

## Núcleo Interinstitucional de Estudos Epidemiológicos (NIEE)

### Nota Técnica NIEE nº 03/2020

Fluxo de registro dos casos do novo coronavírus (COVID-19):  
considerações sobre métodos matemáticos que amenizam o  
efeito do *delay* de registros de casos no Espírito Santo.

Dra. Ethel Maciel (UFES)  
Dr. Etereldes Gonçalves Júnior (UFES)  
Dr. Fabiano Petronetto do Carmo (UFES)  
Ms. Hélio Gomes Filho (UFES)  
Ms. Antônio Rocha (IJSN)  
Ms. Gustavo Ribeiro (IJSN)  
Dr. Pablo Jabor (IJSN)  
Dr. Pablo Lira (IJSN)

### 1. Introdução

O fluxo de registro dos casos do novo coronavírus (COVID-19) apresenta algumas particularidades. Por conta do tempo decorrente entre a coleta de material e a emissão de resultados de testes da doença, as séries históricas de casos diários e acumulados podem apresentar um *delay* nos últimos dias. Essa é uma característica do fluxo de registro de casos que se reproduz em Unidades da Federação (UFs) brasileiras.

Observamos que, na segunda quinzena de abril, houve um aumento expressivo de exames represados que foram notificados como positivos, causando uma modificação nas projeções para além do que estava reportado na Nota Técnica (NT) NIEE nº 02/2020. Diante desse novo cenário, esta Nota Técnica NIEE nº 03/2020 apresenta uma série de considerações sobre a anterior e expõe novos

cálculos que foram utilizados para ajustar os modelos já adotados para o Espírito Santo.

Insta salientar que o nosso estado apresenta uma taxa de testagem para a COVID-19 de 9.370 testes por um milhão de habitantes. Essa taxa é quase três vezes superior à taxa de testagem do Brasil, que, em 26 de maio, estava em 3.461 testes para cada grupo de um milhão de pessoas residentes (SESA; OMS, 2020).

## 2. Projeções com dados do Painel BI, data-base em 13 de maio

As projeções apresentadas na Nota Técnica NIEE N° 02/2020 definem áreas para o número de casos da COVID-19 no período de 14 a 30 de maio (<http://www.ijsn.es.gov.br/observatorio-covid-19>). Projeções essas obtidas a partir da extrapolação dos casos confirmados no Painel COVID-19 do Estado do Espírito Santo no dia 14 de maio (<https://coronavirus.es.gov.br/painel-covid-19-es>).

Cada projeção é definida pela área entre duas curvas exponenciais:

Curva 1 (número mínimo de casos):

$$c_1(d) = C_0 \exp(s_1(d - d_0))$$

Curva 2 (número máximo de casos):

$$c_2(d) = C_0 \exp(s_2(d - d_0))$$

onde  $d_0 \leq 13$  é uma data fixada,  $C_0$  é o número de casos confirmados no dia  $d_0$ , e  $s_1$  e  $s_2$  são taxas de crescimento exponencial.

Portanto, para definir uma projeção, é necessário fixar um dia  $d_0$  e determinar parâmetros  $s_1$  e  $s_2$  que representarão, respectivamente, taxas de crescimento mínimo e máximo para limitar o número de casos de COVID-19 nos próximos

Governo do Estado do Espírito Santo  
Secretaria de Economia e Planejamento (SEP)  
Instituto Jones dos Santos Neves (IJSN)

dias. Em síntese, a abordagem proposta utiliza os casos confirmados nos 15 dias anteriores à data  $d_0$  para determinar as curvas limítrofes. Como exemplo, fixando  $d_0=13/05$  (dia imediatamente anterior à data mais atualizada à época), os casos confirmados entre os dias 29 de abril e 13 de maio são utilizados para definir uma projeção do número de casos de COVID-19 (Figura 1, projeção ilustrada pela área verde).

Observamos, na base de dados utilizada para calcular as projeções, que a curva de casos reportados nos últimos oito dias (de 6 a 13 de maio) apresentou uma desaceleração do número de casos. Esse comportamento pode ser esperado sobre três situações: 1) as medidas de contenção da epidemia foram atendidas pela sociedade e, portanto, os casos confirmados por dia estão reduzindo; ou 2) o percentual da população já imunizada é superior a 50%; ou 3) a base de dados não está refletindo o comportamento real da epidemia devido a, por exemplo, um retardo no processamento dos testes da COVID-19.

O caso 1 está refletido na projeção citada acima, em que foi fixado o dia 13 de maio como  $d_0$ . O caso 2 não ocorre, pois o inquérito sorológico mostrou uma prevalência de 2,1% com intervalo de confiança de 95%. O caso 3 tem como premissa que a base de dados deixou de refletir o comportamento real da epidemia em algum dia anterior à data do dia 13 de maio. Para contornar esse possível problema na atualização do banco de dados, propomos outras duas projeções a partir de um estudo de tendência da curva de contaminação, no qual identificamos duas outras datas para serem utilizadas como  $d_0$  nas equações acima.

As datas utilizadas nas duas novas projeções são 6 e 10 de maio. Para cada data, a abordagem na definição das curvas limítrofes é a mesma para a primeira projeção citada acima, ou seja, as taxas de crescimento serão definidas a partir dos casos confirmados nos 15 dias anteriores à respectiva data utilizada como  $d_0$ .

Governo do Estado do Espírito Santo  
Secretaria de Economia e Planejamento (SEP)  
Instituto Jones dos Santos Neves (IJSN)

Dessa forma, temos definidas três projeções de acordo com os seguintes parâmetros:

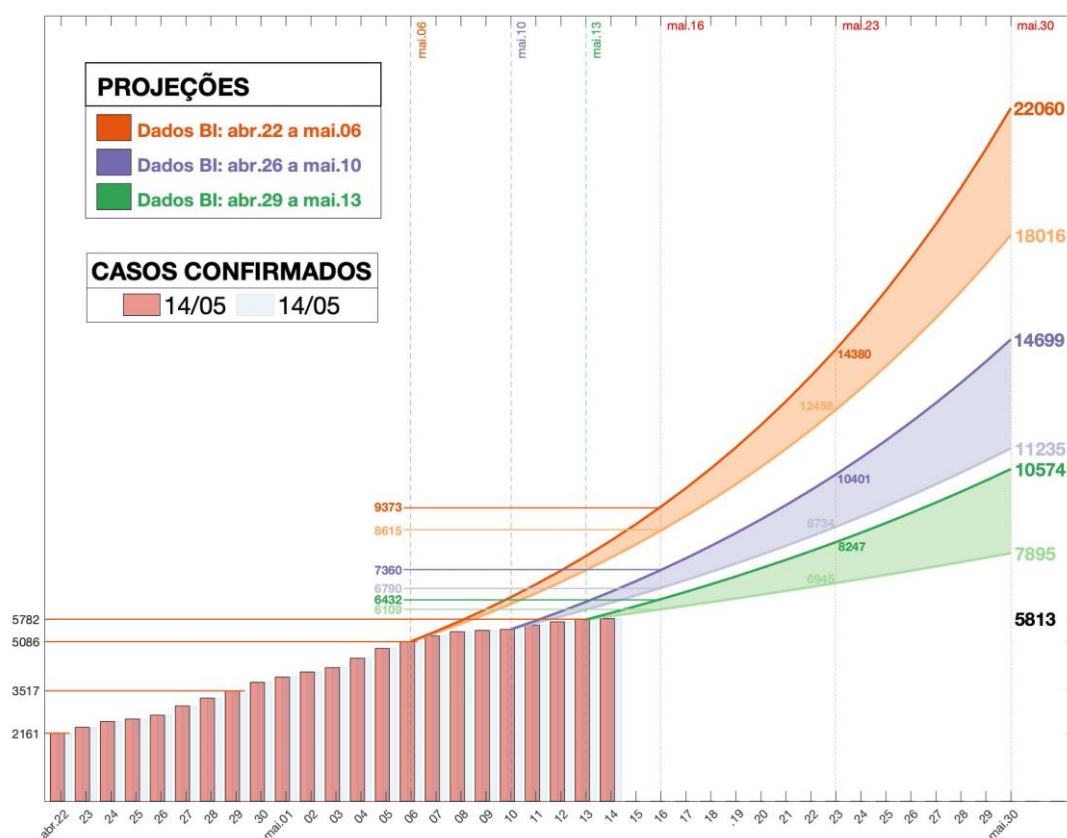
Cenário 1 (área verde):  $d_0 = 13/05$ ;  $s_1 = 0,01832$  e  $s_2 = 0,03551$

Cenário 2 (área roxa):  $d_0 = 10/05$ ;  $s_1 = 0,03570$  e  $s_2 = 0,04941$

Cenário 3 (área laranja):  $d_0 = 06/05$ ;  $s_1 = 0,05270$  e  $s_2 = 0,06114$

Tais cenários estão ilustrados na Figura 1.

**Figura 1 – Projeções de casos confirmados (dados observados até 14/05).**



Elaboração: Núcleo Interinstitucional de Estudos Epidemiológicos. Fonte de dados: Sesa/ES.

No Cenário 1, o Estado do Espírito Santo tende a registrar entre 7.895 e 10.574 casos de COVID-19 no dia 30 de maio de 2020. Essa projeção considera os casos confirmados nos dias 10, 11, 12 e 13 de maio, os quais podem conter informações imprecisas da epidemia (casos confirmados no Painel COVID-19 do estado no dia 14 de maio ilustrados pelas barras em tom vermelho). É possível

Governo do Estado do Espírito Santo  
Secretaria de Economia e Planejamento (SEP)  
Instituto Jones dos Santos Neves (IJSN)

observar a pequena variação de casos confirmados no período de 10 a 13 de maio, sendo de apenas 310 novos casos.

No Cenário 2, o Espírito Santo pode alcançar entre 11.235 e 14.699 casos da COVID-19 no dia 30 de maio de 2020. Resultado caracterizado por um crescimento mais intenso de casos. Embora a variação de casos confirmados nos quatro dias anteriores ao dia 10,  $d_0$  nessa projeção, é igual a 177 e inferior ao valor relacionado a este na projeção do Cenário 1, a taxa de crescimento da curva superior do Cenário 1 é menor que a taxa de crescimento da curva inferior do Cenário 2, a saber 0,3551 e 0,3570, respectivamente. Como as taxas utilizadas refletem o comportamento dos casos confirmados nos dias anteriores ao respectivo dia  $d_0$  de cada cenário, a melhor previsão para o Cenário 2 sendo superior à pior previsão para o Cenário 3 reforça que o comportamento da curva de casos confirmados até o dia 13 de maio apresenta uma desaceleração dos casos, a qual veremos a seguir ser artificial.

A projeção mais preocupante ocorre no Cenário 3. O estado pode alcançar entre 18.016 e 22.060 casos confirmados da COVID-19 no dia 30 de maio de 2020. As taxas de crescimento entre os cenários 2 e 3 possuem a mesma relação das taxas de crescimento entre os cenários 1 e 2. Isso é, a melhor previsão para o Cenário 3 é superior à pior previsão para o Cenário 2. Por último, ainda podemos observar a variação de 832 casos confirmados nos quatro dias anteriores ao dia 6,  $d_0$  nesta projeção. Variação muito superior aos respectivos números obtidos nos cenários anteriores.

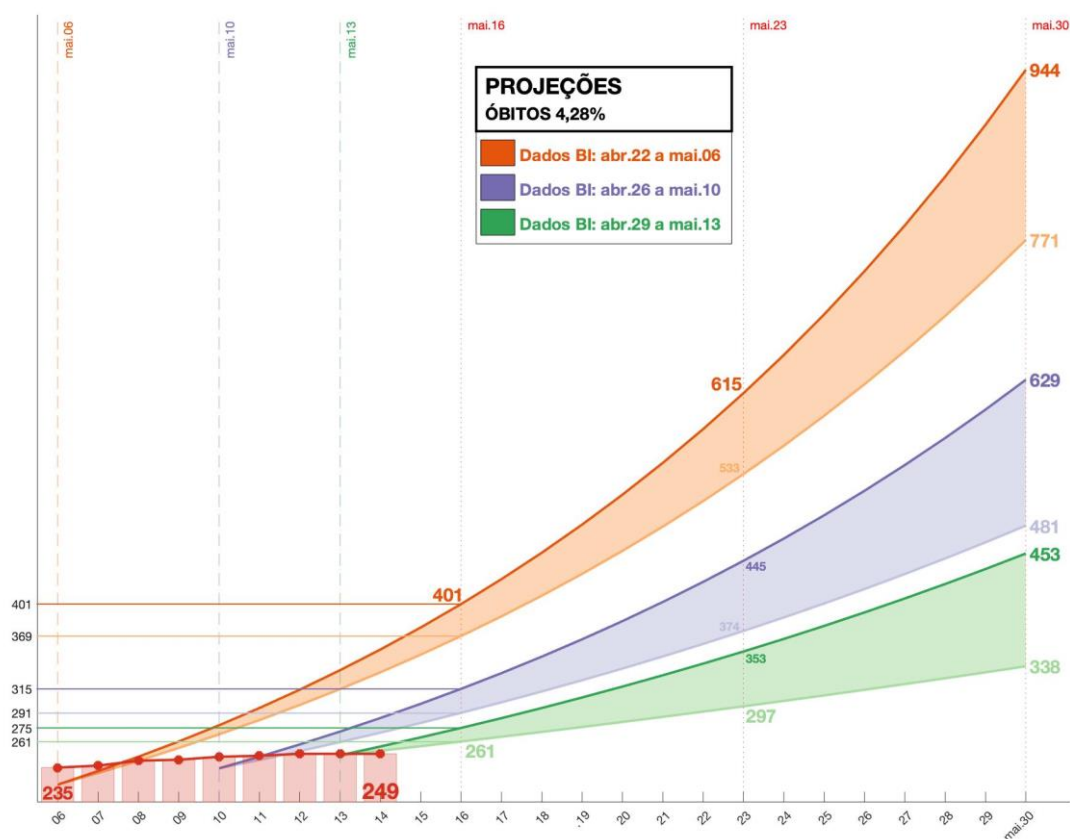
Cabe ressaltar que um dado cenário tende a observar projeções matematicamente consistentes em datas futuras ( $d > d_0$ ) próximas ao respectivo dia  $d_0$ . Isso é, quanto mais curto o intervalo de tempo projetado, maior é a acurácia nos valores calculados. Em nossas projeções, temos considerado intervalos de 17 dias na projeção do Cenário 1 até 24 dias na projeção do Cenário 3.

Governo do Estado do Espírito Santo  
Secretaria de Economia e Planejamento (SEP)  
Instituto Jones dos Santos Neves (IJSN)

A projeção do número de óbitos pela COVID-19 é calculada em função da taxa de letalidade da doença aplicada nas projeções obtidas. A taxa de letalidade utilizada em nossos resultados foi obtida a partir da proporção do número de óbitos em relação ao número de casos confirmados no dia 14 de maio. O valor obtido foi 4,28%.

Na Figura 2, constata-se que, na projeção do Cenário 1, o Espírito Santo tende a registrar entre 338 e 453 óbitos pela COVID-19 no dia 30 de maio. No Cenário 2, o estado provavelmente computará entre 481 e 629 mortes pelo novo coronavírus. No cenário mais pessimista, o número de mortes pela COVID-19 pode chegar a 944 casos.

**Figura 2 – Projeções de óbitos (dados observados até 14/05)**

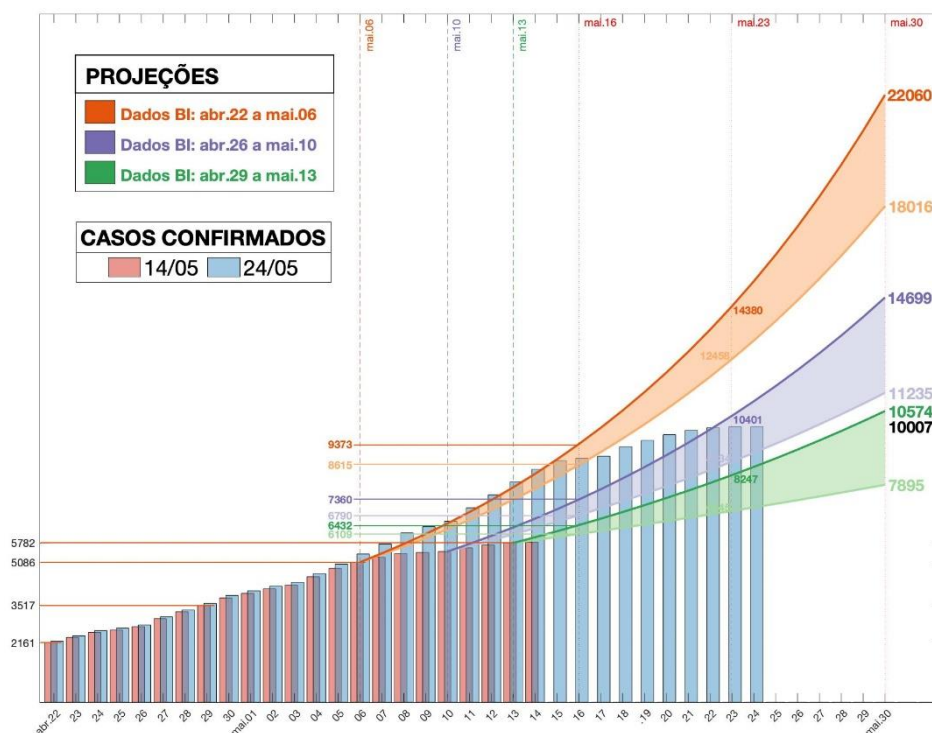


Elaboração: Núcleo Interinstitucional de Estudos Epidemiológicos. Fonte de dados: Sesa/ES.

### 3. Análise das projeções com dados observados até 24 de maio

A Figura 3 mostra a atualização dos dados considerando os valores publicados no dia 24 de maio (<https://coronavirus.es.gov.br/painel-covid-19-es>). O número de casos cumulativo é ilustrado pelo gráfico de barras na cor azul. Observe que alguns dias anteriores ao dia 13 de maio, data inicial das projeções, têm seus valores de número de casos atualizados. Por exemplo, nos dias 6, 10 e 13 de maio, os valores passam de 5.086, 5.472 e 5.782 para 5.382, 6.572 e 8.010, respectivamente. Variações bastante significativas, chegando a 2.228 casos adicionados no dia 13 de maio.

**Figura 3 – Projeções de casos confirmados e atualização de dados observados até 24/05**



Elaboração: Núcleo Interinstitucional de Estudos Epidemiológicos. Fonte de dados: Sesa/ES.

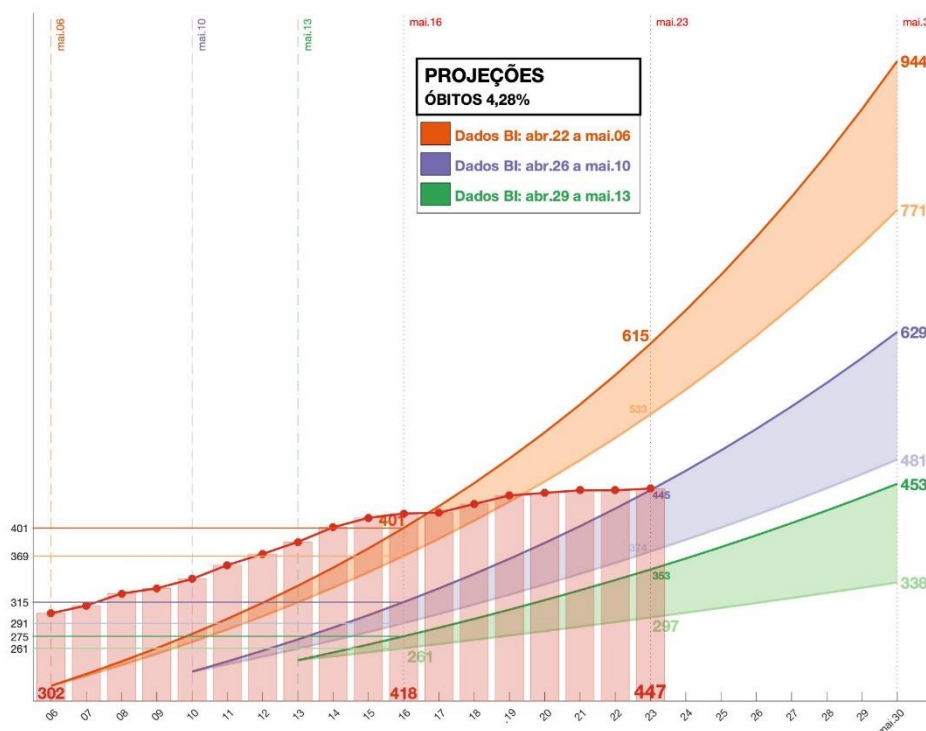
Com a atualização dos números de casos, podemos concluir que a curva de contaminados (gráfico de barras na cor azul) acompanha a projeção 'laranja', definida a partir do Cenário 3, até o dia 16; após esse período e até o dia 21, a

Governo do Estado do Espírito Santo  
Secretaria de Economia e Planejamento (SEP)  
Instituto Jones dos Santos Neves (IJSN)

curva fica entre as projeções 'laranja' e 'roxa', esta última definida a partir do Cenário 2; e, após o dia 22, os dados definem números de casos compreendidos na projeção 'roxa'. Ressalta-se que o comportamento do número de casos nos últimos dias reflete novamente a possibilidade de atraso no lançamento dos dados no painel utilizado em nossas projeções.

A atualização para o número de óbitos cumulativo é ilustrada na Figura 4. A evolução do número de óbitos demonstra que há 447 óbitos registrados no dia 23 de maio. Esse número é 80% maior que o número de óbitos registrado no dia 13 de maio, tomando como data-base o dia 14 de maio. Porém, com o registro retroativo do número de óbitos, esse número foi atualizado de 249 para 385. Portanto, considerando a data-base de 24 de maio, tem-se um aumento um pouco superior a 16% do número de óbitos do dia 13 para o dia 23 de maio.

**Figura 4 – Projeções de óbitos e atualização de dados observados até 24/05**



Elaboração: Núcleo Interinstitucional de Estudos Epidemiológicos. Fonte de dados: Sesa/ES.



#### 4. Projeções COVID-19 com data-base 21 de maio

Após avaliação da evolução do número de casos relatados no painel público no dia 21 de maio, propomos os seguintes cenários para projeções da curva de contaminação da COVID-19:

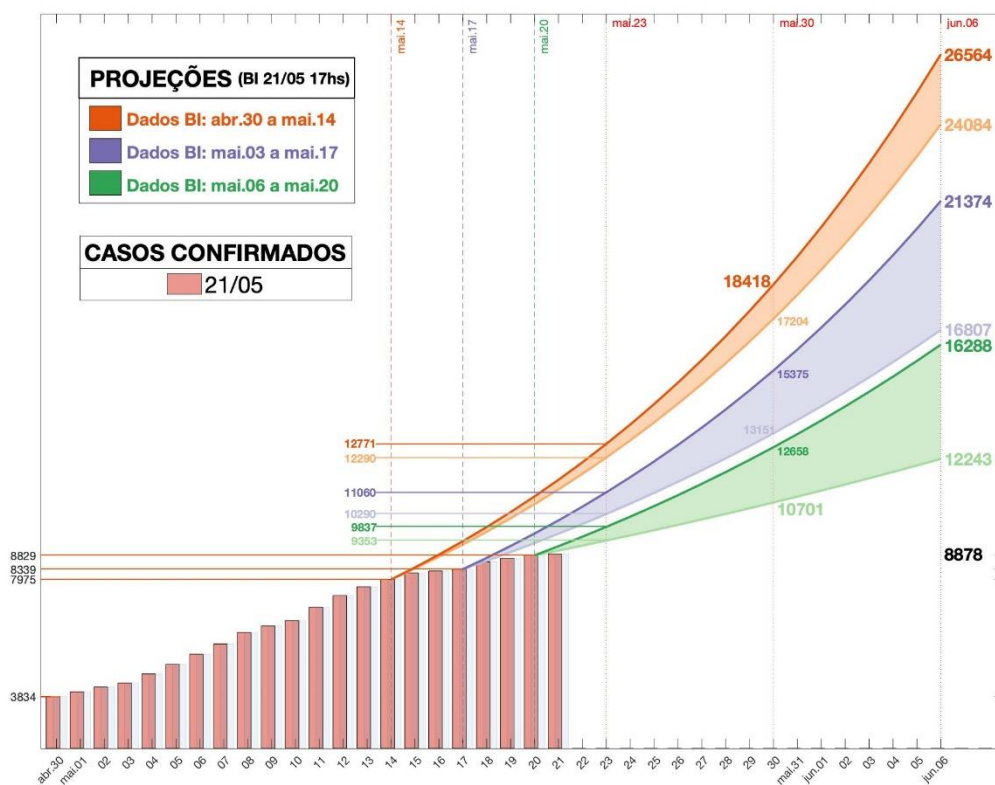
Cenário 1 (área verde):  $d_0 = 20/05$ ;  $s_1 = 0,01923$  e  $s_2 = 0,03602$

Cenário 2 (área roxa):  $d_0 = 17/05$ ;  $s_1 = 0,03504$  e  $s_2 = 0,04706$

Cenário 3 (área laranja):  $d_0 = 14/05$ ;  $s_1 = 0,04805$  e  $s_2 = 0,05235$

Tais cenários estão ilustrados na Figura 5.

**Figura 5 – Projeções de casos confirmados (data-base 21 de maio)**



Elaboração: Núcleo Interinstitucional de Estudos Epidemiológicos. Fonte de dados: Sesa/ES.

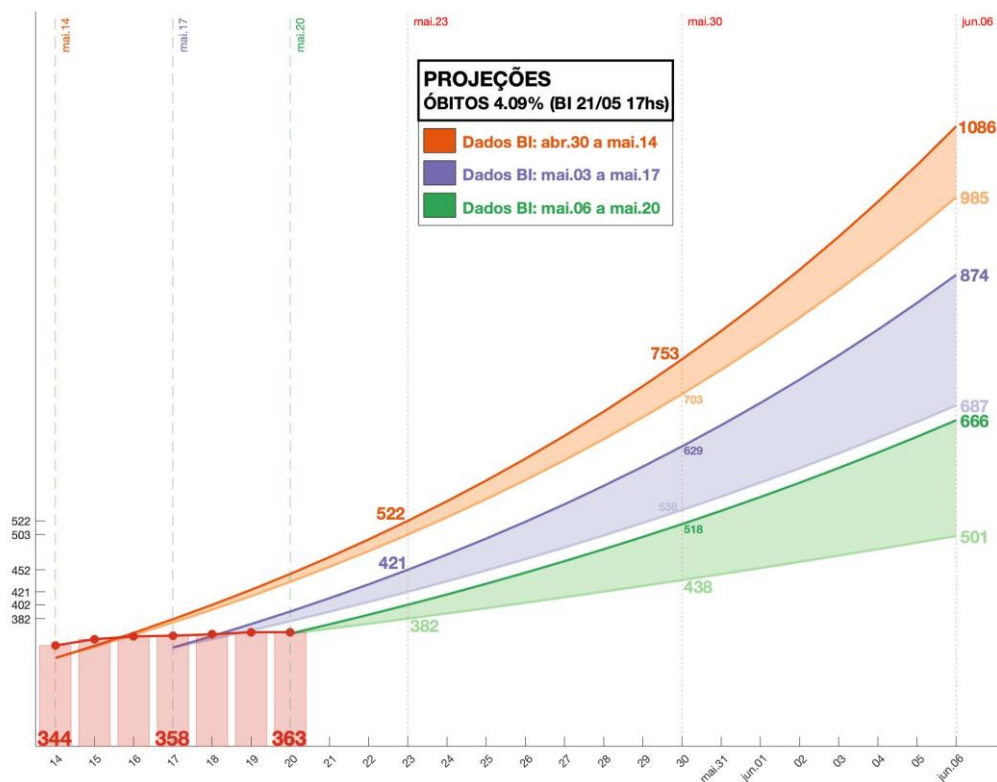
O número de casos confirmados no dia 20 de maio é de 8.829 casos. Pelas projeções obtidas, o Espírito Santo pode chegar 26.564 casos no dia 6 de junho, previsão mais crítica da projeção mais pessimista (laranja). Contudo, a projeção pessimista implicitamente evita o comportamento de desaceleração da curva, o

Governo do Estado do Espírito Santo  
Secretaria de Economia e Planejamento (SEP)  
Instituto Jones dos Santos Neves (IJSN)

que pode ser observado nos números de casos confirmados entre os dias 14 e 20 de maio. Dessa forma, projeta um número de casos alto para o dia 6 de junho. Por outro lado, a projeção menos pessimista (verde) considera o número de casos relatados entre os dias 14 e 20 de maio e, portanto, a desaceleração no crescimento desses dados leva a números de casos mais amenos no dia 6 de junho, podendo chegar a 16.288 casos na previsão superior.

O número de óbitos é projetado a partir da taxa de letalidade da doença registrada no Painel COVID-19 do estado no dia 21 de maio. O valor apresentado para essa taxa era de 4,09%. Ressalta-se que todas as projeções de óbitos utilizam essa taxa, mesmo nos Cenários 2 e 3, que consideram datas iniciais anteriores ao dia 20 de maio. A Figura 6 ilustra as projeções calculadas.

**Figura 6 – Projeções de óbitos (data-base 21 de maio)**



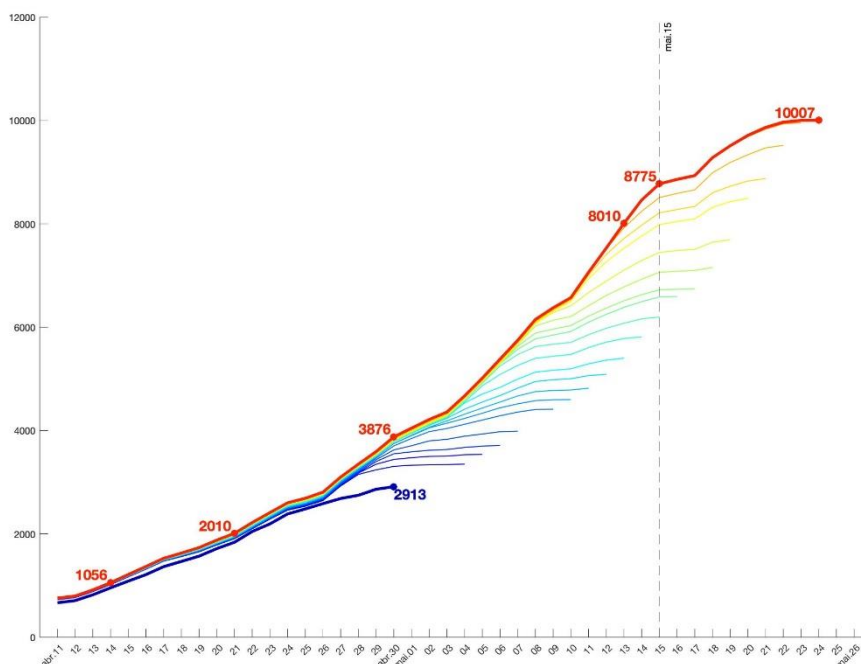
Elaboração: Núcleo Interinstitucional de Estudos Epidemiológicos. Fonte de dados: Sesa/ES.

## 5. Considerações finais

Com base nas projeções calculadas no dia 13 de maio e nas atualizações de casos confirmados e de óbitos disponíveis no Painel COVID-19 do Espírito Santo em 24 maio, ilustrados nas Figuras 3 e 4, pode-se deduzir que dados retroativos estão sendo atualizados no painel com atraso superior a sete dias. Portanto, as projeções mais pessimistas (áreas em laranja) apresentam previsões práticas e críticas. Conseqüentemente, tais previsões devem ser consideradas no novo ciclo de projeções (Figuras 5 e 6) relacionado aos casos confirmados no Painel COVID-19 do estado no dia 21 de maio.

Conforme citado ao longo desta Nota Técnica, os dados relatados em um determinado dia no Painel COVID-19 apresentam uma desaceleração dos casos confirmados nos dias imediatamente anteriores. A Figura 7 ilustra a evolução dos dados confirmados no Painel COVID-19 desde o dia 30 de abril (curva azul mais espessa) até 24 de maio (curva vermelha mais espessa).

**Figura 7 – Evolução dos casos confirmados no Painel COVID-19 com datas-bases entre 30 de abril e 24 de maio**



Elaboração: Núcleo Interinstitucional de Estudos Epidemiológicos. Fonte de dados: Sesa/ES.

Governo do Estado do Espírito Santo  
Secretaria de Economia e Planejamento (SEP)  
Instituto Jones dos Santos Neves (IJSN)

No dado relacionado ao dia 24 de maio, pode-se observar a desaceleração do crescimento desde o dia 15 de maio (linha vertical tracejada na Figura 7). Considerando que os dados relatados no Painel COVID-19 do Espírito Santo ainda não estão consolidados, podendo sofrer alterações significativas em datas no passado, e que a atualização tem apontado para o pior cenário, é possível inferir que a curva de contaminação ainda se encontra em ascensão no estado, sendo a desaceleração do crescimento observada a partir do dia 15 apenas artificial.

Nessa mesma linha, para ilustrar a situação de crescimento das curvas epidêmicas, comparamos os gráficos das curvas de casos ativos (Figura 8, topo) e de óbitos (Figura 8, base) com dados recebidos ao longo do tempo, e podemos perceber que há um atraso no lançamento dos dados. Consideramos casos ativos os confirmados, que não morreram, que não estão hospitalizados e que os exames foram coletados há mais de 14 dias. No caso dos óbitos, consideramos a data de encerramento do caso, que supostamente é a data do óbito. É importante ressaltar isso pois, no Painel COVID-19 do estado, o gráfico diário de óbitos aponta para uma desaceleração da curva, no entanto a data considerada é a data de coleta do exame que não é a data de óbito.

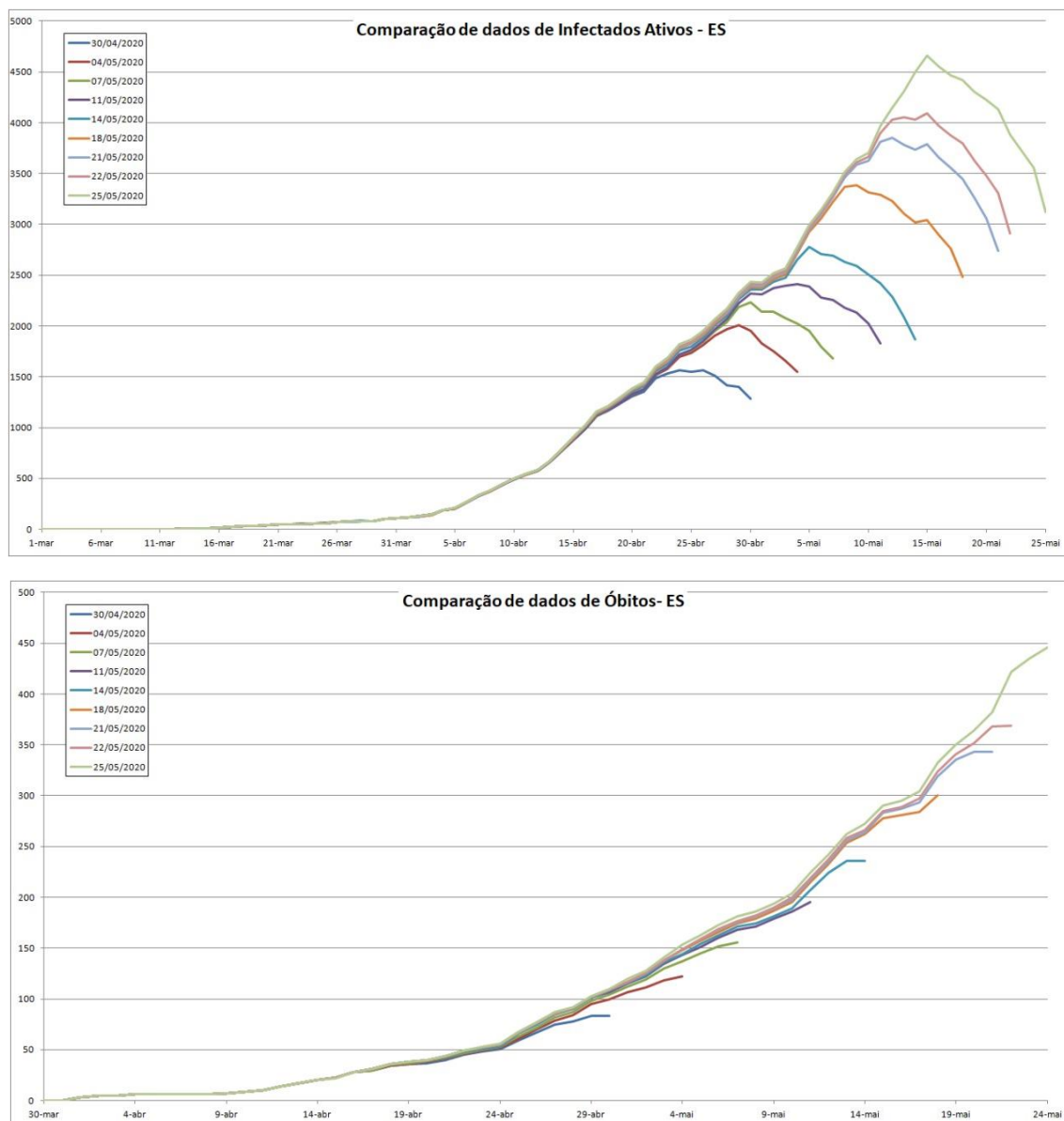
Podemos perceber que a cada matriz de dados que são atualizados, os gráficos de casos reportados, casos ativos e de óbitos são alterados nos últimos dias observados, mantendo uma tendência de ascendência. As curvas de casos infectados ativos variando com a data de obtenção dos dados mostram que, se olharmos para os dados recebidos numa data específica, temos um pico, no entanto esse pico caminha no tempo conforme novos dados são inseridos. Isso indica que o pico não é real e que essa curva representa o que de fato ocorre no passado, cerca de sete a dez dias antes.

Como já destacado, o fluxo de registro dos casos do novo coronavírus (COVID-19) apresentam algumas particularidades. Por conta do tempo decorrente entre

Governo do Estado do Espírito Santo  
Secretaria de Economia e Planejamento (SEP)  
Instituto Jones dos Santos Neves (IJSN)

a coleta de material e a emissão de resultados de testes da doença, as séries históricas de casos diários e acumulados podem apresentar um *delay* nos últimos dias. As análises aqui desenvolvidas demonstram essa característica.

**Figura 8 – Comparação de dados de infectados ativos (topo) e óbitos (base) com datas-bases entre 30 de abril e 25 de maio**



Elaboração: Núcleo Interinstitucional de Estudos Epidemiológicos. Fonte de dados: Sesa/ES.

## Referências

1 - Kermack, W. O., & McKendrick, A. G. (1927). **A contribution to the mathematical theory of epidemics**. Proceedings of the royal society of london. Series A, Containing papers of a mathematical and physical character, 115(772), 700-721.

2 - Li, M. Y., & Muldowney, J. S. (1995). **Global stability for the SEIR model in epidemiology**. *Mathematical biosciences*, 125(2), 155-164.

3 - Lant, T., Jehn, M., Christensen, C., Araz, O. M., & Fowler, J. W. (2008, December). **Simulating pandemic influenza preparedness plans for a public university: a hierarchical system dynamics approach**. In 2008 Winter Simulation Conference (pp. 1305-1313). IEEE.

4 - Hsu, S. B., & Hsieh, Y. H. (2008). **On the role of asymptomatic infection in transmission dynamics of infectious diseases**. *Bulletin of Mathematical Biology*, 70(1), 134-155.

5 - Yang, K. H., & Hsu, J. Y. (2012). **A new SIR-based model for influenza epidemic**. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 67(4), 374-379.

6 - ALMEIDA, João Flávio; CONCEIÇÃO, Samuel; PINTO, Luiz Ricardo; MAGALHÃES, Virginia; NASCIMENTO, Ingrid; COSTA, Marcone; FARIA, Horácio; CAMPOS, Francisco. **Previsão de disponibilidade de leitos nos estados brasileiros e Distrito Federal em função da pandemia de COVID-19**. Belo Horizonte: LABDEC/UFMG. Disponível em (Acessado em 27/04/2020): <[www.labdec.nescon.medicina.ufmg.br/](http://www.labdec.nescon.medicina.ufmg.br/)>.

7- Array Advisors. Disponível em: <[www.info.array-architects.com/en-us/covid-19](http://www.info.array-architects.com/en-us/covid-19)>. Acessado em: 27/04/2020.

8 - IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Estimativas da População**. Disponível em: <[www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao.html?=&t=resultados](http://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao.html?=&t=resultados)>. Acessado em: 27/04/2020.

9 - OMS, Organização Mundial da Saúde. **Coronavirus disease (COVID-2019) situation reports**. Disponível em (Acessado em 26/05/2020): <[www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/situation-reports](http://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/situation-reports)>.

10 - SESA, Secretaria de Saúde do Estado do Espírito Santo. **Painel COVID-19 do Estado do Espírito Santo**. Disponível em (Acessado em 26/05/2020): <[www.coronavirus.es.gov.br/painel-covid-19-es](http://www.coronavirus.es.gov.br/painel-covid-19-es)>.

Governo do Estado do Espírito Santo  
Secretaria de Economia e Planejamento (SEP)  
Instituto Jones dos Santos Neves (IJSN)

11 - Thomas A Mellan, Henrique H Hoeltgebaum, Swapnil Mishra et al. **Estimating COVID-19 cases and reproduction number in Brazil**. Imperial College London (08-05-2020), doi: <https://doi.org/10.25561/78872>.

12 - Ethel Maciel, Etereldes Gonçalves Júnior, Fabiano Petronetto do Carmo, Hélio Gomes Filho, Gustavo Ribeiro, Pablo Lira. **Análise da propagação da pandemia de COVID-19 no estado do Espírito Santo e na conurbação da Grande Vitória a partir de modelos matemáticos**. Disponível em: <[www.ijsn.es.gov.br](http://www.ijsn.es.gov.br)>. Acessado em: 17/05/2020.