

# COVID-19: Um estudo da evolução da contaminação em Sergipe

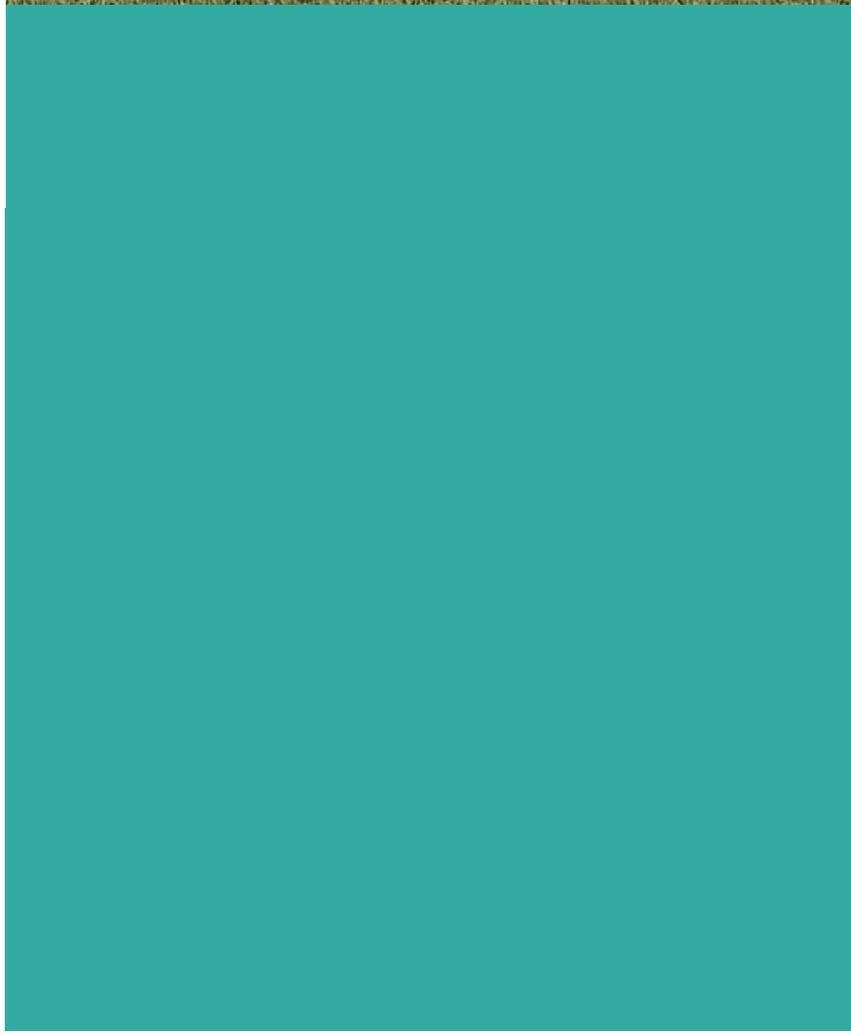
BOLETIM INFORMATIVO –  
LEADER/UFS, nº 04-2021

---

1 DE JUNHO

---

EpiSERGIPE  
Universidade Federal de Sergipe



# COVID-19: Um estudo da evolução da contaminação em Sergipe \*



Evolução  
da Prevalência  
da COVID-19  
em Sergipe

---

\* As opiniões emitidas nesta nota técnica são de exclusiva e inteira responsabilidade do(s) autor(es), não exprimindo, necessariamente, o ponto de vista da Universidade Federal de Sergipe. Agradecemos a disponibilização de dados por parte da Secretaria de Estado da Fazenda de Sergipe.



Fábio R. Moura<sup>2</sup>, Fernanda Esperidião<sup>2</sup>, Luiz Carlos S. Ribeiro<sup>1,2</sup>, José Ricardo de Santana<sup>2</sup>, José Roberto L. Andrade<sup>2</sup>, Marco A. Jorge<sup>2</sup>, José Heleno Alves da Silva<sup>3</sup>,  
Maria Jadenice de Santana Silva<sup>3</sup>

Forma de Citação:

Na utilização ou citação de partes do documento é obrigatório referenciar os autores do trabalho:

Moura, F. R., Esperidião, F., Ribeiro, L. C. S., Santana, J. R., Andrade, J. R. L., Jorge, M. A., Silva, J. H. A. da., Silva, M. J. Santana de. COVID - 19: Um estudo da evolução da contaminação em Sergipe. Nota Técnica LEADER-UFS. Nº 01-2021, Laboratório de Economia Aplicada e Desenvolvimento Regional (LEADER) da Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Junho/2021.



L · E · A · D · E · R

Laboratório de Economia Aplicada  
e Desenvolvimento Regional

<sup>2</sup> Professor(a) do Departamento de Economia e do Programa Acadêmico de Pós-Graduação em Economia (NUPEC) da Universidade Federal de Sergipe (UFS) e Pesquisador(a) do LEADER.

<sup>1</sup> Coordenador do Laboratório de Economia Aplicada e Desenvolvimento Regional – LEADER. E-mail: [leader.economia@gmail.com](mailto:leader.economia@gmail.com).

<sup>3</sup> Discente do PPGE/UFS  
da Prevalência  
da COVID-19  
em Sergipe



# LEADER

O LEADER - Laboratório de Economia Aplicada e Desenvolvimento Regional é um grupo de pesquisa da Universidade Federal de Sergipe, vinculado ao Programa Acadêmico de Pós-Graduação em Economia e ao Departamento de Economia, que tem por objetivo desenvolver pesquisas econômicas aplicadas de excelência voltadas para o desenvolvimento regional, buscando identificar problemas e propor estratégias para subsidiar a elaboração e condução de políticas para o Brasil, como também para suas regiões e cidades. O LEADER foi criado em dezembro de 2015, agregando professores, alunos de pós-graduação e graduação e pesquisadores com interesse em economia aplicada e, que desenvolvam pesquisas direta e indiretamente, com ênfase em economia regional.



Evolução  
da Prevalência  
da COVID-19  
em Sergipe



## Sumário Executivo

- Esse Boletim apresenta resultados de cenários de previsão de contaminação por COVID-19 no estado de Sergipe, para o período entre **15 de outubro de 2020 e 30 de maio de 2021** (229 dias).
- As estimativas levam em consideração taxas de reprodução do vírus ( $R_t$ ) e para efeito de ajuste do modelo, o total de infectados por COVID-19 no estado no período entre 15 de outubro de 2020 e 30 de maio de 2021.
- Foram considerados o total de casos acumulados (infectados) e óbitos (previsão de 12 dias para frente).
- Foram consideradas taxas de reprodução com base no último dia da amostra (30/05/2021).
- Os resultados são apresentados em termos de taxa de crescimento médio de novos casos ao dia ao longo de outubro de 2020 a maio de 2021.
- Os cenários de previsão consideram a intervenção da vacina na trajetória prevista da pandemia para o estado.

### (1) Objetivos

- Apresentar um panorama preliminar de casos acumulados a partir da taxa de reprodução do vírus.
- Estimar diferentes taxas de reprodução do vírus para o período de 12 (doze) dias.
- Apresentar o total de casos acumulados, total de óbitos com limites superior e inferior.
- Calcular a taxa de reprodução com limites superior e inferior.
- Após debates com outros pesquisadores, profissionais e gestores, o estudo poderá apoiar os processos de tomada de decisão.

### (2) Metodologia

- São considerados períodos atuais para a previsão futura do número de casos.
- A escolha dos períodos mais recentes possibilita melhor previsão futura para momentos de aceleração, pico e declínio do número de casos do COVID, permitindo refletir momentos distintos da reprodução do vírus ao longo do período analisado.
- As previsões consideram o número de casos confirmados no estado de Sergipe até o dia 30 de

- As previsões apresentam resultados para o período de outubro/20 a junho/21.
- A metodologia de estimação se baseia nos trabalhos de Batista (2020); Schulz, Coimbra-Araújo e Costiche (2020) e Moura et al. (2020).

### (3) Principais Resultados das simulações

- Considerando o período de 15 de outubro de 2020 a 30 de maio de 2021, o modelo estima um crescimento menos acentuado do número de casos.
- O modelo estimou um novo período de aceleração da doença no estado em 01 de dezembro de 2020.
- O modelo ainda prediz uma reversão súbita na tendência de queda da propagação da doença em meados de novembro e início de dezembro de 2020.
- O modelo apresenta a curva de óbitos com uma tendência semelhante de crescimento comparada ao da curva de infectados a partir do final de novembro.
- O modelo ainda prediz que em janeiro a taxa de óbitos alcançou a média de 9,5 perdas diárias e que essa média saltou para 17,4 óbitos diários em março e em maio de 2021, para 26,6 óbitos /dia.
- O modelo prediz que considerando a amostra com início em 15 de outubro de 2020, tem-se um total previsto de 238.376 infectados ao fim de 2021.
- O modelo permite identificar as novas ondas vividas pelo estado. A segunda onda (iniciada ao final de 2020) não encontrou estabilização ao longo dos meses iniciais de 2021. Pelo contrário, verificou-se uma continuidade da segunda onda, com ainda mais força, a partir de março de 2021.
- O modelo estima a estabilização da doença em Sergipe a partir de 09 de dezembro de 2021.
- A taxa  $R_t$  de reprodução do vírus encontra-se no intervalo entre 1,12 e 1,25.

### (4) Principais Limitações e Ressalvas

- Há incertezas com relação às subnotificações dos casos do COVID-19 para o estado de Sergipe.
- Uma vez que as estimativas aqui apresentadas dependem dos dados divulgados pela Secretaria de Estado da Saúde- SES e, esta por sua vez, depende de kits para testagem,

resultados enviados pela FIOCRUZ, decretos determinados pelo governo do Estado e ritmo da vacinação, as estimativas aqui apresentadas podem sofrer alterações.

## METODOLOGIA E BASE DE DADOS

As novas simulações para o caso de Sergipe foram feitas a partir de uma versão adaptada do modelo SIRD de múltiplas ondas desenvolvido por Batista (2020). A hipótese central do modelo SIRD é que, em uma situação de contágio (pandemia), a população passa por um fluxo de diferentes estados ao longo do tempo: i) no primeiro momento, há um certo percentual da população que é suscetível à doença; ii) em seguida, indivíduos dessa população podem se contaminar; iii) uma parte dos infectados consegue se recuperar; iv) os infectados que não se recuperam são considerados como óbitos.

Supõe-se que aqueles que se recuperam não são capazes de infectar novas pessoas (são efetivamente removidos da pandemia). A abordagem aqui utilizada permite detectar ondas adicionais da doença, ainda que sejam ondas de curta duração, sendo um método de análise mais robusto e confiável na situação em que a pandemia é persistente, o que parece ser o caso sergipano.

A metodologia utilizada neste boletim para estimação do número de casos está descrita em Moura et al. (2020), acrescida do modelo proposto Batista (2020). Os dados foram obtidos no portal da Secretaria de Estado da Saúde de Sergipe.

Contudo, diferentemente dos boletins anteriores, considerou-se agora a intervenção da vacina na trajetória prevista da pandemia para o estado. Utilizou-se como hipótese uma abordagem considerada **otimista e conservadora**, qual seja: assume-se que ao final de junho de 2021 a taxa de reprodução do vírus ( $R_t$ ) torna-se abaixo de 1, e não volta a crescer a partir de então. É importante ressaltar que o modelo SIRD de múltiplas ondas já é capaz de refletir possíveis mudanças na dinâmica da pandemia causadas pelo processo de vacinação.

Porém, uma hipótese mais forte com relação à taxa de reprodução possibilita simular uma mudança estrutural mais forte na trajetória da doença, e a consequente construção de cenários ótimos. Essa será a abordagem aqui adotada. Ademais, a fim de captar as mudanças mais recentes na trajetória da COVID-19 no estado, a amostra deste estudo inicia-se em 15 de outubro de 2020. Essa estratégia permitiu reduzir o erro médio de previsão. Os dados amostrais foram obtidos no portal da Secretaria de Estado da Saúde de Sergipe.

## RESULTADOS



As Figuras 1 e 2 apresentam uma comparação entre o resultado ajustado (previsto) do modelo e os dados já registrados de pessoas contaminadas e óbitos no estado. A amostra compreende os dados oficiais do total de infectados por COVID-19 em Sergipe entre **15 de outubro de 2020 e 30 de maio de 2021** (229 dias).

A partir do 50º dia a amostra (01 de dezembro de 2020) inicia-se um novo período de aceleração da doença no estado. Em novembro de 2020, a quantidade média de novos casos diários foi de 195 casos por dia, número que aumentou para 721 casos em média por dia em dezembro. O aumento da taxa média de crescimento de novos caso entre esses dois meses foi substancial: passou de 0,22% ao dia em novembro para 0,72% em dezembro. Isso acabou gerando o início de uma segunda grande onda no estado justamente entre o fim de novembro e o início de dezembro de 2020.

Com a taxa de óbitos a situação foi semelhante. A taxa média de óbitos diários aumentou de 3,4 em novembro para 5,7 em dezembro. Não obstante, esse movimento não compara à trajetória que se iniciou a partir de 2021, particularmente a partir de março desse ano. Em janeiro, a taxa de óbitos alcançou a média de 9,5 perdas diárias. Essa média saltou para impressionantes 17,4 óbitos diários em março, e elevou-se ainda mais em maio, para 26,6 óbitos/dia. Como será visto adiante, estima-se que Sergipe tenha sofrido um novo fortalecimento da segunda onda a partir de março de 2021, com pico duplo (ou, de outro modo, uma espécie de “terceira onda” local).



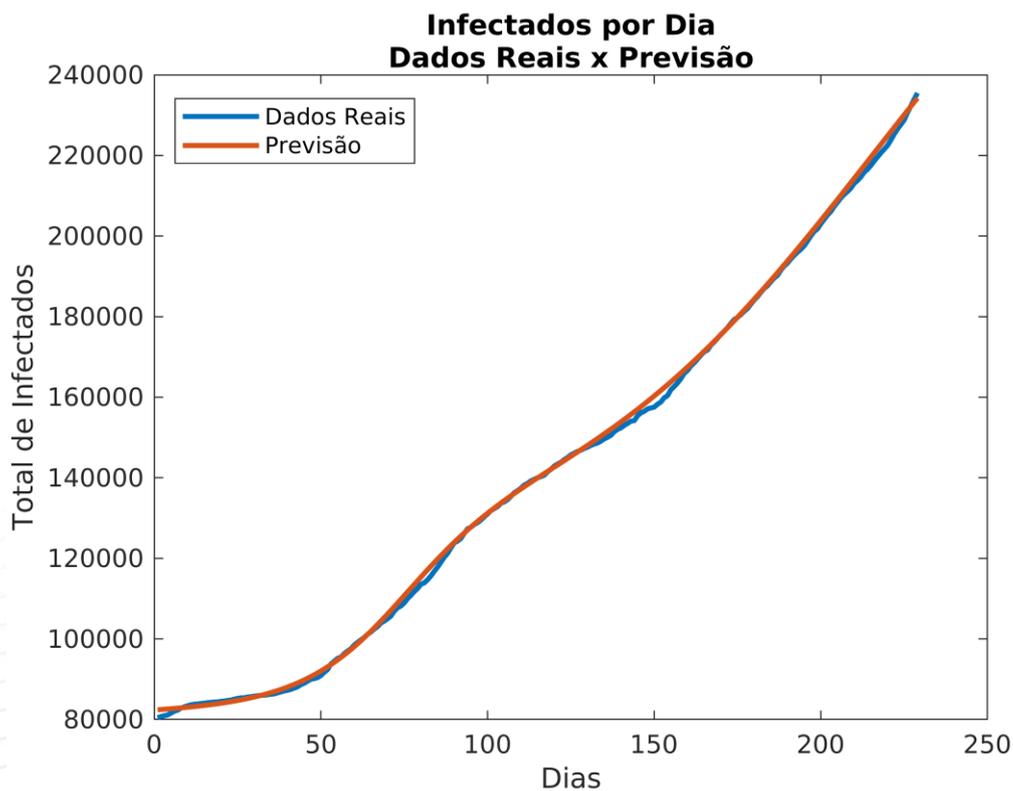


Figura 1: Dados reais de infectados e previsão do modelo

Nota: dia 0 refere-se a 15 de outubro de 2020.

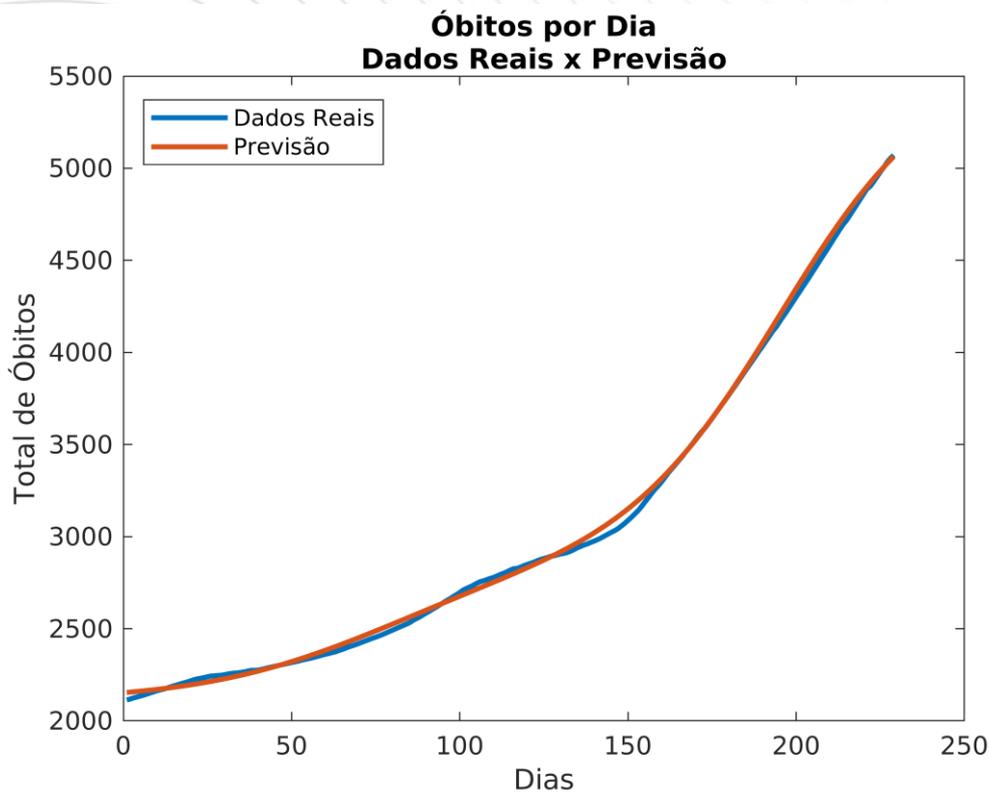


Figura 2: Dados reais de óbitos e previsão do modelo

Nota: dia 0 refere-se a 15 de outubro de 2020.



A Figura 3 apresenta os resultados do modelo SIRD para a previsão da trajetória do número de casos (dia 0: 15 de outubro). No painel (a) tem-se uma projeção do total de infectados por COVID-19 para o final do ano de 2021: considerando-se a amostra com início em 15 de outubro de 2020, tem-se um total previsto de 238.376 infectados ao fim de 2021. Logo, dado o total de infectado antes de 15 de outubro de 2020 (80.234), a previsão final atingiria 318.610 infectados ao fim de 2021.

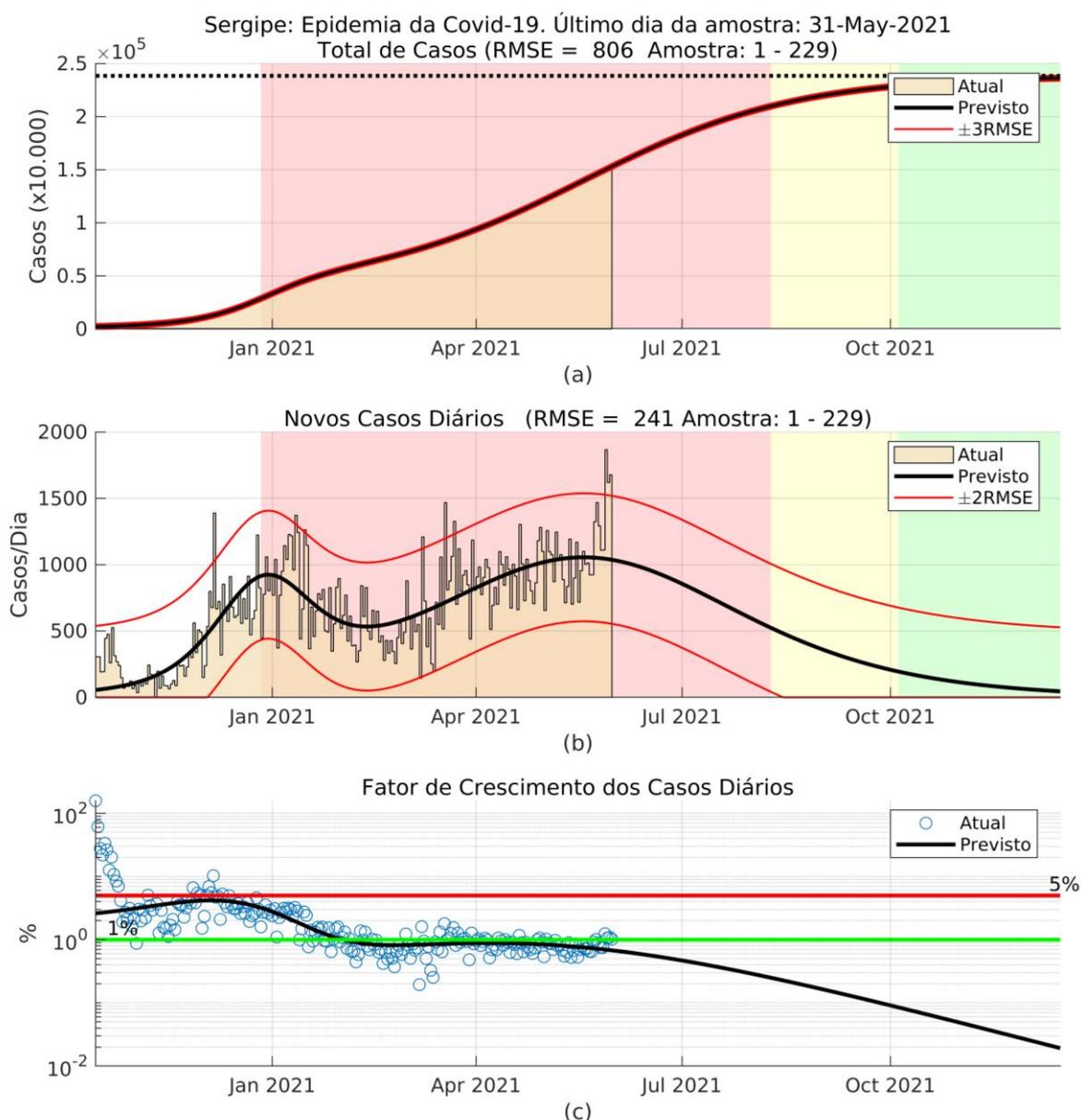


Figura 3: Trajetória de Evolução de Casos e Modelo SIRD de Múltiplas Ondas  
Nota: dia 0 refere-se a 15 de outubro de 2020.



O painel (b), por sua vez, permite identificar as novas ondas vividas pelo estado. Observa-se claramente que a segunda onda (iniciada ao final de 2020) não encontrou estabilização ao longo dos meses iniciais de 2021, pelo contrário. Pode-se verificar uma continuidade da segunda onda, com ainda mais força, a partir de março de 2021. As estimativas apontam, em uma confiabilidade maior, para um prolongamento da segunda onda, embora a hipótese de terceira onda local seja plausível dentro de um erro aceitável. Nota-se que as estimativas apontam para um segundo pico no atual momento.

O painel (c) mostra as taxas de crescimento dos casos diários. Percebe-se que a partir de fevereiro as taxas de novos casos não declinaram (trajetória horizontal). Isso é extremamente preocupante, pois contribui diretamente com a manutenção de uma taxa de reprodução do vírus acima da unidade para o estado.

De todo modo, como mencionado na seção metodológica, optou-se por uma previsão de caráter otimista e conservadora para os meses subsequentes. A ideia é simular uma quebra na velocidade de transmissão ocasionada pelo processo de vacinação. Para tanto, decidiu-se por reduzir a taxa de transmissão  $R_t$  para abaixo de 1 a partir do final de junho de 2021 (e impedido que ela cresça acima de 1 novamente). Com essas restrições, tem-se o seguinte resultado da simulação: estabilização da doença em Sergipe a partir de 09 de dezembro de 2021. Isso demonstra a persistência da COVID-19 no estado. Devido ao aumento da velocidade de propagação nos últimos meses, ainda que se estabeleça uma hipótese de quebra no comportamento de transmissão da doença, as melhores estimativas mostram que a doença somente iniciaria sua fase de estabilização ao fim do ano. Esses resultados evidenciam a importância da continuidade e do fortalecimento do plano de vacinação, sob pena do aparecimento de novas ondas e de um prolongamento da trajetória da COVID-19 no estado de Sergipe.

A Tabela 1 mostra as previsões de curtíssimo prazo do modelo. Estima-se que a taxa de  $R_t$  de reprodução do vírus encontra-se atualmente (30 de maio de 2021) no intervalo entre 1,12 e 1,25. A taxa  $R_t$  prevista para o fim da amostra é importante para a dinâmica da doença nos próximos 10 dias. A Tabela 1 contém previsões para 12 de junho de 2021 do total de infectados e total de óbitos. Os resultados contam com limites superiores, inferiores e ponto médio de previsão. A taxa de reprodução, como mencionado, é estimada com base no último dia da amostra (30 de maio de 2021).

Tabela 1 – Previsão do modelo para 12 de junho de 2021

	Limite Inferior	Ponto Médio	Limite Superior
Total de Casos	248.303	249.701	251.099
Total de Óbitos	5.277	5.382	5.488
Taxa de Reprodução	1,12	1,18	1,25

Os autores são gratos à Universidade Federal de Sergipe; Governo do Estado de Sergipe; Secretaria de Estado de Saúde e Laboratório Central de Saúde Pública.

Um agradecimento especial ao Cliomar Alves Santos (LACEN) e Josafá Bonifácio da Silva Neto (Radio UFS).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BATISTA, Milan. (2020). Estimation of the final size of the coronavirus epidemic by the SIR model. Disponível em < <https://www.researchgate.net/publication/339311383> >

MOURA, F. R., ESPERIDIÃO, F., RIBEIRO, L. C. S., SANTANA, J. R., ANDRADE, J. R. L., JORGE, M. A. COVID - 19: Um estudo da evolução da contaminação em Sergipe. Nota Técnica LEADER-UFS. Nº 01-2021, Laboratório de Economia Aplicada e Desenvolvimento Regional (LEADER) da Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Fevereiro/2021.

MOURA, F. R., ESPERIDIÃO, F., RIBEIRO, L. C. S., SANTANA, J. R., ANDRADE, J. R. L., JORGE, M. A. COVID - 19: Um estudo da evolução da contaminação em Sergipe. Nota Técnica LEADER-UFS. Nº 03-2020, Laboratório de Economia Aplicada e Desenvolvimento Regional (LEADER) da Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Maio/2020.

MOURA, F. R., ESPERIDIÃO, F., RIBEIRO, L. C. S., SANTANA, J. R., ANDRADE, J. R. L., JORGE, M. A. COVID - 19: Um estudo da evolução da contaminação em Sergipe. Nota Técnica LEADER-UFS. Nº 04-2020, Laboratório de Economia Aplicada e Desenvolvimento Regional (LEADER) da Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Julho/2020.

MOURA, F. R., ESPERIDIÃO, F., RIBEIRO, L. C. S., SANTANA, J. R., ANDRADE, J. R. L., JORGE, M. A. COVID - 19: Um estudo da evolução da contaminação em Sergipe. Nota Técnica LEADER-UFS. Nº 09-2020, Laboratório de Economia Aplicada e Desenvolvimento Regional (LEADER) da Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Novembro/2020.

SANTOS, G. F., RIBEIRO, L. C. S., CERQUEIRA, R. Modelagem de impactos econômicos da pandemia Covid-19: aplicação para o estado da Bahia. (Preprint), 23p. 2020. Disponível em: < <https://www.researchgate.net/publication/341078147> Modelagem de impactos economicos da pandemia Covid-19 aplicacao para o estado da Bahia >.



SES, SECRETARIA DE ESTADO DA SAÚDE. Boletim COVID-19. Sergipe, 2020. Disponível em : <https://todoscontraocorona.net.br/boletins/>. Acesso em: Maio, 2021.

SCHULZ, RODRIGO ANDRÉ; COIMBRA-ARAÚJO, CARLOS H; COSTICHE SAMUEL W. S. COVID - 19: A model for studying the evolution of contamination in Brazil. (Preprint), 18 p. 2020. Available at: <<https://arxiv.org/abs/2003.13932>>.

**DOI: 10.13140/RG.2.2.28881.35687**



---

Evolução  
da Prevalência  
da COVID-19  
em Sergipe

