

Dinâmica da evolução do número de infectados por SARS-CoV-2 em diferentes níveis de isolamento social: um estudo de caso para Foz do Iguaçu com o modelo SEIR-Net

GT Ação 6 de enfrentamento à COVID-19, Universidade Federal da Integração Latino-Americana (UNILA)

1. Motivação

Os impactos da COVID-19, doença provocada pelo coronavírus SARS-CoV-2, são imensos. Além da maior tragédia de todas, a perda de mais de 353.000 vidas ao redor do mundo¹ (26.754 mortes oficialmente registradas no Brasil²), diversos efeitos da doença podem ser sentidos direta e indiretamente na sociedade, tendo em vista a dimensão da crise sanitária, social e econômica que vivemos³. Um dos principais desafios nessa crise, é procurar meios para se evitar que o sistema de saúde entre em colapso. O fato de ser uma doença nova, sem vacina disponível, e para a qual ninguém detém imunidade prévia, leva a um contingente imenso de infectados. Um desafio adicional na mitigação do avanço da doença é o fato de que há uma taxa elevada de transmissão a partir de indivíduos assintomáticos ou pré-sintomáticos⁴, o que dificulta a identificação e rastreamento de pessoas doentes (principalmente se o número de testes for pequeno). E mesmo que os percentuais estimados de mortes, necessidade de internação, etc., não pareçam muito elevados, os números absolutos certamente o são. Assim, adiar o aparecimento de novos casos torna-se primordial, tendo em vista o "ganho de tempo" para que o sistema de saúde possa ser preparado para atender à demanda de casos, bem como para que pesquisadores possam buscar por tratamentos mais eficientes. Em uma outra vertente de estudos científicos sobre a COVID-19, vários trabalhos trazem dados que demonstram a efetividade das medidas de distanciamento social na redução do número de pessoas infectados ao longo do tempo⁵⁻⁹.

No caso específico de Foz do Iguaçu, o primeiro caso da doença foi confirmado em 18 de março de 2020¹⁰ e, desde então, 123 novos casos foram confirmados (incluindo três mortes)¹¹. Considerando o cenário diferenciado da cidade, situada em um contexto de fronteira trinacional, com um fluxo grande de visitantes, atendida por uma malha aérea e rodoviária significativa, tais medidas de isolamento e distanciamento social foram rapidamente estabelecidas pela administração pública¹², muitas delas ainda vigentes.

Uma série de modelos matemáticos têm sido utilizados para entender e fazer previsões sobre a dinâmica de epidemias, muitos deles com foco no efeito das medidas de confinamento

e distanciamento social na evolução do número de casos^{8,9}. Desta forma, pretendemos realizar estudos sobre a dinâmica da evolução dos casos de COVID-19 em Foz do Iguaçu com base em um modelo de compartimentos, o SEIR-Net¹³.

2. Modelo utilizado

Modelos de compartimento como o SEIR são estudados há muito tempo¹⁴ e têm sido amplamente utilizados na modelagem das dinâmicas da COVID-19 ao redor do mundo¹⁵. Nesse modelo, as pessoas estão divididas nos seguintes compartimentos: **S**uscetível (pode ser infectada pela doença), **E**xposta (teve contato com o vírus), **I**nfectada (tem a doença, independentemente de ser ou não sintomática; pode infectar outras pessoas) e **R**emovida (a pessoa que não pode mais se infectar nem transmitir a doença para os demais). Importante ressaltar que o foco desses modelos está nos compartimentos, não em indivíduos específicos. Uma série de parâmetros ditam algumas "regras", essencialmente ligadas à maneira como as pessoas passam de um compartimento para o outro. Chamamos atenção para os seguintes parâmetros:

β (beta): mede, na prática, quantas pessoas um portador do vírus pode infectar (seria o parâmetro relacionado à taxa de transmissão a suscetíveis per capita);

α (alfa): é um parâmetro que, na prática, mede as subnotificações (proporção de casos de fato notificados; por ser uma infecção com alto número de assintomáticos, utilizamos $\alpha = 0,05$ [de cada 20 infectados, apenas um seria oficialmente registrado]);

Z: é o tempo médio da incubação da doença (parâmetro importante por trazer a "regra" para que se saia de "exposto" para "infectado" [utilizamos $Z = 3,7$; valor proposto por Li et al. 2020¹⁶ e também utilizado por Duczmal et al. 2020¹³]);

D: é a duração do período infeccioso (tem implicação importante em quanto tempo a pessoa ficaria "espalhando" a doença [utilizamos $D = 3,5$; valor também proposto por Li et al. 2020¹⁶ e também utilizado por Duczmal et al. 2020¹³]).

O modelo SEIR-Net¹³ implementa possibilidades muito interessantes e importantes. No modelo em questão, é possível dividir a população de acordo, por exemplo, com sua faixa etária. Nos nossos estudos, utilizamos as classes etárias (0-9 anos; 10-24 anos; 25-59 anos; acima de 60 anos [dados do IPARDES¹⁷]), da mesma forma que Duczmal et al. 2020¹³, e pensando que tais faixas poderiam representar as seguintes parcelas da população: 0-9 anos,

crianças (a maior parte dos contatos se dá em casa, na escola e em atividades sociais e de lazer); 10-24 anos, jovens (contatos em casa, no ambiente de estudo (escola, universidade, faculdade), no trabalho para os de maior idade; em atividades sociais e de lazer); 25-59 anos, adultos (contatos em casa, no trabalho, em atividades sociais e de lazer); acima de 60 anos, idosos (contatos em casa e em atividades sociais e de lazer).

Além disso, o modelo SEIR-Net permite a construção de uma "matriz de fração de contatos" entre os grupos apresentados acima. Nessa matriz, é possível atribuir valores entre 0 e 1 que indicam a intensidade de transmissão do vírus de um indivíduo (em um certo grupo) para outro (em um certo grupo também). Se o valor é igual a 1, por exemplo, não há qualquer restrição na transmissão; se o valor é 0, a transmissão não ocorre. Qualquer valor entre 0 e 1 indica essa intensidade¹³. Daí vem algo extremamente importante: como não sabemos muita coisa sobre como se dá a transmissão entre os distintos grupos (idades, no caso ou se há eventuais "superdispersores", por exemplo), assumimos que a intensidade de transmissão e o nível de interação andariam juntos. Dessa forma, uma queda percentual na interação entre e dentro dos grupos levaria a uma queda no mesmo percentual na transmissão do vírus entre os envolvidos. **Essa premissa é central para a proposição dos cenários e interpretação dos resultados.**

O SEIR-Net aparece, então, como um modelo onde é possível estudar alguns cenários de isolamento e distanciamento social, com foco em algumas idades e grupos específicos.

3. Cenários estudados

A dinâmica da epidemia foi estudada nos seguintes cenários:

Cenário 1: sem qualquer prática e/ou política de isolamento e distanciamento social;

Cenário 2: isolamento "vertical" (idosos reduziriam seus contatos em 90%, entre si e com todos os demais grupos);

Cenário 3: isolamento severo para crianças (crianças de 0-9 anos reduziriam seus contatos em 95%, entre si e com todos os demais grupos [imagina-se, nesse cenário, contato restrito aos pais, irmãos e pessoas mais próximas]);

Cenário 4: *lockdown* (crianças de 0-9 anos reduziriam em 95% os contatos, entre si e com os demais; os demais grupos reduziriam suas interações em 90%);

Cenário 5: isolamento social severo para crianças (crianças de 0-9 anos reduziriam em 95% os contatos) e intermediário para os demais grupos (os demais grupos reduziriam suas interações em 50%);

Cenário 6: isolamento social severo para crianças (crianças de 0-9 anos reduziriam em 95% os contatos) e suave para os demais grupos (os demais grupos reduziriam suas interações em 25%);

Cenário 7: isolamento social intermediário (todas as pessoas reduzem seus contatos em 50%);

Cenário 8: isolamento social suave (todas as pessoas reduzem seus contatos em 25%);

Cenário 9: isolamento severo para crianças e intermediário para jovens (crianças de 0-9 reduziriam seus contatos em 95%; crianças e jovens de 10-24 em 50% [imagina-se, nesse cenário, que os jovens teriam contato com os demais no trabalho, mas não no colégio, universidade, faculdade, etc.]);

Cenário 10: isolamento intenso para crianças, jovens e idosos (tais grupos reduziriam suas interações em 80%; dentro e entre classes, inclusive com adultos) e sem qualquer restrição para adultos;

Cenário 11: isolamento intenso para crianças, jovens e idosos (tais grupos reduziriam suas interações em 80%; dentro e entre classes, inclusive com adultos) e restrição suave para adultos (redução de 20% nas interações entre adultos [tal cenário imagina um cenário onde os contatos são mantidos no trabalho, mas controlados em quaisquer outros contextos]).

Além disso, estudamos o comportamento das curvas de contágio em níveis de 60%, 65%, 70% e 75% de redução das interações para todas as faixas etárias, como forma de evidenciar alguma mudança significativa da dinâmica em valores próximos a 70%.

4. Resultados principais

Como muitos dos parâmetros ainda não podem ser satisfatoriamente estimados (muito pela falta de testes), ressaltamos que o mais importante nesse estudo é o efeito **qualitativo** das medidas de isolamento e distanciamento social. Não é possível interpretar esse estudo em termos **quantitativos** diretamente. A interpretação deveria ser no sentido de "cenário x se mostra mais eficiente no controle do avanço da epidemia que cenário y". **Uma vez mais: as**

interpretações devem se resumir a um contexto qualitativo (o valor que o eixo y traz não deve ser levado ao pé da letra).

Os resultados das dinâmicas da epidemia em diferentes cenários de isolamento e distanciamento são apresentados nas Figuras 1–16 (ao final do relatório, após as referências). Nestas figuras, o número de casos para cada faixa etária, representados nas cores apresentadas nos quadros à esquerda e acima das figuras, é sempre **cumulativo**. As linhas pontilhadas mostram o total de indivíduos dentro de cada faixa etária (mesmo esquema de cores das linhas sólidas). Já a linha preta mostra **o número de infectados em um determinado momento** da dinâmica (essa linha não é cumulativa), traz a representação de um eventual pico na infecção.

Nas Figuras 1–4, apresentamos a dinâmica de evolução das infecções em diferentes níveis de restrição de contatos, i.e. isolamento (60, 65, 70 e 75%). É possível perceber uma transição de fase na dinâmica em valores próximos de 70%. Dessa forma, seria possível dizer que os efeitos são muito mais pronunciados quando se passa de 60% para 70% de isolamento do que de 70% para 80%, por exemplo.

Com relação aos cenários avaliados, é possível perceber a dinâmica da doença em um cenário de “isolamento vertical” (Fig. 7), ou isolamento específico de crianças (Fig. 8) é muito parecida com a esperada para um cenário sem qualquer prática ou política de isolamento (Fig. 6). Da mesma forma, o modelo aponta que práticas suaves de isolamento, da ordem de 25%, não teriam muita efetividade em retardar e/ou diminuir o pico máximo de infectados. É possível concluir tal afirmação quando se compara a Fig. 13 (isolamento de 25% para todas as idades) e cenários de isolamento “vertical” (Fig. 7) ou mesmo sem isolamento (Fig. 6). Na mesma direção, a diferença na dinâmica no cenário de isolamento suave e isolamento moderado (cenário 8, isolamento de 50% para todas as idades; Fig. 12) é significativa.

A diferença entre práticas de isolamento suave ou moderado também aparece da comparação dos cenários 5 e 6. Em ambos os cenários, onde há um isolamento severo para crianças (0-9 anos), e a diferença das dinâmicas quando o isolamento das demais classes é de 50% (cenário 5, Fig. 10), ou de 25% (cenário 6, Fig. 11), é bastante significativa.

Uma última comparação bastante importante vem da análise das Figs. 15 e 16. A dinâmica também é bastante diferente em cenários onde, mantido um isolamento intenso para crianças, jovens e idosos, os adultos mantêm o nível original de interações entre eles mesmos (cenário 10, Fig. 15) ou limitam tais interações em 20% (cenário 11, Fig. 16). Quando se considera a quantidade de pessoas na classe “adultos”, essa diminuição de 20%, somada à restrição de

80% nas interações entre crianças, jovens, idosos (entre si e com adultos), parece o suficiente para que uma transição de fase ocorra.

5. Limitações do modelo

Ainda não temos condição de estimar satisfatoriamente o valor de beta. O beta é diretamente atingido tanto pela falta de testes, já que não sabemos nada sobre, por exemplo, "de um número determinado de pessoas com quem um infectado interagiu, quantas se infectaram". Muito provavelmente, esse valor de $\beta = 1$ ainda está muito elevado para o momento da infecção em Foz do Iguaçu. Por isso ressaltamos, mais uma vez, a importância da avaliação qualitativa. De qualquer forma, os cenários de confinamento/ isolamento mais promissores apresentados aqui, também o são com valores de β ligeiramente superiores ou inferiores. O β tem um componente importante de quão rápido a epidemia se espalharia. Também não temos muita segurança do valor de alfa. O número de testes é muito baixo, é impossível saber a real dimensão da epidemia no Brasil, no Paraná, ou em Foz do Iguaçu. À medida que os testes forem sendo realizados, com certeza teremos mais condições de chegar a valores mais realistas de α (o mesmo pode ser dito para β). Temos a expectativa de que tais parâmetros possam ser mais bem ajustados à medida que um maior número de testes seja realizado, como parece ser a tendência na cidade²⁵.

Modelos desse tipo tem limitações intrínsecas¹⁶: não trabalham com estruturação espacial dentro da cidade; não levam em consideração que algumas pessoas são muito mais conectadas que outras, e poderiam atuar como *hubs* de onde a doença se espalharia com maior rapidez (temos intenção de trabalhar com isso em outros modelos); o modelo concebe a cidade como um grupo "fechado" (o que vai ficando mais distante à medida que a cidade relaxe as restrições para o transporte intermunicipal, interestadual e internacional. Entretanto tais efeitos, tanto em termos absolutos (tamanho da população), e relativos (distribuição da população nas classes etárias) não parecem tão significativos. O maior efeito da reabertura da cidade passa pela chegada de novos infectados, novas "sementes" do vírus.

Por outro lado, os parâmetros relacionados ao tempo de incubação (Z) e duração da infecção (D) podem estar subestimados^{9,21}. Nesse caso, seria possível que uma pessoa infectada transmitisse a doença mais cedo e por mais tempo, o que teria implicações bastantes severas nos resultados do modelo (para pior, no caso).

Modelos SEIR podem subestimar o pico das infecções e superestimar a duração de epidemias¹⁴. Por esse motivo, os estudos foram pensados para o curto/médio prazo (em torno de quatro meses) e com uma interpretação **qualitativa** (comparação no tamanho dos picos em termos relativos mais do que em termos absolutos).

6. Comentários e recomendações

Esse estudo reforça a importância do isolamento social (redução do número de interações) como estratégia central no controle da velocidade e intensidade do pico de infecção pelo SARS-CoV-2, da mesma forma que muitos outros estudos já realizados⁵⁻⁹. Encontramos também evidência para um cenário ideal de isolamento de pelo menos 70% da população como um todo. Nesse caso, como também observado em outros estudos mesmo com modelos mais complexos¹⁸, a dinâmica dos contágios é bem diferente, e seria possível achatar de fato a curva de contágios. O estudo dos vários cenários mostra, porém, que parece possível atingir tal patamar com isolamentos diferenciais para faixas etárias distintas.

Dessa maneira, e considerando que temos uma população razoavelmente jovem na cidade (~43% da população tem menos que 24 anos, segundo o IPARDES), reforçamos que a reabertura de escolas, universidades e faculdades deve ser pensada com **extrema cautela**. A decisão por reinserir fortemente tais faixas etárias na dinâmica de contágio da doença pode ter efeitos muito sérios. Um estudo publicado, considerando a dinâmica da doença em uma região da França, mostrou que oito semanas de escola fechadas e 25% de teletrabalho para adultos, seria suficiente para postergar o pico da epidemia em quase dois meses, com redução aproximada de 40% na incidência de casos no pico máximo¹⁹. Apesar de não termos quantificado o número de interações na população escolar, é possível inferir que esse número é bastante alto. Um risco adicional é que se as crianças forem em grande parte assintomáticas, o número de infectados poderá aumentar rapidamente.

Os resultados do modelo também mostram a ineficiência da estratégia de “isolamento vertical”, focada exclusivamente em idosos, em termos qualitativos de quando e de que forma seria o pico de infecção. Sobre tal prática, pontuamos duas questões: (i) o percentual de idosos na população de Foz do Iguaçu (~7%, segundo o IPARDES) faz com que nesse tipo de isolamento apenas uma parcela pequena dos suscetíveis seja retirada de forma mais forte da dinâmica da população como um todo. A maior parte das infecções se daria entre crianças, jovens e adultos, a grande maioria da população; (ii) os dados existentes para a COVID-19 no

Brasil mostram que a doença está longe de ser um risco apenas para idosos. No Paraná, 54 das 169 mortes confirmadas por COVID-19 foram de pacientes de menos de 60 anos²⁰ (da mesma forma que duas das três mortes registradas até o momento em Foz do Iguaçu^{23,24}).

Chamamos também a atenção para a necessidade de que a liberação de atividades de lazer, locais com grandes aglomerações, etc., seja vista com **bastante cautela**. Em um cenário de isolamento social mais restrito para crianças, jovens e idosos, e mais flexível para adultos, o ganho qualitativo em termos de tempo e tamanho do pico de infecção é bem diferente nos cenários 10 e 11, respectivamente onde as interações entre adultos (entre eles apenas) não sofre qualquer restrição ou apresenta uma diminuição de 20%.

Como dito acima, o modelo estudado não leva em consideração que algumas pessoas são muito mais conectadas que outras. A ideia do isolamento passa exatamente por isso, "quebrar" as redes de contato, de forma com que a doença não se espalhe. É esperado que algumas pessoas altamente conectadas (ou seja, pessoas que interagem com muito mais pessoas que a média) possam funcionar como *hubs* para o espalhamento da infecção. Professores, por exemplo, interagem com uma quantidade imensa de pessoas em uma escola, fora os contatos em casa, no bairro, na igreja, etc. Um professor doente poderia espalhar muito mais a infecção do que um profissional que trabalha mais isolado (p. ex. um contador). Em um trabalho importante que ressalta tal aspecto, Zhao (2020)²⁶ observou que o número médio de contatos com indivíduos distintos que um infectado tem ao longo do tempo de geração do COVID-19 é 36; com medidas mais estritas de distanciamento social (contatos em casa e saídas realmente necessárias), os valores caíram para 6,3 (quase seis vezes menos). E esse efeito poderia ser, seguramente, mais severo no caso de pessoas altamente conectadas. Há evidência robusta em literatura que o limiar epidêmico é menor em redes mais conectadas²².

Certamente o espalhamento baixo até o momento do SARS-CoV-2 em Foz do Iguaçu se deve às medidas de restrição adotadas. E elas são importantes de várias formas: (i) as cadeias de transmissão são quebradas; as grandes redes de contatos de suscetíveis são quebradas em redes menores, onde a transmissão se dá de forma mais restrita; (ii) o sistema de saúde só consegue rastrear os contatos de pessoas infectadas quando o número de casos ainda é pequeno. Quando esses valores crescem muito, torna-se quase impossível qualquer esforço mais direcionado em encontrar possíveis cadeias de transmissão.

Importante ressaltar que curvas mais suaves e mais tardias não implicam em **controle** da doença, e sim no controle da velocidade e intensidade do(s) pico(s). Enquanto a grande maioria das pessoas não apresentar imunidade (esquema **vacinal** eficiente), o SARS-CoV-2

seguirá sendo um problema gravíssimo de saúde pública. E quando se pensa com responsabilidade no número absoluto de mortos associados a percentuais “baixos” de mortalidade, em um contexto onde **todos são suscetíveis** em um primeiro momento, percebe-se que a imunidade de rebanho não é uma opção. Pelo menos não para quem valoriza minimamente a saúde e bem-estar das pessoas.

Da mesma forma que o encontrado por vários outros trabalhos, esse nosso estudo **reforça a importância das medidas de distanciamento e isolamento social.**

7. Referências Bibliográficas

¹World Health Organization (Organização Mundial da Saúde, OMS). Coronavirus disease (COVID-19), situation report 129. Disponível em < https://www.who.int/docs/default-source/coronaviruse/situation-reports/20200528-covid-19-sitrep-129.pdf?sfvrsn=5b154880_2 >. Acessado em 29 de maio de 2020.

²Ministério da Saúde (Brasil). Painel Coronavírus. Disponível em <<https://covid.saude.gov.br/>>. Acessado em 29 de maio de 2020.

³Bozorgmehr, K. et al. 2020. COVID and the convergence of three crises in Europe. *Lancet Public Health*, DOI: 10.1016/S2468-2667(20)30078-5

⁴Costa, G. et al. 2020. Metapopulation modeling of COVID-19 advancing into the countryside: an analysis of mitigation strategies for Brazil. Preprint disponível em <<https://wcota.me/covid19brmetapop>>. Acessado em 11 de maio de 2020.

⁵Giordano, G. et al. 2020. Modelling the COVID-19 epidemic and implementation of population-wide interventions in Italy. *Nature Medicine*, DOI: <https://doi.org/10.1038/s41591-020-0883-7>

⁶Zhang, J. et al. 2020. Changes in contact patterns shape the dynamics of the COVID-19 outbreak in China. *Science*, DOI: 10.1126/science.abb8001

⁷Casella, F. 2020. Can the COVID-19 epidemic be managed on the basis of daily data? Preprint disponível em <<https://arxiv.org/abs/2003.06967>>. Acessado em 11 de maio de 2020.

⁸Ganem, F. et al. (2020). The impact of early social distancing at COVID19 outbreak in the largest Metropolitan area of Brazil. Preprint disponível em <<https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2020.04.06.20055103v2>>. Acessado em 11 de maio de 2020.

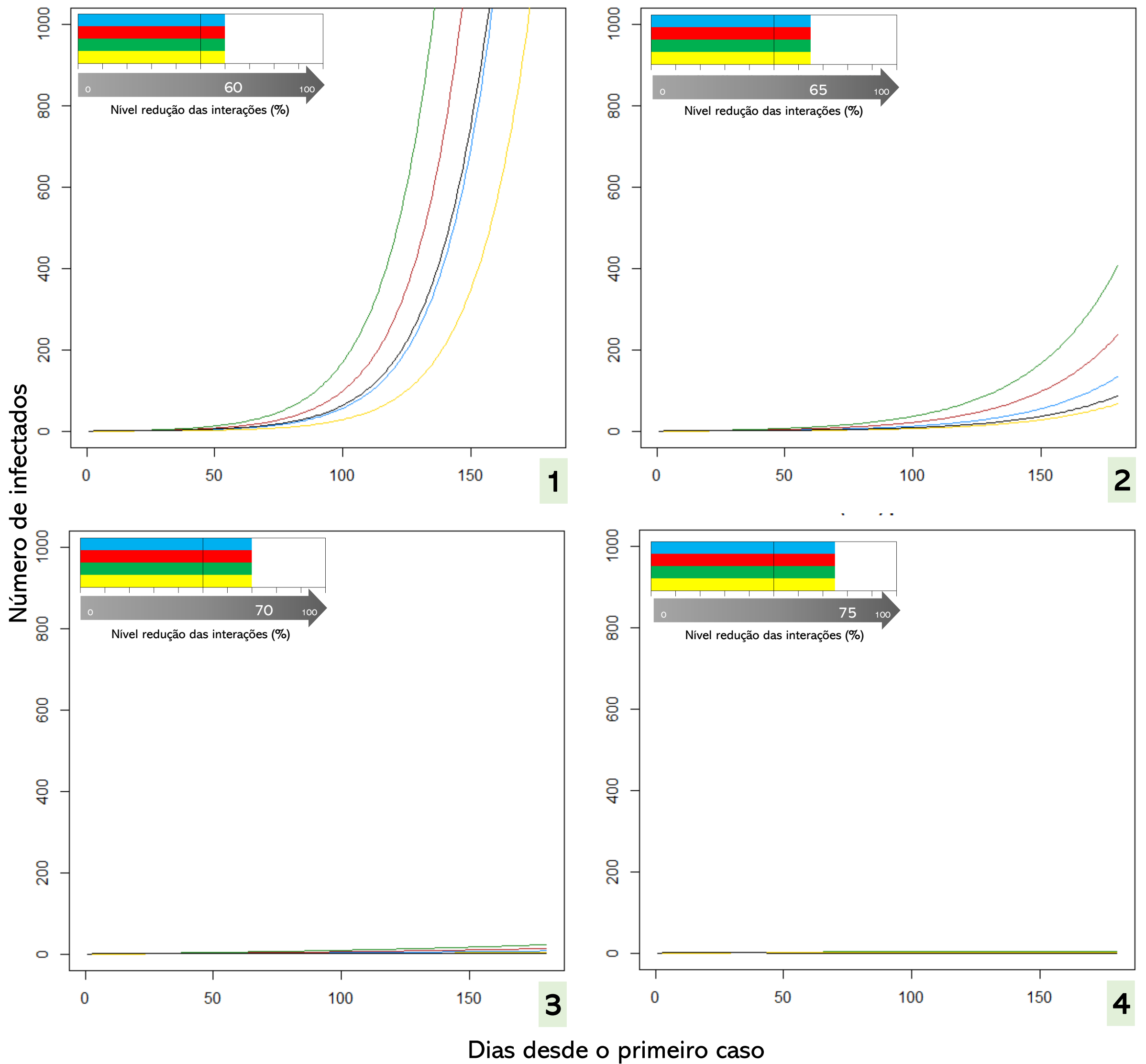
⁹Prem, K. et al. (2020). The effect of control strategies to reduce social mix in gon outcomes of the COVID-19 epidemic in Wuhan, China: a modelling study. *The Lancet Public Health* 5: e261–70.

¹⁰Agência Municipal de Notícias, Prefeitura Municipal de Foz do Iguaçu. Foz tem mais três casos confirmados da COVID-1. Disponível em <<https://www.amn.foz.br/posts/?dt=foz-tem-mais-tres-casos-confirmados-da-covid-1-aFEyY2tBaIVpZUNaVjFIREtCS2taZz09>>. Acessado em 13 de maio de 2020.

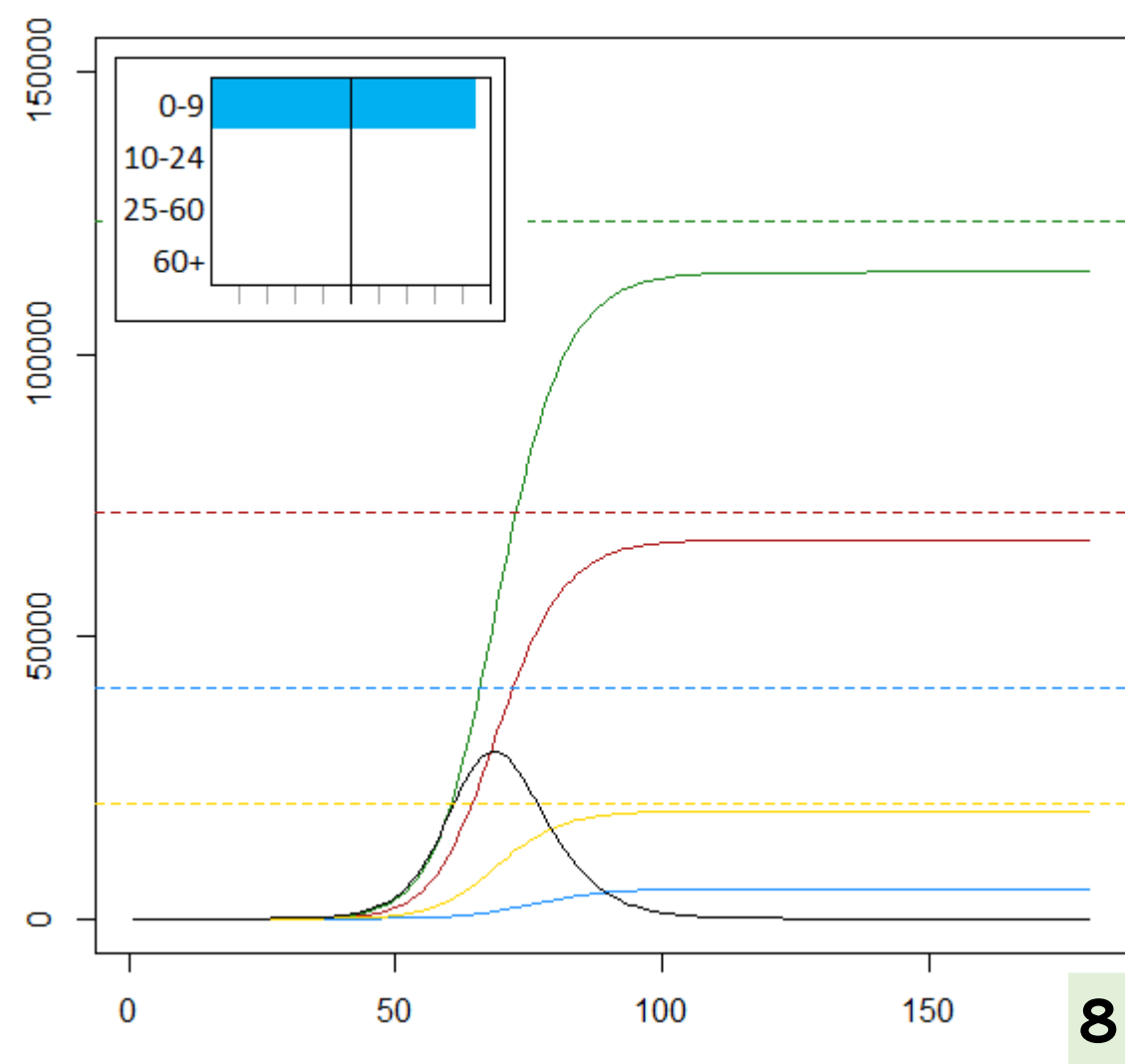
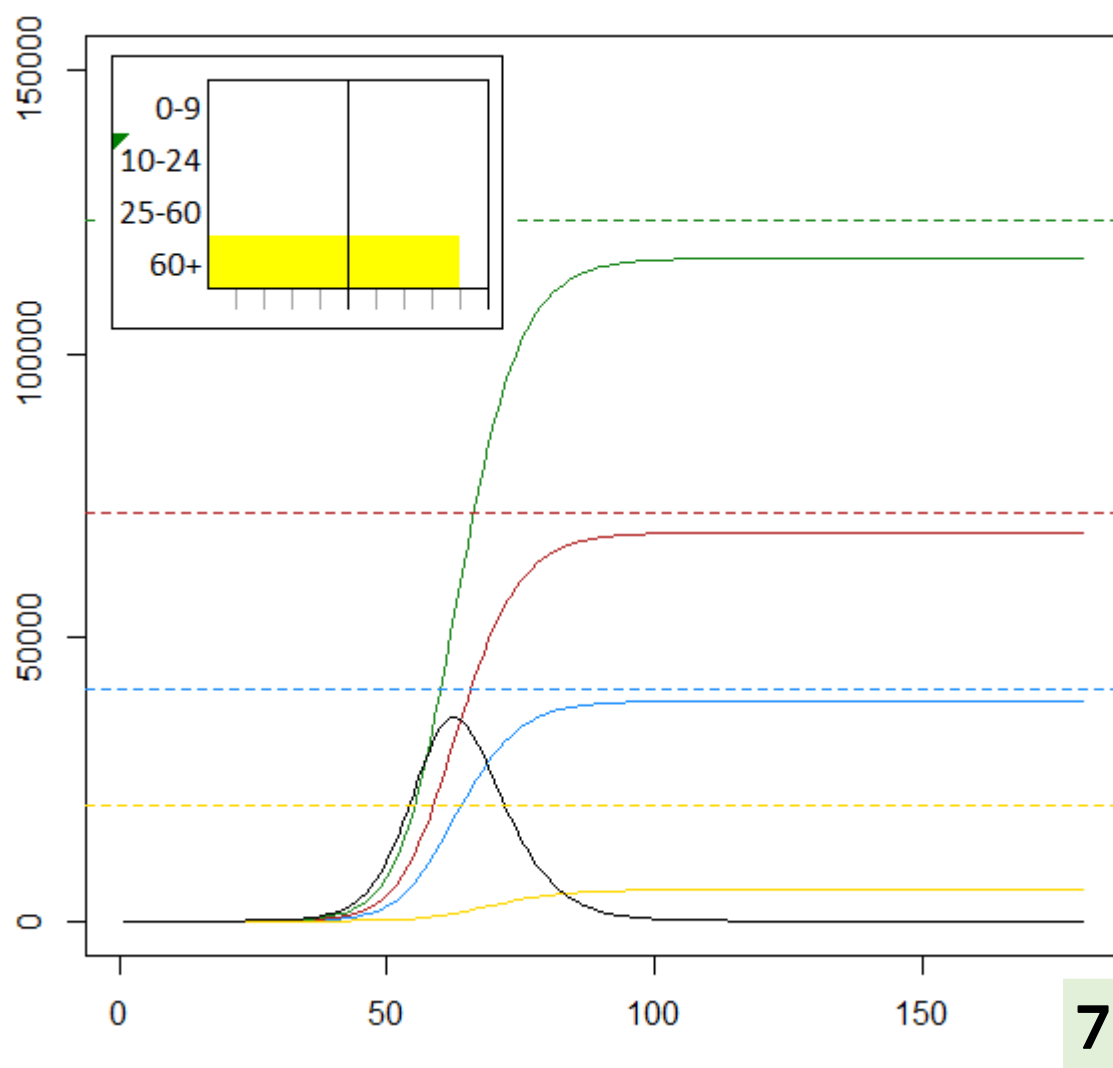
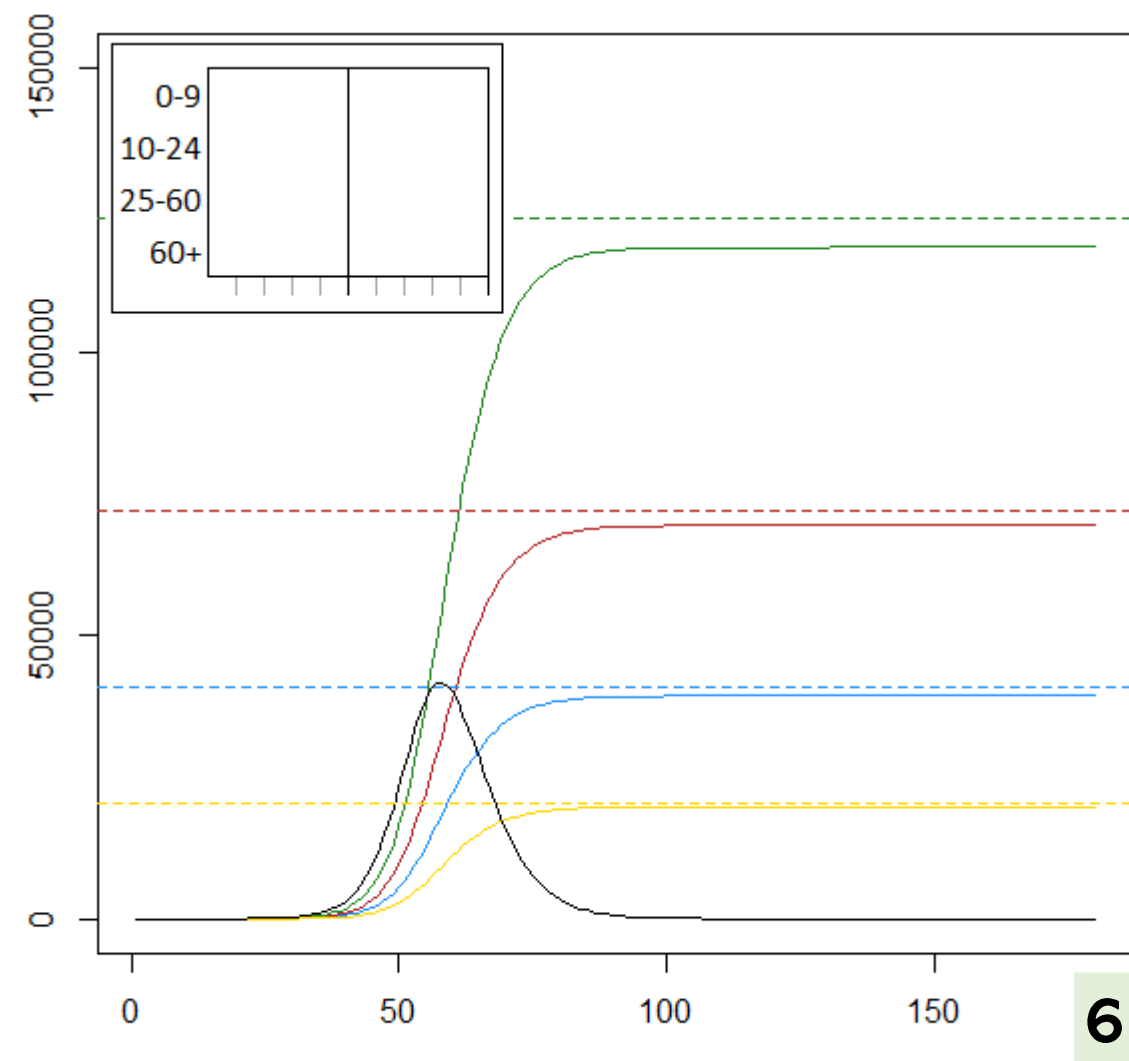
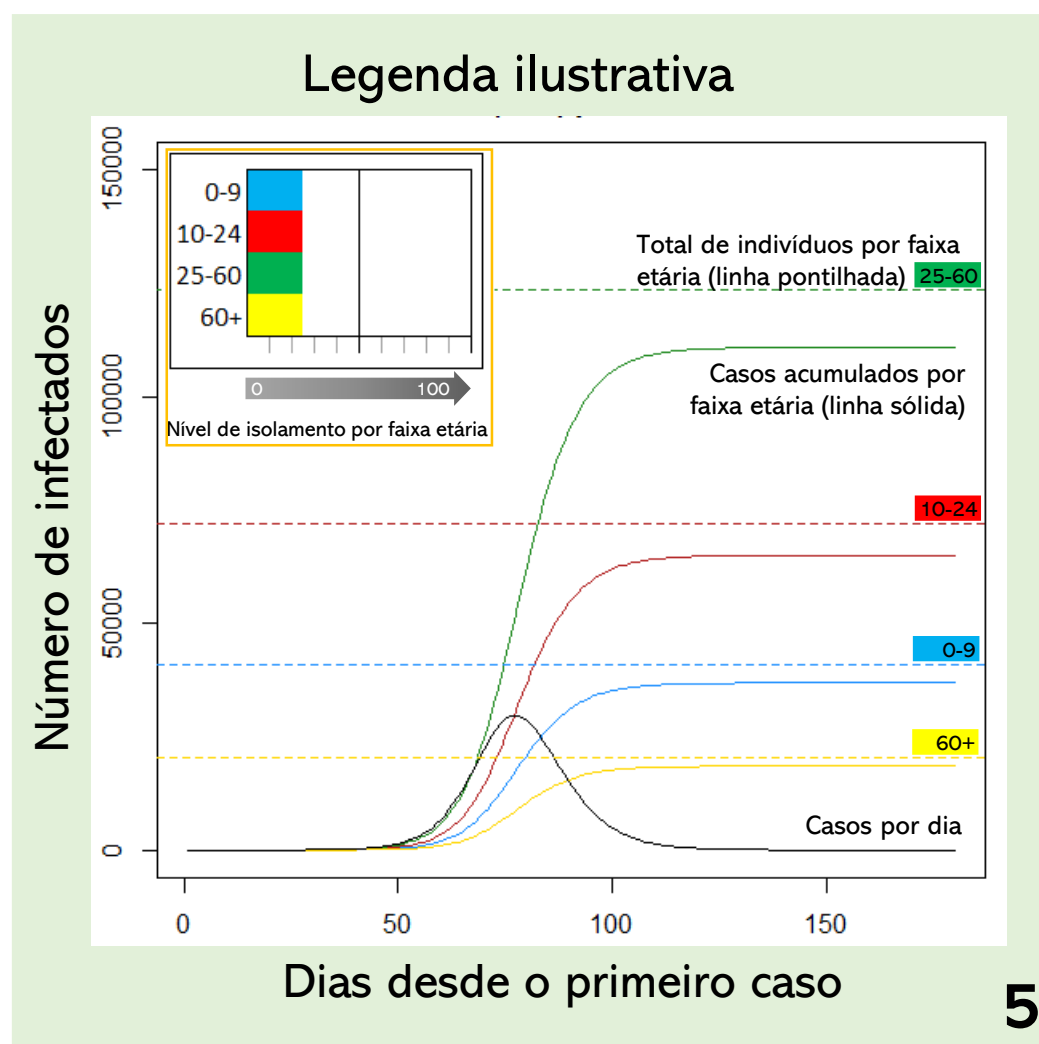
¹¹Agência Municipal de Notícias, Prefeitura Municipal de Foz do Iguaçu. Boletim 28/05/2020: Foz contabiliza 124 casos de Coronavírus. Disponível em < <https://www.amn.foz.br/posts/?dt=boletim-28-05-2020-foz-contabiliza-124-casos-de-coronavirus-bHRXeXZEZ2tFMjZ0TVc1TXFRaC8ydz09> >. Acessado em 29 de maio de 2020.

- ¹²Diário Oficial do Município, Prefeitura de Foz do Iguaçu. Edição 3.809 de 19 de março de 2020. Decreto 27.980, de 19 de março de 2020, que decreta situação de emergência no município de Foz do Iguaçu e define outras medidas de enfrentamento da pandemia decorrente do coronavírus. Disponível em <https://www5.pmfi.pr.gov.br/admin_foz/diarios_oficiais//3809.pdf>. Acessado em 13 de maio de 2020.
- ¹³Duczmal, L.H. et al. 2020. Isolamento Social Vertical é ineficaz para conter a pandemia COVID-19 (coronavírus). Relatório Técnico, Grupo de Trabalho COVID-19, UFMG. Disponível em <<https://drive.google.com/file/d/126YvM4ornYByit3jKQaeZjLMNEsuuYbs/view>>. Acessado em 13 de maio de 2020.
- ¹⁴Getz, W.M. et al. 2019. Adequacy of SEIR models when epidemics have spatial structure: Ebola in Sierra Leone. *Philosophical Transactions of the Royal Society B, Biological Sciences* 374: 20180282. DOI: 10.1098/rstb.2018.0282
- ¹⁵Grant, A. 2020. Dynamics of COVID-19 epidemics: SEIR models underestimate peak infection rates and overestimate epidemic duration. Preprint disponível em <<https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2020.04.02.20050674v2>>. Acessado em 11 de maio de 2020.
- ¹⁶Li, R. et al. 2020. Substantial undocumented infection facilitates the rapid dissemination of novel coronavirus (SARS-CoV2). *Science*, DOI: 10.1126/science.abb3221
- ¹⁷Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social (IPARDES). 2020. Caderno Estatístico - município de Foz do Iguaçu. Disponível em <http://www.ipardes.gov.br/index.php?pg_conteudo=1&cod_conteudo=30>. Acessado em 21 de maio de 2020.
- ¹⁸Arena, A. et al. 2020. Derivation of the effective reproduction number R for COVID-19 in relation to mobility restrictions and confinement. Preprint disponível em <<https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2020.04.06.20054320v1>>. Acessado em 13 de maio de 2020.
- ¹⁹Di Domenico, L. et al. 2020. Expected impact of school closure and telework to mitigate COVID-19 epidemic in France. Preprint disponível em <https://www.epicx-lab.com/uploads/9/6/9/4/9694133/inserm_covid-19-school-closure-french-regions_20200313.pdf>. Acessado em 13 de maio de 2020.
- ²⁰Secretária da Saúde do Paraná. Informe Epidemiológico 28/05/2020. Disponível em <http://www.saude.pr.gov.br/arquivos/File/INFORME_EPIDEMIOLOGICO_12_05_2020.pdf>. Acessado em 28 de maio de 2020.
- ²¹Woelfel, R. et al. Clinical presentation and virological assessment of hospitalized cases of coronavirus disease 2019 in a travel-associated transmission cluster. Preprint disponível em <<https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2020.03.05.20030502v1>>. Acessado em 13 de maio de 2020.
- ²²Liu, M. et al. 2015. Epidemics in interconnected small-world networks. *PLoS One* 10: e0120701. DOI: 10.1371/journal.pone.0120701
- ²³Agência Municipal de Notícias, Prefeitura Municipal de Foz do Iguaçu. Foz registra o primeiro óbito por Covid-19. Disponível em <<https://www.amn.foz.br/posts/?dt=foz-registra-o-primeiro-obito-por-covid-19-ZzRFMHQ3bWhzT0pMcGVZVGhOL2R5UT09>>. Acessado em 13 de maio de 2020.
- ²⁴Agência Municipal de Notícias, Prefeitura Municipal de Foz do Iguaçu. Foz registra o segundo óbito por Covid-19. Disponível em <<https://www.amn.foz.br/posts/?dt=foz-registra-o-segundo-obito-por-covid-19-c1JoTE9vdHd6SIFycXRpT3JUcElodz09>>. Acessado em 13 de maio de 2020.
- ²⁵Agência Municipal de Notícias, Prefeitura Municipal de Foz do Iguaçu. Saúde amplia critérios de testagem para Covid-19. Disponível em <<https://www.amn.foz.br/posts/?dt=saude-amplia-criterios-de-testagem-para-covid-19-Vk1qVXNBenVKVFEwYVRZOGh2VGpwZz09>>. Acessado em 13 de maio de 2020.

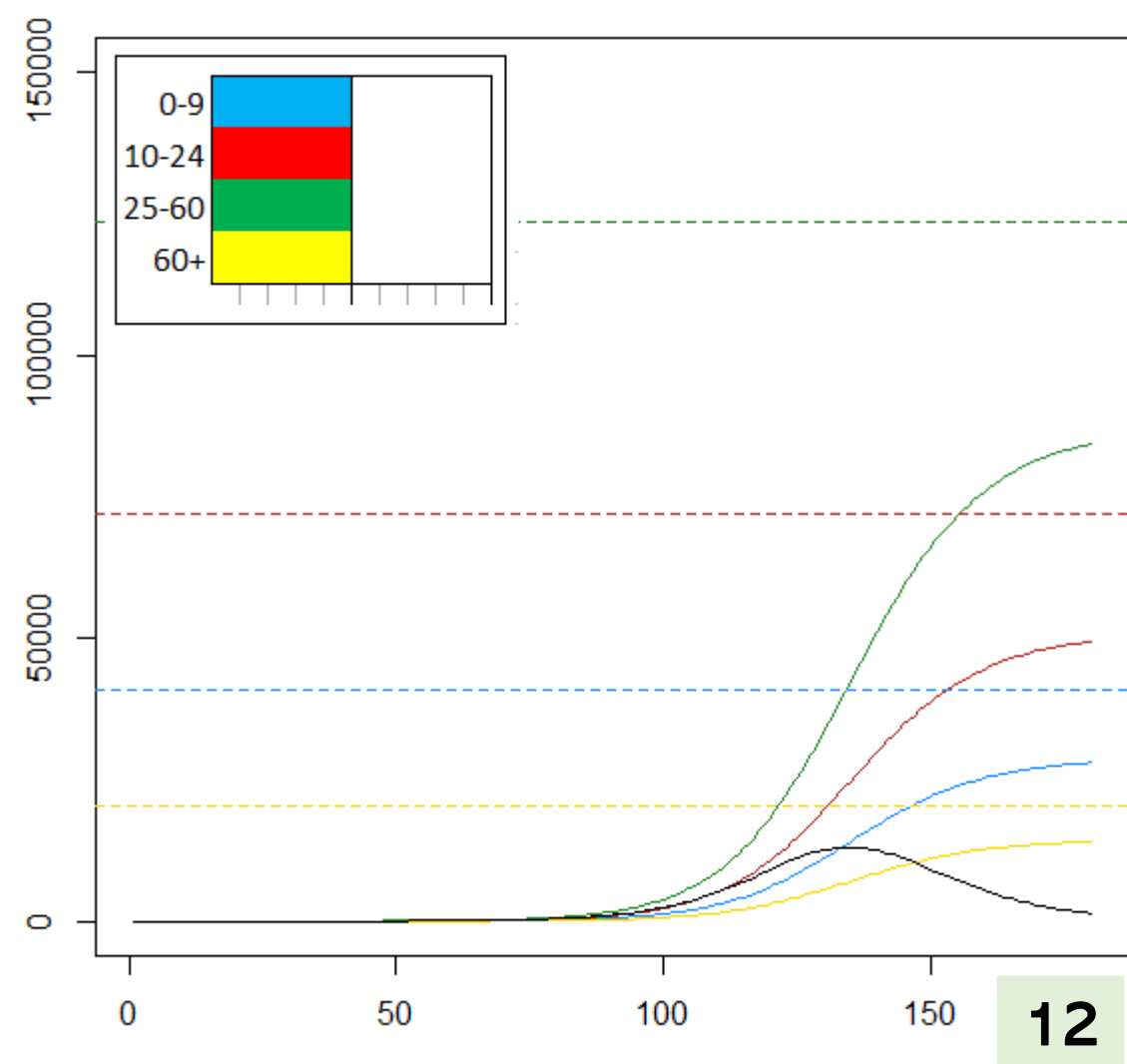
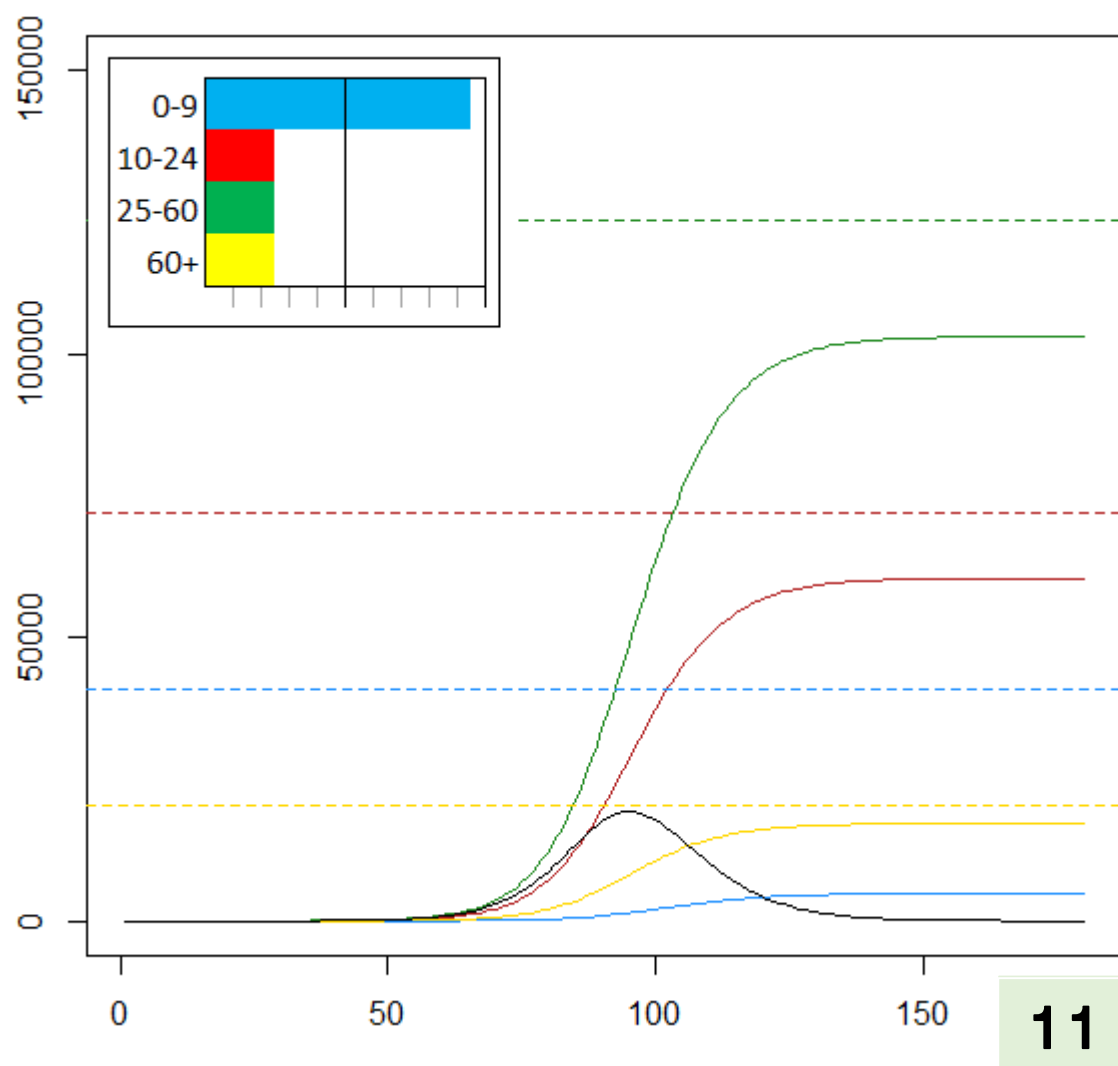
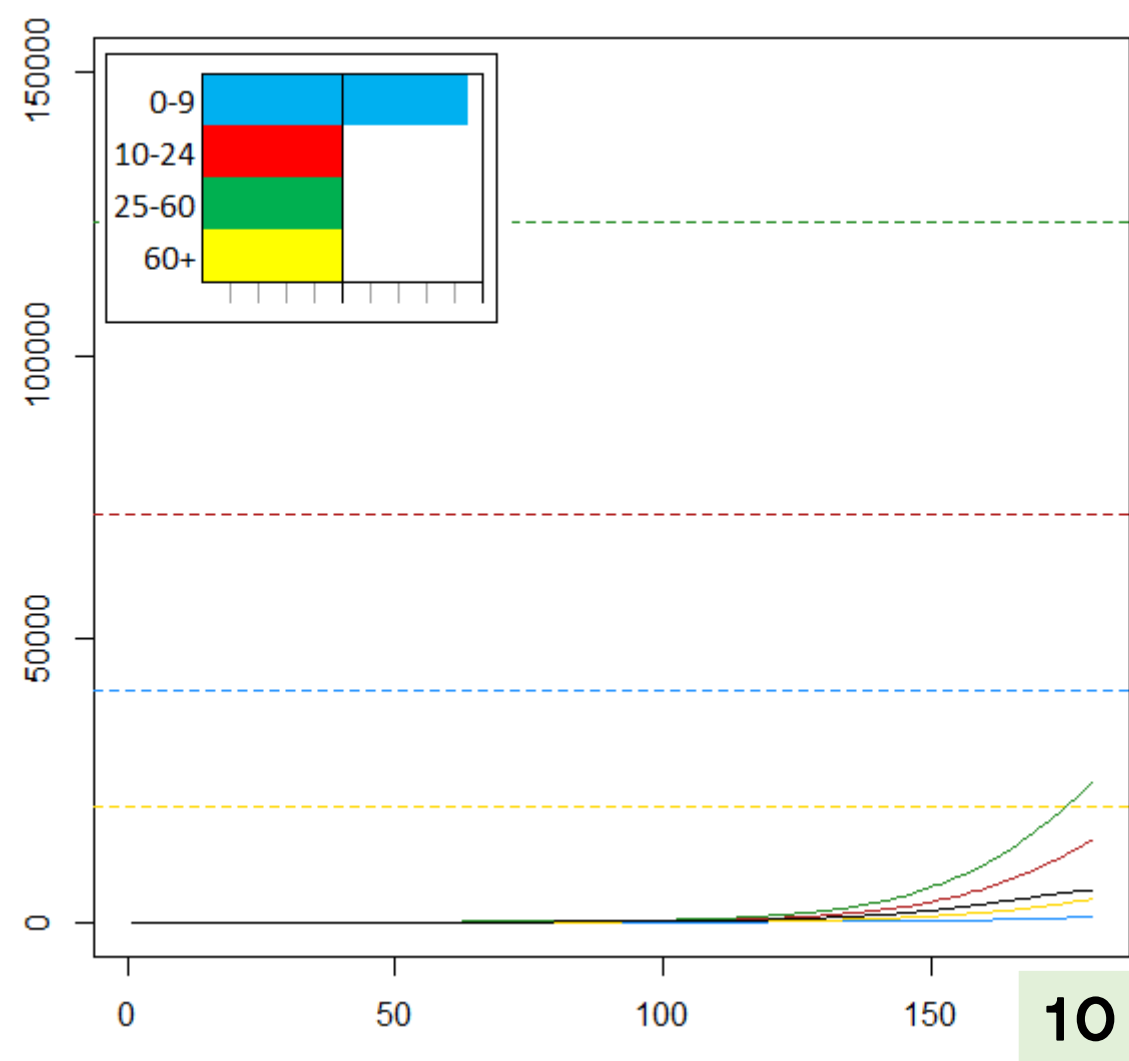
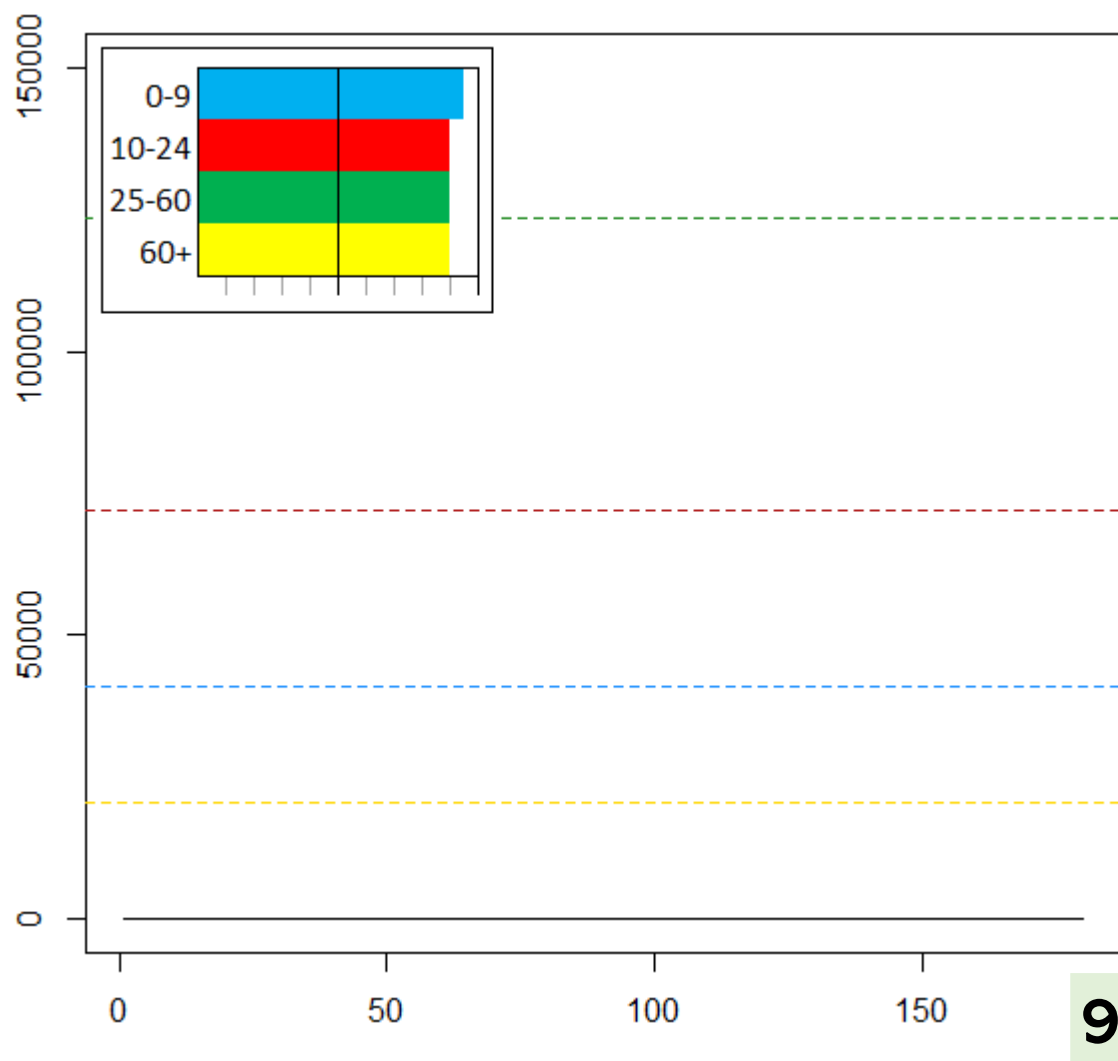
²⁶Zhao, P.J. 2020. A social network model of the COVID-19 pandemic. Preprint disponível em <<https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2020.03.23.20041798v1>>. Acessado em 13 de maio de 2020.



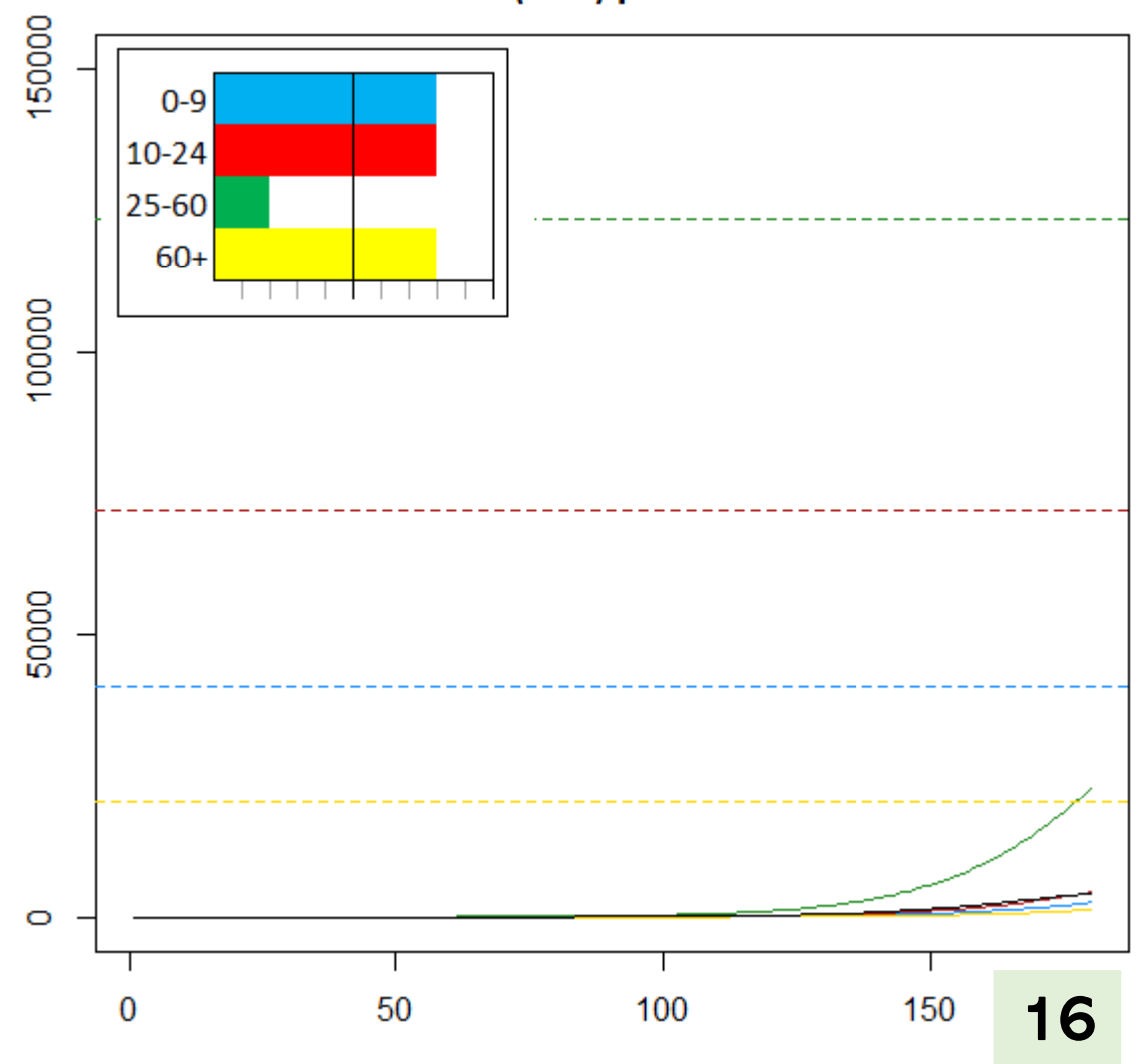
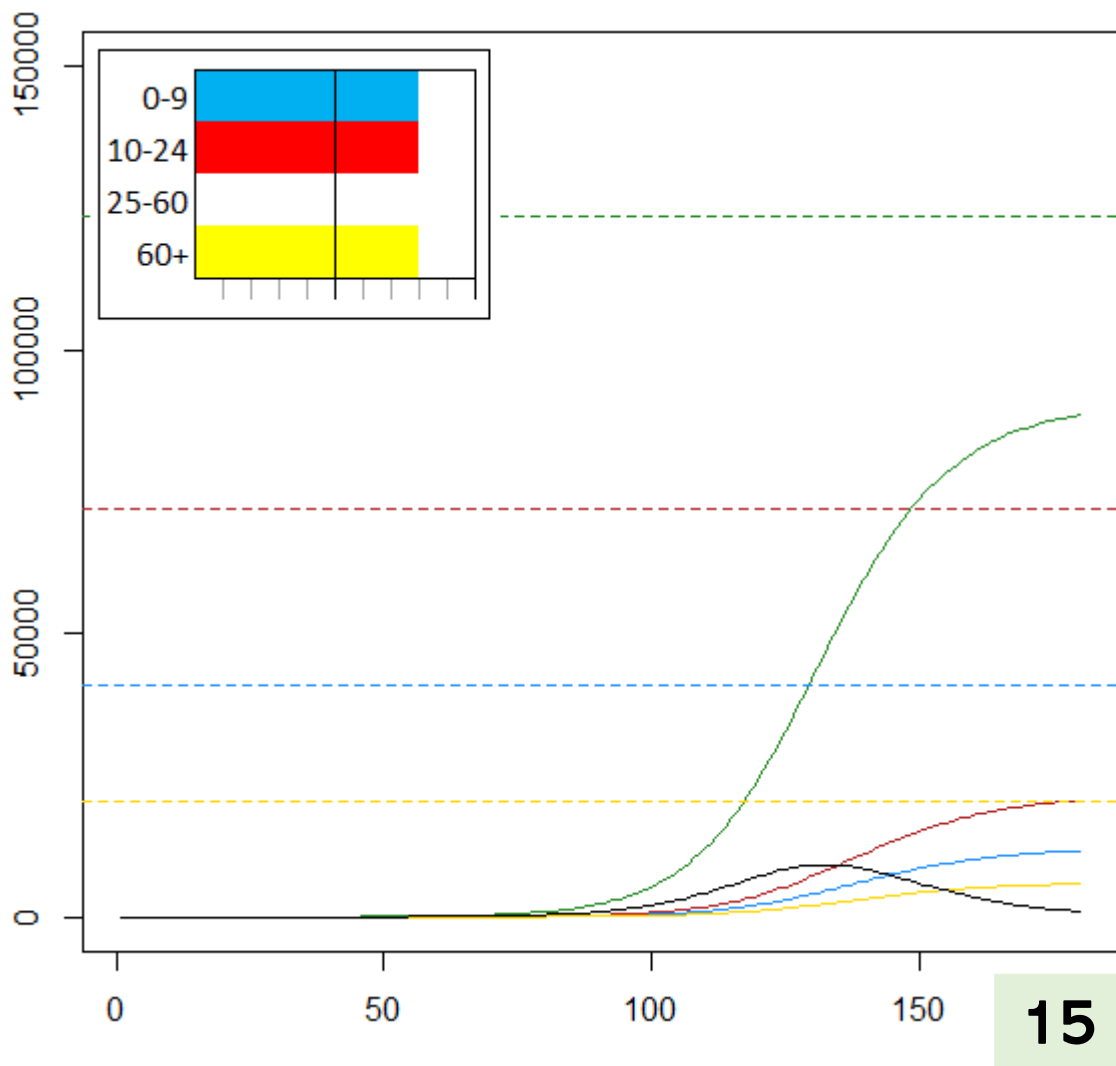
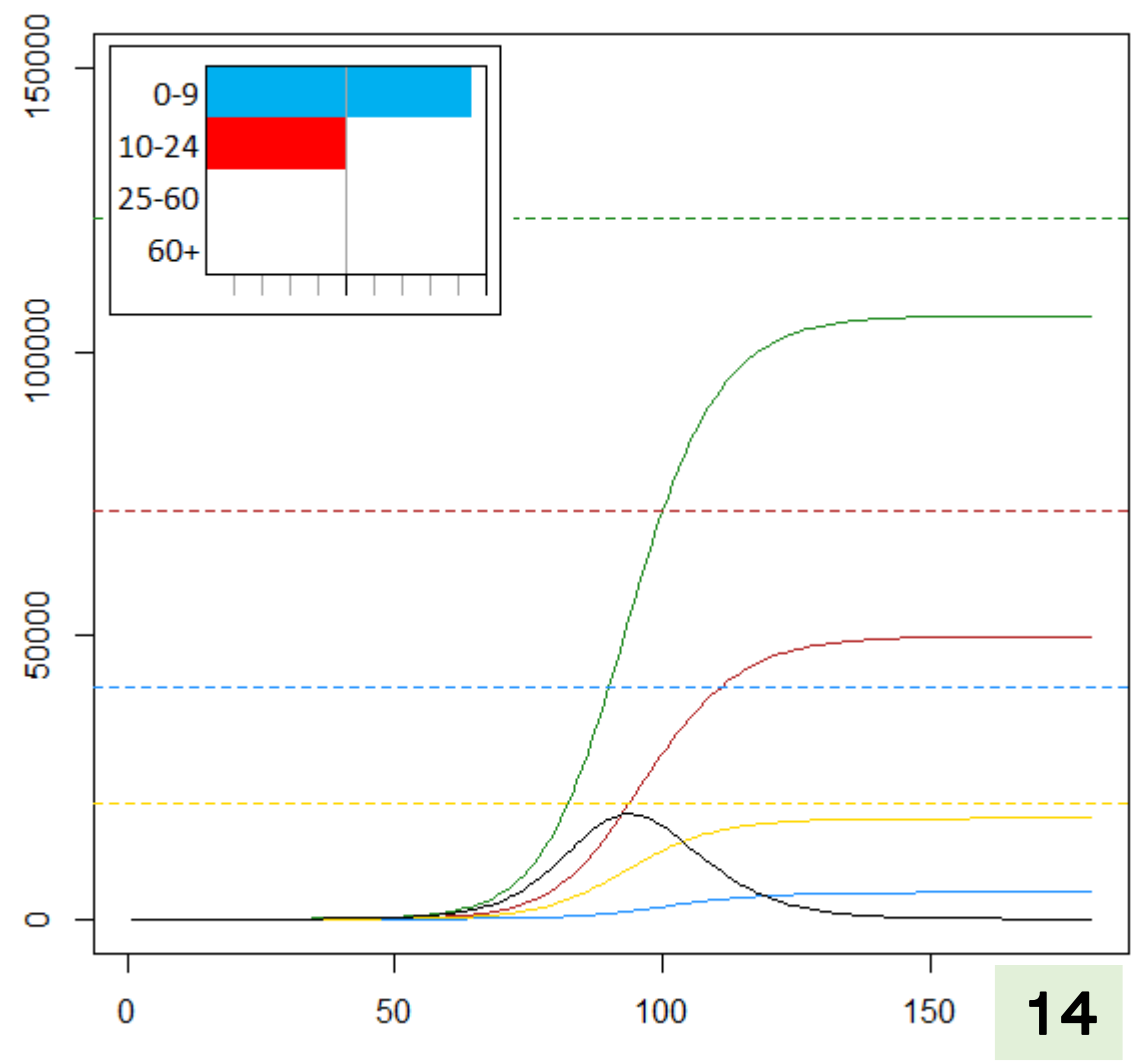
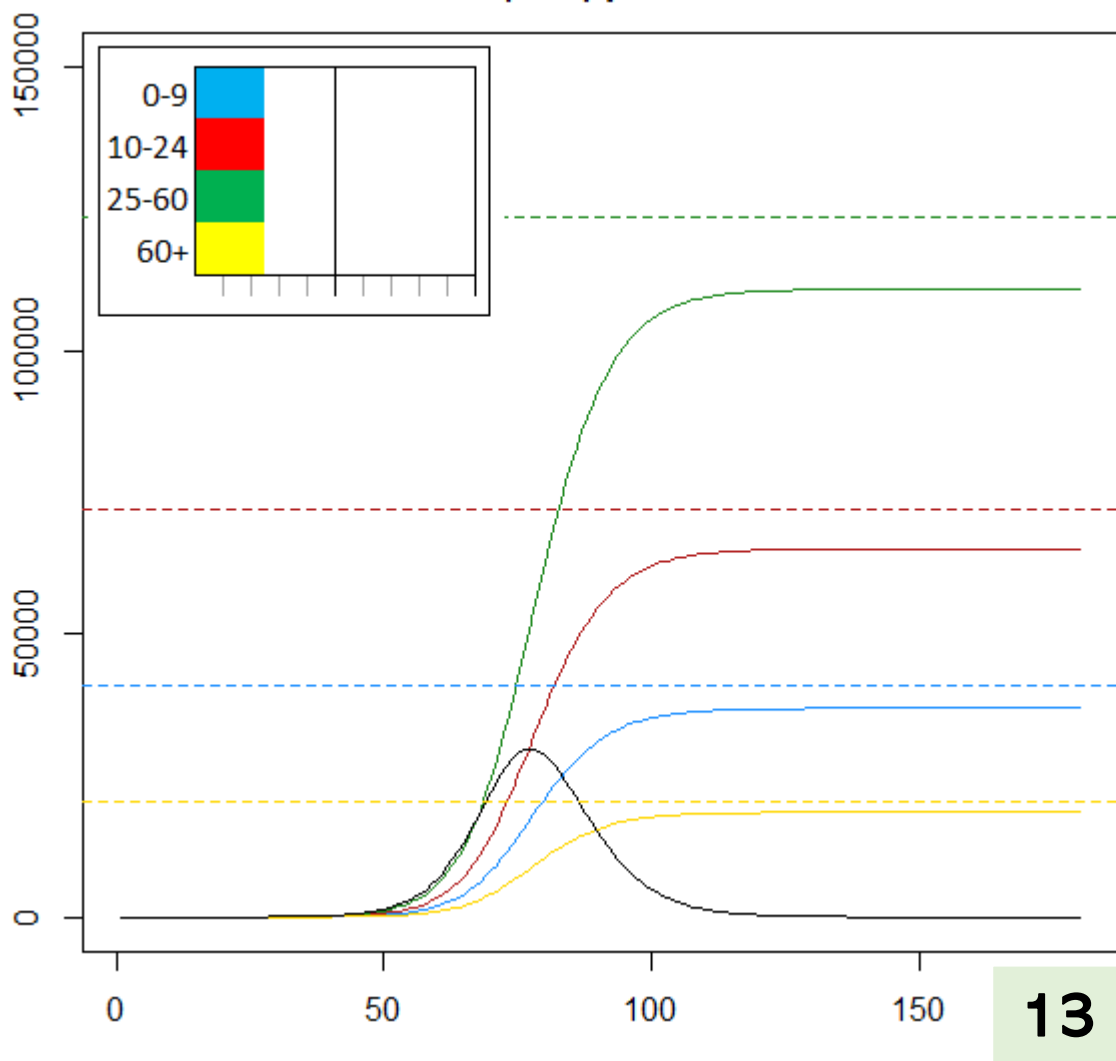
Figuras 1–4. Dinâmica da epidemia em condições de redução das interações em 60%, 65%, 70% e 75% para todas as faixas etárias.



Figuras 5–8. 5. Legenda ilustrativa para a informação apresentada nos gráficos dos distintos cenários de redução das interações. 6–8. Dinâmica da epidemia nos cenários 1 a 3.



Figuras 9–12. Dinâmica da epidemia nos cenários 4 a 7.



Figuras 13–16. Dinâmica da epidemia nos cenários 8 a 11.