

Relação entre saneamento básico e a taxa de mortalidade por COVID-19: um estudo de caso do Rio Grande do Sul, Brasil

Relationship between sanitation and the mortality rate due to COVID-19: a case study in Rio Grande do Sul, Brazil

Thiago Lappicy^{1*} , Daniel Augusto Santos Prates Beltrão¹ , Márcio Bittar Bigonha¹ 

RESUMO

Conhecida a relação entre a falta de saneamento básico e algumas doenças, especialmente as de veiculação hídrica, foi verificada se essa relação existe para o caso da COVID-19. Para fazer essa análise, utilizaram-se indicadores do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento de abastecimento de água e coleta de esgoto para o estado do Rio Grande do Sul, detalhados a nível municipal (BRASIL, 2019b), e também dados do Painel Coronavírus, da Secretaria de Saúde do Rio Grande do Sul (RIO GRANDE DO SUL, 2022). Para verificar a possível relação, optou-se por utilizar modelos lineares generalizados, que são uma extensão da regressão linear (DOBSON; BARNETT, 2002). Foram avaliados três tipos de distribuição: normal; normal inversa; e gama, cada uma com diferentes funções de ligação, totalizando 10 modelos. A distribuição gama com função de ligação normal, $g^1(\mu) = \mu$, foi o modelo mais parcimonioso definido pelo critério de Akaike (AKAIKE, 1992). O modelo escolhido sugere que ambos os indicadores, de abastecimento de água e de coleta de esgoto, são significativos e trazem relação positiva e negativa, respectivamente, com a taxa de mortalidade de COVID-19.

Palavras-chave: COVID-19; saneamento; abastecimento de água; coleta de esgoto.

ABSTRACT

Due to the existence of a relation between sanitation and some diseases, it was verified whether this relation is present for COVID-19. To achieve this, indicators from the National System for Information on Sanitation (*Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - SNIS*) of water supply and sewage collection for the state of Rio Grande do Sul were used – detailed at a municipal level (Brasil, 2019b). Data from the “Coronavirus Panel”, from the Rio Grande do Sul Health Secretariat (RS, 2022). This relation was verified by using generalized linear models (GLM), that are an extension of the linear regression (Dobson and Barnett, 2002). Three types of distributions were evaluated: normal, inverse normal, and gamma, each with different link functions, with a total of 10 models. The gamma distribution with the regular link function, $g^1(\mu) = \mu$, was the most parsimonious model by the Akaike criteria (Akaike, 1992). The chosen model showed that both indicators, for water supply and sewage collection, are significant and suggest a positive and negative relation, respectively, with the COVID-19 mortality rate.

Keywords: COVID-19; sanitation; water supply; sewage collection.

INTRODUÇÃO

A poluição e a contaminação da água estão entre as principais causas da incidência de enfermidades, principalmente em populações de baixa renda, não atendidas por sistemas de abastecimento de água nem de coleta e disposição de esgotos (BRASIL, 2019a). Essas enfermidades,

também conhecidas como doenças de veiculação hídrica, são causadas sobretudo por bactérias, vírus e protozoários presentes na água contaminada e podem provocar sérios danos à saúde, podendo levar até mesmo à morte. Além do impacto na saúde, doenças de veiculação hídrica representam um grande desafio para outros setores, pois despesas

¹Universidade de Brasília - Brasília (DF), Brasil.

*Endereço para correspondência: Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, CEP: 70910-900 - Brasília (DF), Brasil. E-mail: lappicy@gmail.com

e hospitalizações em razão da ausência de saneamento significam mais pessoas fora de postos de trabalho, evasão escolar, desigualdade acentuada, baixa expectativa de vida e maior ocorrência de óbitos evitáveis (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2019).

Sabendo-se que a COVID-19 é causada por um vírus que se apresenta nas fezes das pessoas contaminadas, o SARS-CoV-2, Heller, Mota e Greco (2020) abordaram a possibilidade da transmissão da doença pela via feco-oral. Segundo os autores, a confirmação dessa hipótese representaria a necessidade de intervenções relacionadas ao fornecimento de água e saneamento adequados nas estratégias para o controle da pandemia, devendo-se considerar ainda a enorme carência de saneamento básico no mundo.

Ressalta-se que o Brasil é um país que apresenta grande deficiência nos índices dos serviços de saneamento. De acordo com os dados levantados pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) (BRASIL, 2019b), em 2019, a cobertura média de água do Brasil era de 83,7%, enquanto a de coleta de esgoto era de apenas 54,1%, o que representa, respectivamente, em torno de 35 e 100 milhões de pessoas vivendo em residências sem esses serviços. No estado do Rio Grande do Sul, os dados do SNIS mostram que 86,7% da população total é atendida com rede de água, enquanto somente 32,3% possui atendimento com rede de esgoto em suas residências (BRASIL, 2019b).

Tendo em vista a carência de atendimento de saneamento no Rio Grande do Sul e no Brasil como um todo, destaca-se o papel do governo federal como principal ator envolvido nesse serviço ao longo das últimas décadas, sendo responsável pela criação da Política Nacional de Saneamento Básico, por meio da Lei nº 11.445/2007 (BRASIL, 2007), e mais recentemente pela atualização do marco legal do saneamento básico, por meio da Lei nº 14.026/2020 (BRASIL, 2020), que, entre outras disposições, flexibilizou a entrada da iniciativa privada nesse setor e estabeleceu a meta de 99% de atendimento no abastecimento de água e 90% de esgotamento sanitário no país até 2030.

A nível mundial, a questão do saneamento é também grande preocupação. Salienta-se o papel da Organização das Nações Unidas para reduzir as demandas urgentes nesse

setor, que coloca o fornecimento de água potável e saneamento como um dos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável previstos pela Agenda 2030.

Em relação à COVID-19, sua proliferação foi caracterizada pela Organização Mundial da Saúde como uma pandemia em 11 de março de 2020, designação que, segundo a Organização Pan-Americana da Saúde (2021), se refere ao momento em que existem surtos de COVID-19 em vários países e regiões do mundo. No Brasil, o primeiro caso da doença foi registrado no fim de fevereiro de 2020, enquanto diversos locais do mundo já apresentavam centenas de casos. A evolução nos casos de COVID-19 se deu de maneira acelerada no país, de modo que até novembro de 2022 haviam sido registrados mais de 35 milhões de casos da doença e mais de 689 mil óbitos (BRASIL, 2022), o que coloca o Brasil como o segundo colocando no número de mortes no mundo pelo ranking da *Our World in Data*, atrás apenas dos Estados Unidos (MATHIEU *et al.*, 2020). No Rio Grande do Sul, o primeiro caso foi registrado no dia 10 de março de 2020, e o estado já registrou (até novembro de 2022) 2.751.050 casos e 41.221 óbitos pela doença.

Assim como no saneamento, o setor público é o principal agente envolvido na questão da pandemia de COVID-19. No Brasil, os governos federal e estadual apresentaram diferentes estratégias para lidar com a prevenção e o tratamento da doença, o que permite compreender a distribuição heterogênea no número de casos e mortes no país. No Rio Grande do Sul, ao contrário de alguns estados e do governo federal, adotaram-se medidas de distanciamento social uma semana após o primeiro registro de casos no estado, formalizadas pelo Decreto nº 55.128 (RIO GRANDE DO SUL, 2020). A essa altura, a Organização Mundial da Saúde tratava a pandemia como prioridade e estabelecia uma série de procedimentos e recomendações para evitar a propagação do contágio da doença, entre os quais o isolamento social, o uso de máscara em locais públicos e a higienização de superfícies e das mãos frequentemente (WHO; UNICEF, 2020).

Nesse sentido, a falta de serviços de saneamento básico representou mais um desafio para as populações carentes desses serviços no combate à doença, uma vez que, sem abastecimento de água com qualidade e em quantidade

suficientes, não é possível atender às recomendações de higiene, o que pode favorecer o contágio pela doença, além do contato direto com efluentes contaminados. Essa preocupação motivou até mesmo o estudo de alguns autores para avaliar a relação entre a dispersão do coronavírus e o acesso ao saneamento. Assim, no intuito de melhor compreender as questões associadas à COVID-19, dados oficiais vêm sendo estudados por meio de análises estatísticas.

Aquino (2020) averiguou a relação entre o atendimento dos serviços de água e esgoto e a incidência de casos e mortes nos estados brasileiros, enquanto Silva *et al.* (2021) investigaram essa relação para todos os municípios do Brasil, no entanto os dados utilizados pelo primeiro estudo se referiam apenas aos primeiros 90 dias após a confirmação do primeiro caso da doença do país, e o segundo estudo considerou o período apenas até maio de 2020, não compreendendo um longo período da pandemia no Brasil, nem o período de maior incidência de mortes, que ocorreu em março de 2021. A relação entre saneamento e a COVID-19 também foi abordada ao redor do mundo, principalmente nos países subdesenvolvidos, que sofrem mais com a falta de infraestrutura básica, como é o caso de Moçambique, local do estudo de Cambaza (2021), que analisou essa relação para as diferentes províncias do país africano.

Para avaliar a relação entre acesso a saneamento básico e o controle da disseminação da COVID-19 nas capitais brasileiras, Ferreira, Silva e Figueiredo Filho (2021) conduziram uma pesquisa associando a disseminação da COVID-19 aos dados de serviço de água e esgoto nas cidades. Para examinar o nível de associação entre o estado do saneamento e as taxas de mortalidade, foi proposto o índice de acesso ao saneamento básico, elaborado por meio de análise fatorial, considerando índices de perdas no sistema de distribuição como indicador de qualidade do sistema de abastecimento de água. De modo geral, o estudo verificou que, para as capitais federais, quanto maior o acesso ao saneamento, menor a mortalidade por COVID-19. Vilarinho *et al.* (2022) avaliaram as condições de abastecimento de água, coleta e tratamento de esgoto em cidades com as maiores incidências de casos de COVID-19 no Brasil. O estudo verificou que seis das 20 cidades com mais casos confirmados de COVID-19

estavam também entre as 20 com piores índices de saneamento, associando, assim, a ausência de saneamento e a proliferação da doença.

O presente estudo visou investigar a relação entre as mortes por COVID-19 e os níveis de atendimento dos serviços de água e esgoto no Brasil de acordo com os dados mais recentes disponíveis, fase em que a ocorrência de óbitos pela doença registra queda gradual. Diferentemente da maioria dos estudos que serviram como base para este trabalho e que consideraram distribuição normal para os dados coletados, foram aplicados no presente estudo como ferramenta estatística os modelos lineares generalizados, que apresentam como vantagem a utilização de outras distribuições de probabilidade não normais e a possibilidade de inclusão de não linearidades no modelo.

METODOLOGIA

O presente estudo foi aplicado para o estado do Rio Grande do Sul (Figura 1). Apesar de o estado ter 499 municípios, nem todos estão presente no SNIS ou possuem dados completos. Por isso, é necessário fazer um pré-processamento nos dados. A Figura 1 traz todos os municípios existentes, destacando quais foram utilizados para a metodologia proposta.

Dados

O Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto de 2019 torna pública a situação do saneamento básico no Brasil em relação à prestação de serviços de água e esgoto por meio de informações e de indicadores em sua base de dados (BRASIL, 2019b). O acesso à água foi incorporado às análises pelo indicador AG001, detalhado como população total atendida com água no município. Para acesso à coleta de esgoto, utilizaram-se dados do indicador ES001, definido como população total atendida com esgotamento sanitário. Esses indicadores foram então divididos pela população estimada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), presente no SNIS, para que o valor ficasse entre 0 e 100%. O SNIS apresenta valores de 473 dos 499 municípios do Rio Grande do Sul, e destes, apenas 111 possuem dados informativos sobre atendimento de esgoto, os quais foram usados no estudo (Figura 1).

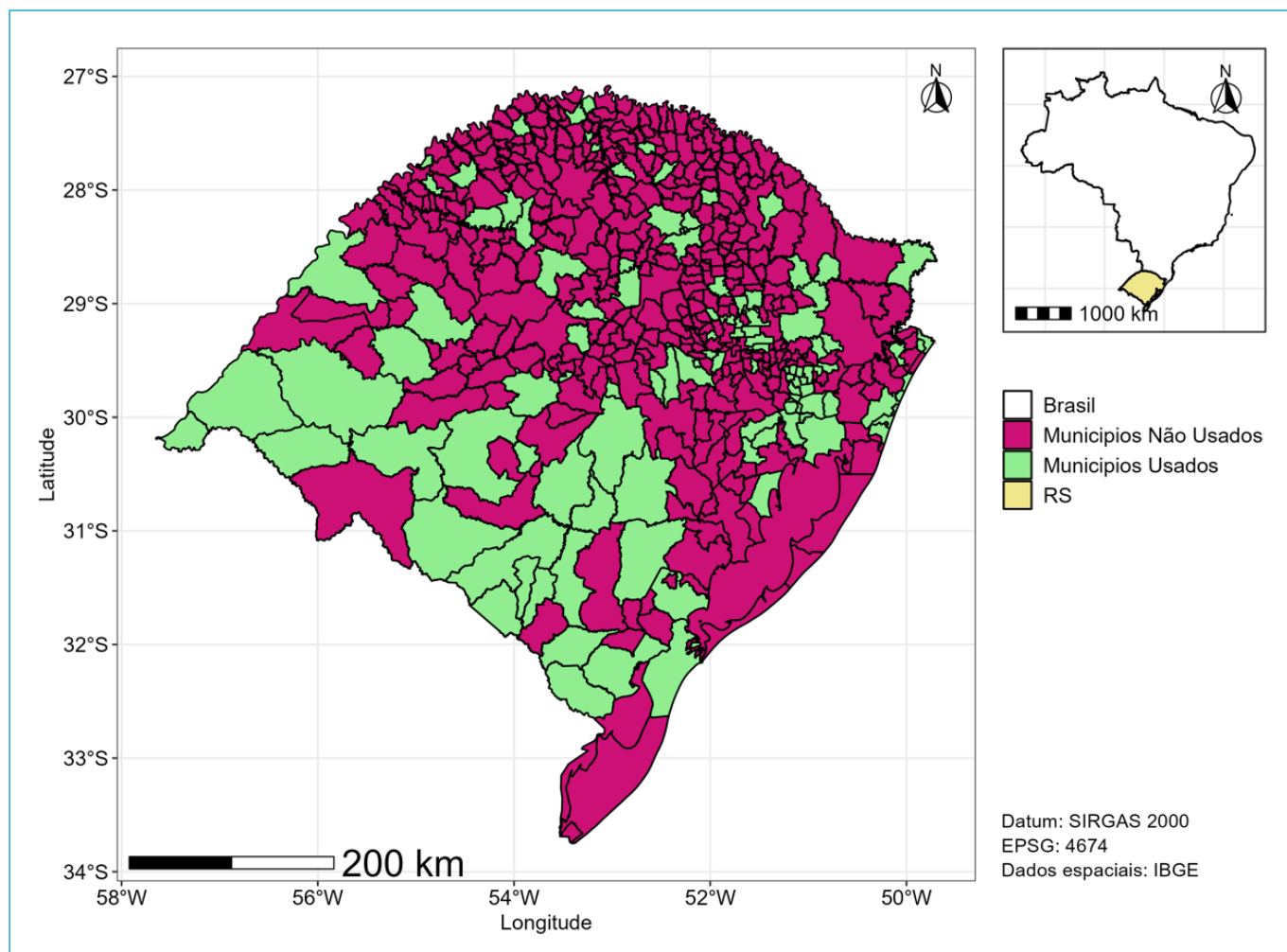


Figura 1 – Área de estudo com os municípios que foram utilizados neste estudo.

O governo do Rio Grande do Sul disponibiliza dados associados à COVID-19 no portal estadual do coronavírus (RIO GRANDE DO SUL, 2022). Existem informações a nível individual acerca do avanço da doença. Dos 2.751.050 dados disponíveis, foram utilizados apenas 1.953.492, referentes aos 111 municípios de que se tem informações relevantes do SNIS.

Modelos lineares generalizados

Modelos lineares tradicionais são limitados no sentido de que uma variável aleatória, Y , pode ser representada por um único ou por uma combinação linear de β parâmetros e X covariáveis. Essa relação é dada por meio de uma distribuição probabilística, como a distribuição normal, que no formato $\sim N(\mu, \sigma)$ indica que possui média μ e desvio padrão $= \sigma$. Os modelos lineares generalizados (MLG)

são uma extensão desses modelos lineares, de forma que Y possa ter outras distribuições não normais e que a relação entre resposta e variável explanatória possa ser mais complexa (DOBSON; BARNETT, 2002).

Famílias exponenciais de distribuições referem-se a uma classe ampla de distribuições e são a base de um MLG. Uma variável contínua Y pertence a essa família no formato uniparamétrico se, e somente se, a sua função densidade de probabilidade (*f.d.p.*) puder ser escrita em formato específico (DOBSON; BARNETT, 2002).

Os MLG podem ser definidos com três componentes principais. O primeiro deles é o sistemático, representado pelas variáveis explanatórias (X) e pelos parâmetros β dados por η . Outro é um randômico, no qual a variável independente pertence a uma família exponencial de distribuição. A função de ligação, $g^{-1}()$, é o último componente-chave

de um MLG. Ela relaciona o valor esperado de Y , $E(Y|X) = \mu$, ao componente linear, $\eta = X\beta$. Todas essas componentes juntas dão forma ao MLG (Equação 1). Apesar de esses modelos poderem ser ainda mais generalizáveis (modelos aditivos generalizados), isso não é feito neste estudo (DOBSON; BARNETT, 2002).

$$E[Y|X] = \mu = g^{-1}(\eta) = g^{-1}(X^T * \beta) \quad (1)$$

Em uma tentativa de se obter o modelo ideal, diferentes distribuições foram testadas e apenas a melhor foi escolhida. As distribuições testadas neste estudo foram a normal, normal inversa e gama — cada uma podendo ter diferentes funções de ligação. Isso está disposto na Tabela 1. As funções de ligação podem ser chamadas de identidade (número 1 na tabela), inversa (número 2), logarítmica (número 3) ou outra (número 4).

Para selecionar a melhor combinação de família de distribuição com uma função de ligação, optou-se por usar o critério de informação de Akaike (AIC), proposto por Akaike em 1972 com reimpressão em 1992 e mostrado na Equação 2 (AKAIKE, 1992). Nele, k representa o número de parâmetros usados no modelo, e \hat{L} , a máxima verossimilhança. A solução tida como ótima é aquela com o menor valor de AIC. Assim, modelos que utilizam muito

parâmetros são penalizados, buscando-se então uma resposta mais parcimoniosa. É importante notar que esse método deve ser usado quando se comparam modelos de uma mesma estrutura, uma vez que a verossimilhança deve ser calculada do mesmo modo.

$$AIC = 2 * k - 2 * \ln(\hat{L}) \quad (2)$$

Apesar de ser uma forma relativamente rápida e facilmente interpretável, existem alguns problemas, como comentado por Burnham e Anderson (2002), sobretudo quando a amostra analisada (n) é pequena se comparada ao número de parâmetros (k). Nesse caso, pode ser mais vantajoso utilizar o AIC corrigido, ou AICc. Burnham e Anderson (2002) recomendam usar a versão corrigida apenas quando $n/k < 40$. Quando essa relação for maior, o AICc tende ao mesmo valor que o de AIC. Vale notar que o AIC é incapaz de definir se o modelo de fato é bom ou não; ele serve apenas como uma métrica para comparar diferentes modelos e deliberar o mais parcimonioso deles. Como para o presente estudo temos um número elevado de dados (nossa amostra k), o valor de n/k ultrapassa facilmente o limiar necessário, não sendo preciso a utilização do AICc.

Além disso, é necessária uma correta análise do modelo e dos resíduos. Primeiramente, faz-se um gráfico em envelope para certificar-se da escolha dada pelo AIC. Nesse gráfico, caso os resíduos não cumpram as premissas feitas pelo modelo, tem-se um indicativo de mau ajuste. Em seguida, analisam-se os resíduos em três gráficos para checagem visual de algumas informações importantes como a homocedasticidade. É imperativo que essa etapa ocorra, uma vez que o AIC não avalia as premissas feitas anteriormente, tampouco os resíduos.

RESULTADOS

Realizou-se a modelagem para as distribuições normal, normal inversa e gama, cada uma com três ou quatro funções de ligação (identidade, inversa, logarítmica ou outra), totalizando 10 possíveis modelos. Os valores de AIC para cada um deles estão na Tabela 2. A distribuição gama, utilizando a função de ligação normal em que $g^{-1}(\mu) = \mu$, obteve o resultado mais parcimonioso, de 1.341,63,

Tabela 1 - Famílias de distribuição de probabilidade com diferentes funções de ligação.

Distribuição	Função de ligação: $g^{-1}(\mu)$	
Normal	(1)	μ
	(2)	$\frac{1}{\mu}$
	(3)	$\ln(\mu)$
Normal inversa	(1)	μ
	(2)	$\frac{1}{\mu}$
	(3)	$\ln(\mu)$
	(4)	$\frac{1}{(2\mu)^2}$
Gama	(1)	μ
	(2)	$\frac{1}{\mu}$
	(3)	$\ln(\mu)$

como destacado na Tabela 2. Todas as análises e os gráficos foram feitos via linguagem de programação R (R CORE TEAM, 2013). Foi usada a função *glm()*, no R, para ajustar todos os modelos MLG e obter informações sobre o AIC e os resíduos (DUNN; SMYTH, 2018).

Para o modelo ótimo (gama com função de ligação identidade), a estimativa de seus coeficientes, juntamente com seu desvio padrão, valores p e nível de significância das covariáveis (denominado α) ou não, se encontra na Tabela 3. Essas estatísticas são relacionadas ao teste de Wald, avaliado internamente no R pela função *glm* (DUNN; SMYTH, 2018). Vale notar que se avaliou se era significativa a covariância entre as duas covariáveis utilizadas, porém esta retornou um valor não significativo. Foi constatado um bom nível de significância para os valores de X1 e X2 utilizados neste estudo e, apesar de a última ser menor, ainda foi significativa.

Tabela 2 - AIC para cada distribuição e função de ligação dos modelos feitos.

Distribuição	Função de ligação: $g(\mu)$		AIC
Normal	(1)	μ	1.345,33
	(2)	$\frac{1}{\mu}$	1.345,67
	(3)	$\ln(\mu)$	1.345,40
Normal Inversa	(1)	μ	1.347,93
	(2)	$\frac{1}{\mu}$	1.348,64
	(3)	$\ln(\mu)$	1.348,32
	(4)	$\frac{1}{(2\mu)^2}$	1.349,05
Gama	(1)	μ	1.341,63
	(2)	$\frac{1}{\mu}$	1.342,13
	(3)	$\ln(\mu)$	1.342,86

AIC: critério de informação de Akaike.

Tabela 3 - Valores para as covariáveis X1 e X2 com seus níveis de significância e valores p.

	Estimativa	Desvio padrão	Valor p	α
Intercepto	210,75	27,47	7,93e-12	0,001
X1 (atendimento água)	1,85	0,35	9,22e-07	0,001
X2 (atendimento esgoto)	-0,84	0,31	0,00782	0,01

Em seguida, é imprescindível a análise dos resíduos com os quatro gráficos propostos na metodologia (Figura 2). O gráfico de envelope não teve nenhum ponto fora do intervalo segundo a distribuição adotada, algo satisfatório. Além disso, o gráfico de dispersão aparentou estar aceitável, com média próxima a 0 e variância constante. O QQplot feito coincide com o esperado (reta traçada em cima dos pontos dos resíduos do modelo), apesar de a cauda inferior fugir um pouco da reta. Isso mostra que talvez fosse interessante considerar a utilização de modelos não lineares para essa associação. Por último, viram-se o ajuste da frequência (histograma) e a curva normal passando por cima, aparentando ser razoáveis. Foram utilizados os resíduos no formato de *deviance*. Importante notar que, apesar de o modelo ótimo ser uma distribuição gama, se espera que os resíduos tenham comportamento normal e homocedástico — o que de maneira geral é atingido pelos gráficos da Figura 2.

O modelo resultante da análise, com os devidos coeficientes β , está na Equação 3. A interpretação da equação sugere diferentes respostas da ocorrência de óbitos (por 100 mil habitantes, como de costume em estudos epidemiológicos) em decorrência de casos de COVID-19 para a variação na cobertura de infraestruturas de coleta e afastamento de esgotos (X2) e abastecimento de água (X1). Esses índices de saneamento podem variar de 0 até 100%.

$$\frac{\text{Óbitos}}{100.000} = 1,85 * X1 - 0,84 * X2 + 210,75 \quad (3)$$

Independentemente da cobertura do município, espera-se, pelo modelo, que haja 210,75 óbitos a cada 100 mil habitantes (intercepto). Para o sistema de água, tem-se que, para o aumento de 1 ponto percentual da população total do município contemplada pelo sistema, o número de casos registrados de óbitos por COVID-19 varia positivamente em 1,85 a cada 100 mil habitantes. Para o sistema de esgotamento sanitário, o acréscimo de 1 ponto percentual da população total com cobertura do sistema implica a diminuição em 0,84 na ocorrência de óbitos a cada 100 mil habitantes por casos de COVID-19 no município.

O impacto do sistema de esgotamento sanitário, pela formulação resultante do modelo, apresenta tendência inversamente proporcional ao aumento do número de

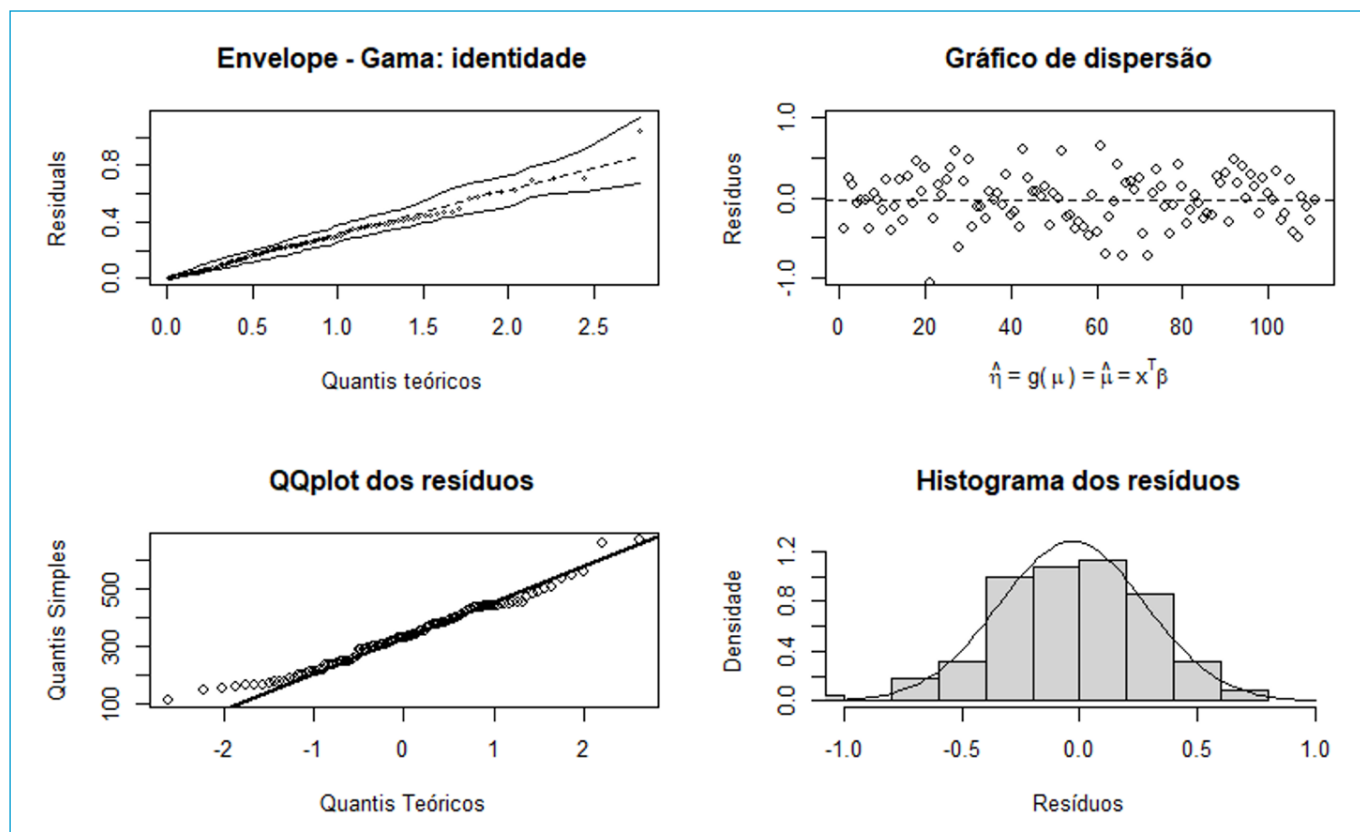


Figura 2 - Análise dos resíduos *deviance* por meio de diferentes gráficos.

casos da pandemia do novo coronavírus. O resultado induz a conclusão de que locais com maior infraestrutura de esgotamento sanitário tendem a sofrer menos com uma situação pandêmica como a da COVID-19. Já o parâmetro associado ao abastecimento de água na formulação resultante da aplicação do modelo leva a uma conclusão diferente da observada para o esgotamento sanitário. O coeficiente positivo aponta para um aumento do número de casos quando do aumento do índice de cobertura de água registrado pelo SNIS.

Diferentes trabalhos com manipulação de dados da COVID-19 e do saneamento foram realizados, concluindo que a presença dos sistemas gera redução na ocorrência de casos de COVID-19 (AQUINO, 2020; EKUMAH *et al.*, 2020; SILVA *et al.*, 2021; SILVA; CARNIEL, 2022). Aquino (2020) e Silva *et al.* (2021) alcançaram conclusão semelhante à do presente trabalho a respeito do impacto da cobertura de esgoto no Brasil com relação à proliferação do novo coronavírus, verificando que a presença de sistemas de saneamento tende a provocar redução na ocorrência de casos e

mortes associados à COVID-19. Contudo, detalhando a análise para cidades com diferentes níveis de atendimento de esgotamento sanitário, Silva *et al.* (2021) alcançaram resultado divergente. Verificou-se que, para cidades com coleta de 25 a 50% de cobertura em esgotamento sanitário, a taxa de mortalidade foi inferior àquela observada para cidades com cobertura de 50 a 75% de população atendida. Assim, para essas duas taxas, os dados apresentaram relação diretamente proporcional, apontando aumento da cobertura de esgoto associado a aumento do número de mortes. O estudo justificou o resultado afirmando que a diversidade das cidades brasileiras incorpora outros fatores que impactam na mortalidade pela COVID-19, como fatores sociais e estratégias adotadas pelo poder público para o combate à pandemia. Silva e Carniel (2022) verificaram correlação em três de 12 análises entre COVID-19 e o saneamento básico, todos indicando para a relação entre incidência de casos e abastecimento de água.

O estudo conduzido por Cambaza (2021) com dados da COVID-19 e do saneamento em cidades de Moçambique

apresenta resultados semelhantes aos alcançados no presente trabalho para o abastecimento de água. O autor verificou, pela aplicação de modelo estatístico, correlação positiva entre índices de saneamento, tanto de cobertura de esgotamento sanitário quanto de abastecimento de água para consumo humano, e de casos confirmados de COVID-19. O autor justificou o comportamento observado pela relação existente entre a presença de infraestrutura urbana e a maior densidade populacional dos centros urbanos. Assim, a existência de sistemas de saneamento estaria vinculada à maior densidade populacional, o que seria a mais relevante causa a potencializar a ocorrência de casos de COVID-19.

Diversos estudos já apontaram para a permanência do vírus da COVID-19 nos esgotos sanitários (GUO *et al.*, 2021; HELLER; MOTA; GRECO, 2020; LA ROSA *et al.*, 2020; TRAN *et al.*, 2021), o que reforça a importância da verificação da possibilidade da transmissão feco-oral, uma vez que, ainda que o vírus causador da COVID-19 apresente baixa estabilidade em ambientes naturais, sua permanência em águas naturais ou residuárias pode durar dias ou mesmo semanas (TRAN *et al.*, 2021). Caso confirmada, a hipótese da transmissão feco-oral contribuiria para o entendimento do impacto do esgotamento sanitário na incidência de casos de COVID-19, contudo essa verificação ainda precisa passar pela confirmação do comportamento do vírus em etapas que caracterizam doenças de veiculação hídrica. Na perspectiva da qualidade da água para consumo humano, apesar da constatação de que diferentes tipos de coronavírus podem permanecer na água ou em esgotos por dias ou semanas, o vírus da COVID-19 não apresenta grande estabilidade em ambientes naturais, sendo facilmente oxidado (PINON; VIALETTE, 2018). Sabe-se ainda que, no Brasil, todo processo de tratamento e distribuição de água para consumo humano deve incorporar etapa de desinfecção, altamente eficiente na desestabilização do vírus da COVID-19, o que reduz ainda mais o risco associado.

CONCLUSÕES

O estudo dos dados de óbitos da COVID-19 e dos níveis de saneamento nos municípios adimplentes em relação

ao SNIS do estado do Rio Grande do Sul apontou para a existência de relação estatisticamente significativa. Utilizando modelos lineares generalizados, mostrou-se que para essa análise a distribuição gama é mais adequada do que a normal (usada em regressões lineares tradicionais). O resultado está de acordo com o esperado, uma vez que a distribuição normal aceita valores negativos, o que não faz sentido em termos de taxa de mortalidade, enquanto a gama se prende a valores positivos e com caudas não simétricas.

Mais importante do que os valores obtidos pelo modelo é a relação obtida entre os indicadores e a taxa de mortalidade. Essa relação mostra que o aumento da cobertura de esgoto em um município traria redução na taxa de mortalidade (um óbito/100 mil habitantes a menos por ponto percentual). Já o indicador de abastecimento de água mostra o contrário, de forma que o aumento de sua cobertura traz aumento também da taxa de mortalidade pela COVID-19 (dois óbitos/100 mil habitantes a mais por ponto percentual). Isso não significa, porém, que não se deve buscar a universalização do acesso à água. É importante notar que esse modelo possui apenas duas covariáveis, e uma pandemia traz diversas relações entre diferentes atores e instrumentos.

Trabalhos semelhantes realizados previamente apresentaram resultados associados à aplicação de ferramentas estatísticas comparáveis aos obtidos no estudo, alertando constantemente para a existência de diferentes outros aspectos intervenientes diretamente mais impactantes que o saneamento. Diversidade de densidade populacional e tipo de estratégia adotada para o combate à pandemia podem ser fatores relevantes e devem ser mais investigados. Ainda assim, a universalização do saneamento é um desafio a ser vencido no Brasil, com grande potencial de aumento da qualidade de vida e redução de desigualdades.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos aqui o apoio prestado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico e pela Fundação de Apoio à Pesquisa do Distrito Federal.

REFERÊNCIAS

- AKAIKE, H. Information theory and an extension of the maximum likelihood principle. In: AKAIKE, H. *Selected papers of Hirotugu Akaike*. Nova York: Springer, 1992. p. 199-213.
- AQUINO, D.S. Influência do acesso a saneamento básico na incidência e na mortalidade por COVID-19. *Revista Thema*, v. 18, n. esp., p. 319-331, 2020. <https://doi.org/10.15536/themav18.especial.2020.319-331.1798>
- BRASIL. *Lei nº 11.445*. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. Altera as Leis nos. 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. Brasil, 2007. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm. Acesso em: 22 out. 2021.
- BRASIL. *Lei nº 14.026*. Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000. Brasil, 2020. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2020/Lei/L14026.htm#art7. Acesso em: 22 out. 2021.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. *Manual de saneamento*. 5. ed. Brasília: Funasa, 2019a. 545 p. Disponível em: http://www.funasa.gov.br/documents/20182/38564/Manual_de_Saneamento_Funasa_5a_Edicao.pdf/278113a8-2cda-4b9f-8611-9087912c9dff. Acesso em: 22 out. 2021.
- BRASIL. Ministério da Saúde. *Painel Coronavírus*. Brasil, 2022. Disponível em: <https://covid.saude.gov.br/>. Acesso em: 1º nov. 2022.
- BRASIL. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS). *Diagnóstico dos serviços de água e esgoto de 2019*. Brasil, 2019b. Disponível: https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/saneamento/snis/produtos-do-snis/diagnosticos/diagnosticos_snis. Acesso em: 25 out. 2021.
- BURNHAM, K. P.; ANDERSON, D. R. A practical information-theoretic approach. *Model selection and multimodel inference*, 2. 2002.
- CAMBAZA, E. Influence of population density and access to sanitation on COVID-19 in Mozambique. *Revista Angolana de Ciências da Saúde*, v. 2, n. 1, p. 3-8, 2021. https://doi.org/10.54283/RACSaude.2789-2832.v2n1_2021.p3-8
- DOBSON, A.J.; BARNETT, A. *An introduction to generalized linear models*. CRC Press, 2002.
- DUNN, P.K.; SMYTH, G.K. *Generalized linear models with examples in R*. Nova York: Springer, 2018. v. 53.
- EKUMAH, B.; ARMAH, F.A.; YAWSON, D.O.; QUANSAH, R.; NYIEKU, F.E.; OWUSU, S.A.; ODOI, J.O.; AFITIRI, A-R. Disparate on-site access to water, sanitation, and food storage heighten the risk of COVID-19 spread in Sub-Saharan Africa. *Environmental Research*, v. 189, 109936, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109936>
- FERREIRA, D.; SILVA, L.; FIGUEIREDO FILHO, D.B. Saneamento importa? Uma análise da relação entre condições sanitárias e COVID-19 nas capitais brasileiras. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 26, n. 6, p. 1079-1084, 2021. <https://doi.org/10.1590/S1413-415220200355>
- GUO, M.; TAO, W.; FLAVELL, R.A.; ZHU, S. Potential intestinal infection and faecal-oral transmission of SARS-CoV-2. *Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology*, v. 18, p. 269-283, 2021. <https://doi.org/10.1038/s41575-021-00416-6>
- HELLER, L.; MOTA, C.R.; GRECO, D.B. COVID-19 faecal-oral transmission: Are we asking the right questions? *Science of The Total Environment*, v. 729, 138919, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138919>
- INSTITUTO TRATA BRASIL. *Saneamento e Doenças de Veiculação Hídrica Datasus e Snis 2019*. Instituto Trata Brasil, 2019. Disponível em: <https://tratabrasil.org.br/saneamento-e-doencas-de-veiculacao-hidrica-ano-base-2019/>. Acesso em: 22 out. 2021.
- LA ROSA, G.; BONADONNA, L.; LUCENTINI, L.; KENMOE, S.; SUFFREDINI, E. Coronavirus in water environments: Occurrence, persistence and concentration methods - A scoping review. *Water Research*, v. 179, 115899, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.115899>
- MATHIEU, E.; RICHIE, H.; GUIRAO, L.R.; APPEL, C.; GIATTINO, C.; HASELL, J.; MACDONALD, B.; DATTANI, S.; BELTEKIAN, D.; OSPINA, E.O.; ROSER, M. *Coronavirus Pandemic (COVID-19)*. 2020. Disponível em: <https://ourworldindata.org/coronavirus>. Acesso em: 10 nov. 2022.
- ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE (OPAS). *Histórico da pandemia de COVID-19*. Folha informativa sobre COVID-19. OPAS, 2021. Disponível em: <https://www.paho.org/pt/covid19/historico-da-pandemia-covid-19>. Acesso em: 22 out. 2021.
- PINON, A.; VIALETTE, M. Survival of Viruses in Water. *Intervirology*, v. 61, p. 214-222, 2018. <https://doi.org/10.1159/000484899>
- R CORE TEAM. *R: A language and environment for statistical computing*. Viena: R Foundation for Statistical Computing, 2013. Disponível em: <http://www.R-project.org/>. Acesso em: 1º nov. 2022.

RIO GRANDE DO SUL. Governo do Rio Grande do Sul. *Decreto nº 55.128*. Dispõe sobre medidas temporárias de prevenção ao contágio pelo COVID-19 (novo Coronavírus) no âmbito do Estado. Rio Grande do Sul, 2020. Disponível em: http://www.al.rs.gov.br/legis/m010/M0100018.asp?Hid_IdNorma=66175. Acesso em: 1º nov. 2022.

RIO GRANDE DO SUL. Governo do Rio Grande do Sul. *Painel Coronavírus RS*. Rio Grande do Sul, 2022. Disponível em: <https://ti.saude.rs.gov.br/covid19/>. Acesso em: 10 nov. 2022.

SILVA, M.G.; CARNIEL, A.S. Study of the correlation between Covid-19 cases and deaths and basic sanitation in Brazil: Is this a possible secondary route of virus transmission? *Journal of Hazardous Materials Advances*, v. 8, 100149, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.hazadv.2022.100149>

SILVA, R.R.; RIBEIRO, C.J.N.; MOURA, T.R.; SANTOS, M.B; SANTOS, A.D.; TAVARES, D.S.; SANTOS, P.L. Basic sanitation: a new indicator for the spread of COVID-19? *Transactions of The Royal Society of*

Tropical Medicine and Hygiene, v. 115, n. 7, p. 832-840, 2021. <https://doi.org/10.1093/trstmh/traa187>

TRAN, H.N.; LE, G.T.; NGUYEN, D.T.; JUANG, R.-S.; RINKLEBE, J.; BHATNAGAR, A.; LIMA, E.C.; IQBAL, H.M.N.; SARMAH, A.K.; CHAO, H-P. SARS-CoV-2 coronavirus in water and wastewater: A critical review about presence and concern. *Environmental Research*, v. 193, 110265, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.110265>

VILARINHO, C.M.R.; SCHMITT, V.F.; REIS, B.C.; MELILO, W.J.S.; COUTO, E.A. Água e esgoto na pandemia da COVID-19: o papel da regulação e o desafio para o objetivo de desenvolvimento sustentável 6 no Brasil. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 27, n. 2, p. 335-346, 2022. <https://doi.org/10.1590/S1413-415220200403>

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO); UNITED NATIONS CHILDREN'S FUND (UNICEF). *Water, sanitation, hygiene and waste management for the COVID-19 virus: Technical brief*. WHO, Unicef, 2020. Disponível em: <https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/technical-guidance-publications>. Acesso em: 29 nov. 2021.