua localização coincidiu com a área de maior densidade de participantes soropositivos identificada pelo estimador de Kernel. A convergência entre os dois métodos espaciais aponta Santa Luzia como a área de maior concentração de participantes soropositivos da região estudada, sugerindo uma distribuição espacial não homogênea da soropositividade para SARS-CoV-2

na área de estudo. Essa disparidade pode ser atribuída a características locais como densidade residencial elevada e maior número de pessoas por domicílio, além da vulnerabilidade geral da região de Santa Luzia.

Entre as limitações do estudo está a impossibilidade de distinguir se participantes vacinados com a vacina CoronaVac apresentaram resultado positivo devido à vacinação e/ou infecção natural, já que o teste utilizado detecta anticorpos contra a proteína N do vírus SARS-CoV-2. Assim, há potencial para resultados falso-positivos entre os 89 participantes vacinados com CoronaVac, dos quais 33 testaram positivo neste estudo. Um estudo anterior revelou que um participante vacinado com vírus inativado testou negativo para IgG anti-proteína N, mas positivo para proteína anti-S1⁽¹³⁾. Portanto, a estimativa de prevalência deste estudo reflete a realidade local de infecções naturais por SARS-CoV-2 durante a segunda onda de COVID-19 na Estrutural. Além disso, como os títulos de IgG diminuem com o tempo, alguns participantes previamente infectados podem ter títulos abaixo do detectável, o que não afeta as estimativas de soroprevalência por serem baseadas em anticorpos detectáveis⁽¹⁴⁾. O viés de sobrevivência é improvável, dado o baixo número de óbitos por COVID-19 durante o período da pesquisa.

Estudos que buscam realizar estimativas de soroprevalência podem ser afetados pela sensibilidade e especificidade dos testes utilizados, o que influencia a precisão dos resultados. Contudo, nosso estudo utilizou um teste com sensibilidade entre 74,7% e 87,3% e especificidade entre 96,3% e 99,9%, cuja acurácia aumenta ainda mais após 15 dias de infecção⁽¹⁵⁾. Portanto, acreditamos que nosso estudo não tenha sido impactado por influência do teste utilizado.

Este estudo revela uma elevada prevalência de infecção pelo vírus SARS-CoV-2 durante a segunda onda de COVID-19 na Estrutural (19,11%), valor superior ao observado em diversos inquéritos sorológicos populacionais realizados no Brasil, cuja prevalência média foi estimada em aproximadamente 11%⁽¹⁶⁾, e semelhante aos maiores níveis

de soropositividade observados pelo estudo EPI-COVID-Brasil durante a pandemia, que registrou prevalências de até 18,2% em algumas fases do estudo⁽¹⁷⁾. A elevada prevalência observada era esperada dada a vulnerabilidade social da região. Espacialmente, observa-se uma concentração espacial de casos em Santa Luzia, evidenciando maior vulnerabilidade da população nessa área. Esses achados são relevantes para orientar ações de gestão em futuras epidemias, ao refletir a distribuição espacial dos riscos à saúde e oferecer meios mais precisos para mitigar os fatores condicionantes.

Referências

1. Wang MY, Zhao R, Gao LJ, Gao XF, Wang DP, Cao JM. SARS-CoV-2: structure, biology, and structure-based therapeutics development. *Front Cell Infect Microbiol.* 2020;10:587269. Doi: <https://doi.org/10.3389/fcimb.2020.587269>.
2. Shang Z, Chan SY, Liu WJ, Li P, Huang W. Recent insights into emerging coronavirus: SARS-CoV-2. *ACS Infect Dis.* 2021;7(6):1369-1388. Doi: <https://doi.org/10.1021/acsinfectdis.0c00646>.
3. Lana RM, Freitas LP, Codeço CT, Pacheco AG, Carvalho LMF, Villela DAM, Coelho FC, Cruz OG, Niquini RP, Porto VBG, Gava C, Gomes MFC, Bastos LS. Identificação de grupos prioritários para a vacinação contra COVID-19 no Brasil. *Cad Saude Publica.* 2021;37(10):e00049821. Doi: <https://doi.org/10.1590/0102-311X00049821>.
4. George CE, Inbaraj LR, Chandrasingh S, de Witte LP. High seroprevalence of COVID-19 infection in a large slum in South India: what does it tell us about managing a pandemic and beyond? *Epidemiol Infect.* 2021;149:e39. Doi: <https://doi.org/10.1017/S0950268821000273>.
5. Ong DSY, Fragkou PC, Schweitzer VA, Chemaly RF, Moschopoulos CD, Skevaki C, European Society of Clinical Microbiology and Infectious Diseases Study Group for Respiratory Viruses (ESGREV). How to interpret and use COVID-19 serology and immunology tests. *Clin Microbiol Infect.* 2021;27(7):981-986. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.cmi.2021.05.001>.

6. Companhia de Planejamento do Distrito Federal (Codeplan). Índice de Vulnerabilidade Social do Distrito Federal: resultados. Brasília (DF): Codeplan; 2020. Disponível em: <https://agenciabrasilia.df.gov.br/wp-content/uploads/2020/12/2020.12.16-IVS-DF-Resultados.pdf>. Acesso em: 25 jun. 2022.
7. Miranda JM. Infraestrutura e qualidade de vida: o caso da Chácara Santa Luzia–Cidade Estrutural/DF [monografia]. Brasília (DF): Universidade de Brasília; 2016. Disponível em: <https://bdm.unb.br/handle/10483/19246>. Acesso em: 1 dez. 2020.
8. Cruvinel VRN, Costa AM, Silva EN, Fernandes F, Rocha GH, Campos Neto MF, Dias SMF. O fim do maior lixão da América Latina: inclusão socioprodutiva e cuidado com a saúde dos catadores de materiais recicláveis. Santiago: Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe; 2020. Disponível em: <https://archivo.cepal.org/pdfs/bigpushambiental/Caso79-OFimdoMaiorLixaodaAmericaLatina.pdf>. Acesso em: 4 jul. 2024.
9. Capelari MGM, Araújo SMV, Calmon PCDP, Pereira AK, Brasil FL. A trajetória de encerramento do maior lixão da América Latina: entre centralização, descentralização e exclusão. *Desenvolv Meio Ambient.* 2020;54:146-166. Doi: <https://doi.org/10.5380/dma.v54i0.69134>.
10. Companhia de Planejamento do Distrito Federal (Codeplan). Pesquisa Distrital por Amostra de Domicílios: SCIA–Estrutural 2018. Brasília (DF): Codeplan; 2020. Disponível em: <https://www.codeplan.df.gov.br/wp-content/uploads/2020/06/SCIA-Estrutural.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2020.
11. Companhia de Planejamento do Distrito Federal (Codeplan). Pesquisa Distrital por Amostra de Domicílios: SCIA–Estrutural 2021. Brasília (DF): Codeplan; 2022. Disponível em: <https://www.codeplan.df.gov.br/wp-content/uploads/2022/05/SCIA.pdf>. Acesso em: 1 ago. 2022.
12. Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz). Covid-19: estudo aponta maior risco de contaminação em terminais de ônibus. Rio de Janeiro: Fiocruz; 2021. Disponível em: <https://portal.fiocruz.br/noticia/covid-19-estudo-aponta-maior-risco-de-contaminacao-em-terminais-de-onibus>. Acesso em: 14 mar. 2022.
13. Fonseca MHG, Silva MFS, Pinto ACMD, Melo ACL, Oliveira FCE, Araújo FMC, Andrade LOM. Persistently positive SARS-CoV-2-specific IgM during 1-year follow-up. *J Med Virol.* 2022;94(9):4037-4039. Doi: <https://doi.org/10.1002/jmv.27822>.
14. Nogueira de Brito R, Teixeira AIP, Gontijo CC, Faria RS, Ramalho WM, Sierra Romero GA, Castro M, Pessoa V, Torres LA, Leite LP, Noronha EF, Haddad R, Araújo WN. Seroprevalence of SARS-CoV-2 and Vaccination Coverage among Residents of a Lower-Middle-Class Population in the Federal District, Brazil. *Vaccines (Basel).* 2023;11(5):916. Doi: <https://doi.org/10.3390/vaccines11050916>.
15. Nicol T, Lefevre C, Serri O, Pivert A, Joubaud F, Dubée V, Kouatchet A, Ducancelle A, Lunel-Fabiani F, Le Guillou-Guillemette H. Assessment of SARS-CoV-2 serological tests for the diagnosis of COVID-19 through the evaluation of three immunoassays: two automated immunoassays (Euroimmun and Abbott) and one rapid lateral flow immunoassay (NG Biotech). *J Clin Virol.* 2020;129:104511. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jcv.2020.104511>.
16. Figueiredo GM, Figueiredo Neto JA, Oliveira MHS, Oliveira JG, Silva Júnior GB, Daher EF. Seroprevalence of SARS-CoV-2 in Brazil: a systematic review and meta-analysis. *Clinics (Sao Paulo).* 2023;78:100233. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.clinsp.2023.100233>.
17. Barros AJD, Victora CG, Menezes AMB, Horta BL, Barros FC, Hartwig FP, Victora GD, Vidalletti LP, Silveira MF, Mesenburg MA, Jacques N, Struchiner CJ, Brust FR, Dall’Agnol MM, Delamare APL, François CHR, Ikeda MLR, Pellegrini DCP, Reuter CP, da Silva SG, Delagostin OA, Hallal PC. Population-level seropositivity trend for SARS-Cov-2 in Rio Grande do Sul, Brazil. *Rev Saude Publica.* 2021;55:78. Doi: <https://doi.org/10.11606/S1518-8787.2021055004075>.

Recebido em: 18 de janeiro de 2025

Aceito em: 18 de novembro de 2025