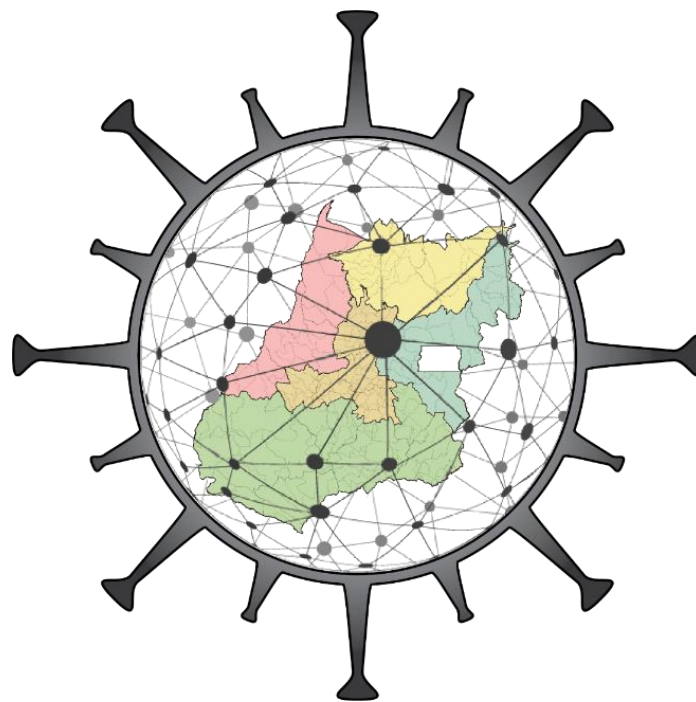


Nota Técnica 8

AVALIAÇÃO DA EPIDEMIA DE COVID-19 E DO IMPACTO DA ESTRATÉGIA DE QUARENTENA INTERMITENTE 14x14 IMPLEMENTADA NO MUNICÍPIO DE RIO VERDE, GO

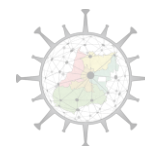


Modelagem da expansão espaço-temporal da COVID-19 em Goiás

Prof. Dr. José Alexandre Felizola Diniz Filho

Prof. Dr. Thiago F. Rangel

Profa. Dra. Cristiana M. Toscano



EQUIPE

Prof. Dr. José Alexandre F. Diniz-Filho

Professor Titular-Livre

Departamento de Ecologia, ICB, Universidade Federal de Goiás

Pesquisador CNPq 1A

Academia Brasileira de Ciências

Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Ecologia, Evolução e Biodiversidade

Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Evolução

Programa de Pós-Graduação em Genética e Biologia Molecular

Biólogo, mestre e doutor em Zoologia

Prof. Dr. Thiago F. Rangel

Professor Titular-Livre

Departamento de Ecologia, ICB, Universidade Federal de Goiás

Pesquisador CNPq 1D

Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Ecologia, Evolução e Biodiversidade

Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Evolução

Programa de Pós-Graduação em Genética e Biologia Molecular

Biólogo, mestre e doutor em Ecologia e Evolução

Profa. Dra. Cristiana M. Toscano

Professora Associada

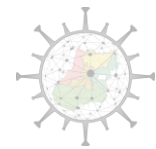
Chefe do Departamento de Saúde Coletiva, IPTSP, Universidade Federal de Goiás

Pesquisadora CNPq 2

Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Avaliação de Tecnologia em Saúde

Programa de Pós-Graduação em Medicina Tropical e Saúde Pública

Médica, mestre em Doenças Infecciosas e Parasitárias, doutora em Epidemiologia



AGRADECIMENTOS

Agradecemos à equipe técnica da Prefeitura de Rio Verde, Secretaria Municipal de Saúde e Secretaria de Desenvolvimento Econômico e Centro de Operações de Emergência em Saúde do município de Rio Verde pelas informações e discussão dos dados utilizados na calibração e definição de cenários contrafactuais do modelo. Agradecemos ao Prof. João Bosco Siqueira Jr. da UFG pela colaboração na revisão dos dados, interpretação dos resultados e discussões. Agradecemos à toda a diretoria da ABRASCO, pelo convite para apresentar a experiência e resultados de modelagem da epidemia de COVID-19 em Rio Verde em reunião realizada no dia 27/07/2020 e posteriormente em colóquio ampliado no dia 30/07/2020, assim como pela discussão enriquecedora promovida nestes fóruns.

As simulações desse estudo foram realizadas na *Cluster* do Laboratório de Ecologia Teórica & Síntese do Departamento de Ecologia, ICB, UFG, financiada por diversos projetos do CNPq e da CAPES e atualmente mantida pelo INCT em Ecologia, Evolução e Conservação da Biodiversidade (EECBio). O INCT EECBio é apoiado pelo CNPq e Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG).

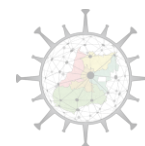


APRESENTAÇÃO

Partindo de uma demanda da Prefeitura do município de Rio Verde, apresentam-se a seguir os principais resultados da aplicação de um modelo epidemiológico para avaliar a situação da progressão da pandemia da COVID-19 no município de Rio Verde, GO entre março de julho de 2020. A expansão da COVID-19 em Rio Verde foi diferente dos demais municípios de Goiás por diversas razões, o que justifica uma análise à parte da situação epidemiológica deste município.

Rio Verde apresentou alguns casos logo no início da pandemia em Goiás, em março, e estes se acumularam lentamente até alcançar 50 casos apenas no início de maio de 2020 (considerando casos por data de início de sintomas). Portanto, em um primeiro momento, o avanço da pandemia ocorreu em uma velocidade um pouco menor do que em outros municípios do Estado. Houve uma flexibilização das atividades comerciais e diminuição do índice de isolamento a partir de 18 de maio e, a no início de junho 2020 ocorreu um surto de casos de COVID-19 de grande dimensão em indústrias do setor agropecuário. A partir de então, o município implementou um pacote de medidas de saúde pública, incluindo ampliação para diagnóstico de casos, isolamento de casos, rastreamento ativo e quarentena de contatos dos casos, e implementação de medidas rigorosas de distanciamento social, incluindo o fechamento da indústria do setor essencial de processamento de alimentos onde o surto havia sido detectado. Em particular, o município de Rio Verde implementou uma estratégia inovadora de “quarentena intermitente”, de maneira inédita no Brasil, com alternância de restrição/quarentena e flexibilização em períodos sucessivos de 14 dias.

Considerando a inovação das medidas implementadas, a experiência do município de Rio Verde no controle do surto e mitigação da pandemia da COVID-19 é de grande relevância e deve ser avaliada com mais detalhe. Neste sentido, a prefeitura de Rio Verde fez um convite a este grupo de modelagem da UFG para avaliarmos, através de simulação por modelagem computacional, a progressão da epidemia da COVID-19 no município, o impacto estimado das medidas de prevenção e controle implementadas, e a projeção da progressão da epidemia no município.



Nesta Nota Técnica, descrevemos os resultados da modelagem realizada utilizando o modelo ABM-COVID-GO II, implementado na plataforma R, calibrado com o modelo ABM-COVID-GO III, na qual são projetados óbitos e hospitalização por COVID-19, assim como demanda diária de leitos hospitalares convencionais e de UTI por pacientes com COVID-19 (ver www.covid.bio.br). Considerando a situação particular em termos do aumento do número de casos e do surto de grande magnitude ocorrido no município, o modelo utilizou como estimativa basal do número médio de transmissões o R_t estimado a partir da série temporal do número de casos de COVID-19 confirmados. O modelo foi calibrado a partir de dados de hospitalização e óbitos, com projeções a partir da situação atual em número de transmissões da infecção por SARS-COV-2 entre a população de Rio Verde até final de setembro de 2020. Foram também construídos cenários contrafactuais a fim de avaliar o impacto das medidas implementadas.

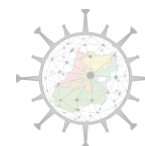
MÉTODOS

Local e caracterização epidemiológica

Rio Verde é um município de aproximadamente 240.000 habitantes localizado no Sudoeste do estado de Goiás, sendo o quarto município mais populoso do estado. Neste município estão localizadas diversas empresas do setor agro-industrial de grande porte. Outra particularidade do município é o alto nível de desenvolvimento humano (IDH), e alto PIB per capita.

Após a detecção do surto foram realizados inquéritos seroepidemiológicos periódicos para avaliação da prevalência da infecção por SARS-CoV-2 na população do município. Foi também, em parceria com o setor empresarial, realizada testagem em massa através de PCR de todos os colaboradores das duas maiores empresas do setor agro-industrial do município, entre os dias 5-7 de junho.

As medidas de controle incluíram um pacote de ações de vigilância alicerçados no diagnóstico e isolamento de casos, além do rastreamento de contatos de casos e quarentena dos mesmos por 14 dias independente de teste diagnóstico. Ainda, neste momento, foi implementado 14 dias de quarentena rigorosa, com fechamento de todas



as atividades econômicas do município, incluindo o fechamento de uma das indústrias onde um surto de COVID-19 havia sido identificado. Isto implicou na redução intensa do transporte público, uma vez que este é movimentado por profissionais desta indústria, prioritariamente. Estas medidas foram implementadas por um período de 14 dias, e a partir de então, foi iniciada a estratégia de flexibilização/quarentena intermitente a cada 14 dias, que está em vigor até o presente.

Consideramos para a análise e calibração do modelo dados dos inquéritos populacionais realizados no município, base de dados de hospitalizações por COVID-19 no município, incluindo a rede pública e privada, base de dados de óbitos por COVID-19 no município, e a base de dados de vigilância de casos de COVID-19, incluindo casos suspeitos e confirmados (e-SUS).

Definição do Número Médio de Transmissões (R_t) e Calibração do Modelo

O número reprodutivo efetivo ao longo do tempo (R_t) foi estimado a partir da série temporal do número de casos confirmados de COVID-19 segundo informado pela Secretaria Municipal de Saúde de Rio Verde, utilizando-se o pacote *EpiEstim* da ; plataforma computacional R (R Core Team 2020), com intervalo serial de 5,2 dias e janela móvel de 7 dias ([Diniz-Filho et al. 2020](https://doi.org/10.1101/2020.07.28.20163493); DOI <https://doi.org/10.1101/2020.07.28.20163493>). Assim, os valores de R_t foram pareados às datas utilizando-se o meio do intervalo da janela de 7 dias e recuados em 5 dias a fim de estimar o momento onde ocorreram as transmissões (assumindo-se esse como período médio de incubação do SARS-CoV2).

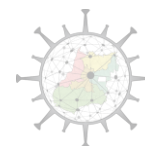
A partir da curva básica de R_t calibraram-se os diferentes parâmetros do modelo, ajustando-a a fim de que a curva de indivíduos infectados pelo SARS-CoV-2 estimasse corretamente as prevalências dos 3 inquéritos sorológicos populacionais realizados com em Rio Verde entre o início do mês de julho até o dia 10 de julho de 2020. Uma vez que a realização de testes de RT-PCR em massa em um grande número de indivíduos resultou em grande número de indivíduos positivos (incluindo assintomáticos e oligossintomáticos), o R_t estimado neste período chegou a valores muito altos.



Considerando a dificuldades em estabelecer a data de sintomas para indivíduos assintomáticos ou oligossintomáticos que tiveram resultados de RT-PCR positivo para COVID-19, realizou-se a suavização da curva considerando uma média móvel de R_t com janela de 7 dias. Além disso, considerando a janela de positividade do RT-PCR, os valores máximos de R_t durante o pico foram reduzidos e redistribuídos dentro de uma janela temporal de 15-20 dias a fim de que a curva de infectados coincidissem com as prevalências estimadas, especialmente a prevalência ajustada de 13.1% em 25/06 (i.e., 15 dias antes da realização do último inquérito de prevalência, realizado no dia 10/07). Estes ajustes foram realizados para se obter uma curva de progressão do R_t mais próxima à real, sendo importante ressaltar que esses ajustes na forma da curva de R_t não afetam as projeções realizadas pelo modelo.

Uma vez definida a curva do R_t em Rio Verde desde o início da epidemia até meados de junho, foram definidos valores de R_t até final de julho para a modelagem considerando os ciclos alternados de quarentena e flexibilizações a cada 14 dias, adotado pela prefeitura de Rio Verde, ajustando-se os máximos e mínimos de R_t nesses períodos a fim de reconstruir corretamente as curvas de hospitalização e óbitos observados no município. A calibração total foi realizada, portanto, considerando-se as estimativas de prevalência obtidas pelos inquéritos populacionais sorológicos, assim como as curvas de hospitalização (leitos clínicos e UTI) e óbitos por COVID-19, entre 01/05 e 24/07.

Uma vez que o modelo foi calibrado, as trajetórias de hospitalização e óbitos por COVID-19 em Rio Verde foram projetadas para um horizonte analítico de aproximadamente 60 dias (até o final de setembro de 2020), considerando-se uma variação aleatória dos valores máximos e mínimos ao longo do mês de julho definidos na calibração. As calibrações e projeções foram realizadas com 50 réplicas independentes do modelo.



Cenários Contrafactuais para avaliação de impacto

A fim de tentar avaliar o impacto do pacote de medidas implementadas em Rio Verde para contenção do surto e mitigação da pandemia da COVID-19, foram definidos 2 cenários contrafactuais (ver NT5 em www.covid.bio.br para a discussão de contrafactuais) (Fig. 1). Estes consideram cenários comparativos, tendo como referência o que de fato ocorreu, a fim de avaliar o que poderia ter acontecido no município de Rio Verde caso diferentes eventos não tivessem ocorrido nos últimos 2 ou 3 meses. Vale ressaltar que ambos os cenários contrafactuais, por definição, são hipotéticos.

O primeiro cenário contrafactual (verde) foi elaborado considerando uma situação hipotética em que Rio Verde seguiria a mesma trajetória dos demais municípios do Estado de Goiás no início de maio, com as medidas de distanciamento social mantidas de maneira contínua entre março e julho de 2020 e apresentando um R_t estabilizando em torno de 1,4 – 1,5 a partir de maio, sem que houvesse nenhum efeito adicional que criasse um grande aumento no número de contatos, calibrando-se apenas a parte inicial da curva de óbitos até meados de junho.

O segundo cenário contrafactual (vermelho) considera a situação, também hipotética, em que após o surto de COVID-19 observado no município de Rio Verde, nenhuma medida adicional para controle da epidemia fosse implementado, de modo que o R_t se reduz a valores próximos a 2,4 e se mantém neste patamar até o final da simulação. É claro esse é um cenário hipotético, uma vez que é impensável para um gestor a hipótese de não serem implementadas medida de prevenção e controle frente a um surto. Mas ambos os cenários contrafactuais servem como comparação para estimativa de impacto potencial das medidas implementadas.

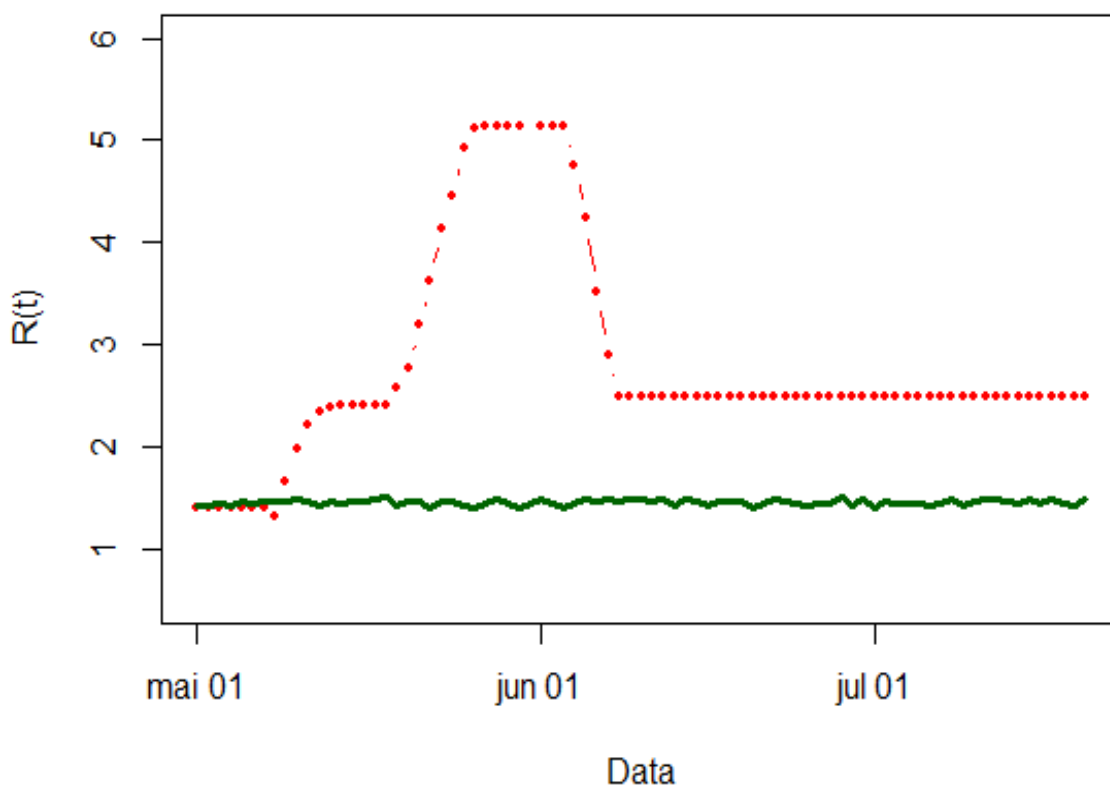
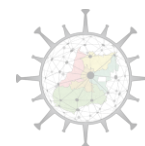
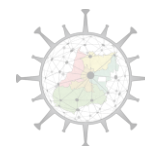


Fig. 1. Cenários contrafactuais para o município de Rio Verde, a partir das curvas de R_t . Cenário Vermelho - flexibilização a partir de 18/05/20, seguido de surto sem implementação de medidas de controle; Cenário Verde – manutenção das medidas de distanciamento social implementadas em março, com R_t mantido e estável em 1,4 – 1,5 a partir de maio.



RESULTADOS

Número médio de transmissões ao longo do tempo (R_t)

A figura 2 abaixo apresenta a curva de valores empíricos de R_t ao longo do tempo em Rio Verde, estimada a partir do caso 50 considerando uma janela móvel de 7 dias. Através desta curva podemos acompanhar a progressão da transmissão do SARS-CoV-2 e entender a evolução da epidemia de COVID-19 em Rio Verde.

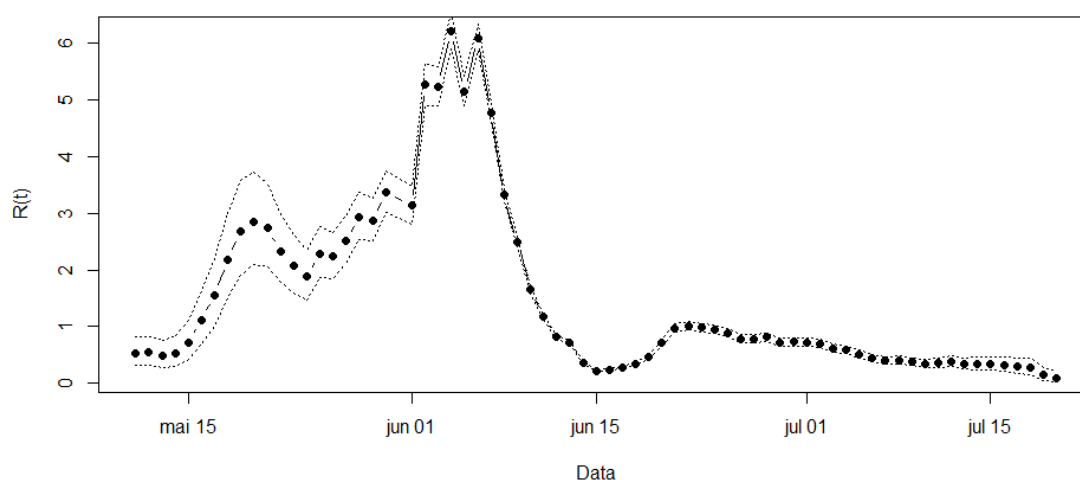


Fig. 2. Curva empírica de R_t ao longo do tempo em Rio Verde, calculada pelo EpiEstim considerando casos confirmados de COVID-19 no município.

Em um primeiro momento, no início de maio, o número médio de transmissões era relativamente pequeno e estimado na curva de R_t em valores até menores do que 1,0, coerente com uma expansão relativamente lenta da epidemia no município. Para o Estado de Goiás como um todo estima-se uma correlação significativa ($r = 0,72$; $P < 0,01$) entre o R_t estimado pelo *EpiEstim* e o índice de isolamento social da *Inloco*, principalmente em função do padrão nas cidades com maior número de habitantes (Goiânia, Anápolis e Aparecida de Goiânia) ([Diniz-Filho et al. 2000](#)). Entretanto, essa correlação não é significativa para o município de Rio Verde ($r = -0,054$; $P > 0,05$) e Rio Verde seguia o padrão da progressão da epidemia observado na maioria dos municípios menores em Goiás, com um lento crescimento nessas localidades. Assim, o modelo não



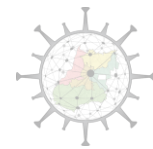
pode ser bem calibrado a partir dos dados de isolamento da *in loco*, como para o Estado como um todo (www.covid.bio.br).

De qualquer modo, considerando que a pandemia estava efetivamente crescendo, mesmo que com uma velocidade lenta, certamente esses valores muito baixos de R_t no início da série estão subestimados, talvez em função da baixa detecção de casos em função de baixa realização de testes diagnósticos na população como um todo. Afinal, para o crescimento de uma epidemia e progressão da transmissão de uma doença infecciosa, seriam esperados valores mínimos ligeiramente superiores a 1,0.

A partir de meados de maio é possível observar um aumento no número médio de transmissões, chegando a valores próximos a 2,5 - 3,0 (próximos dos valores médios de R para o SARS-CoV-2, vírus causador da COVID-19, reportados na literatura), coincidindo com a flexibilização das medidas de distanciamento social implementados inicialmente em todo o estado e também no município de Rio Verde em meados de março de 2020. Entretanto, esses valores de R_t continuam subindo até valores extremamente elevados, chegando a um pico com R_t em torno de 6,0, revelando um aumento considerável no número de transmissões decorrente do surto que ocorreu em uma empresa de grande porte no município no final de maio/início de junho. É importante notar que esse aumento repentino no número de casos, coincidindo com o pico de R_t , não é resultante de artefato em função de ampla testagem por PCR nas empresas realizadas neste período, uma vez que o exame RT-PCR indica transmissões recentes e casos ativos (mas ver abaixo).

Após o surto no início de junho, os valores de R_t chegam a um valor máximo para em seguida se reduzem drasticamente, em um curto espaço. Esta queda do R_t é temporalmente associada com a implementação do pacote de medidas agressivas de controle do surto identificado em uma empresa de grande porte e da pandemia do município, já descrito acima.

É interessante notar que depois de 15 de junho há uma ligeira subida nos valores de R_t , coincidindo em parte com o primeiro ciclo de flexibilização de 14 dias. Entretanto, esses valores não subiram para valores muito maiores do que 1,0 e, em seguida, os

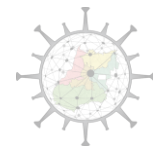


valores de R_t começam a se reduzir gradualmente até valores em torno de 0,5 ao final de julho, possivelmente como consequência da alternância de quarentena e flexibilização das medidas de distanciamento social implementadas no formato 14x14 pelo município. Em princípio seria esperada uma maior oscilação nos valores de R_t em resposta a esses ciclos, com uma redução gradual na altura dos picos (ver Fig. 14 da Nota Técnica 7, como exemplo; ver www.covid.bio.br). Entretanto, essas oscilações dificilmente seriam detectadas se o número absoluto de transmissões já tivesse sido muito reduzido pelo controle do surto e se outras medidas, tais como rastreamento de contatos e cuidados individuais, fossem também efetivas no controle da pandemia e redução do número de casos ativos. Nessa situação, um decréscimo mais contínuo no R_t observado para Rio Verde seria realmente esperado, como se as diversas ondas leves estivessem se sobrepondo ao longo do tempo.

Calibração e Ajuste do modelo ABM-GO-II para Rio Verde

A curva de R_t foi utilizada como base para rodar o ABM-GO-II, mas com algumas adequações a fim de tentar minimizar os potenciais vieses ligados à realização de testes diagnósticos por PCR em massa realizados no município de Rio Verde, utilizando-se uma média móvel de 7 dias sobre o R_t e, em seguida, redistribuindo-se os casos do surto ao longo do intervalo de detecção do PCR-R. Em seguida, foi preciso também calibrar os eventos após o surto, já que a curva de R_t da Fig. 2 mostra os valores realizados de R_t (que já incorporam o número de transmissões em função do número de indivíduos suscetíveis na população). Como referência, utilizou-se o ciclo de flexibilização/quarentena de 14 x 14, adotando valores de R_t máximos e mínimos, respectivamente, escolhidos de modo a reconstruir os eventos de hospitalização e óbitos ao longo do tempo, além de prevalência final de 13% estimada pelo inquérito populacional de prevalência no dia 10 de julho.

A curva “suavizada” de R_t utilizada no modelo após essas adequações (Fig. 3), possui um platô máximo de R_t de 3,2 durante o surto, com valor de R_t em torno de 0,85 no primeiro ciclo de quarentena (o primeiro ciclo de flexibilização depois do surto já



havia sido detectado pela curva empírica do Rt). Para o segundo ciclo de flexibilização/quarentena de 14 dias, o modelo foi corretamente calibrado com valores iguais a 1,0 e 0,77, respectivamente, sugerindo, portanto, uma redução na altura dos picos durante os dois ciclos de flexibilização/quarentena.

Com a curva de Rt apresentada na Fig. 3 chega-se a uma prevalência de 3.2% para início de junho (valor observado igual a 4,8%) e 13,7% depois do surto, na segunda quinzena de junho (valor observado igual a 13,1%). Com a curva original do Rt sem as correções também é possível recuperar valores semelhantes (e até mais acurados para a 2ª. Prevalência, igual a 4,2%). Entretanto, com nenhuma das curvas de Rt foi possível recuperar a 1ª. prevalência estimada por inquéritos sorológicos igual 4,6% na 2ª. quinzena de maio. De qualquer modo, essa dificuldade de estimar as prevalências anteriores, em função da complexidade na curva de Rt antes e depois do surto, não afeta as projeções e calibração do modelo pois os eventos de hospitalização e óbito são consequência principalmente do elevado número de transmissões a partir do final de maio/início de junho.

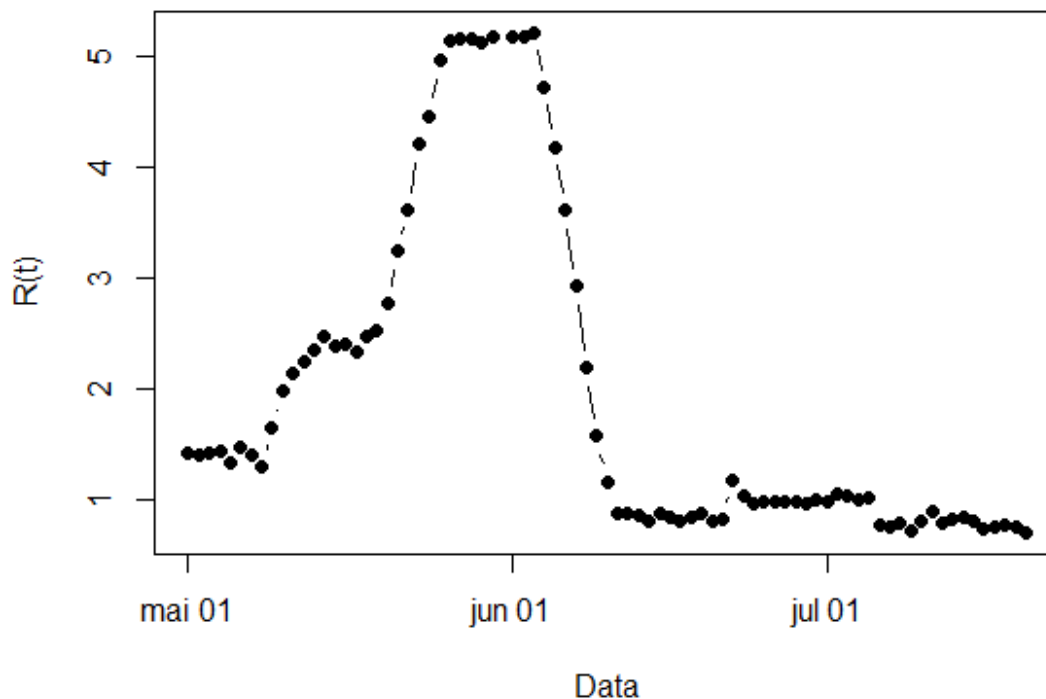
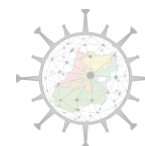
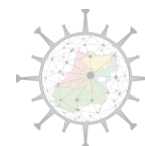


Fig. 3. Exemplo de uma das curvas “suavizadas” de R_t ao longo do tempo utilizada na calibração do modelo, a partir da média móvel de 7 dias da Fig. 1 e considerando uma redução no pico de R_t ampliando-se a janela de detecção do SARS-CoV2 por RT-PC.

O ABM-COVID-GO II gera a curva de indivíduos infectados pelo SARS-CoV-2 ao longo do tempo, o número de leitos ocupados a cada dia (leitos clínicos e de UTI) por pacientes com COVID-19 e óbitos por COVID-19 entre maio e 24/07/20 (Figura 4). Conforme esperado em função da curva do R_t , a curva do número projetado pelo modelo de indivíduos infectados por SARS-COV-2, demanda diária de leitos por hospitalizações por COVID-19 e óbitos por COVID-19 reflete um pico acentuado em junho (inicialmente com aumento de infectados, e na sequência temporal em demandas de leitos e óbitos mais ao final do mês de junho) seguido de redução acentuada de eventos. O valor máximo médio nas simulações para o número de pacientes internados em leitos clínicos foi próximo a 80 em meados de junho, seguido de um pico de pacientes



internados em UTI já no final de junho/início de julho próximo a 40. O modelo projeta uma média de 125 (± 21) óbitos ao final da simulação em 24/07.

A partir das trajetórias médias da simulação, é possível estimar uma prevalência em 24/07 igual a 18,9% e uma letalidade por infectado (IFR) aproximadamente igual a 0,3%. Este valor está próximo ao valor médio estimado por uma meta-análise recente de estimativas de IFR no mundo ([loannidis 2000](https://www.cebm.net/covid-19/global-covid-19-case-fatality-rates/), ver também <https://www.cebm.net/covid-19/global-covid-19-case-fatality-rates/>).

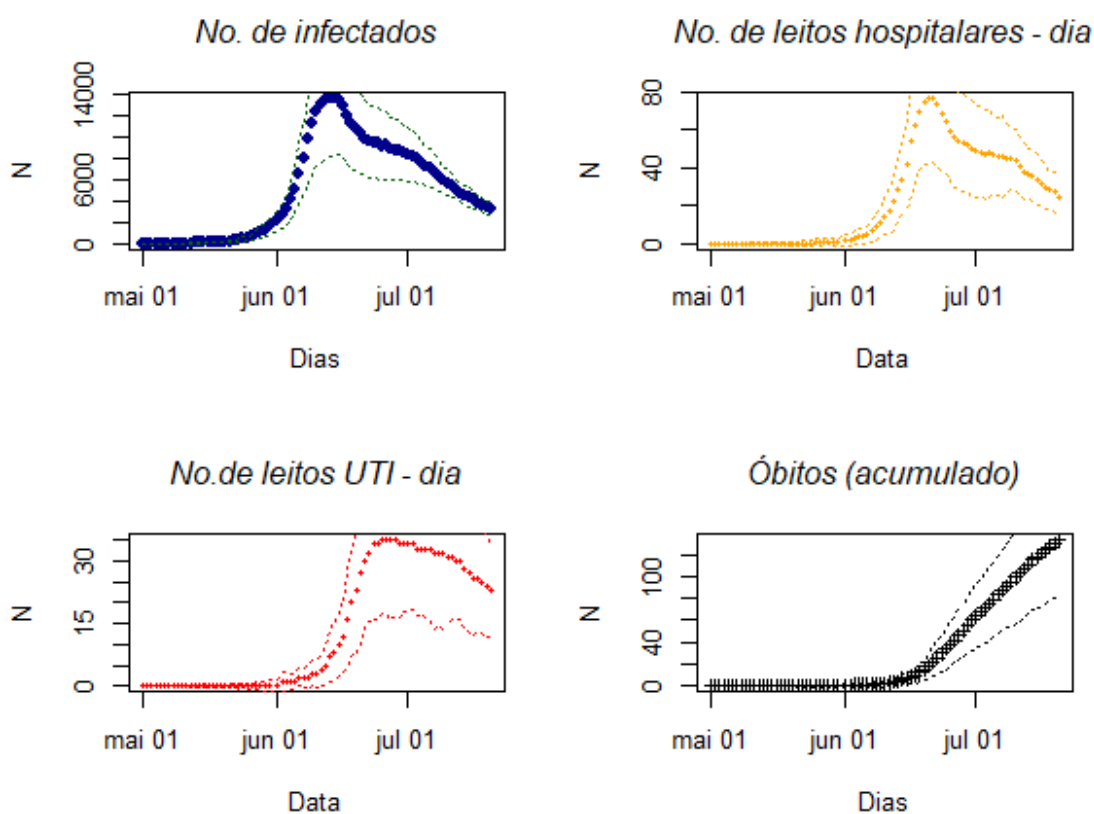
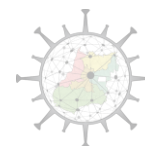


Fig. 4. Número projetado de indivíduos infectado pelo SARS-CoV-2, número de leitos hospitalares (enfermaria) ocupados com pacientes com COVID-19, número de leitos UTI ocupados e número acumulado de óbitos por COVID-19 projetados para Rio Verde, até final de julho de 2020



Ao contrastarmos os números de eventos simulados pelo modelo com os valores observados de fato, observa-se que os valores simulados estão de fato próximos aos valores observados em Rio Verde, como apresentado abaixo nas Figura 5. Em relação à hospitalização (Fig. 5), pode-se perceber que o modelo é capaz de reconstruir corretamente tanto a curva decrescente de internações em leitos clínicos quanto em UTI ao longo do tempo.

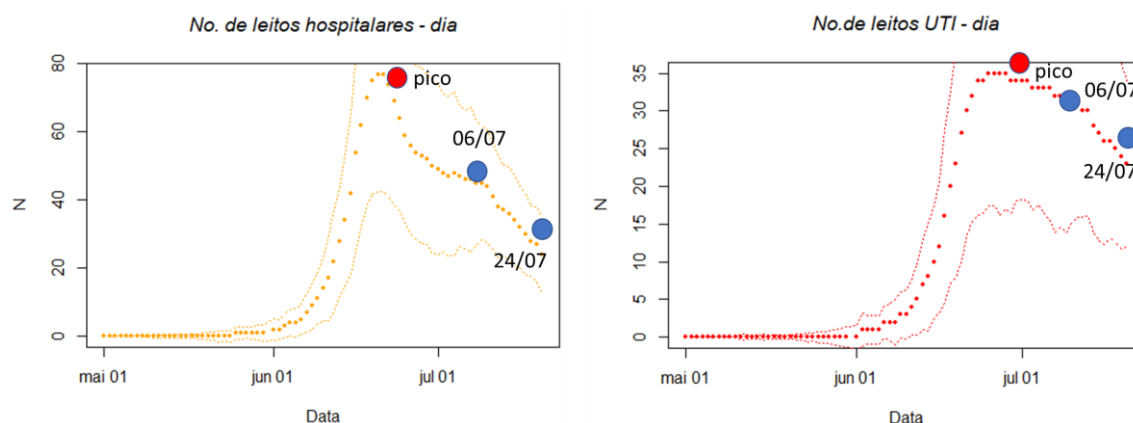


Fig. 5. No painel à esquerda, número projetado de leitos de enfermaria ocupados por pacientes com COVID-19 e IC95% (linhas amarelas) e número observado de eventos no pico da curva, no dia 06/07 e no dia 24/07. No painel à direita, número projetado de leitos de UTI ocupados por pacientes com COVID-19 e IC95% (linhas vermelhas) e número observado de eventos no pico da curva, no dia 06/07 e no dia 24/07.

O mesmo pode ser dito a curva simulada de óbitos acumulados por COVID-19 ao longo do tempo que recupera com um excelente ajuste ($r^2 = 0.998$; $a = -3.2 \pm 0,42$; $b = 1,053 \pm 0,008$) o aumento no número acumulado de óbitos observados ao longo do tempo (Fig. 6).

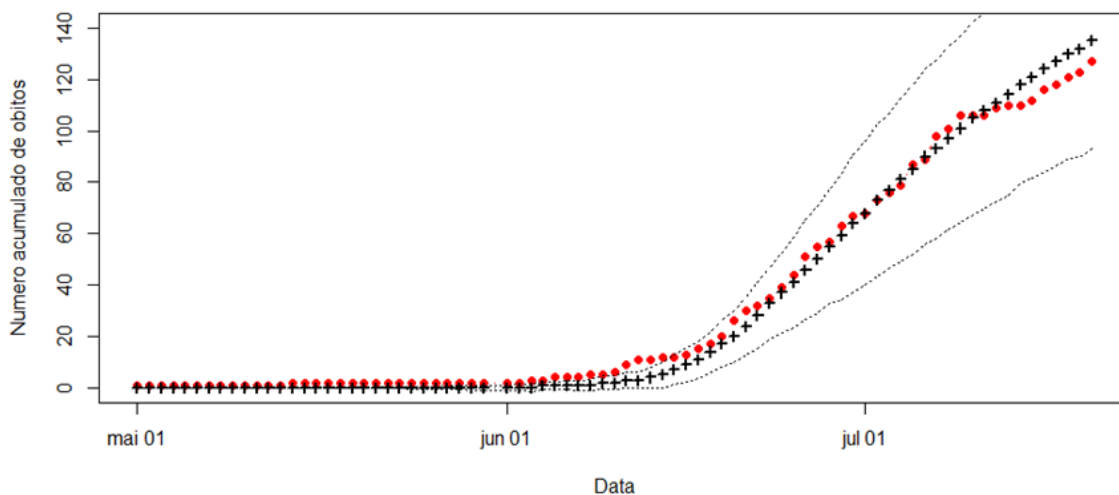
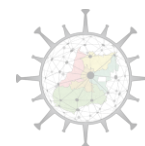


Fig. 6. Número projetado de óbitos por COVID-19 e IC95% (tracejado preto) e número observado de eventos (pontos vermelhos) ao longo do tempo em Rio Verde. A redução nos últimos dias reflete atraso das notificações na SES, mas à época da calibração (24/07) Rio Verde apresenta um total de 127 óbitos, próximo ao predito pelo modelo calibrado.

Projeções da epidemia da COVID-19 a médio prazo do modelo ABM-GO-II para Rio Verde

A partir da calibração do modelo, realizou-se uma projeção até o final de setembro de 2020, assumindo que a situação atual em Rio Verde continuaria com valores de R_t baixos e oscilando entre 0,77 e 1,0 (valores obtidos na calibração) (Fig. 7).

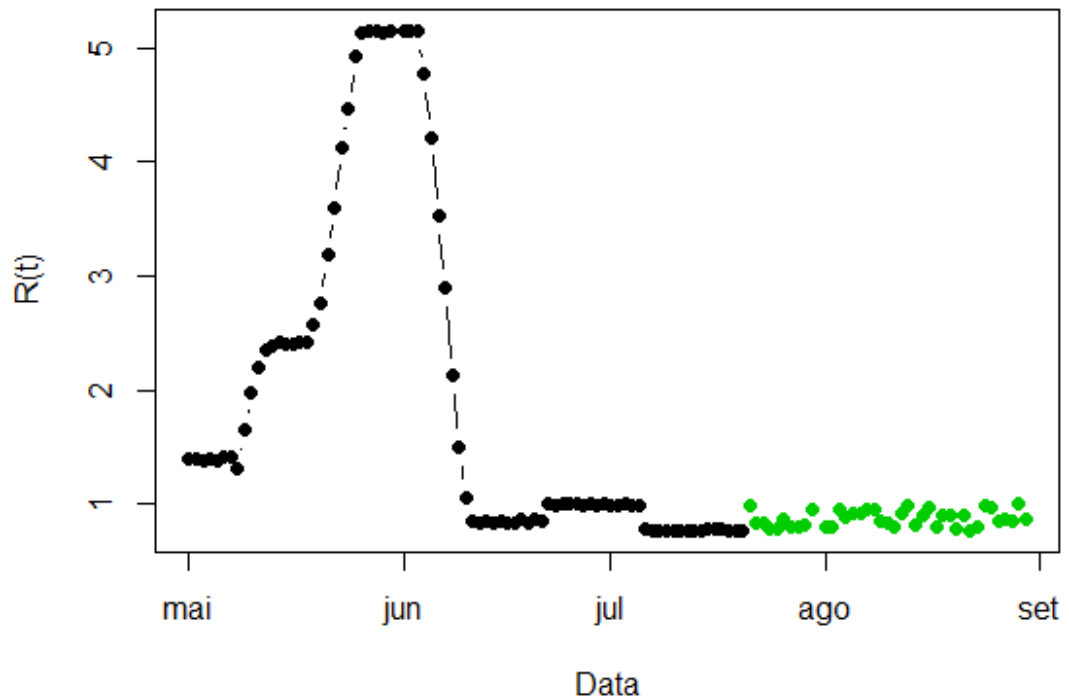
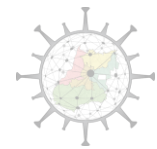


Fig. 7. Curva de R_e suavizada utilizada no modelo (em preto) e valores considerados para projeção em médio prazo (em verde), Rio Verde.

Como esperado, a manutenção dos valores baixos de R_t gera uma continuidade das trajetórias de declínio no número diário de hospitalizações e óbitos (Fig. 8). As diversas trajetórias sugerem um controle praticamente total da pandemia em Rio Verde até final de setembro.

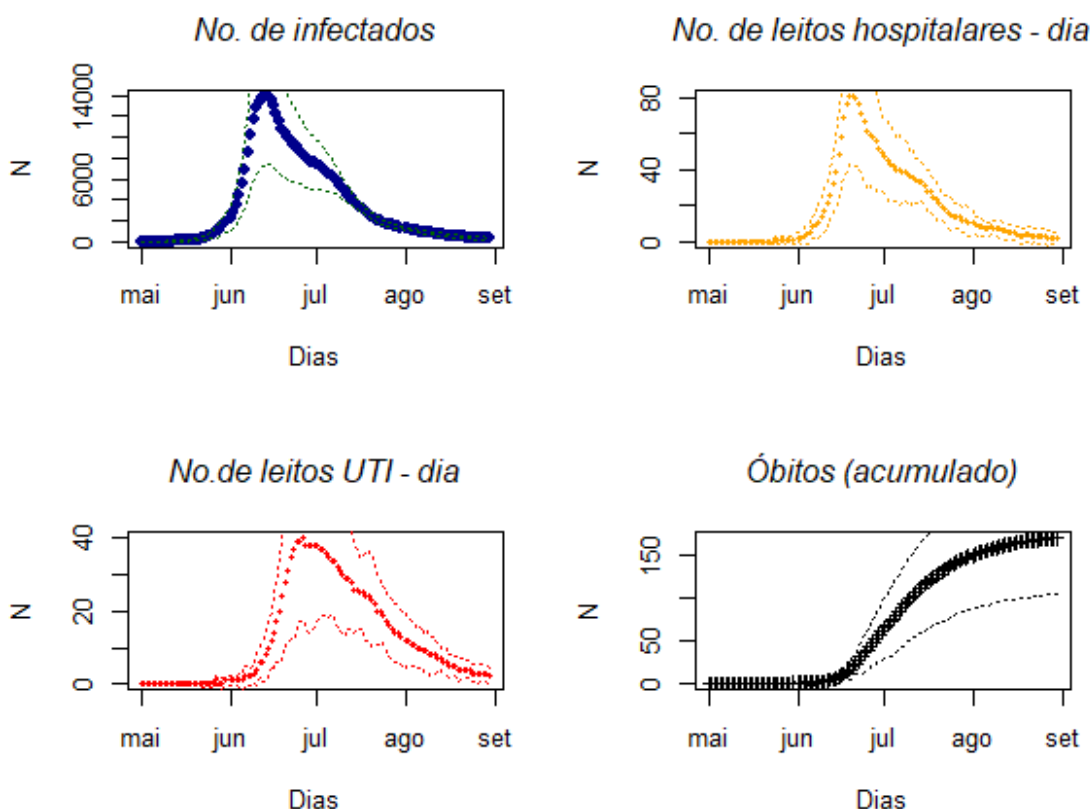
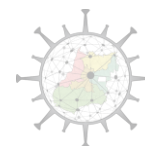


Fig. 8. Número projetado de indivíduos infectado pelo SARS-CoV-2, número de leitos hospitalares ocupados com pacientes com COVID-19, número de leitos UTI ocupados e número acumulado de óbitos por COVID-19 projetados para Rio Verde, até final de setembro de 2020.

Dadas às incertezas de alguns parâmetros e os atrasos de notificações e inserção de casos e óbitos nos sistemas de informação inerentes à COVID-19, é possível avaliar a trajetória de número acumulado de óbitos em curto prazo a fim de validar as projeções feitas aqui pelo ABM-COVID-GO II. A ideia foi criar alguns pontos de verificação / checagem que permitam avaliar se a trajetória de declínio da pandemia no município de Rio Verde está se mantendo nos próximos dois meses (Fig. 9). Com isso, é possível avaliar com alguma antecedência qualquer efeito negativo dos próximos ciclos de flexibilizações, no sentido de aumentar a transmissão da doença, e poder então antecipar possíveis estratégias de prevenção a serem implementadas.

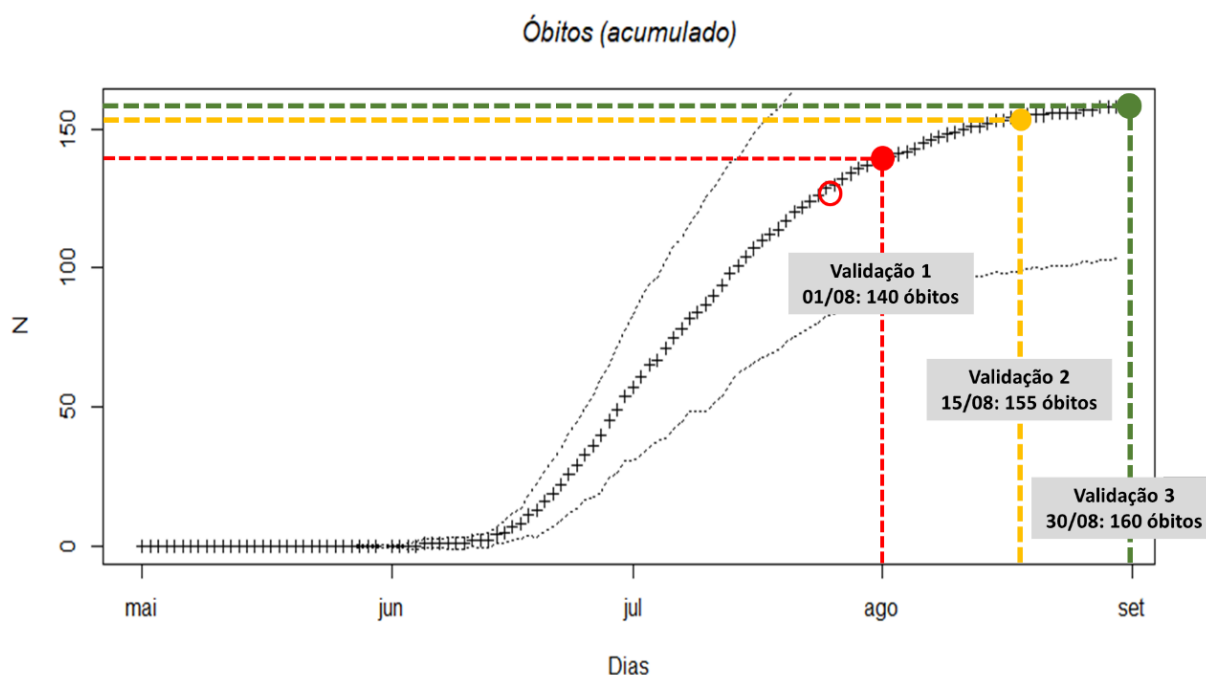
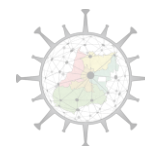


Fig. 9. Número projetado de óbitos por COVID-19 acumulados em Rio Verde, até final de setembro de 2020 e pontos de validação ao longo do tempo para validar a trajetória de evolução da epidemia (quando da publicação desta NT, o município de Rio Verde reportava 142 óbitos, segundo a SMS, portanto ligeiramente abaixo do número de óbitos previsto pelo modelo e, portanto, seguindo a trajetória esperada de estabilização). O círculo vermelho indica o número de óbitos na data de calibração do modelo.

Em princípio, se a trajetória do ABM-COVID-GO II estiver corretamente ajustada e as condições atuais de controle da pandemia em Rio Verde se mantiverem, espera-se em torno de 140 óbitos até final de julho, 155 óbitos até meados de agosto e 160 óbitos até final de agosto. Esse 3 pontos de checagem podem ser avaliados e, caso o número de óbitos seja significativamente e sistematicamente maior do que esses valores, isso indica que o R_t em meados de julho já deve estar mais elevado do que os dados de casos confirmados sugerem, de modo que seria preciso reavaliar e reforçar as estratégias para contenção da epidemia no município.

Finalmente, caso a trajetória projetada esteja correta e haja um decaimento praticamente completo da pandemia em Rio Verde até final de setembro, a prevalência final seria igual a 21%, com a mesma letalidade por infectado (*infection fatality rate* ou IFR) final se mantendo em aproximadamente 0,3%.



Contrafactuais

É interessante avaliar as curvas de óbitos acumulados sob os diferentes cenários contrafactuais até 24/07, a fim de entender as consequências dos diversos eventos que ocorreram em Rio Verde. Isso é apresentado graficamente na Figura 10 abaixo.

Se a trajetória da COVID-19 em Rio Verde segue o padrão observado no mês de maio de maneira geral no Estado, sendo mantidas as medidas de distanciamento social implementadas em março e considerando não haver nenhuma condição especial que favorecesse o aparecimento de um surto, seria esperado que houvesse, na segunda quinzena de julho, em média 28 óbitos (± 7) por COVID-19 (cenário contrafactual verde), valor semelhante ao observado em outros município de mesmo porte no estado de Goiás.

No outro extremo, o outro cenário contrafactual (vermelho) assume que houve após a flexibilização e o surto de COVID-19 observado no município, propiciado pelas condições favoráveis de determinados setores produtivos, conforme já amplamente descrito na literatura especializada não se implementam ações de controle como as que foram implementadas no município. Neste cenário, as transmissões teriam seguido com um R_t elevado, em torno de 2,4, gerando um número muito grande de infectados na população de modo que seriam esperados em torno de 570 óbitos (± 37) por COVID-19 ao final de julho.

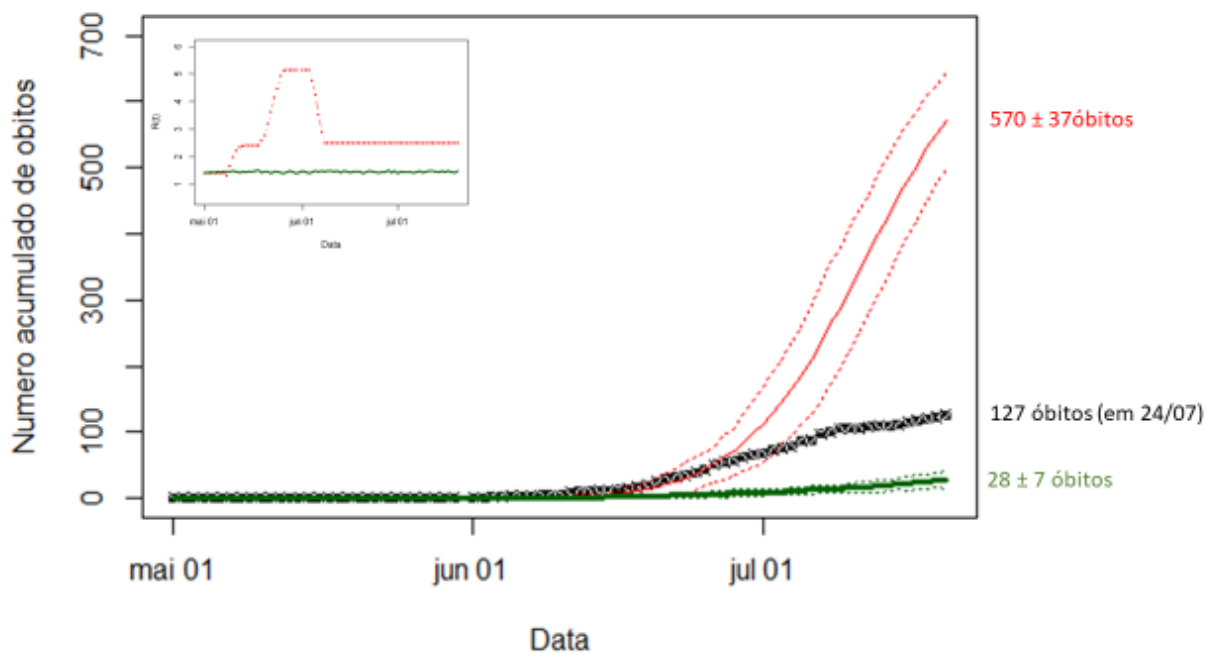
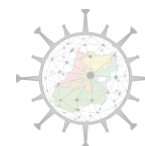


Fig. 10. Número acumulado de óbitos por COVID-19 ao longo do tempo no município de Rio Verde, considerando os cenários base (preto) e contrafactuais hipotéticos (verde e vermelho), projetados para final de julho 2020.

Assim, a análise de cenários contrafactuais revela um significativo impacto potencial resultante da implementação do pacote de medidas em Rio Verde no início de junho de 2020, e que vem se mantendo até o presente.



CONCLUSÕES

- O ABM-GO II foi capaz de reconstruir, a partir das estimativas empíricas do R_t a partir dos casos confirmados, a série de eventos de óbitos e o padrão de hospitalização no município de Rio Verde, a partir de maio de 2020;
- Há incertezas em relação à primeira estimativa de prevalência, de modo que é possível que o número total de infectados anteriormente seja maior;
- Os resultados sugerem que a epidemia em Rio Verde possa estar sob controle e já em fase de decaimento e entrando em um período de estabilização com poucos novos casos, considerando as séries de eventos e o R_t ;
- Em função das incertezas nas estimativas de R_t a partir de casos, sugere-se a reavaliação do número de óbitos por COVID-19 em diferentes pontos de validação. Caso a trajetória de estabilização modelada esteja correta, espera-se aproximadamente 155 até meados de agosto e 160 até início de setembro;
- O pacote de medidas implementados em Rio Verde para controle do surto e mitigação da pandemia foram efetivos para reduzir a transmissibilidade da doença de forma rápida e sustentada;
- Independente da estabilização, sugere-se a continuidade das políticas de distanciamento e estratégias de combate à pandemia a fim de evitar novos surtos e uma segunda onda de infecções, especialmente considerando que a pandemia ainda está em fase de expansão e crescimento no Estado de Goiás como um todo.