

## **Influência das rodovias na propagação do Sars-CoV-2 nos municípios do Nordeste de Minas Gerais**

**Influence of highways on the spread of Sars-CoV-2 in the municipalities of Northeast Minas Gerais**

**Influencia de las carreteras en la propagación de Sars-CoV-2 en los municipios del Noreste de Minas Gerais**

Recebido: 25/03/2021 | Revisado: 30/03/2021 | Aceito: 01/04/2021 | Publicado: 12/04/2021

### **Ana Clara Gonçalves Quintal**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7280-7514>  
Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Brasil  
E-mail: [anacgquintal2000@outlook.com](mailto:anacgquintal2000@outlook.com)

### **Nicole Guimarães Lima**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6322-5950>  
Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Brasil  
E-mail: [nicoleguimaraeslima@hotmail.com](mailto:nicoleguimaraeslima@hotmail.com)

### **Máyra Leal Rodrigues**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9024-0865>  
Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Brasil  
E-mail: [mayrarodriguesleal2016@gmail.com](mailto:mayrarodriguesleal2016@gmail.com)

### **Rebecca Jasmim Pereira Ribeiro**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3762-9449>  
Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Brasil  
E-mail: [rebekka.10@hotmail.com](mailto:rebekka.10@hotmail.com)

### **Rafael Genaro**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0554-888X>  
Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Brasil  
E-mail: [rafael.genaro@ufvjm.edu.br](mailto:rafael.genaro@ufvjm.edu.br)

### **Rafael Alvarenga Almeida**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3828-7305>  
Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Brasil  
E-mail: [rafael.almeida@ufvjm.edu.br](mailto:rafael.almeida@ufvjm.edu.br)

### **Resumo**

É fato que a influência do fluxo rodoviário correlaciona-se com a disseminação de diversas doenças transmissíveis, podendo guardar a mesma relação para a disseminação do SARS-CoV-2 nos municípios. O presente trabalho objetiva-se na realização da verificação da influência das rodovias BR-116, BR-418 e BR-367 na propagação da SARS-CoV-2 em 73 municípios da região Nordeste de Minas Gerais, e na cidade polo, Teófilo Otoni-MG. Para tal verificou-se diversas variáveis relacionadas à doença como: casos confirmados, óbitos e dias até a doença se instalar em uma cidade. Ainda, realizou-se uma avaliação sobre a existência de correlação entre uma variável referente a rodovia e uma referente a doença, com a obtenção dos índices de correlações de Pearson e de Spearman, e por fim executou-se um teste de hipótese, visando obtenção de um ranqueamento das rodovias. Com base nos cálculos realizados, a BR-116 e BR-418 se apresentaram como as rodovias mais influentes na propagação do vírus entre os municípios da região de estudo. Já para os bairros da cidade de Teófilo Otoni- MG, a BR-418 demonstrou uma maior influência na disseminação do SARS-CoV-2 que a BR-116. A análise se mostrou relevante para melhor entendimento de como a COVID-19 se propaga nas cidades estudadas por meio das rodovias, podendo facilitar a tomada de decisão dos gestores públicos na implantação de medidas sanitárias nesses locais.

**Palavras-chave:** Coronavírus; BR; Pandemia.

### **Abstract**

It is a fact that the influence of the road flow is correlated with the spread of several communicable diseases, and may keep the same relationship for the spread of SARS-CoV-2 in the municipalities. The present work aims to verify the influence of the BR-116, BR-418 and BR-367 highways in the spread of SARS-CoV-2 in 73 municipalities in the Northeast region of Minas Gerais, and in the pole city, Teófilo Otoni -MG. For this purpose, several variables related to the disease were verified, such as: confirmed cases, deaths and days until the disease settled in a city. Still, an evaluation was carried out on the existence of a correlation between a variable referring to the highway and one referring to disease, with the obtaining of the Pearson and Spearman correlation indices, and finally a hypothesis test

was carried out, aiming at obtaining ranking of highways. Based on the calculations performed, the BR-116 and BR-418 presented themselves as the most influential highways in the spread of the virus among the municipalities in the study region. As for the neighborhoods in the city of Teófilo Otoni- MG, BR-418 demonstrated a greater influence on the spread of SARS-CoV-2 than BR-116. The analysis proved to be relevant for a better understanding of how COVID-19 propagates in the cities studied through the highways, which can facilitate the decision making of public managers in the implementation of sanitary measures in these places.

**Keywords:** Coronavirus; BR; Pandemic.

### Resumen

Es un hecho que la influencia del flujo vial se correlaciona con la propagación de varias enfermedades transmisibles, pudiendo mantener la misma relación para la propagación del SARS-CoV-2 en los municipios. El presente trabajo tiene como objetivo verificar la influencia de las carreteras BR-116, BR-418 y BR-367 en la propagación del SARS-CoV-2 en 73 municipios de la región noreste de Minas Gerais, y en la ciudad polo, Teófilo Otoni. -MG. Para ello, se verificaron varias variables relacionadas con la enfermedad, tales como: casos confirmados, defunciones y días hasta que la enfermedad se asentó en una ciudad. Aún así, se realizó una evaluación de la existencia de correlación entre una variable referente a la carretera y otra referente a enfermedad, con la obtención de los índices de correlación de Pearson y Spearman, y finalmente se realizó una prueba de hipótesis, con el objetivo de obtener un ranking. de carreteras. Con base en los cálculos realizados, la BR-116 y BR-418 se presentaron como las carreteras más influyentes en la propagación del virus entre los municipios de la región de estudio. En cuanto a los barrios de la ciudad de Teófilo Otoni- MG, la BR-418 demostró una mayor influencia en la propagación del SARS-CoV-2 que la BR-116. El análisis resultó ser relevante para una mejor comprensión de cómo se propaga COVID-19 en las ciudades estudiadas a través de las carreteras, lo que puede facilitar la toma de decisiones de los gestores públicos en la implementación de medidas sanitarias en estos lugares.

**Palabras clave:** Coronavirus; BR; Pandemia.

## 1. Introdução

Pela primeira vez em 1937, os primeiros coronavírus capazes de infectar seres humanos foram isolados. Entretanto, somente em 1965 que o vírus foi descrito como coronavírus pela aparência de coroa (corona em latim) no perfil da microscopia devido ao núcleo de material genético envolvido por picos de proteína. (Ministério da Saúde, 2020).

No final de dezembro de 2019, houve o surgimento do SARS-CoV-2, mais conhecido como o novo coronavírus e caracterizado pelo Comitê Internacional de Taxonomia de Vírus (ICTV) como coronavírus 2 da síndrome respiratória aguda grave. Seu nome está geneticamente relacionado ao coronavírus responsável pelo surto de SARS em 2003 que afetou especialmente a Ásia, contudo os dois vírus são distintos. (Organização Mundial da Saúde, 2020).

Ainda está por ser determinada a dinâmica de transmissão da COVID-19 (sua distribuição na população ao longo do tempo). Consta-se que, a transmissão do coronavírus ocorre através do contato dos olhos, boca e nariz com objetos e superfícies contaminados e por meio da exposição de gotículas suspensas no ar emitidas por pessoas infectadas. Ademais, os sintomas podem variar de inexistentes até graves, sendo: tosse, febre, cansaço, pneumonia, insuficiência renal e dificuldades em respirar. Sabe-se que 80% dos pacientes com COVID-19 podem ser assintomáticos, 20% podem necessitar de atendimento hospitalar e desses casos 5% podem requerer suporte ventilatório. (Organização Mundial da Saúde, 2020).

Na visão global, foi na cidade chinesa de Wuhan que ocorreram os casos iniciais deste novo vírus, logo sendo a primeira localidade a confinar sua população. No entanto, mesmo assim a doença se dispersou para vários outros países. Então, em 30 de janeiro de 2020, a Organização Mundial da Saúde (OMS) declarou que o surto da COVID-19 atingiu o status de pandemia. Já existem mais de 110 milhões de casos confirmados e mais de 2 milhões e meio de mortes no mundo, sendo o continente americano responsável por possuir mais da metade dos casos e óbitos da doença (Organização Mundial da Saúde, 2020). No Brasil, o primeiro caso do novo coronavírus foi confirmado em São Paulo em 26 de fevereiro de 2020 (Lima *et al.*, 2020).

A área estudada neste trabalho é a região de planejamento (Governo do Estado de Minas Gerais, 2020) que abrange o Vale do Jequitinhonha, Mucuri e alguns municípios pertencentes à região do Rio Doce devido ao raio pré estabelecido em

torno do polo. Engloba-se 73 municípios possuindo em sua totalidade mais de um milhão de habitantes, e tendo como polo o município de Teófilo Otoni-MG. Tem-se que o primeiro caso registrado nessa área ocorreu na cidade de Nanuque-MG no dia 04 de abril de 2020, chegando ao polo no dia 22 de abril deste mesmo ano.

Uma das grandes questões observadas é o impacto do deslocamento rodoviário nas variáveis relacionadas com a COVID-19, tais como casos confirmados, óbitos, e quantidade de dias até a doença se instalar em um município. Tal pressuposição começou a ser considerada com os boletins epidemiológicos (Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri - Campus Mucuri, 2020). De acordo com as análises de dados executadas durante o desenvolvimento desse artigo foi possível perceber indícios de que a maioria das cidades com o maior número de casos da doença são aquelas em que uma rodovia federal passa por dentro da cidade. Além disso, sabendo que Teófilo Otoni-MG é polo da região de estudo levanta-se também a hipótese da interferência do comércio, turismo e saúde.

A começar pelo comércio, existe o exemplo da agropecuária onde vê-se uma forte circulação na região de estudo. Assim, o mapa do destino da produção agropecuária no Brasil do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2018) mostra que, em Minas Gerais, Belo Horizonte (BH) é o grande centro de distribuição do estado. As linhas de distribuição para o nordeste do estado seguem justamente por onde se passa uma rodovia federal, a rodovia Santos Dumont, mais conhecida como a BR-116 que é a rodovia principal que une o Rio de Janeiro com a Bahia, sendo fundamental em rotas no transporte de mercadorias e pessoas. Analisando a relevância dessa rodovia para a cidade de Teófilo Otoni-MG, observa-se que ela é a principal via que conecta este município com Belo Horizonte, Governador Valadares e Ipatinga, todos considerados também como pólos de comércio, e com forte influência econômica sobre Teófilo Otoni-MG (IBGE, 2018).

Há também a BR-367 e BR-418 com forte influência no número de casos, contudo notou-se que esses números só são maiores no lado direito (leste) à rodovia Santos Dumont, ou seja, para a direção em que estas rodovias levam ao estado da Bahia mostrando, portanto, a existência de uma relação interestadual.

Observa-se inclusive que o PIB per capita de Teófilo Otoni-MG, disponibilizado pelo IBGE, é de R\$16.667,07, e após consultar o mapa disponibilizado pelo mesmo (IBGE, 2017), percebeu-se que esse é o maior da região estudada neste trabalho, fazendo com que seja também a maior economia da região de estudo aqui descrita, justificando a importância do estudo da influência das rodovias sobre os dados da doença no município, este também sendo o mais populoso dentre os abordados no estudo, polo da COVID-19, polo da saúde (Assembleia Legislativa de Minas Gerais, 2020), e como dito polo econômico (IBGE, 2017). Diante da relevância que essa cidade exerce na região estudada, enxerga-se a necessidade de trabalhá-la isoladamente para melhor análise de sua atuação.

Já na área do turismo, a região de estudo está na lateral do estado da Bahia, isto permite uma aproximação com uma cultura diferente sem muito custo, o que é o mais viável para a região de Minas Gerais e da Bahia menos favorecidas financeiramente. Isto, já é um dos fatores na pesquisa onde foi estudado e confirmado a relação entre o IDHM com os óbitos da doença. (Romero, & da Silva, 2020).

Na questão da saúde, por ser uma região simples, as maiores variedades de consultas e tratamentos médicos especializados são encontrados no polo da região de estudo. A estrutura hospitalar de Teófilo Otoni-MG atende cerca de 1 milhão de habitantes dos vales do Jequitinhonha e Mucuri mesmo após alteração da macrorregião de saúde (Assembleia Legislativa de Minas Gerais, 2020). Além do aumento no número de casos de COVID-19 na região, autoridades no município também enfrentam o desafio de conscientizar a população da cidade sobre a importância do isolamento social e de medidas de higiene para evitar o contágio pelo coronavírus.

Deste modo, para cumprir tal finalidade, este trabalho visa realizar um estudo estatístico sobre as rodovias BR-116, BR-418 e BR-367 podem estar interferindo na propagação da SARS-CoV-2 em 73 municípios da região Nordeste de Minas

Gerais, e na cidade polo de Teófilo Otoni-MG. Tal estudo é relevante pois a criação de um critério de ordenação entre as rodovias via aspectos da doença torna-se útil como uma forma de guiar as medidas públicas utilizadas durante a pandemia, como para definir prioridades na instalação de barreiras sanitárias, por exemplo.

O presente trabalho objetiva-se na realização da verificação da influência das rodovias BR-116, BR-418 e BR-367 na propagação da SARS-CoV-2 em 73 municípios da região Nordeste de Minas Gerais, e na cidade polo, Teófilo Otoni-MG.

## 2. Metodologia

O estudo realizado trata-se de uma pesquisa descritiva exploratória com uma abordagem quantitativa, onde foram realizadas observações de dados numéricos para realização de análises estatísticas correlacionais para subsidiar o enfoque apresentado.

Com a utilização do *software ArcGIS versão 10.8* foi retirado as informações: Estimativa do tempo de deslocamento e distâncias mínimas entre as cidades da região de estudo e localização dos bairros de Teófilo Otoni-MG e das BR-367, BR-116 e BR-418. Usando os boletins epidemiológicos da Secretaria de Estado de Saúde (Secretaria de Estado de Saúde de Minas Gerais, 2020), foi retirado o número de casos e óbitos no dia 07 de setembro de 2020, e as datas que correspondem ao primeiro caso em cada uma das 73 cidades da região nordeste de Minas Gerais bem como a de Belo Horizonte. A partir dos boletins epidemiológicos da Prefeitura de Teófilo Otoni-MG (Prefeitura Teófilo Otoni, 2020), foi retirada a distribuição dos casos por bairros do município referentes à mesma data, também, o registro do dia em que o primeiro caso se instalou em cada um dos 56 bairros da área urbana. Também foram feitos mapas para mostrar a distribuição espacial das variáveis Número de Casos, óbitos e localização das rodovias na região de estudo e localização dos bairros e rodovias na cidade Pólo, Teófilo Otoni.

A partir de uma análise das variáveis disponíveis, percebe-se que para a variável tempo de deslocamento entre os municípios e ponto mais próximo da rodovia estudada, torna-se possível a estimação da real condição da via, assim como o fluxo de automóveis. Já para a variável distância entre os municípios e rodovia estudada, pode-se afirmar o quão suscetível uma cidade está da COVID-19 em função da sua distância. Por fim, as variáveis dias para a chegada da COVID-19 nos municípios, casos e óbitos confirmados são variáveis temporais que demonstram a propagação da doença. Independente da escolha do marco zero da variável dias, isso não representará diferença no cálculo das correções já que todas as medidas de dispersão serão iguais.

Com a utilização do software livre Libreoffice Calc, foi calculado as correlações de Pearson, para a avaliação da relação das variáveis de forma linear, e também a correlação de Spearman, em função do não conhecimento do comportamento das variáveis relacionadas com a COVID-19. Depois de calculado as correlações de Pearson e de Spearman, realizou-se um teste de hipótese estatístico para cada uma, com um nível de 95% de confiança, visando a avaliação da correlação entre uma variável referente a rodovia e uma referente a doença.

Então, têm-se as correlações de Pearson e de Spearman com as variáveis: Número de casos confirmados e óbitos de COVID-19 no dia 07/09/2020, e dias para a chegada do vírus nas cidades (Marco zero: Belo Horizonte e/ou Brasil) com:

- distâncias das cidades com a BR-116, BR-418, BR-367 e a menor distância;
- tempo em minutos das cidades com a BR-116, BR-418, BR-367 e o menor tempo;
- número de dias para a chegada do vírus nas cidades analisadas.

A variável menor tempo, foi utilizada a fim de demonstrar a relevância das variáveis tempo e distância referente às três rodovias, deste modo, ela não serve como parâmetro de ranqueamento das rodovias, visto que já é um fator inerente.

Replicando a análise, sob o espectro do município polo da região, a cidade de Teófilo Otoni, calculou-se as correlações de Pearson e de Spearman com as seguintes variáveis: Número de casos confirmados da COVID-19 no dia

07/09/2020 e dias para a chegada do vírus nos bairros (Marco zero: Belo Horizonte e/ou Brasil) com:

- distâncias entre os bairros e a BR-116, BR-418 e a menor distância;
- tempo em minutos dos bairros com a BR-116, BR-418, e o menor tempo;
- número de dias para a chegada do vírus nos bairros analisados.

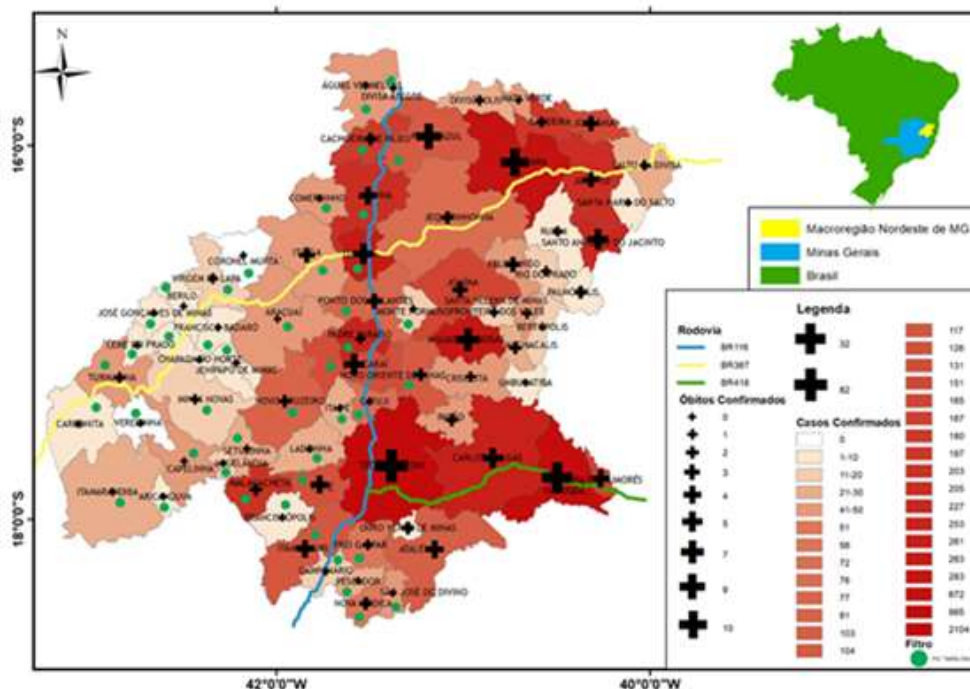
Cabe destacar que no município tem-se duas rodovias que cruzam a cidade, a BR-116 e a BR-418, como indicado no Mapa 2, deste modo a BR-367 não será atribuída no estudo sobre Teófilo Otoni-MG, e a variável menor desempenha a mesma função já descrita na análise da região de estudo.

Foram feitos testes de significância para cada uma das correlações tanto Pearson quanto Spearman, com 95% de confiança.

### 3. Resultados

A Figura 1 delimita a região com a área de estudo, bem como o número de casos e óbitos decorrentes da COVID-19 para a data de 07/09/2020, também apresenta as rodovias que existem na região.

**Figura 1** – Região de estudo com a proporção da COVID-19 e suas rodovias.

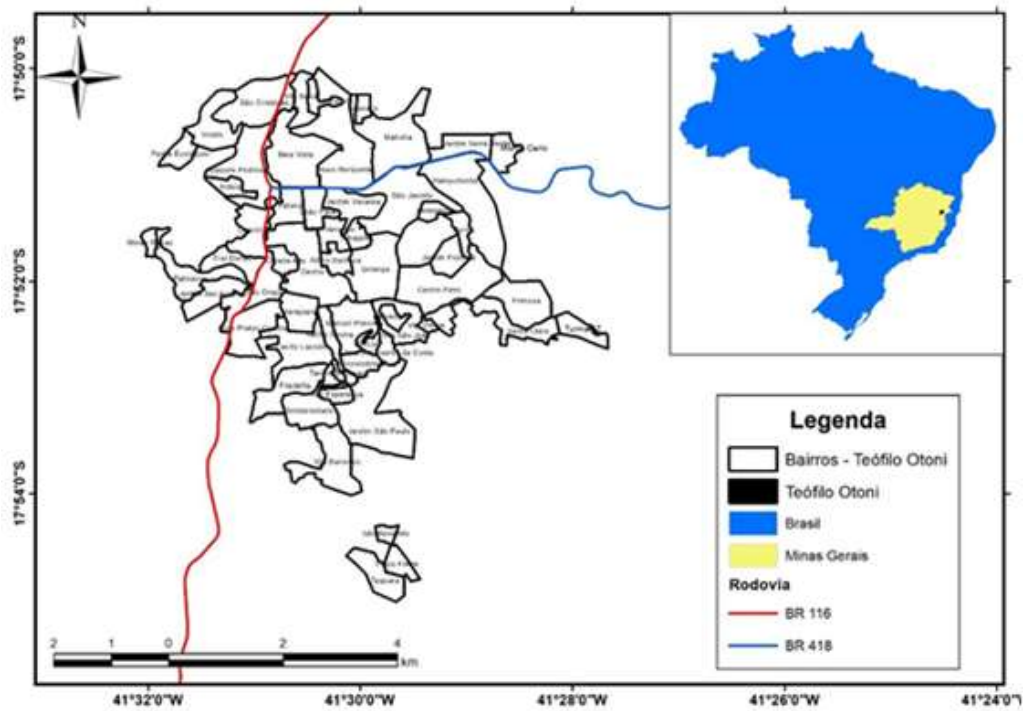


Fonte: Autores.

Evidencia-se que as cidades da região apresentam menos de 1.000 casos e 32 óbitos decorrentes da COVID-19, exceto sua cidade Polo Teófilo Otoni, que apresenta respectivamente 2.104 e 82.

A Figura 2 delimita os bairros da cidade Polo Teófilo Otoni da região estudada, bem como as rodovias que cortam a área urbana.

**Figura 2** – Bairros de Teófilo Otoni e as rodovias que cortam a área urbana.



Fonte: Autores.

Na Tabela 1 apresenta-se as correlações de Pearson e Spearman entre as variáveis calculadas em relação a região de estudo:



**Tabela 1** – Correlações de Pearson e Spearman entre as variáveis estudadas para a Região de Estudo.

| <b>Região de Estudo</b>       |                  |                  |              |               |
|-------------------------------|------------------|------------------|--------------|---------------|
| <b>Correlação de Pearson</b>  | <b>Dias (BH)</b> | <b>Dias (BR)</b> | <b>Casos</b> | <b>Óbitos</b> |
| BR418 (km)                    | 0,1651           | 0,1651           | -0,2715      | -0,2861       |
| BR367 (km)                    | -0,0544          | -0,0544          | 0,1803       | 0,2010        |
| BR116 (km)                    | 0,3712           | 0,3712           | -0,1647      | -0,1570       |
| Menor (km)                    | 0,4455           | 0,4455           | -0,2500      | -0,2063       |
| BR418 (min)                   | 0,2808           | 0,2808           | -0,3240      | -0,3223       |
| BR367 (min)                   | -0,0257          | -0,0257          | 0,1390       | 0,1601        |
| BR116 (min)                   | 0,3982           | 0,3982           | -0,1888      | -0,1793       |
| Menor (min)                   | 0,4270           | 0,4270           | -0,2288      | -0,1890       |
| <b>Correlação de Spearman</b> | <b>Dias (BH)</b> | <b>Dias (BR)</b> | <b>Casos</b> | <b>Óbitos</b> |
| BR418 (km)                    | 0,1653           | 0,1653           | -0,2898      | -0,2878       |
| BR367 (km)                    | -0,0306          | -0,0306          | 0,1439       | 0,0728        |
| BR116 (km)                    | 0,4175           | 0,4175           | -0,3831      | -0,1861       |
| Menor (km)                    | 0,4208           | 0,4208           | -0,2870      | -0,2230       |
| BR418 (min)                   | 0,2893           | 0,2893           | -0,3712      | -0,3030       |
| BR367 (min)                   | 0,0062           | 0,0062           | 0,1519       | 0,1078        |
| BR116 (min)                   | 0,4532           | 0,4532           | -0,3647      | -0,2159       |
| Menor (min)                   | 0,4005           | 0,4005           | -0,2554      | -0,1880       |

Fonte: Autores.

Observa-se na Tabela 1 uma correlação de Pearson mais forte em módulo de 0,3982 entre as variáveis Tempo BR-116 e Data BR e/ou BH, e para a correlação de Spearman em módulo foi de 0,4532 entre as variáveis Tempo BR-116 e Data BR e/ou BH.

A Tabela 2 apresenta as correlações de Pearson e Spearman entre as variáveis estudadas em relação à cidade pólo da região de estudo, Teófilo Otoni-MG.

**Tabela 2** – Correlações de Pearson e Spearman entre as variáveis estudadas para Teófilo Otoni-MG.

| <b>Teófilo Otoni-MG</b>       |                  |                  |              |
|-------------------------------|------------------|------------------|--------------|
| <b>Correlação de Pearson</b>  | <b>Dias (BH)</b> | <b>Dias (BR)</b> | <b>Casos</b> |
| BR418 (km)                    | -0,0274          | -0,0274          | -0,3253      |
| BR116 (km)                    | -0,0270          | -0,0270          | -0,2813      |
| Menor (km)                    | -0,0597          | -0,0597          | -0,2648      |
| BR418 (min)                   | -0,0592          | -0,0592          | -0,3426      |
| BR116 (min)                   | -0,0161          | -0,0161          | -0,2488      |
| Menor (min)                   | -0,0514          | -0,0514          | -0,2961      |
| <b>Correlação de Spearman</b> | <b>Dias (BH)</b> | <b>Dias (BR)</b> | <b>Casos</b> |
| BR418 (km)                    | -0,1029          | -0,1029          | -0,4245      |
| BR116 (km)                    | -0,0134          | -0,0134          | -0,2848      |
| Menor (km)                    | -0,0764          | -0,0764          | -0,3188      |
| BR418 (min)                   | -0,1179          | -0,1179          | -0,4174      |
| BR116 (min)                   | -0,0157          | -0,0157          | -0,2638      |
| Menor (min)                   | -0,0476          | -0,0476          | -0,3299      |

Fonte: Autores.

As Tabelas 3 e 4 com os testes de significância para os coeficientes de Pearson e Spearman.

**Tabela 3** – Teste de hipóteses de Pearson e Spearman para a região de estudo.

| <b>Região de Estudo</b> |                  |                  |              |               |
|-------------------------|------------------|------------------|--------------|---------------|
| <b>Teste Pearson</b>    | <b>Dias (BH)</b> | <b>Dias (BR)</b> | <b>Casos</b> | <b>Óbitos</b> |
| BR418 (km)              | 1,4104           | 1,4104           | -2,3768      | -2,5159       |
| BR367 (km)              | -0,4587          | -0,4587          | 1,5449       | 1,7294        |
| BR116 (km)              | 3,3680           | 3,3680           | -1,4070      | -1,3397       |
| Menor (km)              | 4,1929           | 4,1929           | -2,1753      | -1,7767       |
| BR418 (min)             | 2,4656           | 2,4656           | -2,8860      | -2,8692       |
| BR367 (min)             | -0,2165          | -0,2165          | 1,1827       | 1,3668        |
| BR116 (min)             | 3,6578           | 3,6578           | -1,6197      | -1,5357       |
| Menor (min)             | 3,9787           | 3,9787           | -1,9803      | -1,6217       |
| <b>Teste Spearman</b>   | <b>Dias (BH)</b> | <b>Dias (BR)</b> | <b>Casos</b> | <b>Óbitos</b> |
| BR418 (km)              | 1,4126           | 1,4126           | -2,5516      | -2,5320       |
| BR367 (km)              | -0,2580          | -0,2580          | 1,2249       | 0,6150        |
| BR116 (km)              | 3,8719           | 3,8719           | -3,4949      | -1,5960       |
| Menor (km)              | 3,9087           | 3,9087           | -2,5241      | -1,9277       |
| BR418 (min)             | 2,5462           | 2,5462           | -3,3682      | -2,6792       |
| BR367 (min)             | 0,0519           | 0,0519           | 1,2948       | 0,9138        |
| BR116 (min)             | 4,2845           | 4,2845           | -3,3005      | -1,8631       |
| Menor (min)             | 3,6828           | 3,6828           | -2,2260      | -1,6126       |

Fonte: Autores.



**Tabela 4** – Teste de hipóteses de Pearson e Spearman para Teófilo Otoni-MG.

| <b>Teófilo Otoni - MG</b> |                  |                  |              |
|---------------------------|------------------|------------------|--------------|
| <b>Teste Pearson</b>      | <b>Dias (BH)</b> | <b>Dias (BR)</b> | <b>Casos</b> |
| BR418 (km)                | -0,2035          | -0,2035          | -2,5512      |
| BR116 (km)                | -0,2006          | -0,2006          | -2,1736      |
| Menor (km)                | -0,4437          | -0,4437          | -2,0366      |
| BR418 (min)               | -0,4400          | -0,4400          | -2,7043      |
| BR116 (min)               | -0,1193          | -0,1193          | -1,9048      |
| Menor (min)               | -0,3814          | -0,3814          | -2,2991      |
| <b>Teste Spearman</b>     | <b>Dias (BH)</b> | <b>Dias (BR)</b> | <b>Casos</b> |
| BR418 (km)                | -0,7674          | -0,7674          | -3,4774      |
| BR116 (km)                | -0,0995          | -0,0995          | -2,2033      |
| Menor (km)                | -0,5681          | -0,5681          | -2,4948      |
| BR418 (min)               | -0,8808          | -0,8808          | -3,4060      |
| BR116 (min)               | -0,1166          | -0,1166          | -2,0284      |
| Menor (min)               | -0,3533          | -0,3533          | -2,5917      |

Fonte: Autores.

#### 4. Discussão

Torna-se possível evidenciar visualmente (Figura 1) a influência das rodovias no avanço da COVID-19. É evidente que o fluxo de pessoas em decorrência do turismo e comércio é elevado nestas. De maneira análoga pode-se citar o caso do estado do Amazonas, onde os rios exercem a função de rodovias, servindo assim de porta de entrada nos municípios (Madeiro, 2020).

Durante o estudo, pôde-se observar uma influência maior da BR-418, em relação a cidade de Teófilo Otoni-MG, demonstrando um comportamento de filtro sobre o mesmo, na Figura 1 os municípios destacados por pontos verdes indicam todas as cidades que precisam passar obrigatoriamente em Teófilo Otoni-MG para chegar na BR-418 considerando o percurso mais curto. Cabe destacar que estes municípios compreendem todas as cidades a oeste, noroeste e sudoeste da região de estudo. Tendo em vista que a COVID-19 pode estar chegando às cidades via estradas, Teófilo Otoni por ser um polo da doença na região de estudo, pode ter sido o principal fator para a chegada desse vírus em outras cidades.

A partir das correlações mais fortes de Pearson e Spearman (Tabela 1), temos que o processo de interiorização da doença tem como fator precursor as rodovias. Tal evidência se deve ao fato de que a maior influência das rodovias na região de estudo está associada à expansão da disseminação do vírus, e não com a sua proliferação dentro dos municípios.

Observa-se que, o sinal positivo na correlação de Pearson mais forte em módulo (0,3982), afirma que quanto mais dias passaram para o vírus chegar em uma cidade, maior foi o tempo entre a BR-116 e as cidades da região de estudo e o mesmo justifica o sinal positivo da correlação de Spearman mais forte em módulo (0,4532). A fim de afirmar a hipótese da interiorização da doença, ICICT (2020) mostra a porcentagem de casos de COVID-19 em relação a população de uma cidade.

Existe uma tendência à interiorização da epidemia, que está chegando de forma acelerada aos municípios de menor porte do país. Dentre os municípios com mais de 100 mil habitantes, praticamente todos já apresentam casos da doença. Nos municípios com população entre 50 mil e 100 mil habitantes 79% dos municípios têm presença de casos, 44% dos municípios com população entre 20 mil e 50 mil, 22% dos municípios com população entre 10 mil e 20 mil

habitantes e 9% dos municípios com população até 10 mil habitantes apresentam casos de Covid-19. (ICICT, 2020).

Torna-se possível observar que o processo de interiorização da doença já era verificado desde o final de abril no Brasil, com dados já evidentes. Summit Saúde Brasil (2020) aborda a mesma temática, mais recentemente:

Um levantamento publicado no início de junho pelo *Estadão* mostra que de abril a maio, a covid-19 se interiorizou massivamente em todo o País. No início do período analisado, 12,4% dos casos da doença estavam nas cidades interioranas, mas esse índice saltou para 34,5%, em maio. Em meados de junho, cerca de 70% dos municípios com menos de 10 mil habitantes já haviam registrado casos da doença — parcela de 91% daqueles que apresentam entre 10 e 20 mil habitantes. (Summit Saúde Brasil, 2020).

Percebe-se, portanto, que os casos se interiorizaram de forma muito rápida, alcançando cidades muito pequenas em menos de 3 meses, fato que tem sido evidenciado na região de estudo. Pesquisadores da Faculdade de Medicina e do Instituto de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia (UFU) analisaram a vulnerabilidade dos 853 municípios mineiros com relação à pandemia da COVID-19 e concluíram: “Dos 705 municípios mineiros com menos de 25 mil habitantes, 308 estão entre os mais vulneráveis para o enfrentamento da pandemia, observando-se o conjunto de todos os indicadores.” (Moraes, 2020).

Ao analisar a área urbana de Teófilo Otoni-MG, em função da sua relevância regional, sendo cidade polo de 73 municípios que compreendem aproximadamente 1,1 milhão de habitantes. O município atualmente possui 56 bairros na área urbana, registrados com CEP, no qual foram utilizados para efetuar as análises de correlação de Pearson e de Spearman com as mesmas variáveis utilizadas na região de estudo, porém, usando como referência os bairros do município, como demonstrado na Figura 2. Observa-se, de acordo com a Tabela 2, que as correlações de Pearson e de Spearman mais relevantes para o município de Teófilo Otoni-MG, estão relacionadas à BR-418. Uma das justificativas plausíveis é o comportamento de filtro que este município exerce sobre outras cidades, em consonância com os resultados apresentados e discutidos anteriormente.

Agora, após a discussão das correlações estudadas, torna-se necessário debater os testes de hipóteses, também efetuados, de forma a validar as correlações anteriores. Foram feitos os testes, a fim de mostrar onde pode-se realmente sustentar que existe relação entre as rodovias com os casos na região de estudo e nos bairros de Teófilo Otoni-MG.

Considerando a região de estudo, como mostrado na Tabela 3, a BR-367 não apresentou indícios de que haja relação com as variáveis casos e óbitos confirmados e dias para a chegada da doença nos municípios do nordeste de Minas. Em contrapartida a BR-418 demonstrou relação com estas variáveis, sendo que a rodovia em questão possui uma extensão longa e interna na cidade de Teófilo Otoni-MG que, como já discutido, se encontra com o maior número de casos da região de estudo, podendo transformar-se em um município “veículo” do vírus. A BR-116 apresentou relação proeminente com a variável dias para a chegada da doença nos municípios da região, e isso se dá pelo fato de atravessar toda a região de estudo e ser uma importante via para transporte de pessoas e mercadorias.

Destacando a influência das rodovias na região de estudo, tem-se um ranqueamento onde a BR-418 se apresenta como a mais influente por apresentar um maior valor absoluto de correlação, enquanto a BR-367 demonstra menor relevância. Analisando a influência na quantidade de casos, a BR-116 é a que mais se destaca, enquanto a BR-367 apresenta uma menor interferência. Em relação à quantidade de dias para a chegada do COVID-19, usando como parâmetro os óbitos, a BR-418 se sobressai frente às demais e a BR-367 é a que menos influencia.

Agora, ao estabelecer um ranqueamento geral tem-se que a BR-418 se destaca frente às demais, e a BR-367 apresenta uma menor influência na região de estudo, contudo, analisando a importância de cada variável e a real influência exercida, a BR-116 demonstrou uma maior correlação com a expansão do vírus na região estudada, dado que a variável dias é a que mais

evidencia a propagação da doença.

Pode-se observar, por meio da Tabela 4, que em Teófilo Otoni-MG demonstrou correlação entre a BR-116 e BR-418 e a quantidade de casos, tanto para a distância quanto com o tempo, confirmando que foi citado anteriormente o fato de não ter acontecido nenhuma diferença entre as correlações com marco zero BH e/ou Brasil.

Tais resultados permitem a obtenção de um indicativo de que essas rodovias possam estar atuando como um dos vetores de entrada da doença. Fato este que pode ser explicado em função da existência, nas margens do trecho que passa pelo município, a existência de comércio local. Em função da BR exercer um papel de elo entre diversas regiões, a BR-418 seguiu sendo a de maior influência com relação a BR-116 sobre a quantidade de casos nos bairros. Cabe destacar que a BR-116 corta uma fração importante do município, atuando como via principal de trânsito no município, bem como de viajantes, empresas logísticas e outros, aos quais fazem uso de serviços essenciais que beiram essa rodovia, facilitando a circulação do vírus.

## 5. Considerações Finais

Conclui-se que a BR-116 e BR-418, foram as rodovias que mais influenciaram na propagação do vírus entre os municípios da região de estudo, uma possível justificativa para o ocorrido, é o fato de Teófilo Otoni-MG ser o polo da doença, e ambas as rodovias passarem dentro do município.

Ao analisar os bairros de Teófilo Otoni-MG, tem-se que a BR-418 possui maior influência do que a BR-116, usando como parâmetro a quantidade de casos.

Por fim, observa-se que o estudo das correlações entre as variáveis aqui abordadas, possui relevância, pois auxiliam no entendimento da influência que essas rodovias exercem na disseminação do coronavírus nesses locais, tornando-se uma ferramenta para o gestor municipal na implantação de medidas sanitárias bem como verificar o impacto dessas.

Visando a continuação deste estudo em propostas futuras, são vislumbradas diversas possibilidades visto que o estudo de caso se baseou para uma cidade no nordeste do estado de Minas Gerais, entretanto a metodologia proposta pode ser validada com a aplicação em outras cidades com característica geográfica semelhante. Também pode-se verificar a influência das rodovias na propagação de outras doenças infectocontagiosas em cidades polo, como por exemplo a AIDS.

## Referências

- Assembleia Legislativa de Minas Gerais. (2020). Com 27 leitos de UTI, Teófilo Otoni recebe pacientes de 58 cidades vizinhas. <https://sites.almg.gov.br/memorialtv/videos/video.html?id=1518950>
- Bauer, L. (2007). Estimação do coeficiente de correlação de Spearman ponderado. <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/11499/000616112.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Borges, K. N. R. (2014). LibreOffice Para Leigos. *Facilitando a vida no escritório*. <https://www.ufrgs.br/soft-livre-edu/arquivos/libre-office-para-leigos.pdf>
- Estrela, C. (2018). Metodologia Científica: Ciência, Ensino, Pesquisa. Editora Artes Médicas.
- Figueiredo Filho, D. B., & Silva Junior, J. A. (2009). Desvendando os Mistérios do Coeficiente de Correlação de Pearson (r). *Revista Política Hoje*, 18(1), 115-146.
- Governo do Estado de Minas Gerais. (2019). Regiões De Planejamento. <https://www.mg.gov.br/conteudo/conheca-minas/geografia/regioes-de-planejamento>
- Hines, W. W., Montgomery, D. C., & Goldsman, D. M. (2000). *Probabilidade E Estatística Na Engenharia*. Grupo Gen-LTC.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2017). Panorama Teófilo Otoni. <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/teofilo-otoni/panorama>
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2018). Pesquisa Anual de Comércio 2018. <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/comercio/9075-pesquisa-anual-de-comercio.html?=&t=downloads>
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2018). Regiões de Influência das Cidades - REGIC. <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/redes-e-fluxos-geograficos/15798-regioes-de-influencia-das-cidades.html?=&t=downloads>

Instituto de Comunicação e Informação Científica e Tecnológica em Saúde - ICICT (2020). Nota Técnica 28 de abril de 2020 - Tendências atuais da pandemia de Covid-19: Interiorização e aceleração da transmissão em alguns estados. [https://www.arca.fiocruz.br/bitstream/iciict/42237/2/monitoracovid\\_notatecnica\\_28\\_04.pdf](https://www.arca.fiocruz.br/bitstream/iciict/42237/2/monitoracovid_notatecnica_28_04.pdf)

Lima, N. G., Rodrigues, M. L., Quintal, A. C. G., Genaro, R., & Almeida, R. A. (2020). A evolução da COVID-19 no município de Teófilo Otoni-MG: Um estudo geográfico e estatístico para o início da doença no município. *III Semana Da Engenharia Do Campus Do Mucuri*, 3(1), 2-5. <https://www.sengenufvjm.com/anaais-vol-3-2020>

Madeiro, C. (2020). Com barcos cheios, coronavírus seguiu rota de rios para infestar a Amazônia. <https://noticias.uol.com.br/saude/ultimas-noticias/redacao/2020/06/08/com-barcos-cheios-coronavirus-seguiu-rota-de-rios-para-infestar-a-amazonia.htm>

Ministério da Saúde. (2020). CORONAVÍRUS (COVID-19). <https://coronavirus.saude.gov.br/>

Moraes, G. (2020). Cidades pequenas são mais vulneráveis ao coronavírus em Minas, aponta estudo. <https://www.otempo.com.br/cidades/cidades-pequenas-sao-mais-vulneraveis-ao-coronavirus-em-minas-aponta-estudo-1.2364963>

Organização Mundial da Saúde. (2020). Pandemia da doença de coronavírus (COVID-19). <https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019>

Pereira A. S. et al. (2018). Metodologia da pesquisa científica. UFSM. [https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/15824/Lic\\_Computacao\\_Metodologia-Pesquisa-Cientifica.pdf?sequence=1](https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/15824/Lic_Computacao_Metodologia-Pesquisa-Cientifica.pdf?sequence=1)

Prefeitura Teófilo Otoni. (2020). Categoria: BOLETIM. <https://teofilootoni.mg.gov.br/covid/category/boletim/>

Romero, J. A. R., & da Silva, F. A. M. (2020). Relação entre as condições socioeconômicas e a incidência da pandemia da COVID-19 nos municípios do Ceará. *Boletim de Conjuntura (BOCA)*, 3(7), 85-95.

Secretaria de Estado de Saúde de Minas Gerais. (2020). Boletim epidemiológico coronavírus. <https://coronavirus.saude.mg.gov.br/boletim>

Summit Saúde Brasil. (2020). Covid-19: os riscos da interiorização da doença. <https://summitsaude.estadao.com.br/desafios-no-brasil/covid-19-os-riscos-da-interiorizacao-da-doenca/>

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri - Campus Mucuri. (2020). Boletins COVID19/UFVJM. <http://covid.mucuri.ufvjm.edu.br/cartilhas/1>