

Estimativa de impacto de lockdown no número de casos de COVID-19 em Porto Alegre a médio prazo.

Álvaro Krüger Ramos¹

15 de março de 2021

Introdução

O mês de março de 2021 trouxe novos patamares para a pandemia de COVID-19 observada na cidade de Porto Alegre. No período de 07 de fevereiro a 08 de março de 2021, observou-se um crescimento exponencial tanto no número médio de novos casos por dia (passando de uma média de 289 novos casos por dia para mais de 1000 casos por dia) quanto no número de hospitalizações (passando de 300 pacientes em UTIs em 07 de fevereiro para 846 em 08 de março, com 185 pacientes na fila por um leito de UTI, veja [1] e [2]), o que levou ao completo colapso no sistema de saúde, tanto público quanto privado, da cidade (Figura 1). Esse aumento, que elevou a média de óbitos semanal de 60 para 140 óbitos por semana, está associado à presença da nova variante de preocupação P1 na cidade [3]. O mesmo comportamento de crescimento de casos, óbitos e hospitalizações se observa também a nível estadual.

Apesar dos constantes esforços dos gestores públicos em relação a ampliação da capacidade hospitalar regional e estadual, se observa uma necessidade urgente de medidas de contenção da transmissão viral. No dia 27 de fevereiro, entrou em vigor o Decreto [4] do Governo do Estado do Rio Grande do Sul estipulando o grau máximo de risco (bandeira preta) de transmissão de COVID-19 a nível estadual, com consequente fechamento de todas as atividades econômicas consideradas não essenciais. Apesar de ser uma medida correta do ponto de vista epidemiológico, ela se mostra insuficiente para a redução significativa da transmissibilidade viral, dado que ela não acarretou em redução dos índices de isolamento social [5] (veja também a discussão na Seção de Metodologia deste trabalho).

Neste artigo, utilizamos um modelo SEIR modificado para, com base nos dados das últimas semanas, prever o efeito no número de casos a curto e a médio prazo de um ou mais períodos de *lockdown* na cidade de Porto Alegre. Observamos que, ao longo do texto, um período será considerado de lockdown quando, além do fechamento das atividades econômicas não essenciais, for observado um índice de isolamento social médio de no mínimo 60%. Salientamos que a imposição de lockdown por parte do poder público é uma medida drástica, que almeja reduzir

¹ Departamento de Matemática Pura e Aplicada, Universidade Federal do Rio Grande do Sul

drasticamente a mobilidade urbana para conter a transmissão viral, conseqüentemente diminuindo a necessidade de novas internações hospitalares a curto prazo. Este tipo de medida ainda não foi implementada em Porto Alegre.

Os resultados aqui apresentados têm como objetivo alertar para possíveis cenários futuros e esclarecer qual o potencial impacto da medida de lockdown a médio prazo. Salientamos que modelos matemáticos são uma aproximação simplificada da realidade. Eles apresentam esboços da complexidade de certas situações, no caso abordado neste trabalho, a epidemia de COVID-19 focalizada em Porto Alegre, e possuem tanto qualidades quanto limitações. Porém, eles podem e devem servir como guia no planejamento estratégico de ações futuras.

Metodologia

Ao longo do artigo, assumiremos as seguintes hipóteses, necessárias à modelagem matemática do problema. Embora existam exceções a algumas das hipóteses apresentadas, estas ocorrem em raros casos, de modo que não invalidam a modelagem efetuada com base nestes princípios.

1. Uma pessoa diagnosticada para COVID-19 entra em isolamento completo.
2. Uma pessoa que se recuperou da COVID-19 não pode ser reinfectada.
3. A população está dividida em 4 compartimentos principais: suscetíveis, expostos, infecciosos e resolvidos. O compartimento dos pacientes infecciosos se encontra dividido em 2 outros subgrupos de acordo com o nível de sintomas (sintomáticos ou assintomáticos). Compõe o compartimento dos resolvidos aqueles casos onde o paciente recebeu o diagnóstico de COVID-19, se recuperaram ou vieram a óbito.
4. A cada dia uma certa proporção (índice de isolamento social) das pessoas suscetíveis está isolada, seja voluntariamente ou por força de lei. Esta proporção varia a cada dia.
5. O modelo não leva em consideração óbitos por causas naturais ou nascimentos.
6. O modelo considera a equiprobabilidade dos casos, i.e., todos os indivíduos em um mesmo compartimento possuem a mesma chance de passarem a outro compartimento (seja por infecção, recuperação, óbito etc).
7. Consideramos um indivíduo suscetível imunizado através da vacina contra a COVID-19 após 14 dias do recebimento da segunda dose da vacina.
8. Embora as trajetórias individuais do compartimento inicial dos suscetíveis para o compartimento final dos casos resolvidos seja um processo estocástico, o tamanho da

população permite que a lei dos grandes números seja aplicada, de modo que o modelo matemático utilizado na modelagem será determinístico.

Os quatro compartimentos principais utilizados na modelagem são:

- S , o compartimento das pessoas suscetíveis, isoladas ou não;
- E , o compartimento das pessoas expostas, ou seja, aquelas que estão infectadas mas ainda não em período infeccioso;
- I , o compartimento das pessoas no período infeccioso da doença, sendo subdividido entre I_a os pacientes assintomáticos e I_s os pacientes sintomáticos;
- R , o compartimento dos casos resolvidos, sem distinção entre diagnóstico, recuperação ou óbito.

A Figura 2 mostra a dinâmica populacional entre as 4 classes que a seguir descrevemos. Inicialmente, toda a população se encontra na classe dos suscetíveis. Quando infectados com o vírus SARS-COV-2, a pessoa migra para a classe das pessoas expostas. Aqui, denominamos α a taxa de infecção, q a taxa de isolamento social (proporção das pessoas isoladas em um dado dia), ν a proporção da população que já foi imunizada através da vacinação, θ_a a capacidade de transmissão de um paciente assintomático (quando comparado com um paciente sintomático, que possui maior carga viral). Além disso, consideramos que após um tempo médio μ^{-1} o paciente exposto se torna infeccioso e os coeficientes ρ_a e ρ_s são as respectivas proporções entre pacientes infecciosos assintomáticos e sintomáticos. Finalmente, λ_a^{-1} (respectivamente λ_s^{-1}) denota o tempo médio para um caso assintomático (respectivamente sintomático) migrar para um caso resolvido.

Observe que os parâmetros $\theta_a, \mu, \rho_a, \rho_s, \lambda_a$ e λ_s são constantes, enquanto os parâmetros α , q e ν variam no tempo. A variação no parâmetro α se deve principalmente aos cuidados pessoais da população não isolada, tal qual a utilização de máscaras e o distanciamento social, e também à predominância de cepas mais ou menos contagiosas do vírus. A descrição acima nos leva ao seguinte sistema de equações diferenciais ordinárias na variável temporal t , que aqui será medida em dias.

$$S' = -\alpha \cdot (1-q) \cdot (1-\nu) \cdot S \cdot (\theta_a \cdot I_a + I_s)$$

$$E' = \alpha \cdot (1-q) \cdot (1-\nu) \cdot S \cdot (\theta_a \cdot I_a + I_s) - \mu \cdot E$$

$$I_a' = \mu \cdot \rho_a \cdot E - \lambda_a \cdot I_a$$

$$I_s' = \mu \cdot \rho_s \cdot E - \lambda_s \cdot I_s$$

$$R' = \lambda_a \cdot I_a + \lambda_s \cdot I_s$$

As constantes utilizadas como parâmetros foram: $\mu^{-1}=5,1$ dias (conforme [6]), $\rho_a=0,43$ e $\rho_s=0,57$ (que decorre de [7]), $\theta_a=0,1$ (seguindo [8]), $\lambda_a^{-1}=8$ dias (segundo [8]) e $\lambda_s^{-1}=3$ dias (retratando a realidade observada em Porto Alegre de 3 dias entre o início dos sintomas e a obtenção do diagnóstico).

O parâmetro do isolamento social q no período até 13 de março de 2021 utiliza o banco de dados fornecido por Inloco [5]. Observamos que no período de 01 de fevereiro a 10 de março de 2020 (período pré-pandêmico), Porto Alegre registrava isolamento social médio de 30,2%. A partir do dia 16 de março, com as notícias sobre casos de COVID-19 no Rio Grande do Sul se difundindo e com as medidas de isolamento social adotadas pela população, deu-se no dia 22 de março de 2020 o maior nível de isolamento social já registrado na cidade, atingindo 72,3%. Após esse primeiro período de maior isolamento, com valores acima de 50% por 18 dias consecutivos (entre 21 de março 07 de abril de 2020), percebemos uma lenta, porém constante, diminuição neste índice de isolamento. No período de 01 de outubro a 31 de dezembro de 2020, o isolamento social médio foi de 38,5%. Entre 01 de janeiro de 2021 e 26 de fevereiro de 2021, o índice de isolamento social aumentou levemente, chegando a 39,6%. Já a partir do dia 27 de fevereiro de 2021 e até o dia 08 de março de 2021 (após a entrada em vigor do Decreto [4]) este índice tem se mantido com uma média de 41,6%. Dessa forma, para as modelagens que seguem, nos períodos sem lockdown consideraremos o valor médio $q=0,416$.

O parâmetro ν até o dia 13 de março é calculado com base no banco de dados da vacinação da Prefeitura Municipal de Porto Alegre [9]. Para o período subsequente, considerou-se a vacinação (com segunda dose) de uma média de 2.000 pessoas por dia.

Finalmente, o parâmetro α é calculado semanalmente através do número total de casos diagnosticados divulgados pela Secretaria Municipal da Saúde [1], supondo que apenas casos sintomáticos são diagnosticados. Ao denotarmos por D a quantidade de diagnósticos modelados, temos a seguinte equação $D' = \lambda_s I_s$. Na Figura 3 explicitamos os valores semanais de α . O valor médio de α (calculado com uma casa decimal) nas quatro últimas semanas da modelagem foi $\alpha=1,2$, valor que será utilizado como padrão para o período entre 08 de março e 31 de julho de 2021.

Todas as equações diferenciais presentes no trabalho foram resolvidas utilizando métodos numéricos com o auxílio do Software R. Uma cópia do arquivo com o código utilizado neste trabalho pode ser encontrada no endereço eletrônico <https://github.com/akramos7h/RFiles/blob/main/ModelaPOA21.03.txt>.

Salientamos que o modelo descrito acima tem a capacidade de descrever o avanço da COVID-19 com um bom grau de acerto. Comparando os dados modelados como resultado das equações já descritas com os dados oficiais de [1], no período de 01 de agosto de 2020 até 08 de março de 2021, observamos um erro médio diário de 0,49%, com erro máximo sendo de 3,09% (e observamos que os dias com erro acima de 1% estão com maior concentração nos finais de semana, quando a testagem diminui naturalmente). Veja a Figura 3 para a comparação entre os casos modelados e os dados oficiais.

Resultados

Nesta Seção, vamos apresentar os nossos resultados principais. Com base nos dados observados no período de 19 de maio de 2020 até 07 de março de 2021, a modelagem futura se dará no período de 08 de março a 31 de julho de 2021, e os nossos resultados comparam a quantidade teórica de casos diagnosticados de COVID-19 na data final da modelagem em cada um de 4 cenários distintos com um mesmo cenário de controle (veja a Figura 4). Em todo o período se utiliza a taxa de contaminação como $\alpha=1,2$. Nos períodos de lockdown, o índice de isolamento social será $q=0,6$ (ou 60% de isolamento). Como observado anteriormente, valores superiores a 60% já foram alcançados mesmo sem decretos por parte do poder público, portanto imaginamos que tal proporção seja de fato realista. Nos períodos sem lockdown, utilizaremos $q=0,416$ (isolamento de 41,6%), um valor otimista, dado que a tendência é a de diminuição dos níveis de isolamento social quando não houver período de lockdown.

Inicialmente, vamos observar o cenário de controle, onde nenhum período de lockdown é imposto. Nesse caso, o número de casos para o dia 31 de julho de 2021 seria de 343.977 casos confirmados. A média móvel (7 dias) de novos casos por dia atingiria um máximo no dia 04 de maio de 2021, com média de 2.379 confirmações diárias. Dado que na data da modelagem (14 de março de 2021) a cidade tem registro de 117.712 casos confirmados, observamos que, caso as condições se mantenham as mesmas das últimas quatro semanas anteriores a 08 de março, o número total de contaminações em Porto Alegre pode triplicar até o final de julho de 2021.

Agora, ao acrescentarmos um único período de lockdown de 14 dias, iniciando no dia 20 de março de 2021 e encerrando no dia 02 de abril de 2021, o total de casos registrados no dia 31 de julho seria de 297.093, com auge de novas confirmações no dia 18 de maio, sendo registrado em média 1.587 casos por dia nesta data. Comparativamente com o cenário de controle, a médio prazo **um único período de 14 dias de lockdown na cidade pode evitar 46.884 novas contaminações**. Supondo uma taxa de letalidade de 2% (que vem sendo observada em Porto Alegre), **um único período de 14 dias de lockdown teria potencial de evitar 938 óbitos** relativos a COVID-19.

No próximo cenário supomos um lockdown estendido de 21 dias, iniciando no dia 20 de março de 2021 e encerrando no dia 09 de abril de 2021. Neste segundo cenário, o total de casos registrados no dia 31 de julho é 274.849 casos. Aqui, o máximo da média móvel de novas contaminações ocorre já no dia 25 de março, com 1.517 casos por dia, com um segundo auge, de menor tamanho (1.268 confirmações diárias) no dia 25/05. Em comparação com o cenário de controle, **um lockdown de 21 dias tem o potencial de evitar 69.128 casos** de COVID-19 até 31 de julho de 2021. Novamente, se considerarmos 2% de letalidade, significaria uma **diminuição de 1.383 óbitos** até esta data.

Um terceiro cenário que abordamos seria o de dois períodos de lockdown, equidistribuídos. Precisamente, supomos um período de 14 dias de lockdown entre 20 de março e 02 de abril, seguido de um segundo período de 14 dias de lockdown entre 22 de maio e 04 de junho. Embora tenha um total de 28 dias de lockdown, os valores neste cenário são próximos do segundo cenário com 21 dias de lockdown: teríamos um total de 274.210 casos confirmados no dia 31 de julho, com auge no dia 18 de maio, onde se registraria, em média, 1.587 casos diários de COVID-19. Em comparação com o cenário de controle, **seriam 69.767 casos (e, possivelmente, 1.395 óbitos) a menos**.

Por fim, observamos o efeito de três períodos de lockdown equidistribuídos, perfazendo 2 a cada 6 semanas de lockdown. O primeiro período seria novamente entre 20 de março e 02 de abril, o segundo período entre 01 e 14 de maio e o terceiro e último período entre 12 e 25 de junho. Nesta situação, chegamos ao dia 31 de julho com 254.417 casos registrados, e com dois auges de magnitude semelhante: o primeiro no dia 25 de março, com 1.517 casos registrados e o segundo no dia 04 de maio com 1.507 casos diários registrados. Neste cenário, em comparação com o cenário de controle, temos uma **diferença de 89.560 casos**, que poderia significar **1.791 vidas salvas** até o dia 31 de julho de 2021.

Conclusões

Embora seja uma medida drástica, a realidade da cidade de Porto Alegre, atualmente com lotação acima de 100% de seus leitos de UTI, onde pacientes tanto de COVID-19 quanto de outras enfermidades estão vindo a óbito por falta de atendimento adequado, nos mostra que ao menos um período de lockdown se faz necessário para diminuir a transmissão viral e dar um pequeno fôlego ao sistema de saúde municipal, tanto público quanto privado. Mesmo que apenas um período de 14 dias de verdadeiro lockdown seja feito, até 31 de julho de 2021, ele representa uma redução de mais de 45.000 casos, o que poderia salvar ao menos 900 vidas.

Referências

- 1: Secretaria Municipal da Saúde de Porto Alegre, Painel Saúde: transparência COVID-19, disponível em <https://infografico-covid.procempa.com.br/>, acessado dia 14/03/21
- 2: Secretaria Municipal da Saúde de Porto Alegre, PAINEL COVID-19 - ATUALIZAÇÃO EPIDEMIOLÓGICA (08/03/2021), disponível em http://www2.portoalegre.rs.gov.br/sms/default.php?p_secao=1027, acessado em 14/03/21
- 3: Martins A, Zavascki A, Wink P, Volpato P, Monteiro F, Rosset C et al, Detection of SARS-CoV-2 lineage P.1 in patients from a region with exponentially increasing hospitalization rates in February 2021, Rio Grande do Sul, Southern Brazil (2021) preprint disponível em <https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2021.03.09.21253204v1>
- 4: Governador do Estado do Rio Grande do Sul, DECRETO Nº 55.771, DE 26 DE FEVEREIRO DE 2021, Diário Oficial do Estado do Rio Grande do Sul.
- 5: Inloco, Mapa Brasileiro da COVID-19, disponível em <https://mapabrasileirodacovid.inloco.com.br/pt/>, acessado em 14 de março de 2021
- 6: Ferguson N, Laydon D, Nedjati-Gilani G, Imai N, Ainslie K, Baguelin M et al, Impact of non-pharmaceutical interventions (NPIs) to reduce COVID19 mortality and healthcare demand, Imperial College, London, (2020), DOI: <https://doi.org/10.25561/77482>.
- 7: Gudbjartsson D, Helgason A, Jonsson H, Magnusson O, Melsted P, Norddahl G et al, Spread of SARS-CoV-2 in the Icelandic Population, N Engl J Med, 382 (2020), DOI: 10.1056/NEJMoa2006100
- 8: Roux J, Massonnaud C, Crépey P, COVID-19: One-month impact of the French lockdown on the epidemic burden, (2020), preprint, DOI: <https://doi.org/10.1101/2020.04.22.20075705>
- 9: Prefeitura Municipal de Porto Alegre, Painel de monitoramento da vacinação contra a COVID-19, disponível em <https://datastudio.google.com/embed/u/0/reporting/df0da4e7-787c-423f-bc08-d4c5a8a2ff2e/page/NnVxB>, Acessado em 14/03/21

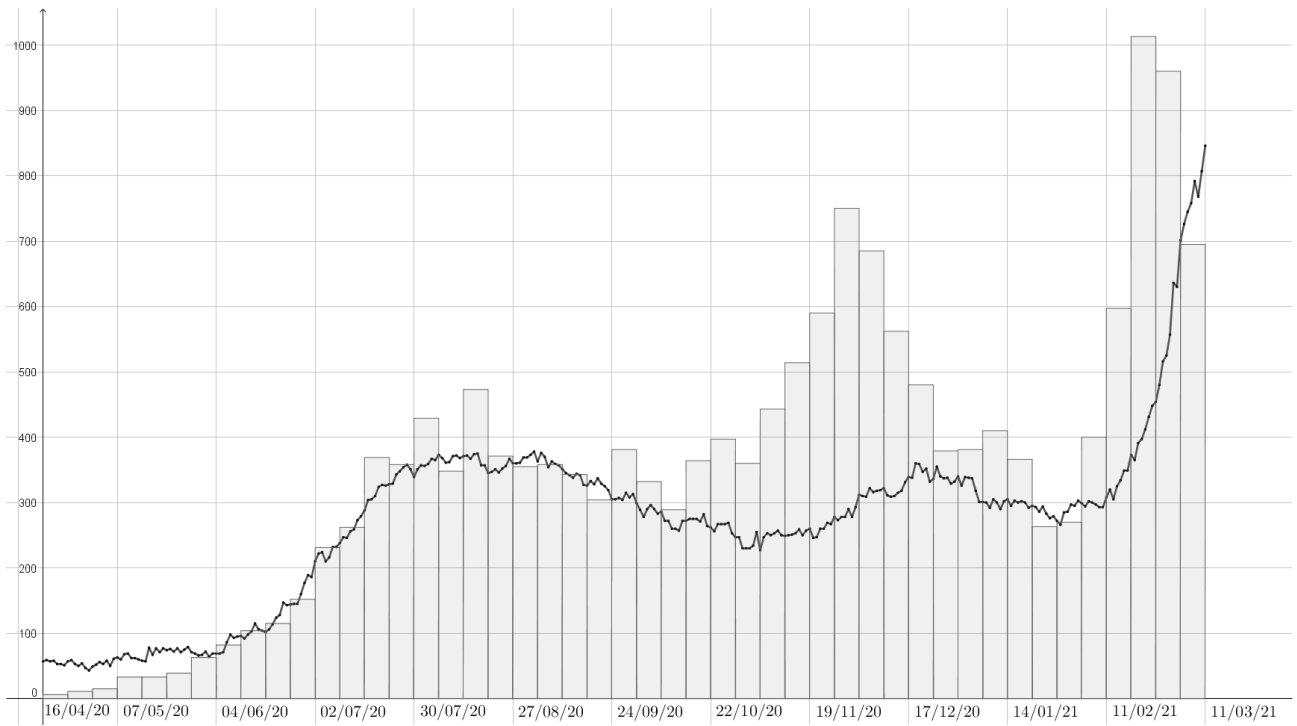


Figura 1. Quantidade diária de pacientes (tanto casos suspeitos quanto confirmados de COVID-19) em leitos de UTIs e médias semanais de novas confirmações de casos de COVID-19 em Porto Alegre, no período de 16 de abril de 2020 a 11 de março de 2021.

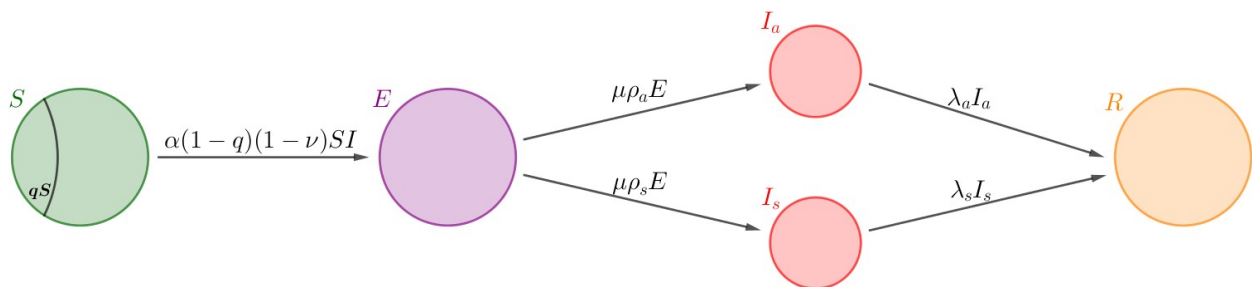


Figura 2. A dinâmica populacional do modelo SEIR modificado utilizado na modelagem.

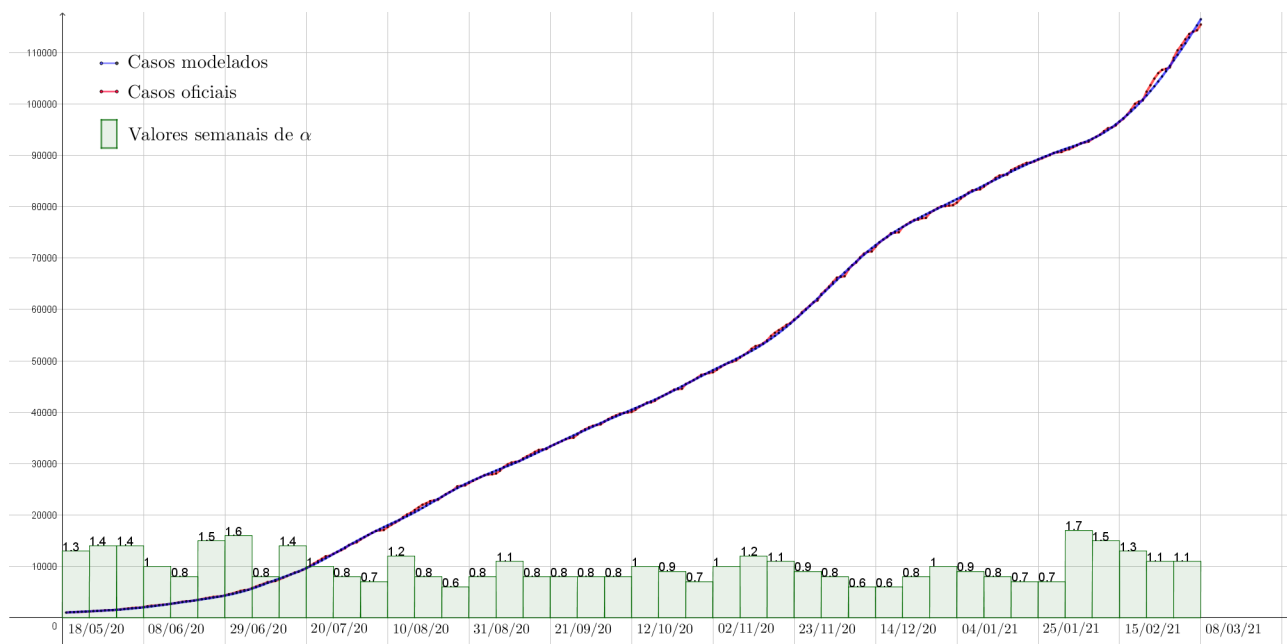


Figura 3. Comparativo dos dados oficiais com os casos modelados, no período de 18 de abril de 2020 a 08 de março de 2021, assim como os valores semanais utilizados para a taxa de contaminação α .

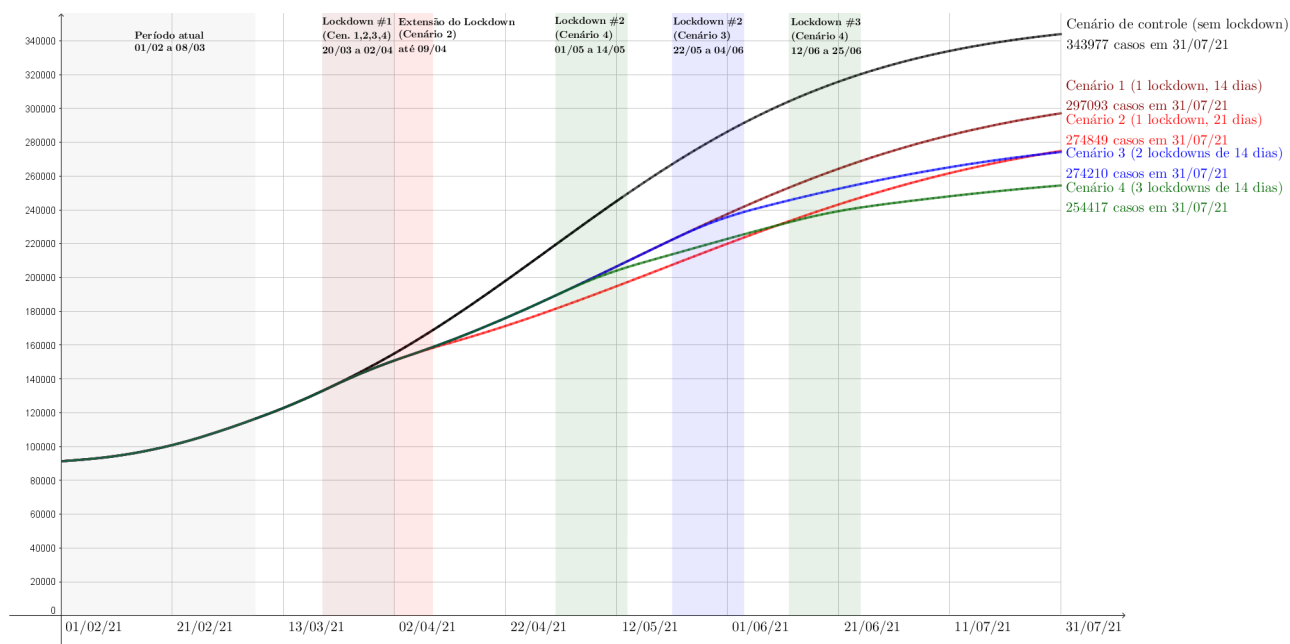


Figura 4. Comparativo do cenário de controle com os quatro cenários com presença de períodos de lockdown. No Cenário 1 (um período de lockdown entre 20/03 e 02/04), seriam 46.884 casos a menos (potencialmente 938 vidas salvas). No Cenário 2 (um período de lockdown estendido, entre 20/03 e 09/04), seriam 69.128 casos a menos (potencialmente 1.383 vidas salvas). No Cenário 3 (dois períodos de lockdown, o primeiro entre 20/03 e 02/04 e o segundo entre 22/05 e 04/06) são 69.767 casos a menos (potencialmente 1.395 vidas salvas). No Cenário 4 (três períodos de

lockdown, entre 20/03 e 02/04, entre 01/05 e 14/05 e entre 12/06 e 25/06), seriam 89.560 casos a menos (potencialmente 1.791 vidas salvas).