



DATA SCIENCE
BRIGADE

YOUR DATA. STRONGER

GOVERNO DE
SANTA CATARINA
Secretaria de Estado da Saúde



MODELO EPIDEMIOLÓGICO RELATÓRIO_21 COVID-19

SES (Dr. Guilherme de Camargo)
ICASA

Data de entrega do relatório: **03/12/2020**

Data do modelo: **30/11/2020**

Usando dados do boletim do dia: **29/11/2020**

ÍNDICE

[Informações gerais](#)

[Equipe técnica](#)

[Mudanças neste telatório](#)

[Panorama do estado](#)

[Macrorregiões](#)

[Alto Vale do Itajaí](#)

[Foz do Rio Itajaí](#)

[Grande Florianópolis](#)

[Grande Oeste](#)

[Meio Oeste e Serra Catarinense](#)

[Planalto Norte e Nordeste](#)

[Sul](#)

[Municípios](#)

[Blumenau](#)

[Chapecó](#)

[Criciúma](#)

[Florianópolis](#)

[Itajaí](#)

[Joinville](#)

[Lages](#)

[Guia do modelo](#)

[Histórico de Mudanças](#)



INFORMAÇÕES GERAIS



CENÁRIOS E PROJEÇÕES

- > São realizadas projeções das estimativas do número total de infecções diárias e do **Índice de transmissibilidade** a partir dos óbitos, bem como os cenários de projeção de óbitos diários e semanais para até 4 semanas.

CONTEXTO

- > Todos os dias o modelo é alimentado e ajustado via dados disponibilizados pela plataforma **BoaVista do CIASC**
- > O modelo é atualizado semanalmente e com isso, produz-se **novas estimativas** das variáveis (R_t) e **novas projeções** dos cenários de óbitos
- > O modelo é baseado no trabalho do grupo de pesquisa do Imperial College London (Flaxman et al 2020)

RESULTADOS DOS TESTES

- > Estimativas de **casos, óbitos, e R_t**
- > **3 possíveis cenários** de óbitos para até **4 semanas**.

Referências

1. Flaxman, S., Mishra, S., Gandy, A. et al. Estimating the effects of non-pharmaceutical interventions on COVID-19 in Europe. Nature 584, 257–261 (2020). <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2405-7>
2. <https://noticias.paginas.ufsc.br/files/2020/05/aqui.pdf>
3. <https://www.reuters.com/article/us-health-coronavirus-brazil-cases-idUSKCN21V1X1>
4. <https://estado.rs.gov.br/estudo-inedito-estima-que-rs-tenha-5-650-pessoas-infectadas-pela-covid-19-5e9771dbbc08e>
5. Do Prado, M. F., et al. Analysis of COVID-19 under-reporting in Brazil. Revista Brasileira de Terapia Intensiva, 32(2), 224–228 (2020). <https://doi.org/10.5935/0103-507X.20200030>



INFORMAÇÕES GERAIS



SUBNOTIFICAÇÃO

- > Estudos de diversas universidades e organizações apontam que o **número real de casos confirmados** pode ser até **15 vezes maior** do que o reportado. O número de óbitos também pode estar **subnotificado**, o que pode **impactar significativamente** as previsões.

INFECÇÕES DIÁRIAS

- > O modelo estima o **número de infecções diárias** a partir dos **óbitos** sem levar em conta o número de casos confirmados.

Referências

1. Flaxman, S., Mishra, S., Gandy, A. et al. Estimating the effects of non-pharmaceutical interventions on COVID-19 in Europe. Nature 584, 257–261 (2020). <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2405-7>
2. <https://noticias.paginas.ufsc.br/files/2020/05/aqui.pdf>
3. <https://www.reuters.com/article/us-health-coronavirus-brazil-cases-idUSKCN21V1X1>
4. <https://estado.rs.gov.br/estudo-inedito-estima-que-rs-tenha-5-650-pessoas-infectadas-pela-covid-19-5e9771dbbc08e>
5. Do Prado, M. F., et al. Analysis of COVID-19 under-reporting in Brazil. Revista Brasileira de Terapia Intensiva, 32(2), 224–228 (2020). <https://doi.org/10.5935/0103-507X.20200030>



INFORMAÇÕES GERAIS



SOBRE OS DADOS UTILIZADOS

- > Para rodar o modelo epidemiológico, devemos receber semanalmente uma base de dados com o histórico de: casos e óbitos confirmados de COVID-19 por município, identificando a macrorregião a que pertencem, a data em que os óbitos ocorreram e os dados necessários para o cálculo do *onset-to-death* (período desde o aparecimento dos primeiros sintomas até o óbito).
- > Atualmente, os dados são baixados da **Plataforma BoaVista**, por meio de login e senha disponibilizados desde o trabalho previamente realizado e entregue de forma voluntária.
- > A **DSB não se responsabiliza** pela geração e compilação destes dados, que já devem ser entregues de forma padronizada com as informações descritas acima.
- > Para realizar as **projeções**, o modelo leva em conta:
 - os dados de óbitos confirmados por COVID-19
 - as datas em que intervenções estaduais foram realizadas (restrições e flexibilizações)
 - período entre o *onset* (data em que a pessoa manifestou os primeiros sintomas da doença) e o óbito
 - dados de mobilidade disponíveis no Google Mobility (<https://www.google.com/covid19/mobility/>)

ESTUDO

- > O trabalho realizado pela DSB de adaptação do modelo epidemiológico e geração destes relatórios têm caráter de estudo e qualquer decisão tomada a partir dos indicadores e gráficos aqui apresentados são de **total responsabilidade** dos gestores públicos.
- > O código fonte foi disponibilizado pela Data Science Brigade e pode ser acessado no repositório do Github: <https://github.com/Data-Science-Brigade/modelo-epidemiologico-sc>



EQUIPE TÉCNICA



JON CARDOSO

Lead Data Scientist na Data Science Brigade

- > Doutor em Ciências da Computação
(Área: bioinformática) pelo King's College London.
 - > Mestre em Engenharia Elétrica e de Computação pela UFG
-

DR. GUILHERME DE CAMARGO

Secretaria do Estado da Saúde de Santa Catarina

- > Médico Coordenador da Sala de Situação da Saúde
- > Chief Executive Officer Medsuite Tecnologia em Saúde
- > Médico pela Universidade Estadual de Londrina PR



MUDANÇAS NESTE RELATÓRIO



- > Essa semana, usamos 600 iterações de warmup e 600 iterações de amostragem tanto no modelo das Macrorregiões e Estado quanto no modelo dos Municípios, ao invés das 200+600 utilizadas nos relatórios anteriores para os Municípios.
- > Adicionamos um gráfico novo mostrando os valores do Google Mobility, com uma média móvel de 7 dias, a fim de mostrar a evolução do isolamento social ao longo da pandemia, medido por esses dados.
- > Estamos trabalhando em uma nova versão do modelo que considera os dados de leitos em UTIs, mas este ainda não atingiu uma performance que justifique a mudança do modelo.



PANORAMA DO ESTADO

RELATÓRIO_21

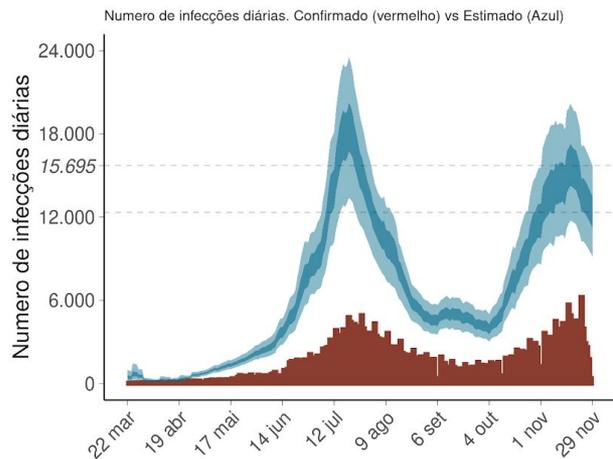
The background of the slide is a dark, blurred image of a financial candlestick chart. The chart shows price fluctuations over time, with a horizontal line drawn across it. The text is overlaid on the left side of the image.

PANORAMA DO ESTADO

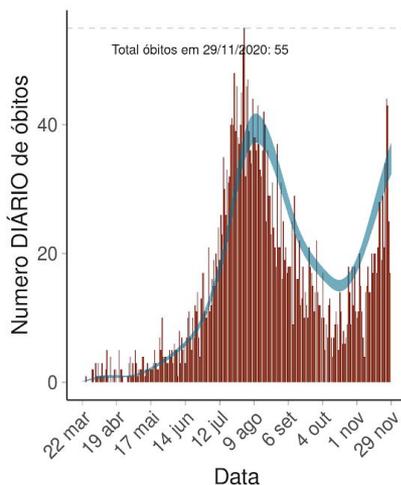
Resultados do modelo do dia **30/11/2020** para o estado de **Santa Catarina**

Modelo Imperial College London

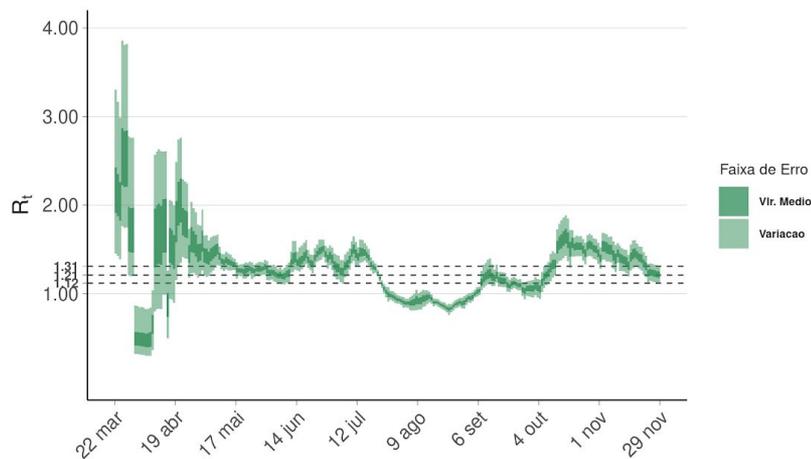
A

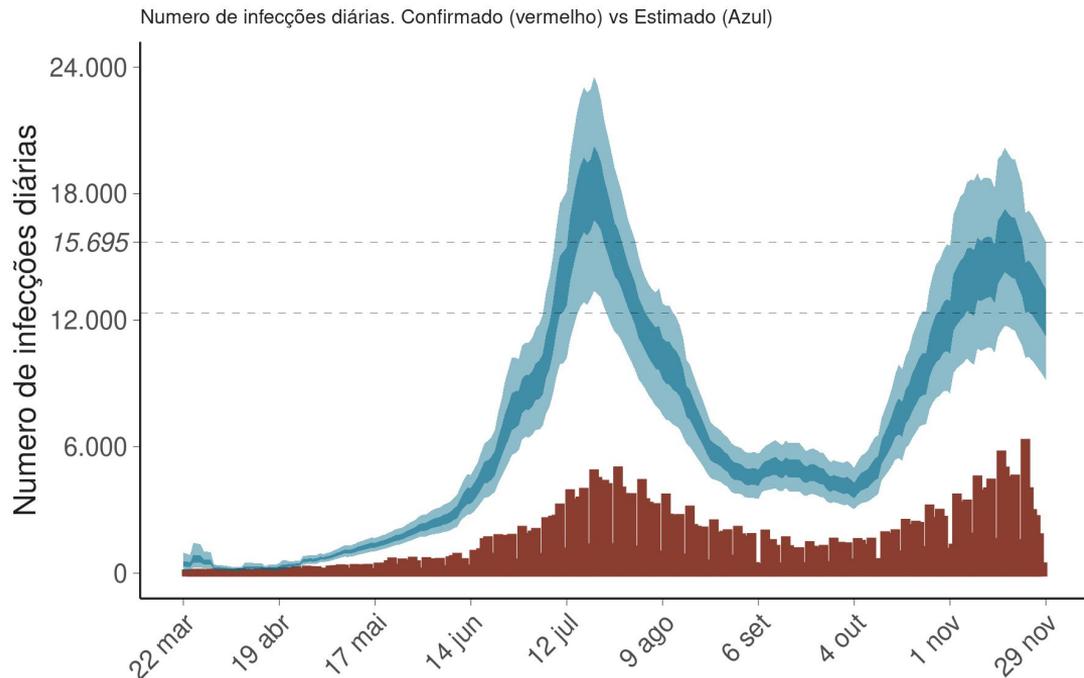


B



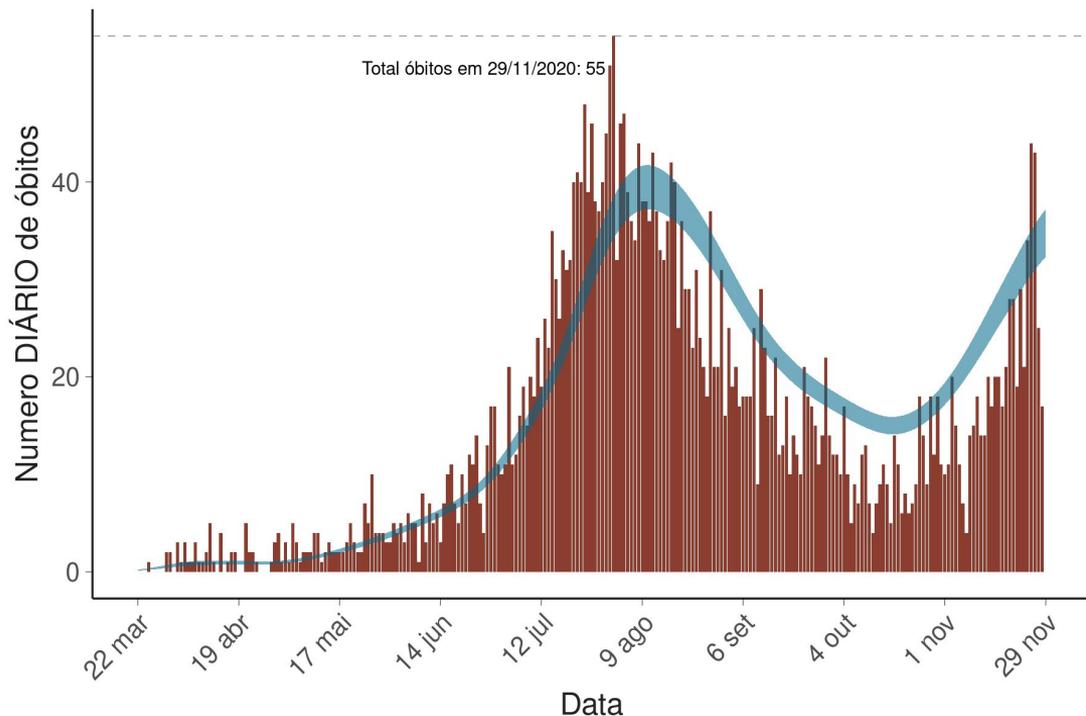
C





- O modelo tenta inferir o número de infecções reais, e espera-se que esse número seja sempre maior que o número de casos reportados (ver referências de estudos sobre subnotificação na página 3). Em testes anteriores, a faixa azul do Gráfico A ao lado estava ficando muito próxima da curva de casos reportados, o que não era condizente com a realidade reportada nestes estudos.
- Para tentar mitigar essa limitação e tornar o modelo menos reativo, estamos reportando os resultados de **uma versão mais recente do modelo epidemiológico**, que leva em conta os dados de casos reportados com o acréscimo de uma estimativa maior de número de casos reais (detalhes no [Slide 91](#)).
- Acreditamos que essa nova versão represente mais fielmente a realidade da propagação, embora ainda esteja passível de maiores validações. Como sempre, estamos acompanhando a evolução das estimativas com a realidade para validar a metodologia atual.



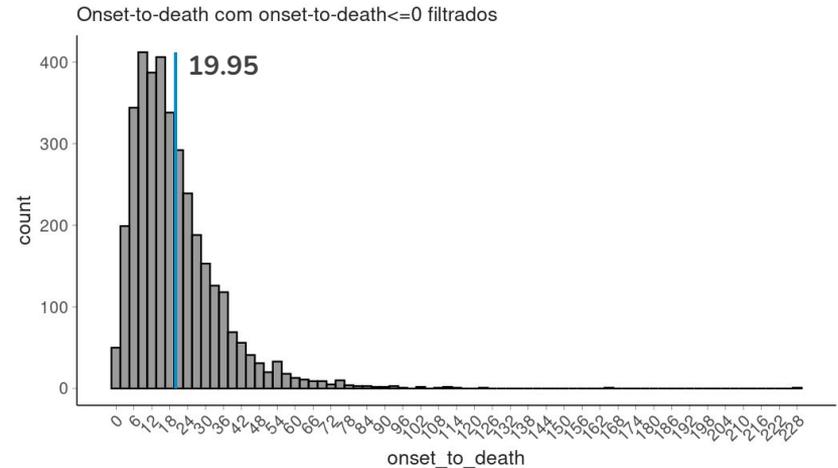
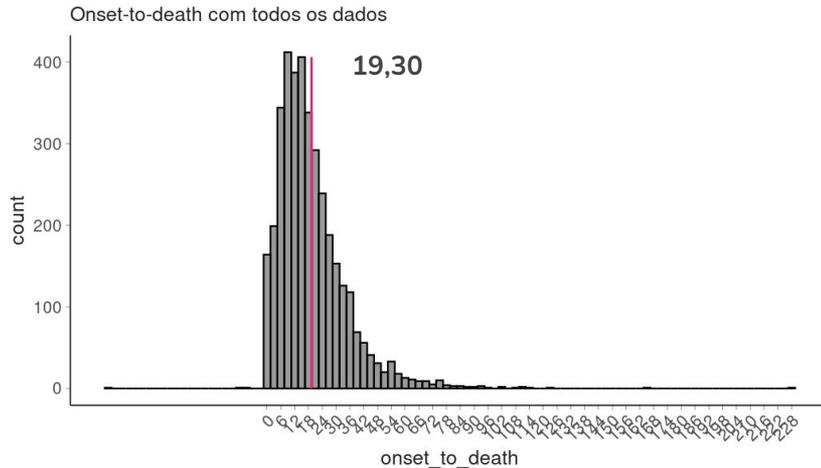


- Em **Santa Catarina**, os dados indicam que o período desde o aparecimento dos primeiros sintomas até o óbito (onset-to-death) é em média **19.95** dias, calculado ignorando os registros onde onset-to-death tem valor menor ou igual a 0.
- Esse valor foi significativamente menor do que o apresentado nas semanas anteriores, onde vinha apresentando ma tendência de subida, o que pode indicar que os óbitos estão ocorrendo mais cedo.. O valor da semana anterior era de 20.35 dias.
- Essa variável é informada ao modelo para realizar as estimativas e a média estimada pelo estudo original da Imperial College London era de 18.8.
- A subnotificação dos óbitos por COVID-19 impactar significativamente essas estimativas.
- Os óbitos são reflexo do contágio ocorrido na população do Estado há cerca de duas a três semanas anteriores à data que o modelo foi rodado.



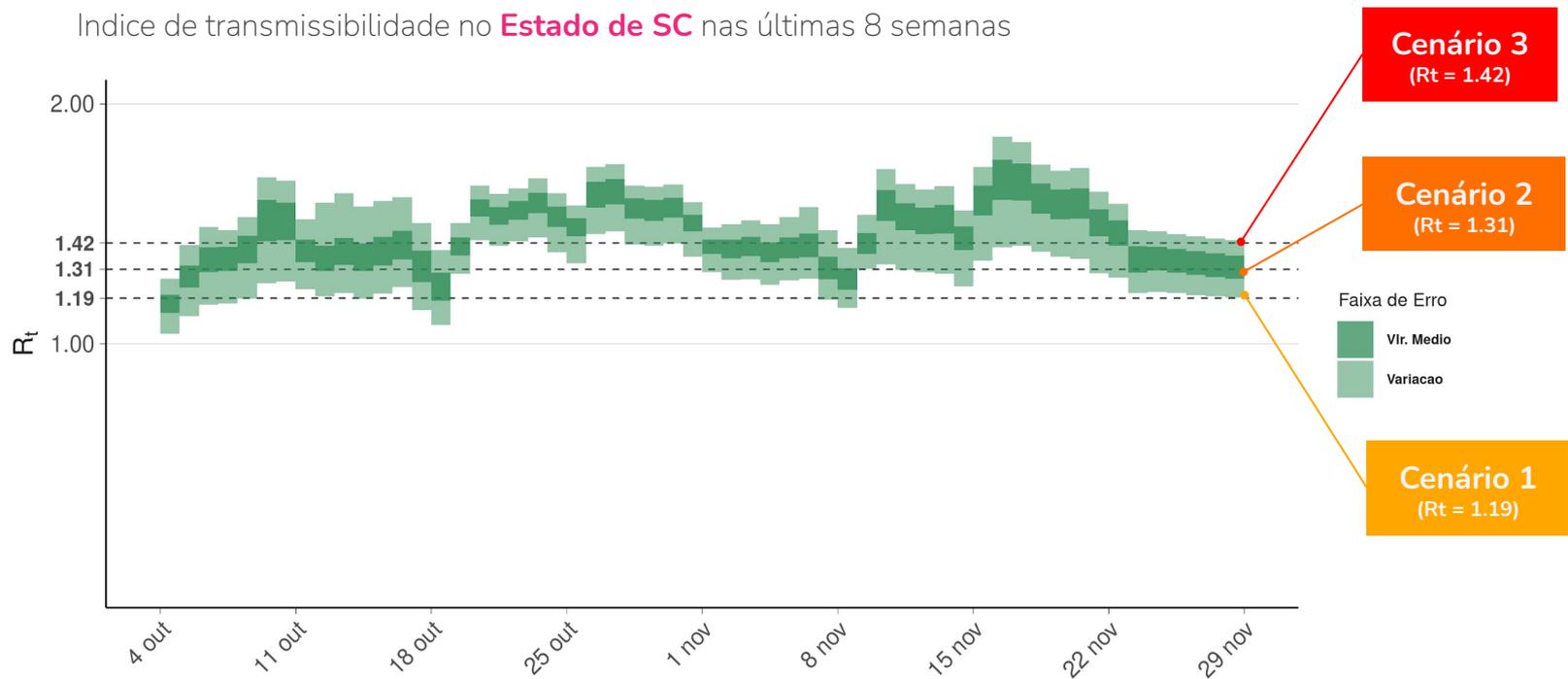
PANORAMA DO ESTADO

- Atualmente existem 117 casos onde a data de óbito coincide ou é antes da data do início dos sintomas ou com a data que o paciente entrou no hospital. Esses casos foram filtrados para fazer o cálculo da média da variável onset-to-death (gráfico da direita).



PROJEÇÕES ATUALIZADAS PARA O ESTADO

Índice de transmissibilidade no Estado de SC nas últimas 8 semanas



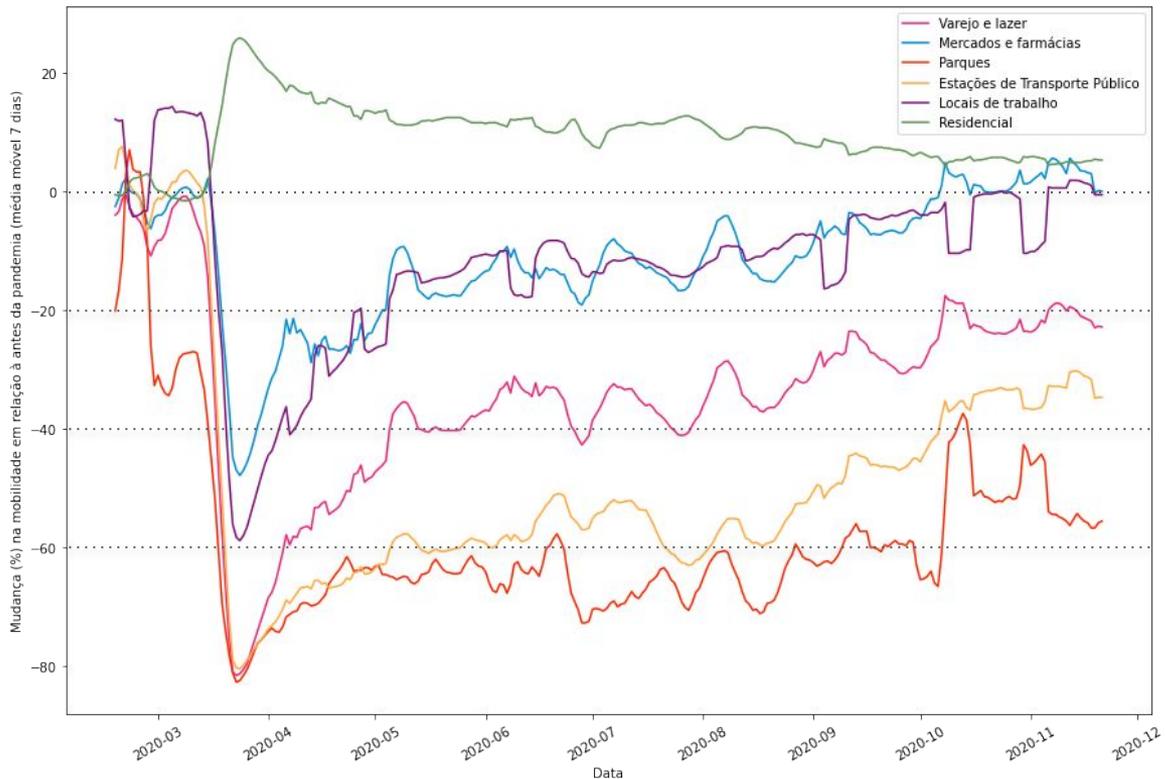
OBSERVAÇÕES SOBRE O RESULTADO DO MODELO DA SEMANA

Quanto ao **diagnóstico do modelo**

- O modelo foi **calibrado** com dados fornecidos pelo Governo de Santa Catarina através da Plataforma BoaVista, que contabilizava um total de 3721 óbitos no dia 29/11/2020.
- **Comparando ao Relatório 17, o estado seguiu acima das projeções do Cenário 2 nestas últimas 4 semanas.** Naquele relatório, a projeção de óbitos era de atingir 3613 no dia 29/11/2020.
- Considerando o tempo de incubação do vírus (~5 dias) e que os óbitos acontecem 19.95 dias após os primeiros sintomas, a curva de óbitos de hoje é reflexo dos contágios de **2 a até 4 semanas** atrás.
- As medidas de **intervenções estaduais** - sejam restrições ou flexibilizações - impostas desde o início da pandemia no estado de Santa Catarina foram informadas ao modelo (<http://www.sea.sc.gov.br/confira-a-linha-do-tempo-do-governo-sc-no-combate-ao-coronavirus/>)
- As alterações na legislação deixaram de ser representativas para o modelo desde 01/06/2020 quando as **decisões** de enfrentamento contra a COVID-19 passaram a ser **compartilhadas com os municípios**.
- Para mitigar isso usamos **os dados do Google Mobility**, que de forma agregada e anonimizada compila um índice diário (%) do nível de distanciamento social da população de Santa Catarina.



DADOS DE MOBILIDADE DO GOOGLE



- O gráfico ao lado mostra a mudança nos padrões de mobilidade das pessoas em **Santa Catarina**, fornecidos pelo Google. O índice representa o percentual (%) de aumento ou queda na mobilidade em comparação ao começo do ano, antes da pandemia.
- Pode-se ver que a movimentação em “mercado e farmácias” e “locais de trabalho” chegaram a cair 40% e 60% em março/2020 e hoje já apresentam valores próximos aos valores pré-pandemia (nível 0 no gráfico).
- Já as categorias de “varejo e lazer”, “estações de transporte público” e “parques” continuam com um índice de mobilidade relativamente baixo.
- Esses são os principais dados utilizados pelo modelo como forma de calibrar os valores do Rt.
- Para mais informações veja [essa página](#) descrevendo os dados do google mobility.



OBSERVAÇÕES SOBRE O RESULTADO DO MODELO DA SEMANA

Quanto ao diagnóstico do modelo

- O número de óbitos do estado de SC seguiu uma tendência acima daquela vista no Cenário 3 do modelo de 27/11.
- **Se mantida a tendência das projeções próximas ao Cenário 3**, o total de **óbitos** alcançará **4983 até 27/12 (+1262)**. Caso o Cenário 2 se concretize, o total de óbitos poderá chegar a 4736 (+1015).
- O índice de transmissibilidade (R_t) pode ser encarado como uma métrica de velocidade de propagação da doença na localidade. Se o R_t estiver acima de 1 ($R_t > 1$), isso indica uma tendência de aumento exponencial no número de infectados e consequentemente de óbitos nas próximas semanas. Quanto maior o R_t , mais rápido o vírus irá espalhar na população, o que poderá gerar sobrecarga no sistema público de saúde.
- **O modelo estima, na maior parte dos casos, um R_t menor do que o estimado na semana passada, mas ainda com a possibilidade de R_t alto (acima ou igual a 1) em todas as Macrorregiões até mesmo no Cenário 1.** Um R_t abaixo de 1 indica que apesar do vírus ainda estar circulando e causando novos óbitos, a tendência é que a curva de óbitos cresça numa velocidade bem mais branda.
- O R_t está oscilando dentro da faixa $R_t=1.19$ e $R_t=1.32$, com um valor médio de $R_t=1.31$.
- ***Aqui vale uma observação adicional sobre o R_t : o número atual de pessoas infectadas e o R_t estão ligados. Um cenário com grande número de infectados e R_t baixo pode causar tantos óbitos quanto um outro cenário de poucos infectados e R_t alto. É preciso sempre levar estes números e estimativas em contexto com outros indicadores. (Mais informações nas páginas 10 e 91 deste relatório)***

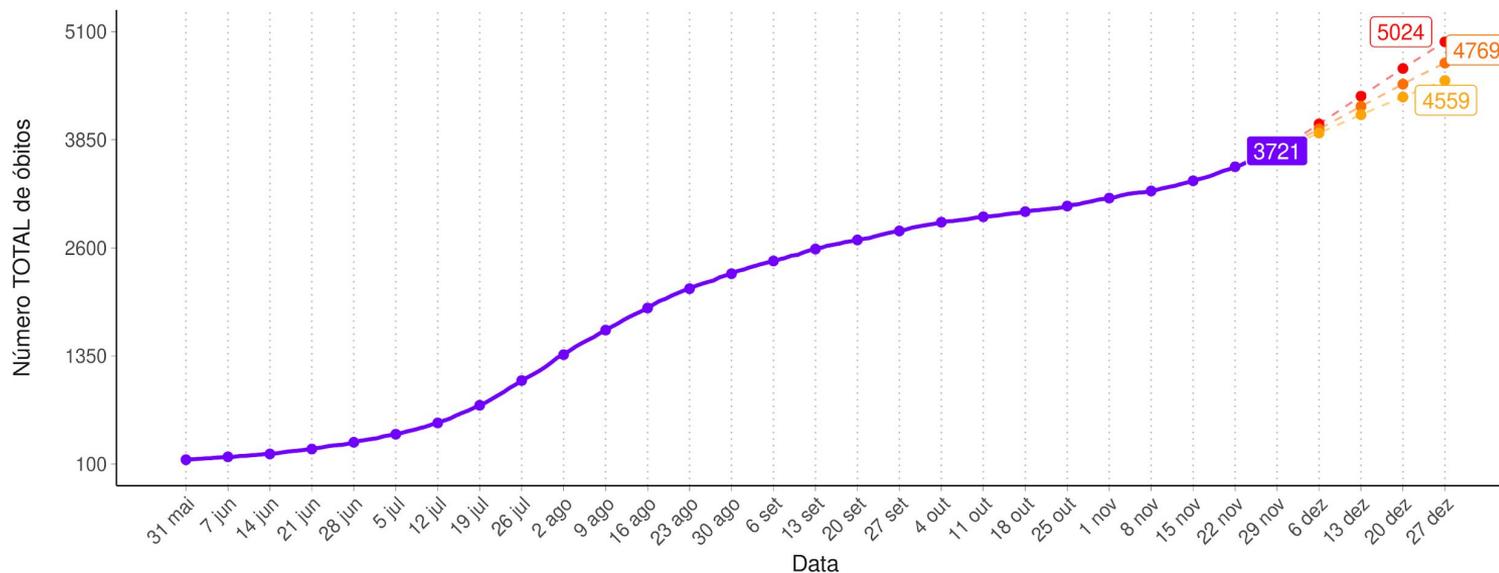


PROJEÇÕES ATUALIZADAS PARA O ESTADO

Projeção para as **próximas 4 semanas** no estado de **Santa Catarina**

Modelo Imperial College London

Cenários a Cenário 1 a Cenário 2 a Cenário 3 a Óbitos confirmados



Na projeção mais branda, Cenário 1, +838 óbitos podem acontecer até 27/12. Isso é maior que o número de óbitos das últimas 7 semanas

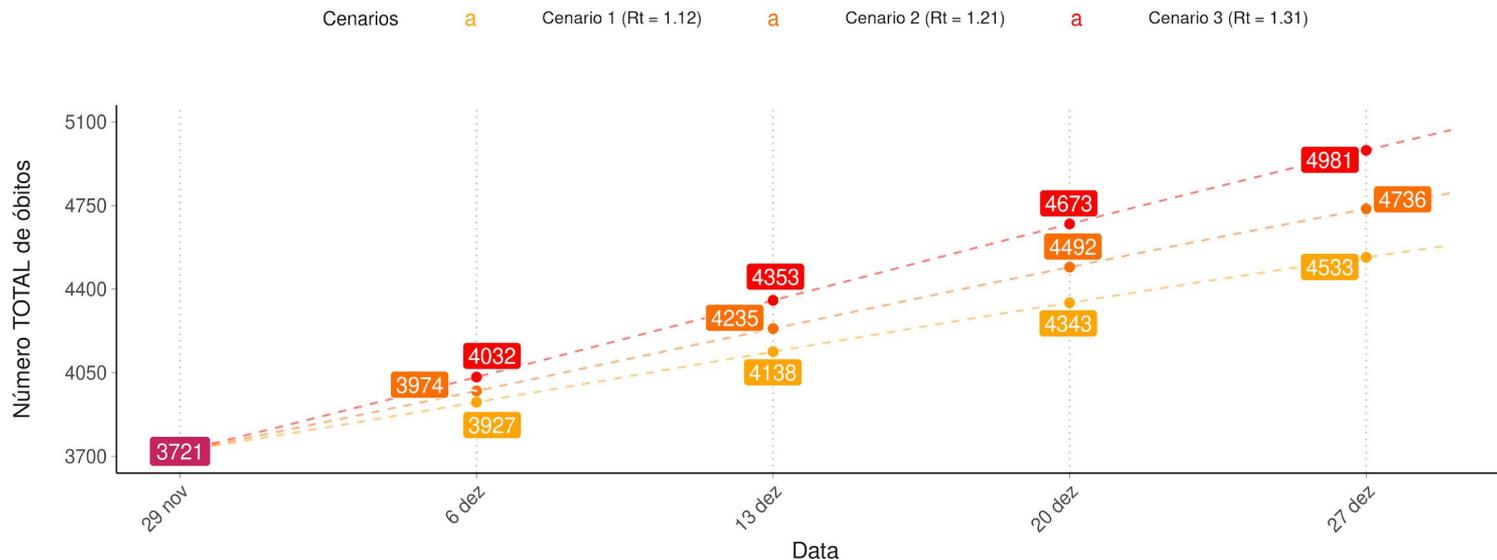


PROJEÇÕES ATUALIZADAS PARA O ESTADO

Projeção para as **próximas 4 semanas** no estado de **Santa Catarina**

Modelo Imperial College London

(SC_ESTADO) Cenários do Modelo do dia 30/11/2020

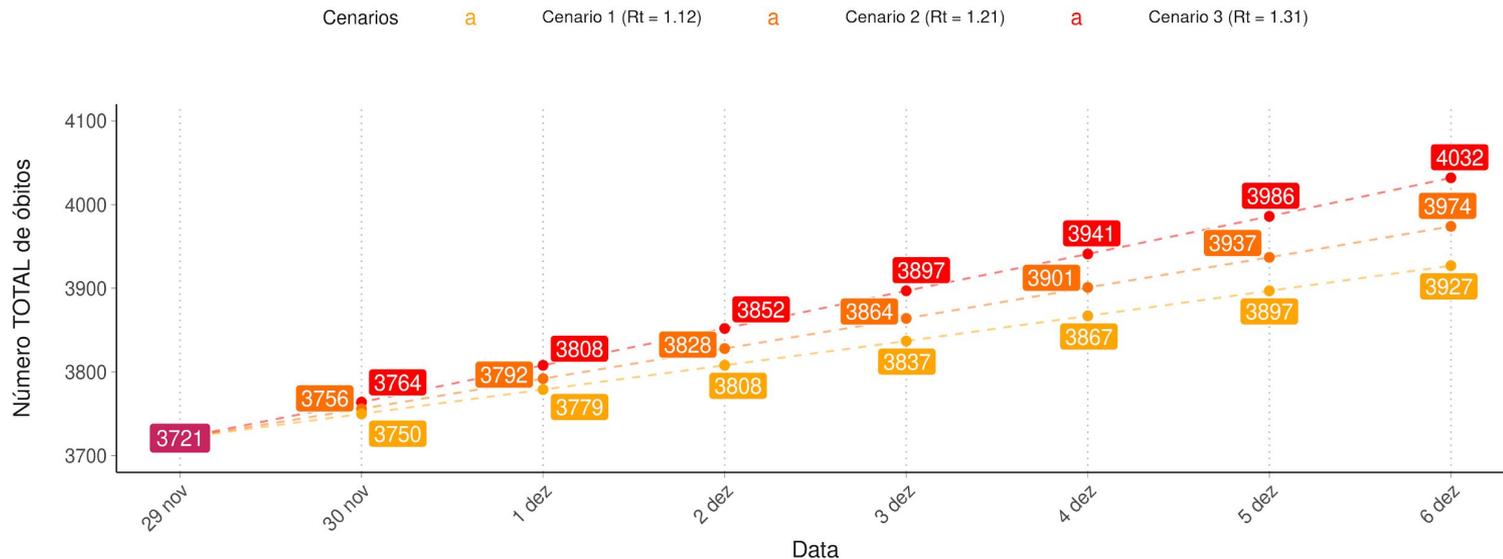


PROJEÇÕES ATUALIZADAS PARA O ESTADO

Projeção para a **próxima semana** no estado de **Santa Catarina**

Modelo Imperial College London

(SC_ESTADO) Cenários do Modelo do dia 30/11/2020



MACRORREGIÕES

The background of the slide is a dark, blurred image of a financial candlestick chart. The chart shows price fluctuations over time, with a prominent horizontal line drawn across it, likely representing a support or resistance level. The text is overlaid on the left side of the chart.

RELATÓRIO_21

OBSERVAÇÕES SOBRE MACRORREGIÕES

Sobre as **previsões regionalizadas**:

- A doença se propaga de forma diferente por cada macrorregião e, portanto, é importante avaliar o diagnóstico do modelo e as projeções de forma independente.
- Lembrando que a partir do Relatório 04 do dia 04/08/2020, a soma das projeções de óbitos das macrorregiões irá condizer aproximadamente com a previsão para todo o Estado, vista nos slides anteriores. Algumas pequenas divergências poderão existir devido às aproximações numéricas dos resultados.
- A medida que o modelo vai ficando mais calibrado, as projeções e análises do modelo por macrorregiões são mais importantes, mais relevantes e provavelmente mais fidedignas do que os resultados do modelo para o estado de Santa Catarina como um todo. Bem como as dos testes do modelo por municípios.



OBSERVAÇÕES SOBRE MACRORREGIÕES

Principais **pontos de atenção**:

- As macrorregiões do **Alto Vale do Itajaí, Grande Oeste, Meio Oeste & Serra Catarinense, e Sul** ficaram próximas do **Cenário 3**, **Foz do Rio Itajaí e Planalto Norte & Nordeste** do **Cenário 2**, e **Grande Florianópolis** do **Cenário 1**, relativo ao modelo da semana passada.
- O **Rt** estimado do modelo caiu em todas as regiões, para quase todos os Cenários, apesar de ainda estar acima de 1.
- Vale ressaltar que mesmo que a **Grande Florianópolis** tenha seguido o Cenário 1 do modelo da semana passada, a macrorregião se encontra com um rápido aumento no número de óbitos diários e ainda se encontra com um **Rt** elevado em todos os Cenários.



COMPARAÇÃO COM RELATÓRIOS ANTERIORES

Mudanças nas **estimativas do Rt**:

Macrorregião de Saúde	Cenário 1 (Rt)		Cenário 2 (Rt)		Cenário 3 (Rt)	
	23/11	30/11	23/11	30/11	23/11	30/11
Estado de Santa Catarina	1,24	1,12 ↓	1,37	1,21 ↓	1,51	1,31 ↓
Alto Vale do Itajaí	1,35	1,17 ↓	1,50	1,27 ↓	1,71	1,39 ↓
Foz do Rio Itajaí	1,34	1,16 ↓	1,48	1,24 ↓	1,67	1,31 ↓
Grande Florianópolis	1,26	1,00 ↓	1,37	1,13 ↓	1,48	1,26 ↓
Grande Oeste	1,08	1,08 ▬	1,22	1,14 ↓	1,37	1,21 ↓
Meio Oeste e Serra Catarinense	1,12	1,11 ↓	1,23	1,17 ↓	1,33	1,24 ↓
Planalto Norte e Nordeste	1,20	1,12 ↓	1,30	1,21 ↓	1,40	1,31 ↓
Sul	1,34	1,19 ↓	1,49	1,31 ↓	1,64	1,42 ↓



ALTO VALE DO ITAJAÍ

RELATÓRIO_21 / macrorregiões

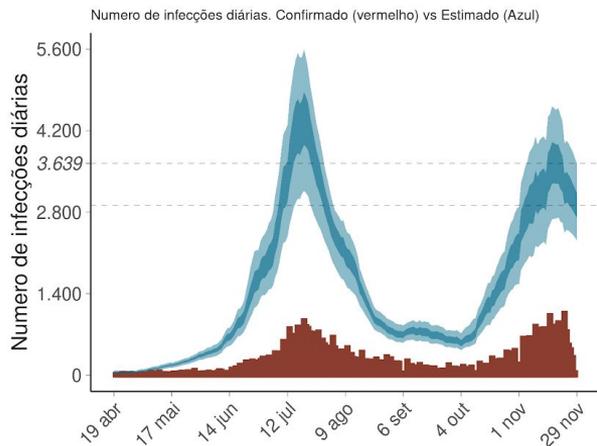
The background of the slide is a dark, blurred image of a financial candlestick chart. The chart shows price fluctuations over time, with a prominent horizontal line drawn across it, likely representing a moving average or a support/resistance level. The overall aesthetic is professional and data-driven.

Resultados do modelo **30/11/2020** para a **macrorregião Alto Vale do Itajaí**

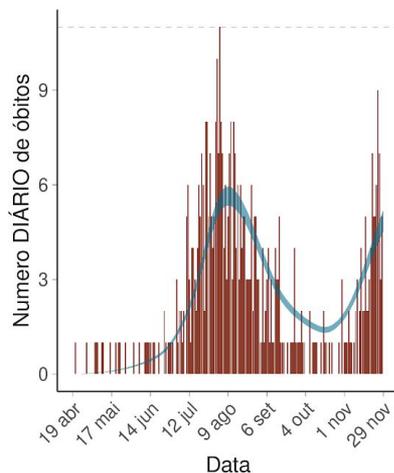
Modelo Imperial College London



A



B



C

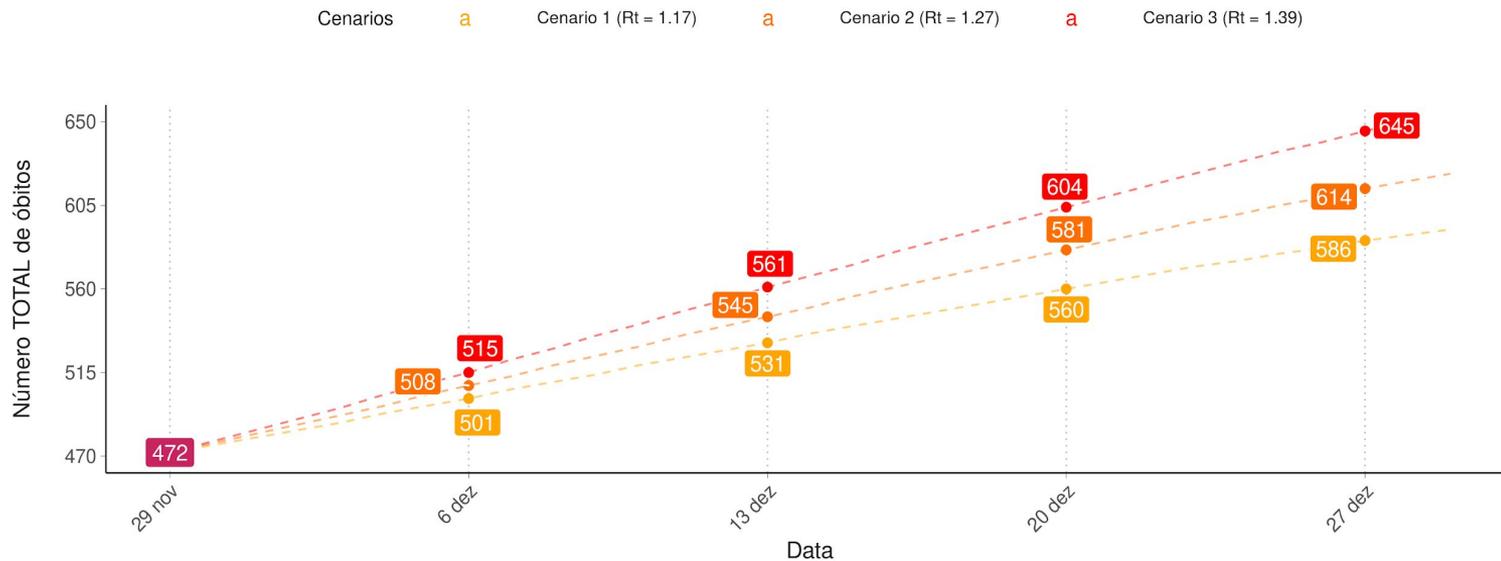


Projeção para as **próximas 4 semanas** na **macrorregião Alto Vale do Itajaí**

Modelo Imperial College London



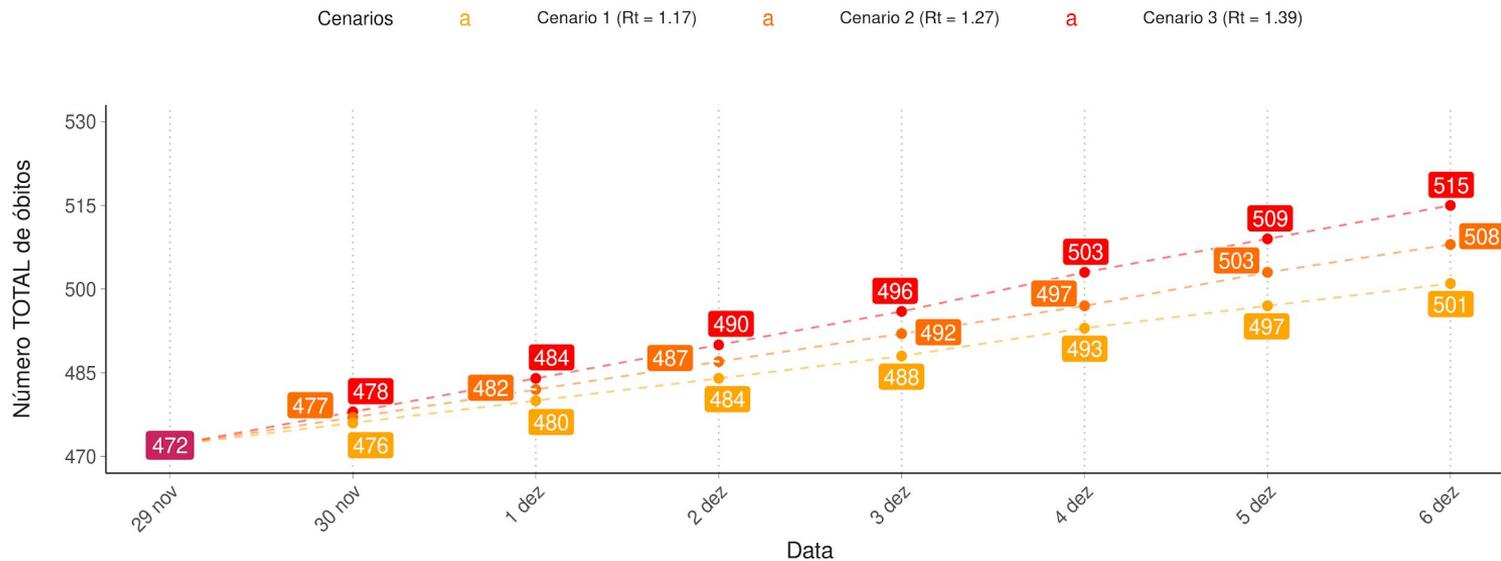
(SC_MAC_ALTO_VALE_DO_ITAJAI) Cenários do Modelo do dia 30/11/2020



Projeção para a **próxima semana** na **macrorregião Alto Vale do Itajaí**

Modelo Imperial College London

(SC_MAC_ALTO_VALE_DO_ITAJAI) Cenários do Modelo do dia 30/11/2020



FOZ DO RIO ITAJAÍ

RELATÓRIO_21 / macrorregiões

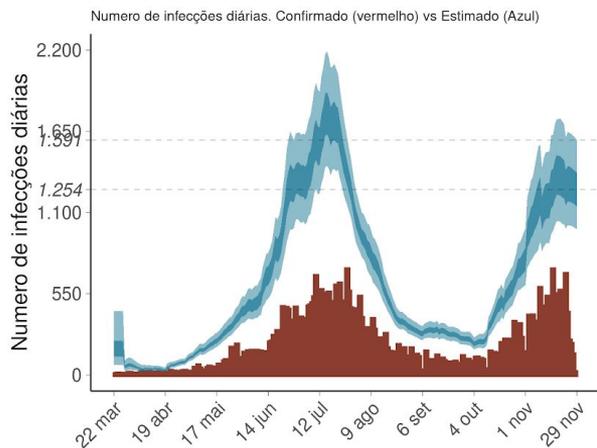


Resultados do modelo **30/11/2020** para a **macrorregião Foz do Rio Itajaí**

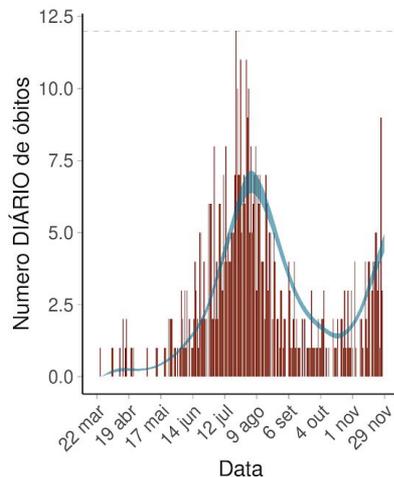
Modelo Imperial College London



A



B



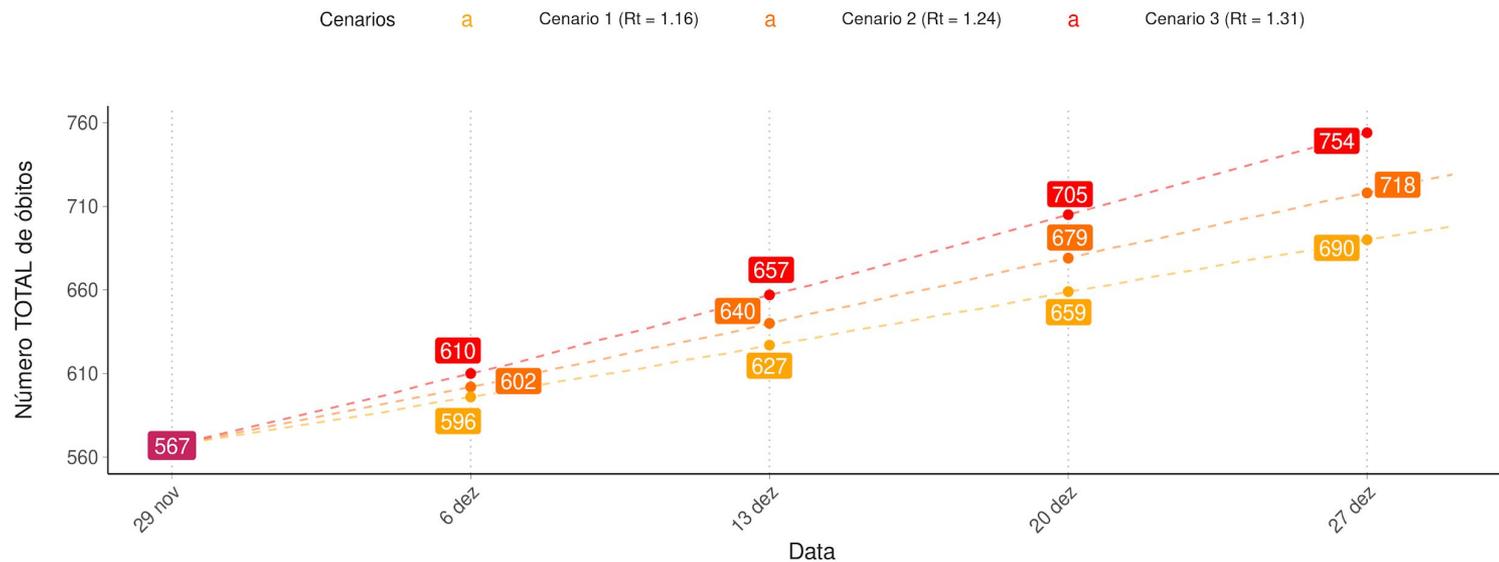
C



Projeção para as **próximas 4 semanas** na **macrorregião Foz do Rio Itajaí**

Modelo Imperial College London

(SC_MAC_FOZ_DO_RIO_ITAJAI) Cenários do Modelo do dia 30/11/2020

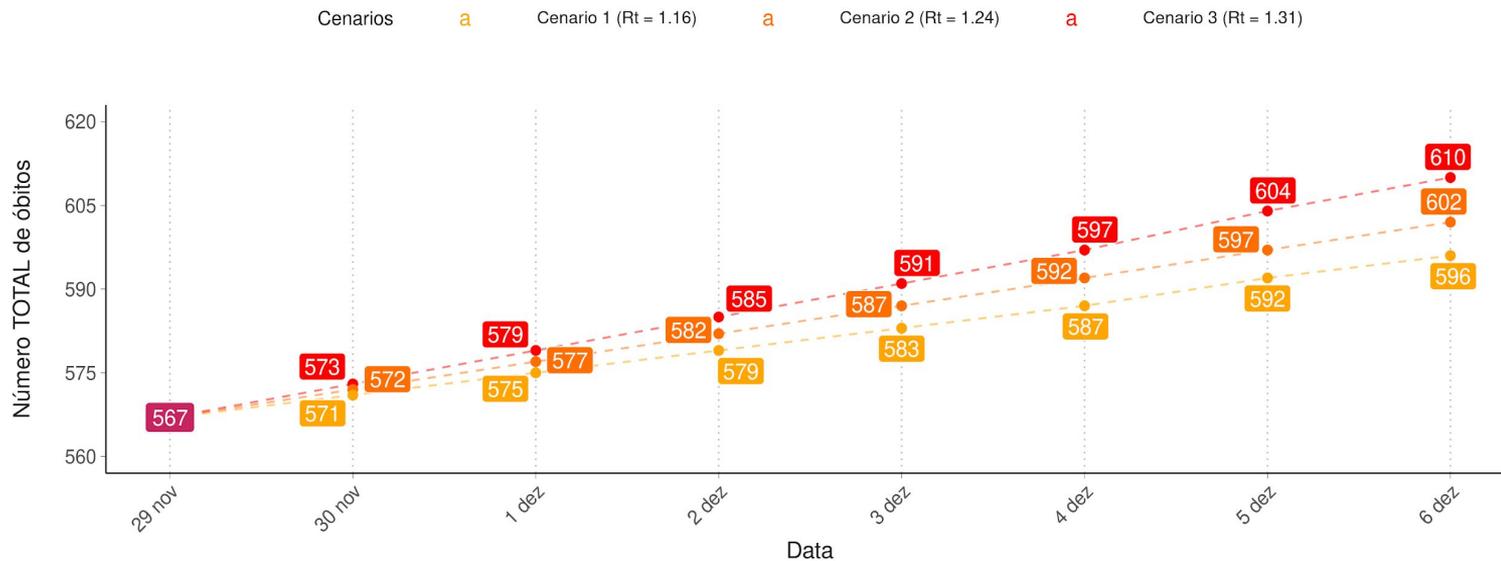


Projeção para a próxima semana na macrorregião Foz do Rio Itajaí

Modelo Imperial College London



(SC_MAC_FOZ_DO_RIO_ITAJAI) Cenários do Modelo do dia 30/11/2020



GRANDE FLORIANÓPOLIS

The background of the slide is a dark, blurred image of a financial candlestick chart. The chart shows price movements over time, with a horizontal line drawn across it. The text is overlaid on the left side of the chart.

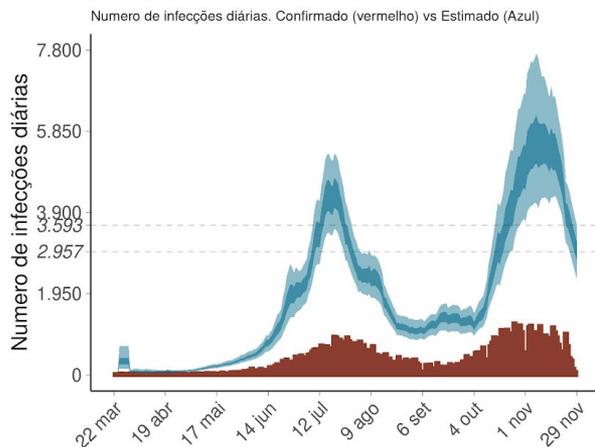
RELATÓRIO_21 / macrorregiões

Resultados do modelo **30/11/2020** para a **macrorregião Grande Florianópolis**

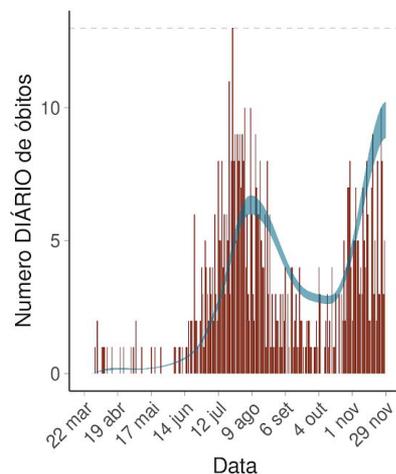
Modelo Imperial College London



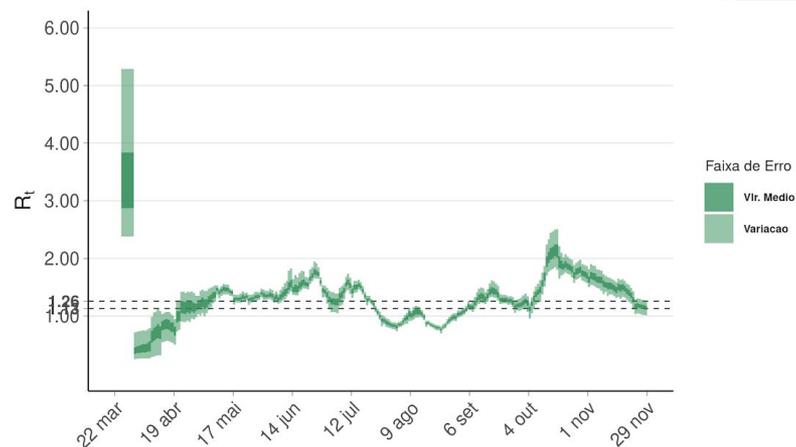
A



B



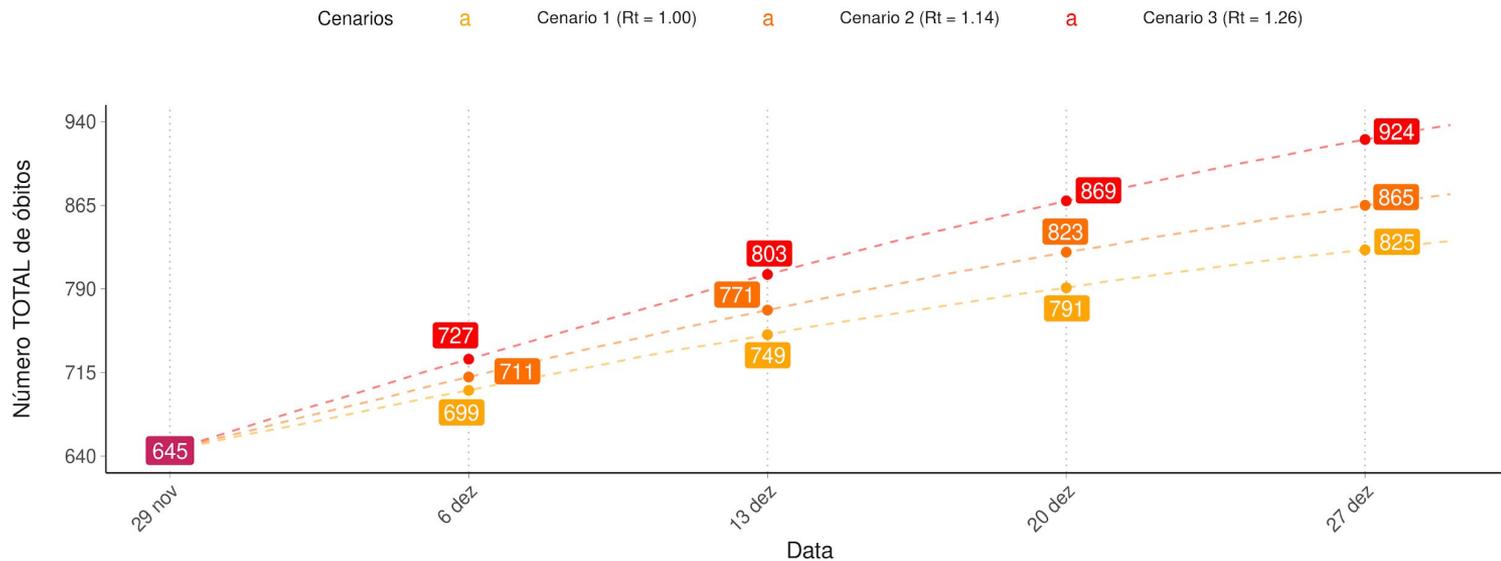
C



Projeção para as **próximas 4 semanas** na **macrorregião Grande Florianópolis**

Modelo Imperial College London

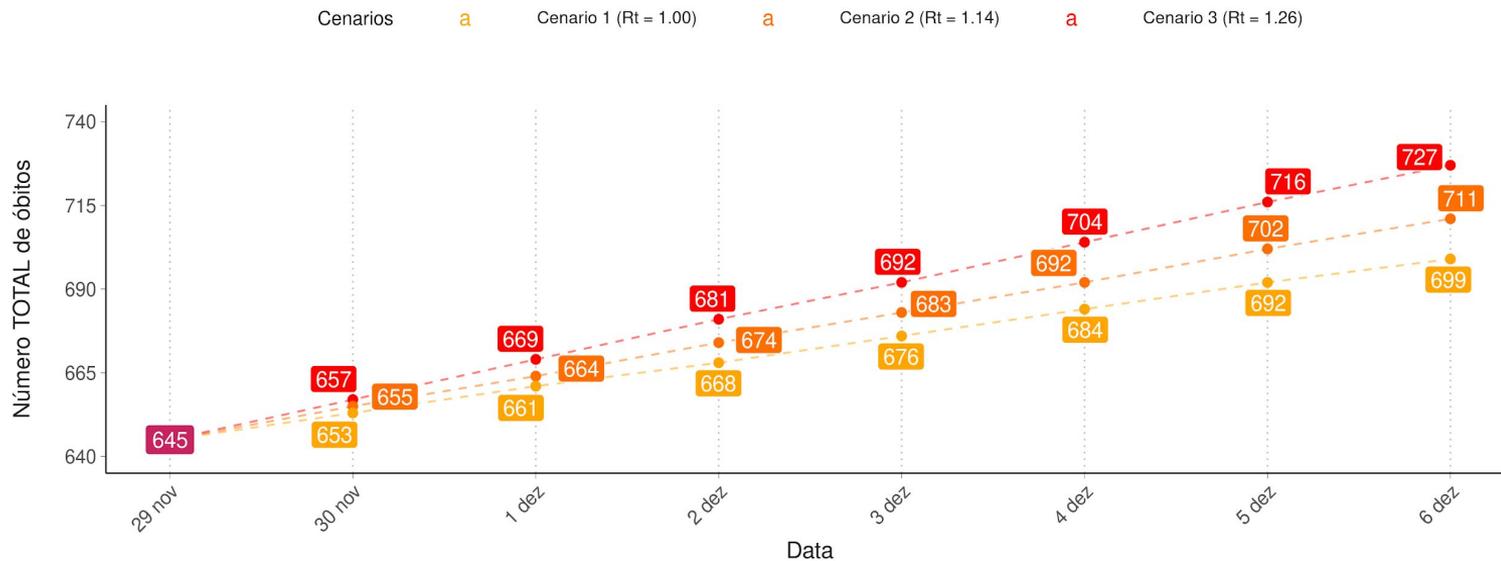
(SC_MAC_GRANDE_FLORIANOPOLIS) Cenários do Modelo do dia 30/11/2020



Projeção para a **próxima semana** na **macrorregião Grande Florianópolis**

Modelo Imperial College London

(SC_MAC_GRANDE_FLORIANOPOLIS) Cenários do Modelo do dia 30/11/2020



GRANDE OESTE

RELATÓRIO_21 / macrorregiões

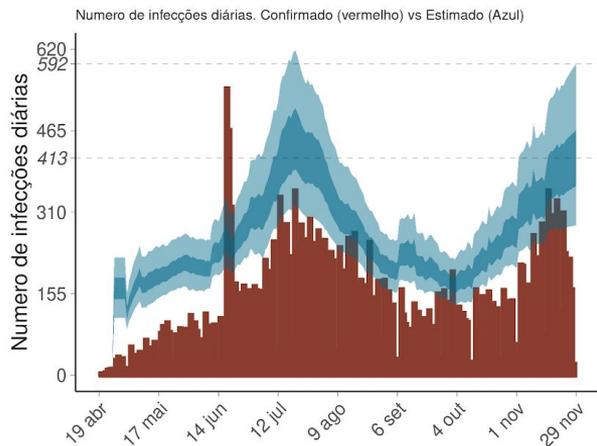


Resultados do modelo **30/11/2020** para a **macrorregião Grande Oeste**

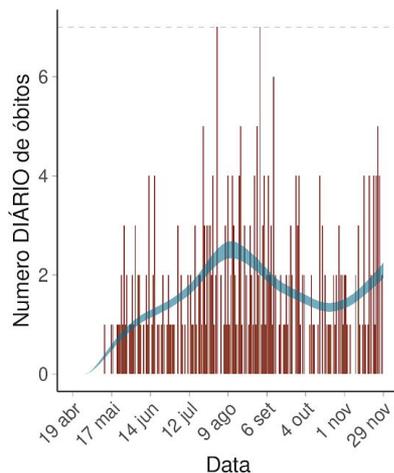
Modelo Imperial College London



A



B

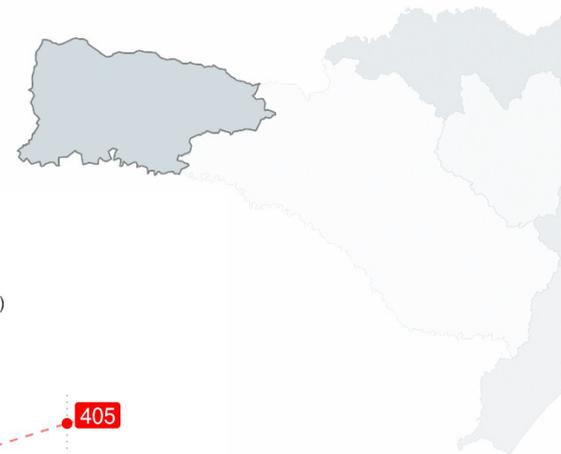


C

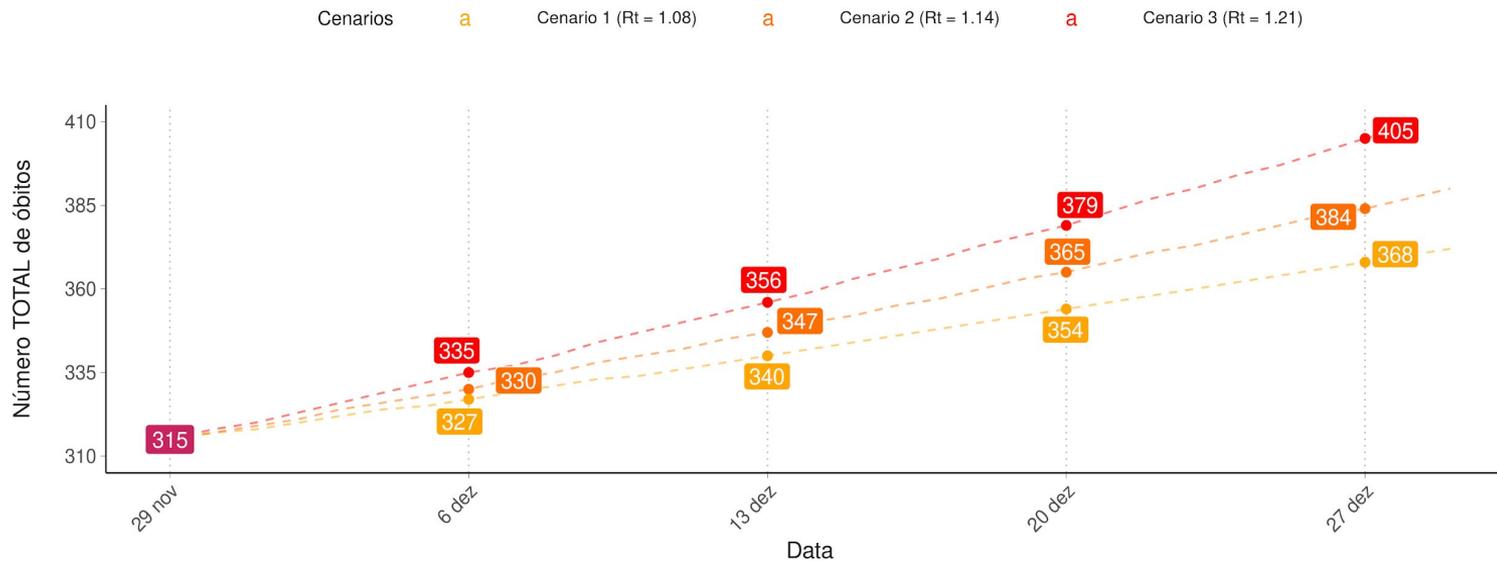


Projeção para as próximas 4 semanas na macrorregião Grande Oeste

Modelo Imperial College London



(SC_MAC_GRANDE_OESTE) Cenários do Modelo do dia 30/11/2020

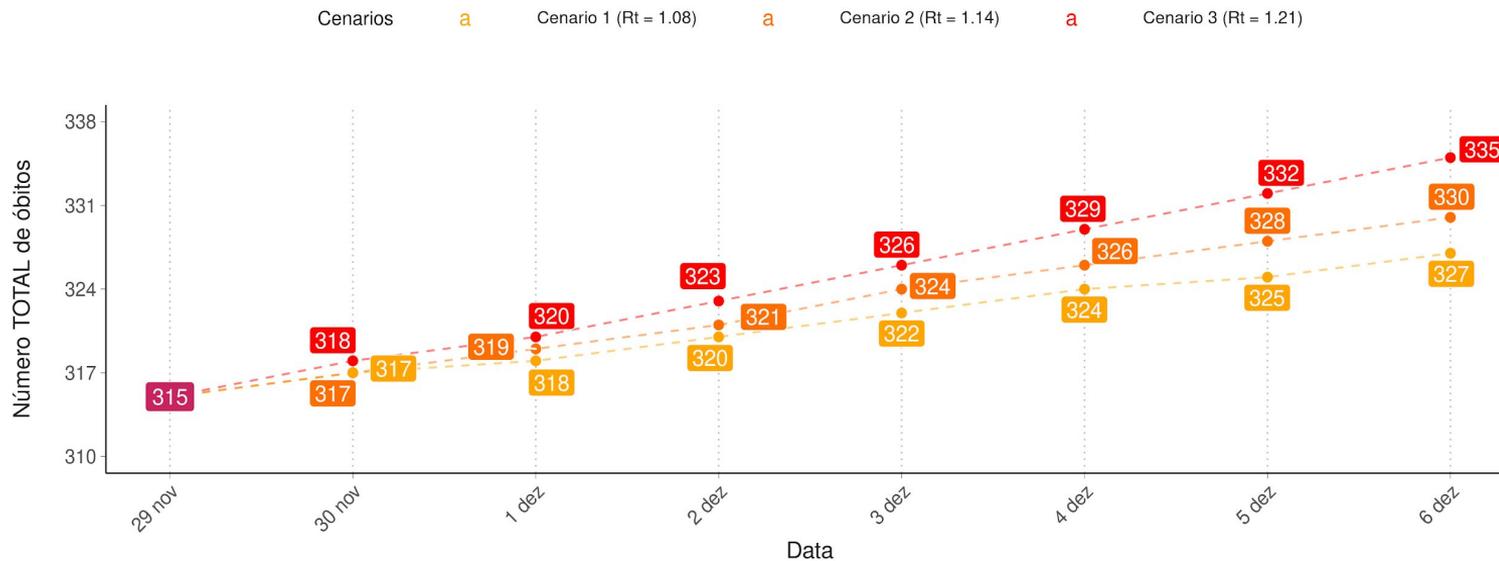


Projeção para a próxima semana na macrorregião Grande Oeste

Modelo Imperial College London



(SC_MAC_GRANDE_OESTE) Cenários do Modelo do dia 30/11/2020



MEIO OESTE E SERRA CATARINENSE

RELATÓRIO_21 / macrorregiões

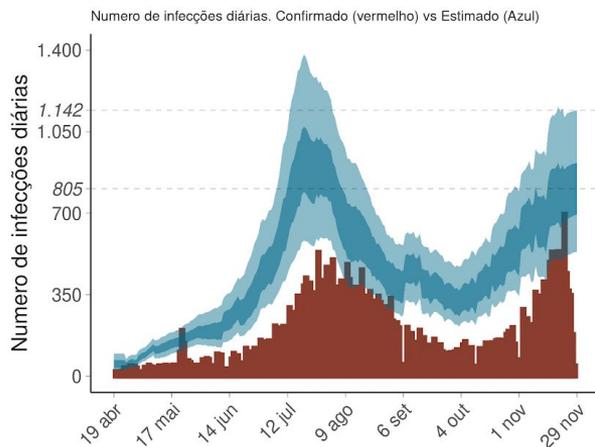


Resultados do modelo **30/11/2020** para a **macrorregião Meio Oeste e Serra Catarinense**

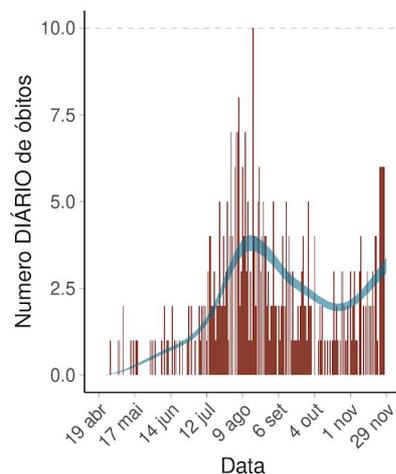
Modelo Imperial College London



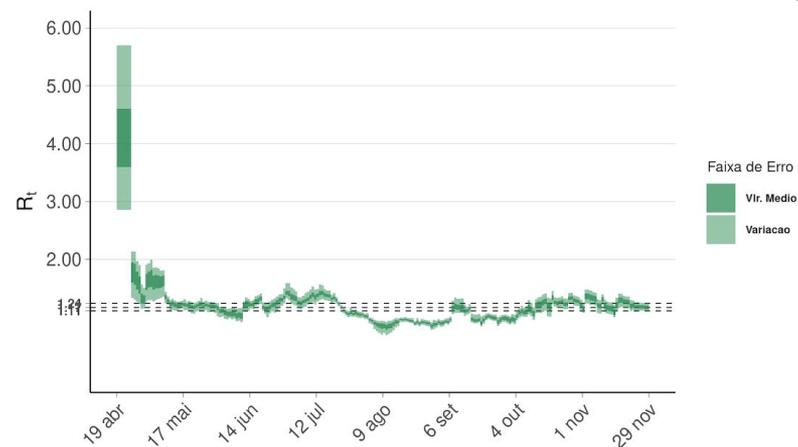
A



B



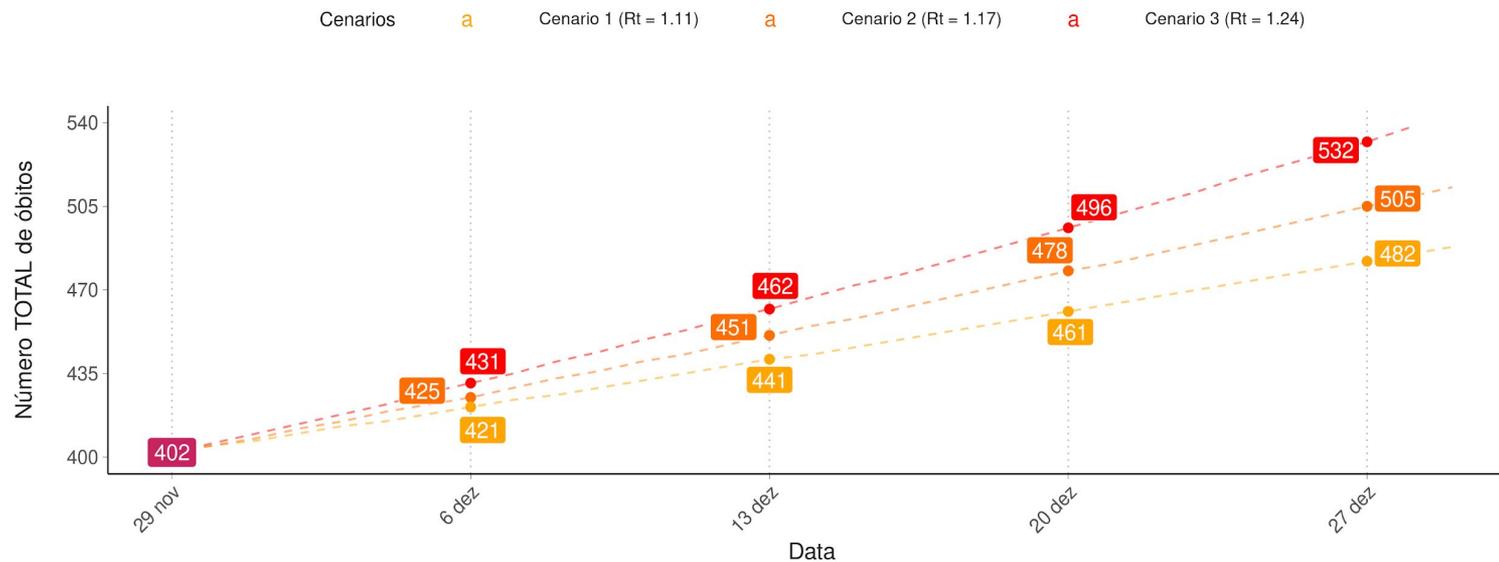
C



Projeção para as próximas 4 semanas na macrorregião Meio Oeste e Serra Catarinense

Modelo Imperial College London

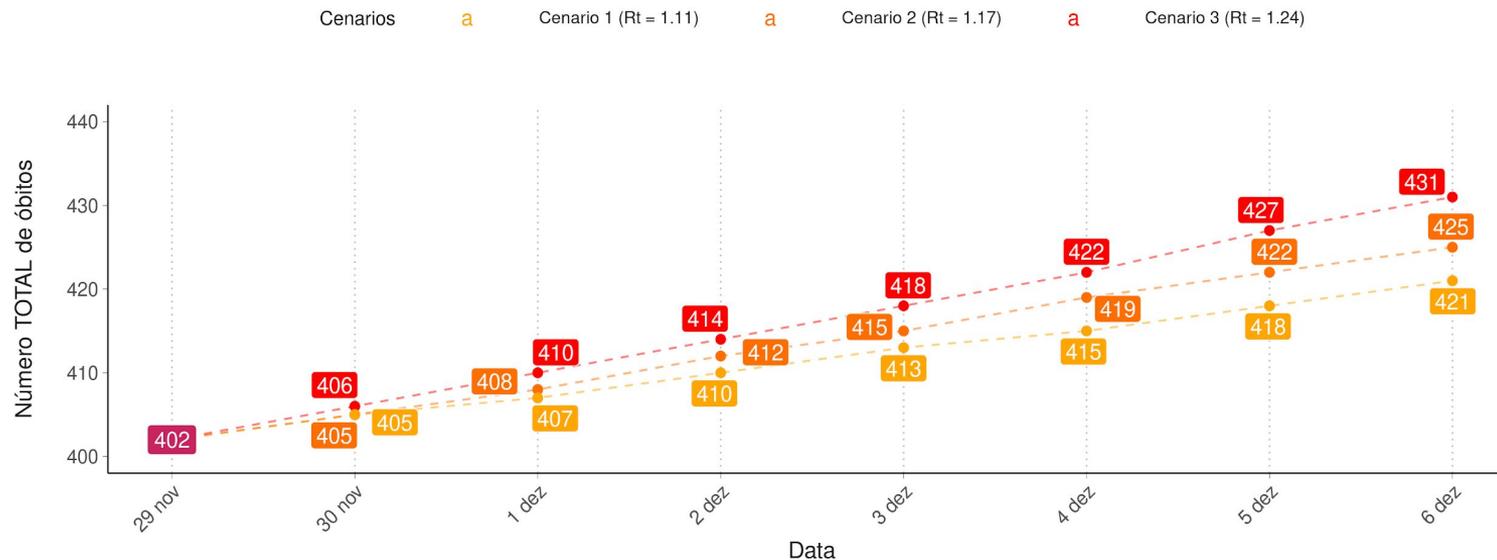
(SC_MAC_MEIO_OESTE_E_SERRA_CATARINENSE) Genários do Modelo do dia 30/11/2020



Projeção para a **próxima semana** na **macrorregião Meio Oeste e Serra Catarinense**

Modelo Imperial College London

(SC_MAC_MEIO_OESTE_E_SERRA_CATARINENSE) Cenários do Modelo do dia 30/11/2020



PLANALTO NORTE E NORDESTE

RELATÓRIO_21 / macrorregiões

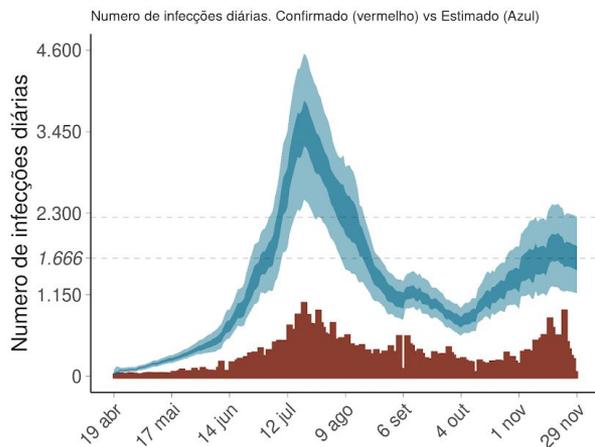
The background of the slide is a dark, blurred image of a financial candlestick chart. The chart shows price movements over time, with a horizontal line drawn across it. The text is overlaid on the left side of the chart.

Resultados do modelo **30/11/2020** para a **macrorregião Planalto Norte e Nordeste**

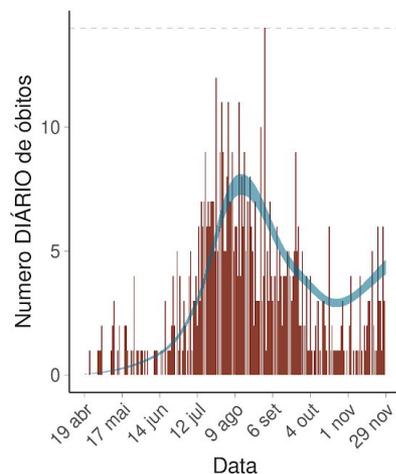
Modelo Imperial College London



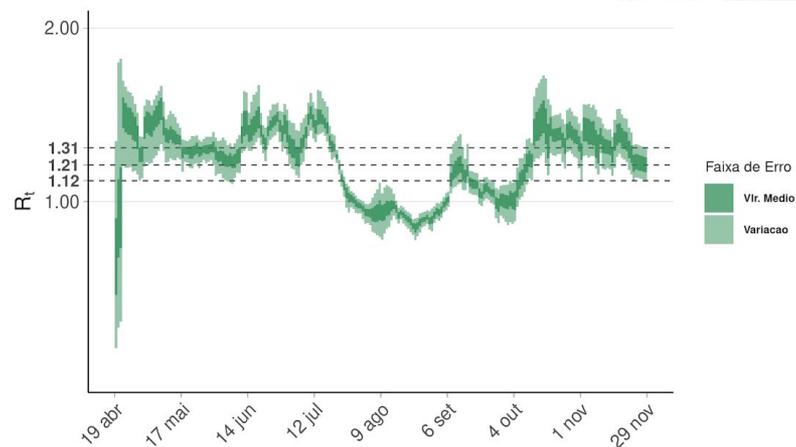
A



B



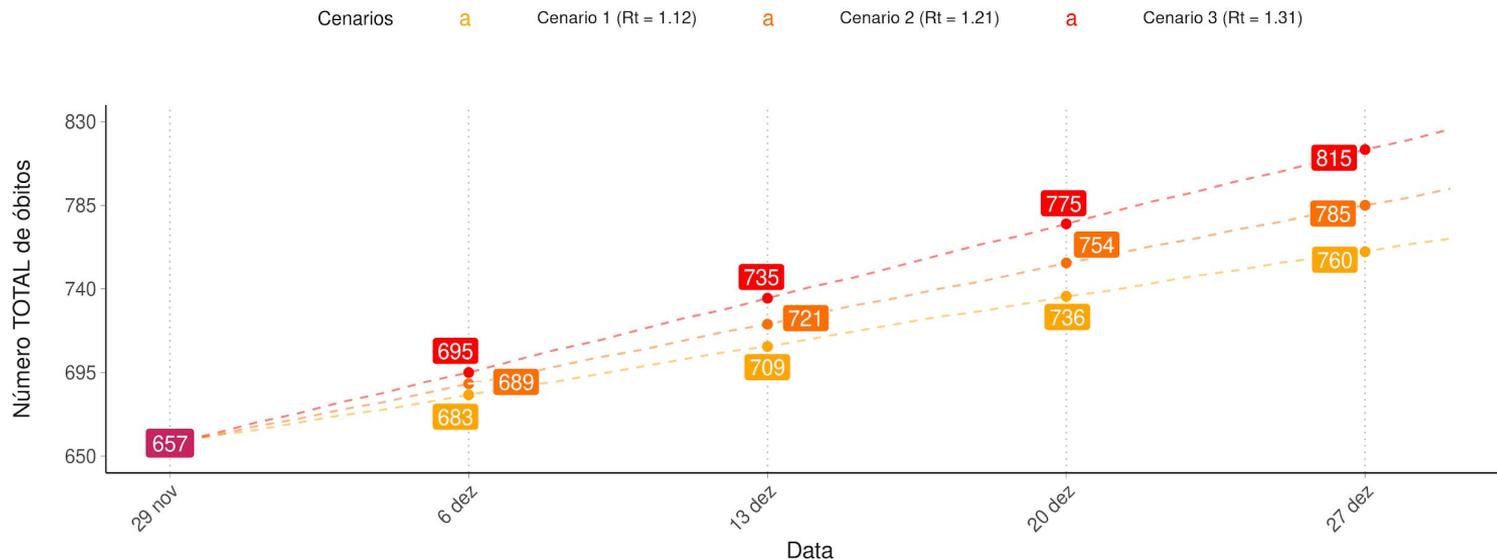
C



Projeção para as **próximas 4 semanas** na **macrorregião Planalto Norte e Nordeste**

Modelo Imperial College London

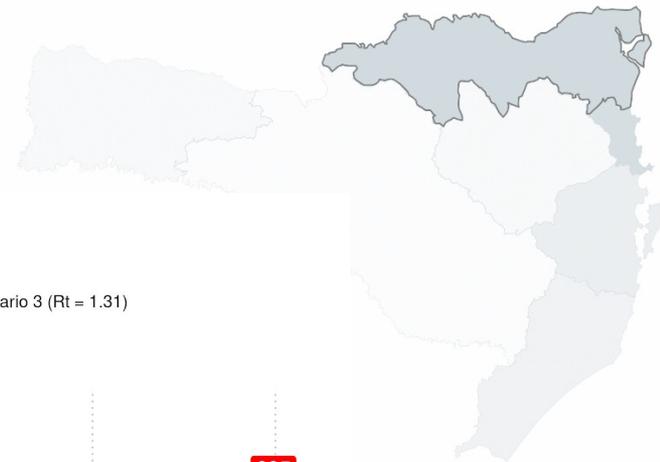
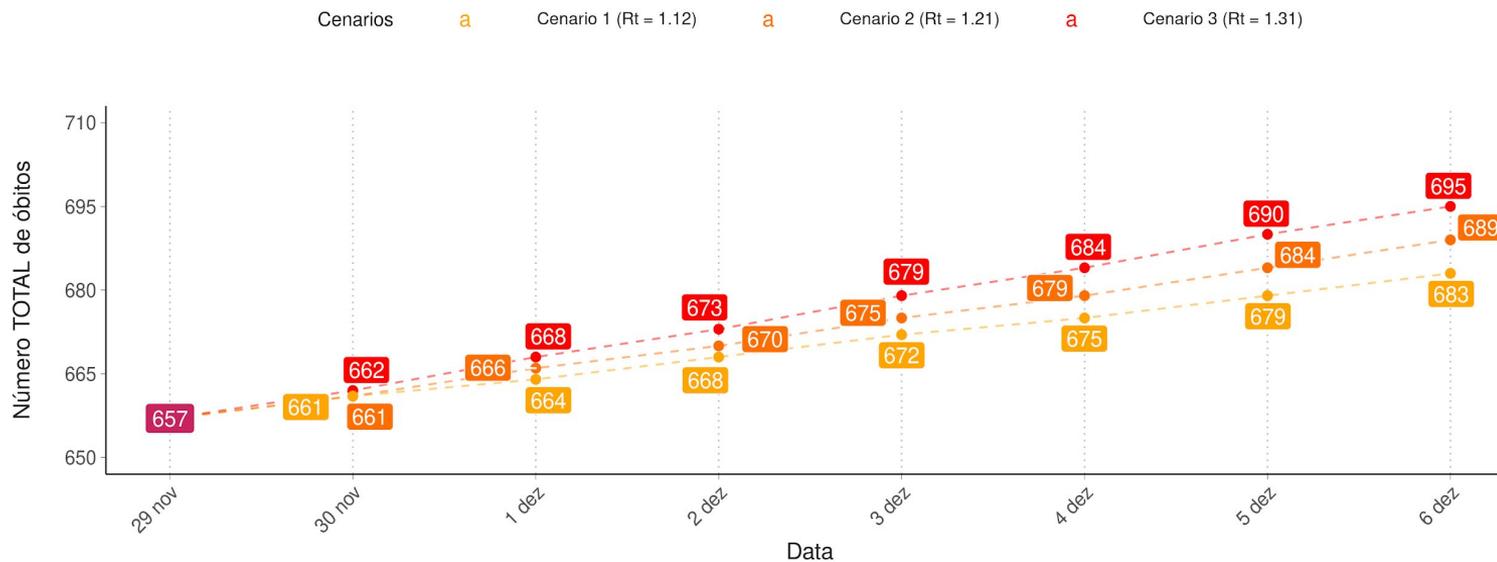
(SC_MAC_PLANALTO_NORTE_E_NORDESTE) Cenários do Modelo do dia 30/11/2020



Projeção para a próxima semana na macrorregião Planalto Norte e Nordeste

Modelo Imperial College London

(SC_MAC_PLANALTO_NORTE_E_NORDESTE) Cenários do Modelo do dia 30/11/2020



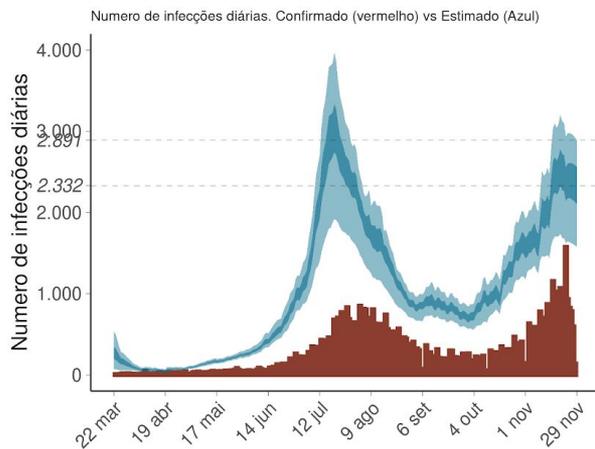
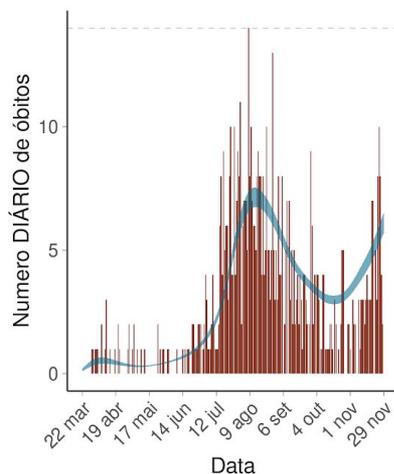
SUL

RELATÓRIO_21 / macrorregiões



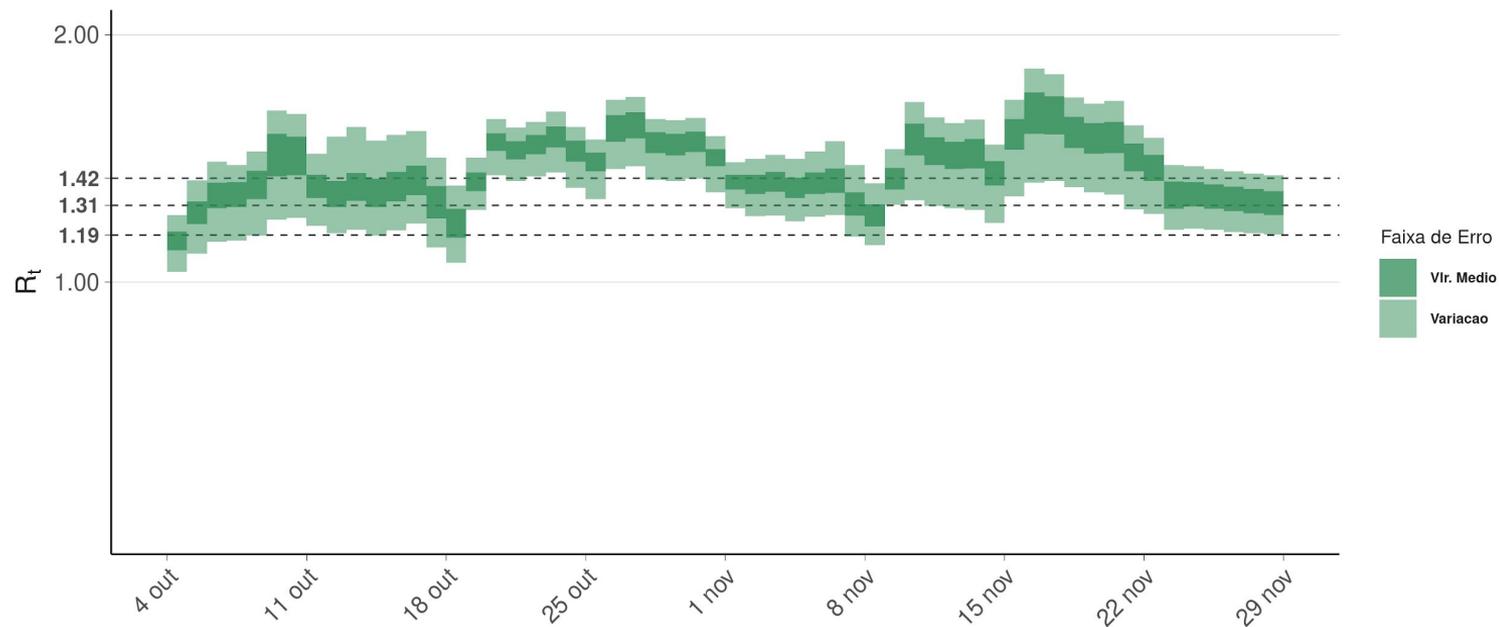
Resultados do modelo **30/11/2020** para a **macrorregião Sul**

Modelo Imperial College London

**A****B****C**

Projeção do R_t nas últimas 8 semanas na macrorregião Sul

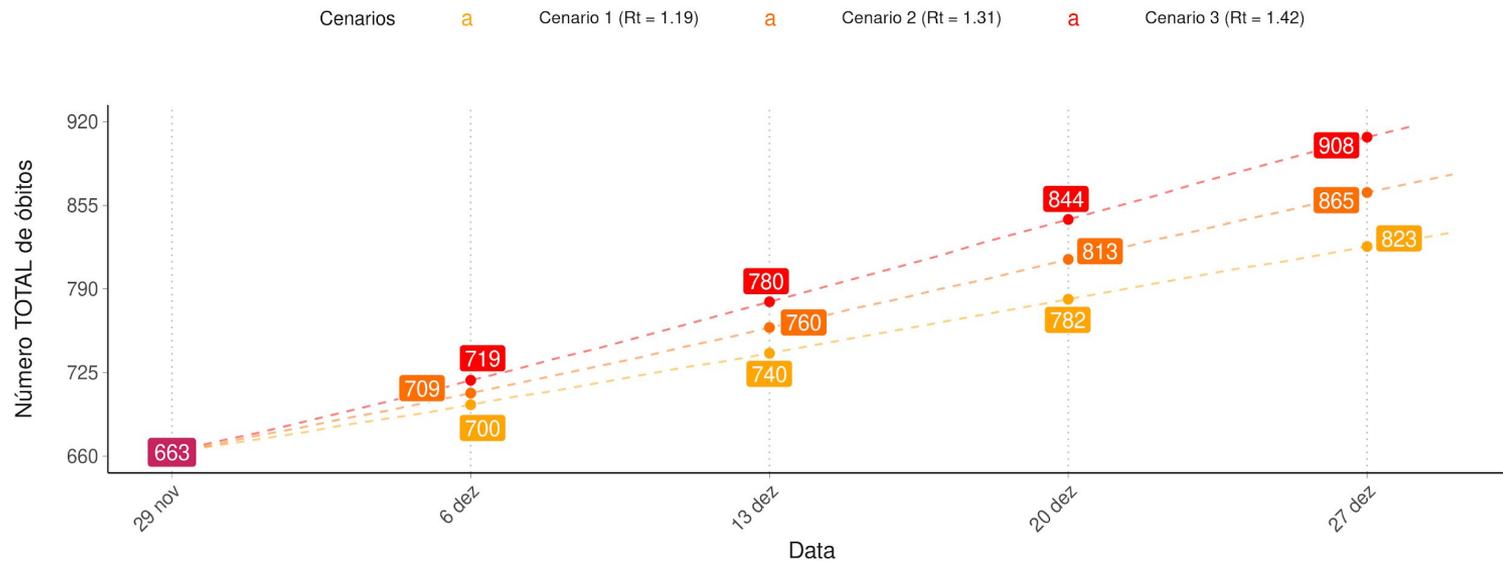
Modelo Imperial College London



Projeção para as **próximas 4 semanas** na **macrorregião Sul**

Modelo Imperial College London

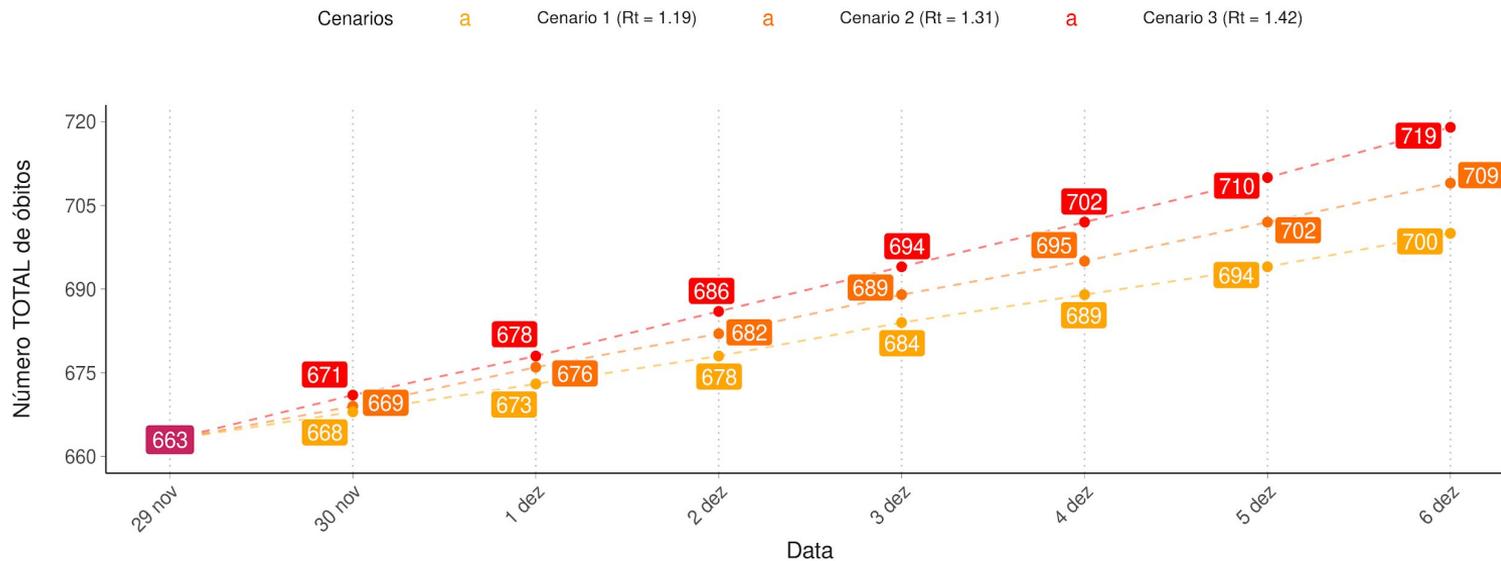
(SC_MAC_SUL) Cenários do Modelo do dia 30/11/2020



Projeção para a próxima semana na macrorregião Sul

Modelo Imperial College London

(SC_MAC_SUL) Cenários do Modelo do dia 30/11/2020



MUNICÍPIOS

RELATÓRIO_21

The background of the slide is a dark, blurred image of a financial candlestick chart. The chart shows price fluctuations over time, with a prominent horizontal line drawn across it, likely representing a moving average or a support/resistance level. The overall aesthetic is professional and data-oriented.

OBSERVAÇÕES SOBRE MUNICÍPIOS

Principais **pontos de atenção**:

- **Chapecó** e **Lages** ficaram próximos do **Cenário 3** da semana passada, **Itajaí** ficou equidistante dos Cenários 2 e 3, **Joinville** ficou próximo do Cenário 1, e os outros municípios analisados ficaram próximos do Cenário 2.
- Caso a tendência do Cenário 2 seja seguida, poderá haver na **próxima semana**:
 - 15 novos óbitos em Blumenau
 - 7 novos óbitos em Chapecó (9 no Cenário 3)
 - 10 novos óbitos em Criciúma
 - 31 novos óbitos em Florianópolis
 - 8 novos óbitos em Itajaí (10 no Cenário 3)
 - 16 novos óbitos em Joinville
 - 10 novos óbitos em Lages (13 no Cenário 3)
- No total, podem haver **438 novos óbitos nas próximas 4 semanas** nos municípios supracitados se o Cenário 2 for seguido.
- As projeções para os municípios são independentes de suas macrorregiões. Assim, a soma da projeção de óbitos poderá não condizer exatamente com a previsão para as macrorregiões, vista nos slides anteriores.
- Caso o Cenário 3 se concretize, o número total de óbitos do município de Florianópolis pode quase dobrar até o final do ano.



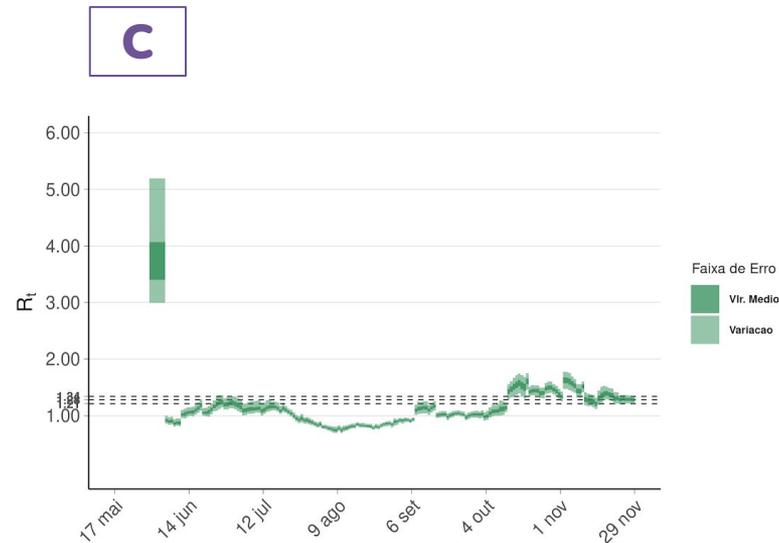
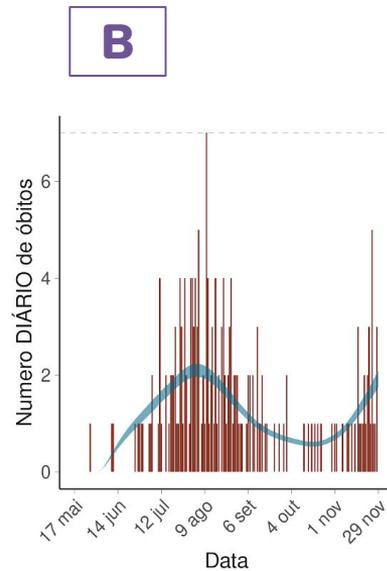
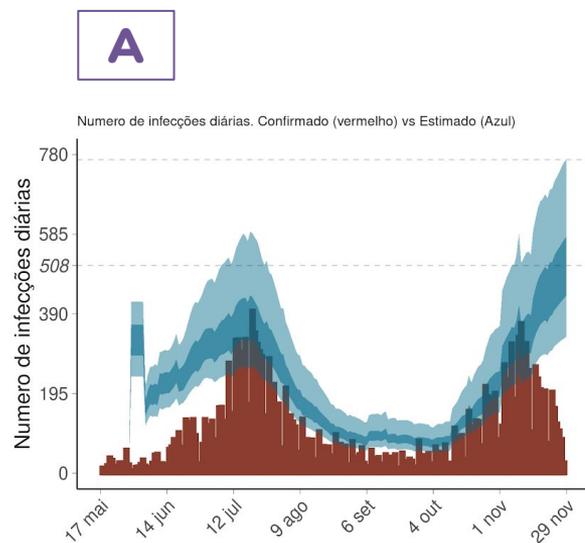
BLUMENAU

RELATÓRIO_21 / municípios



Resultados do modelo **30/11/2020** para o **município de Blumenau**

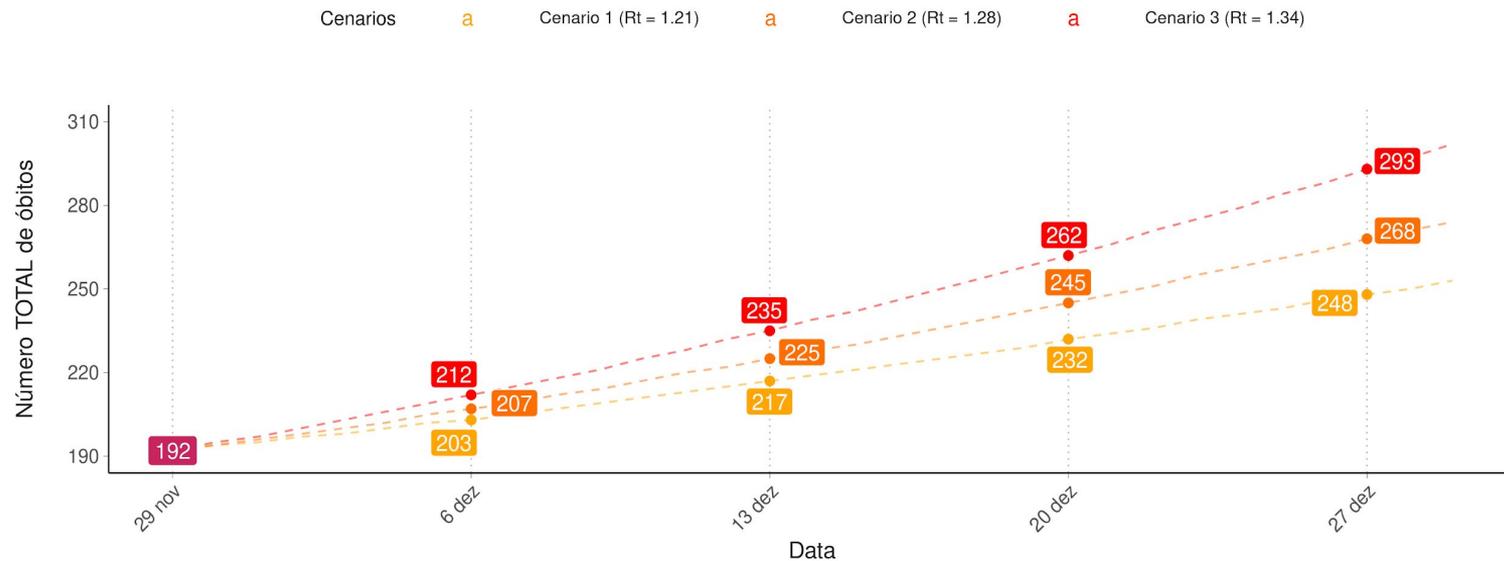
Modelo Imperial College London



Projeção para as próximas 4 semanas no município de Blumenau

Modelo Imperial College London

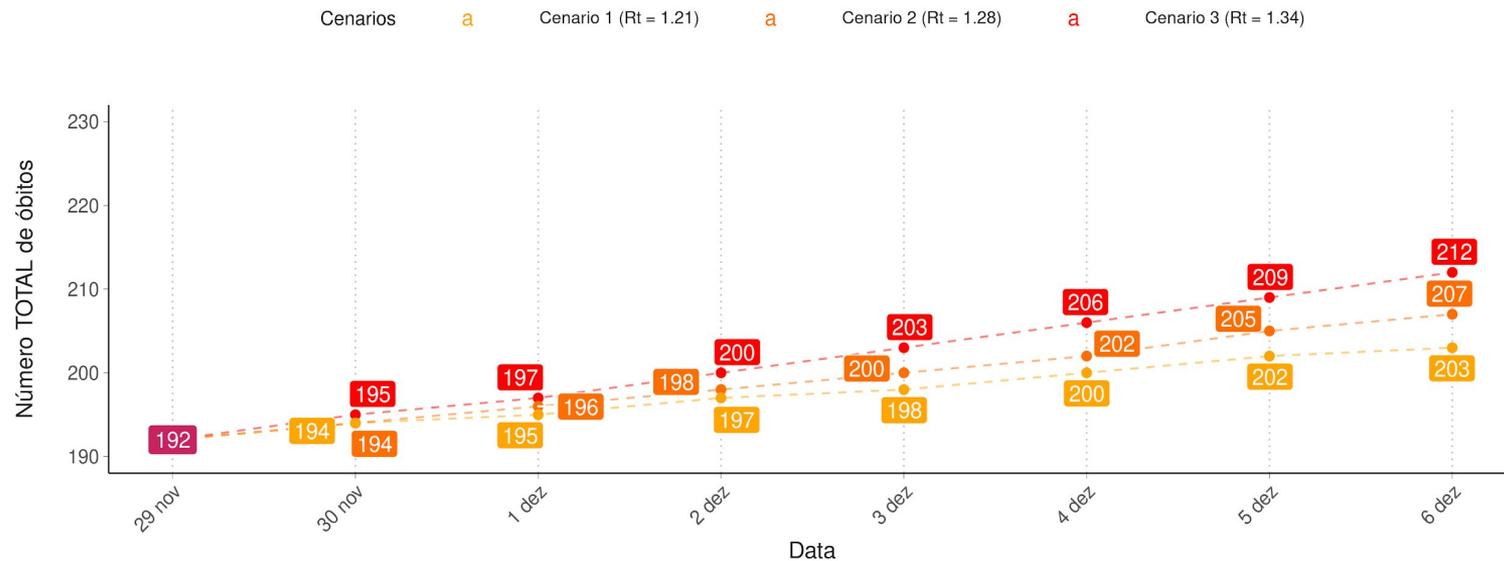
(SC_MUN_BLUMENAU) Cenários do Modelo do dia 30/11/2020



Projeção para a próxima semana no município de Blumenau

Modelo Imperial College London

(SC_MUN_BLUMENAU) Cenários do Modelo do dia 30/11/2020



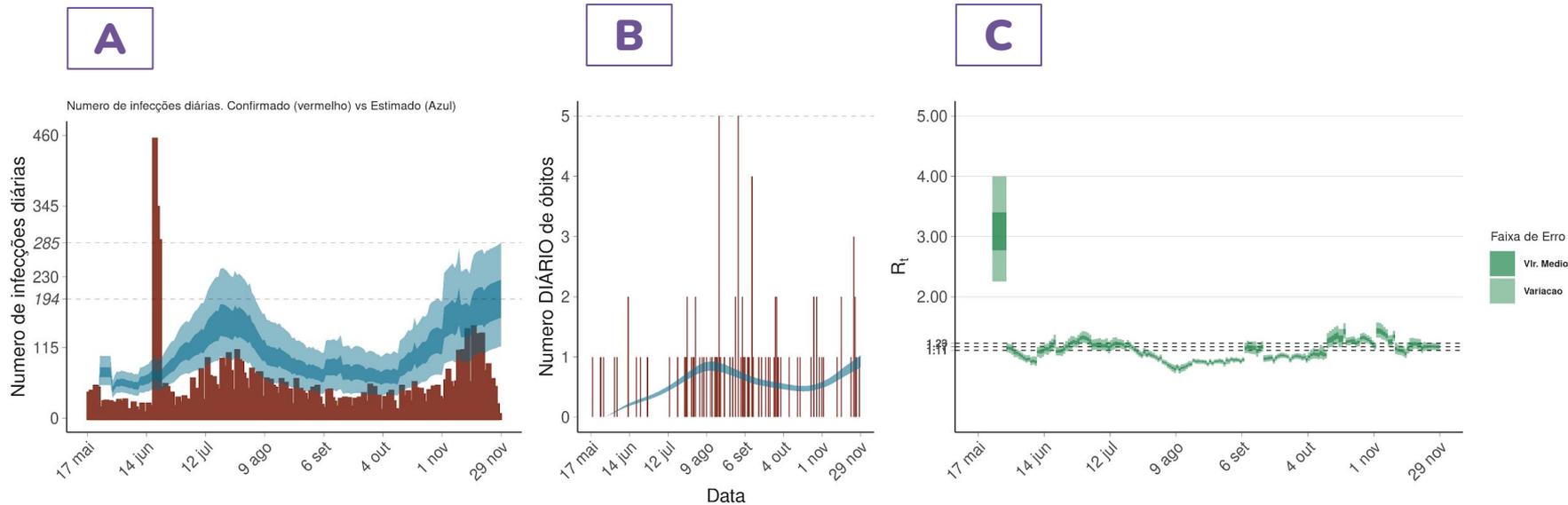
CHAPECÓ

RELATÓRIO_21 / municípios



Resultados do modelo **30/11/2020** para o **município de Chapecó**

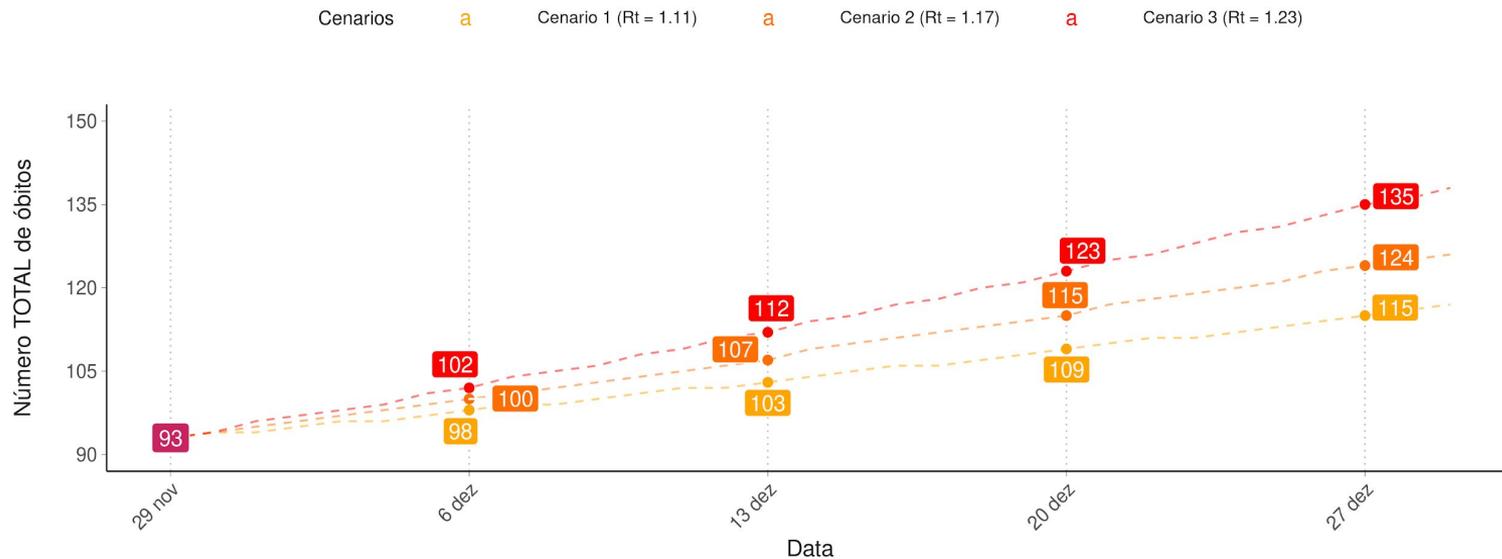
Modelo Imperial College London



Projeção para as próximas 4 semanas no município de Chapecó

Modelo Imperial College London

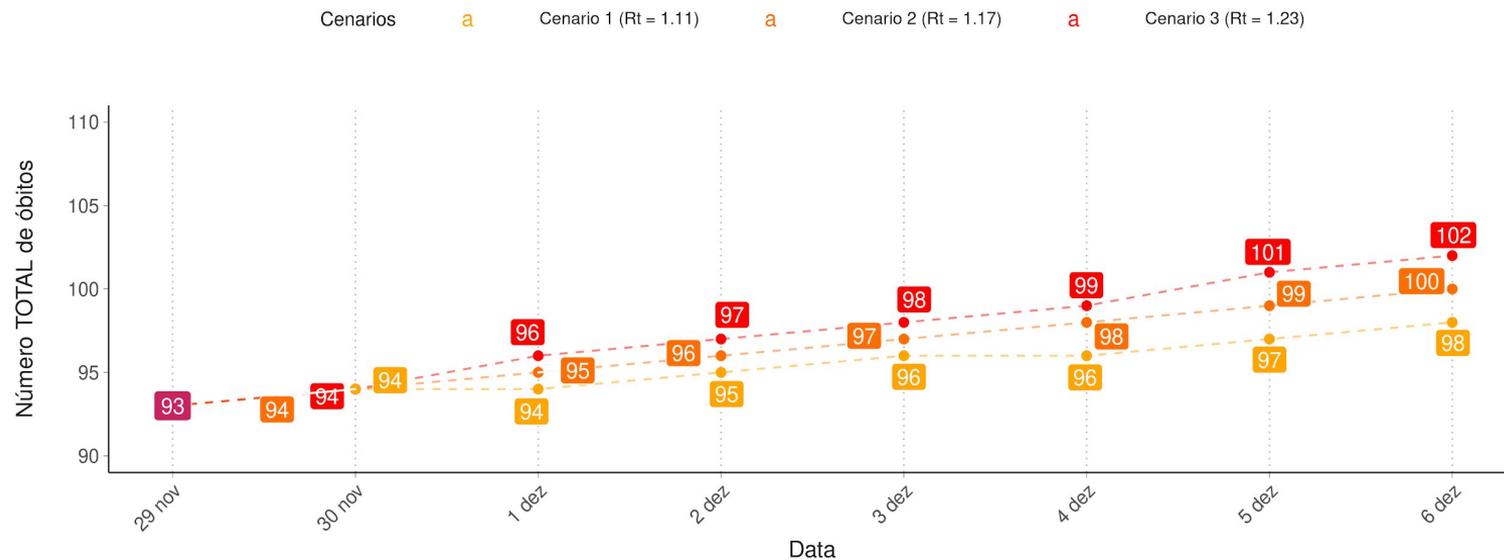
(SC_MUN_CHAPECO) Cenários do Modelo do dia 30/11/2020



Projeção para a **próxima semana** no município de Chapecó

Modelo Imperial College London

(SC_MUN_CHAPECO) Cenários do Modelo do dia 30/11/2020



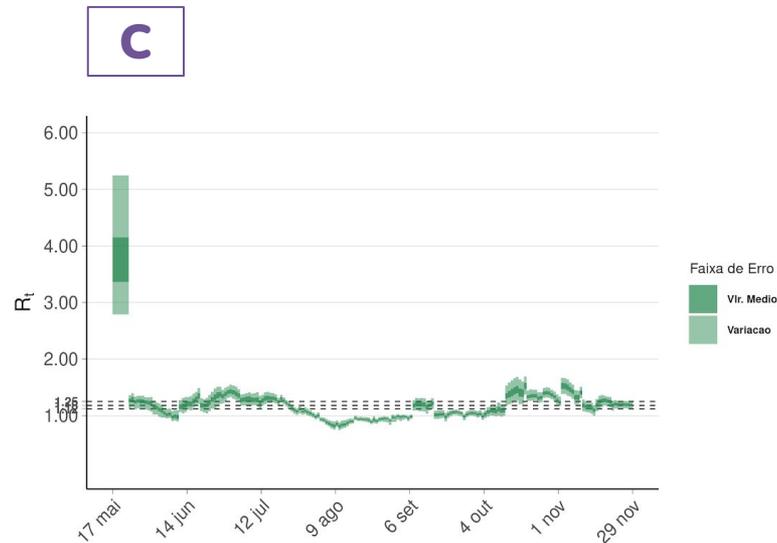
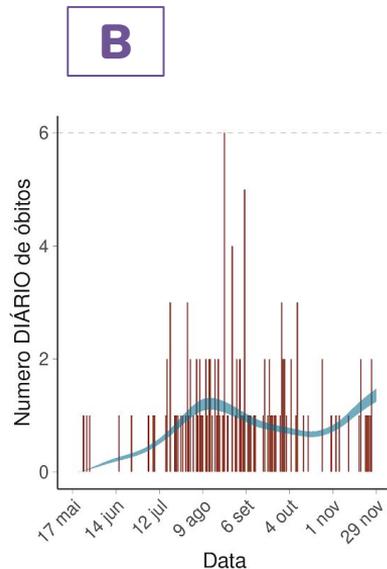
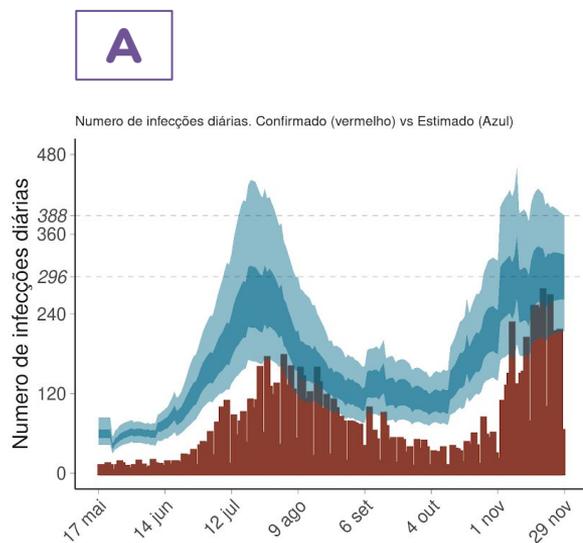
CRICIÚMA

RELATÓRIO_21 / municípios



Resultados do modelo **30/11/2020** para o **município de Criciúma**

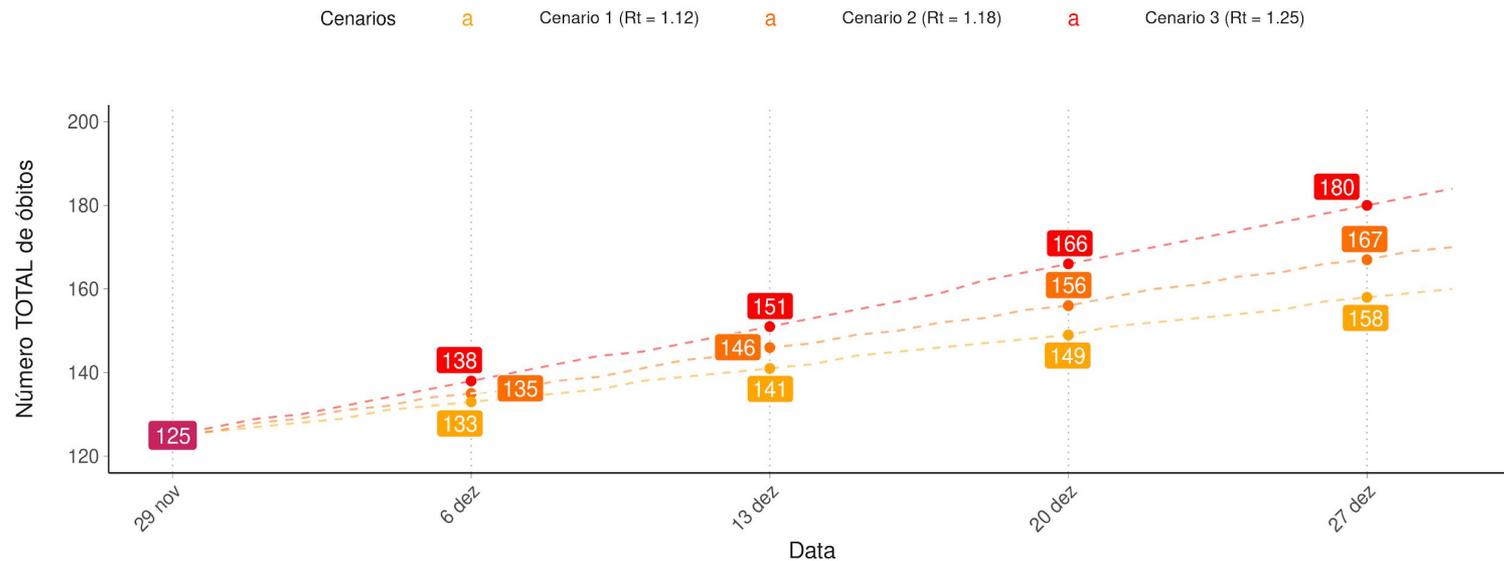
Modelo Imperial College London



Projeção para as próximas 4 semanas no município de Criciúma

Modelo Imperial College London

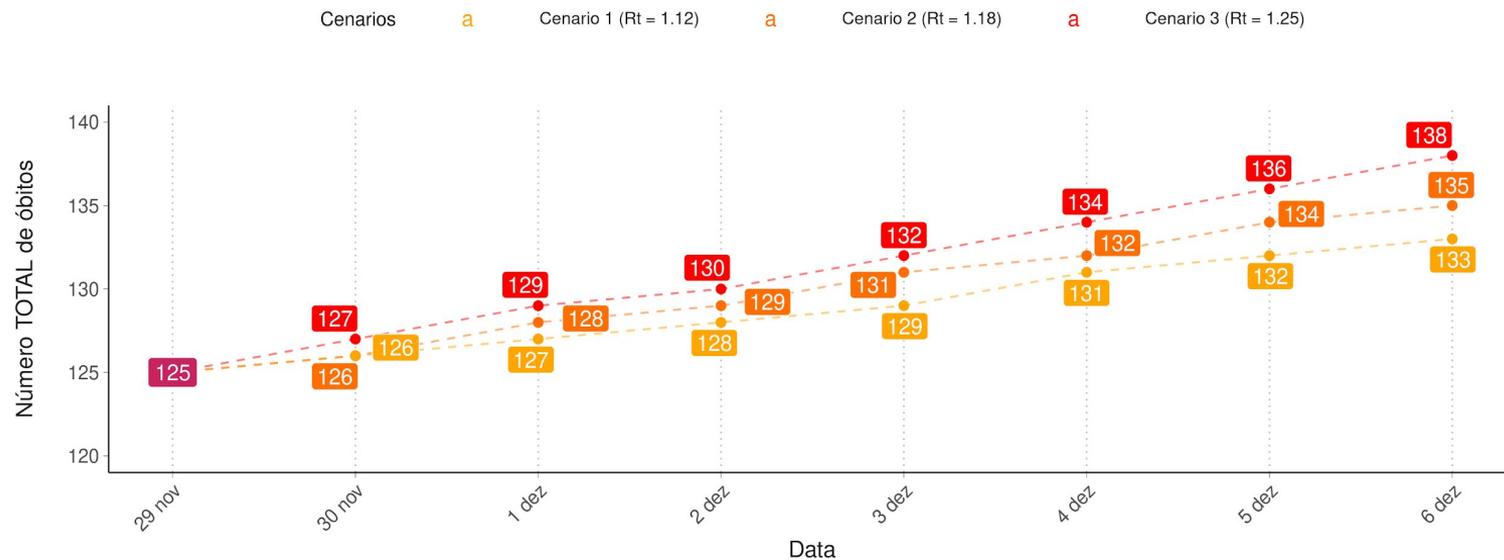
(SC_MUN_CRICIUMA) Cenários do Modelo do dia 30/11/2020



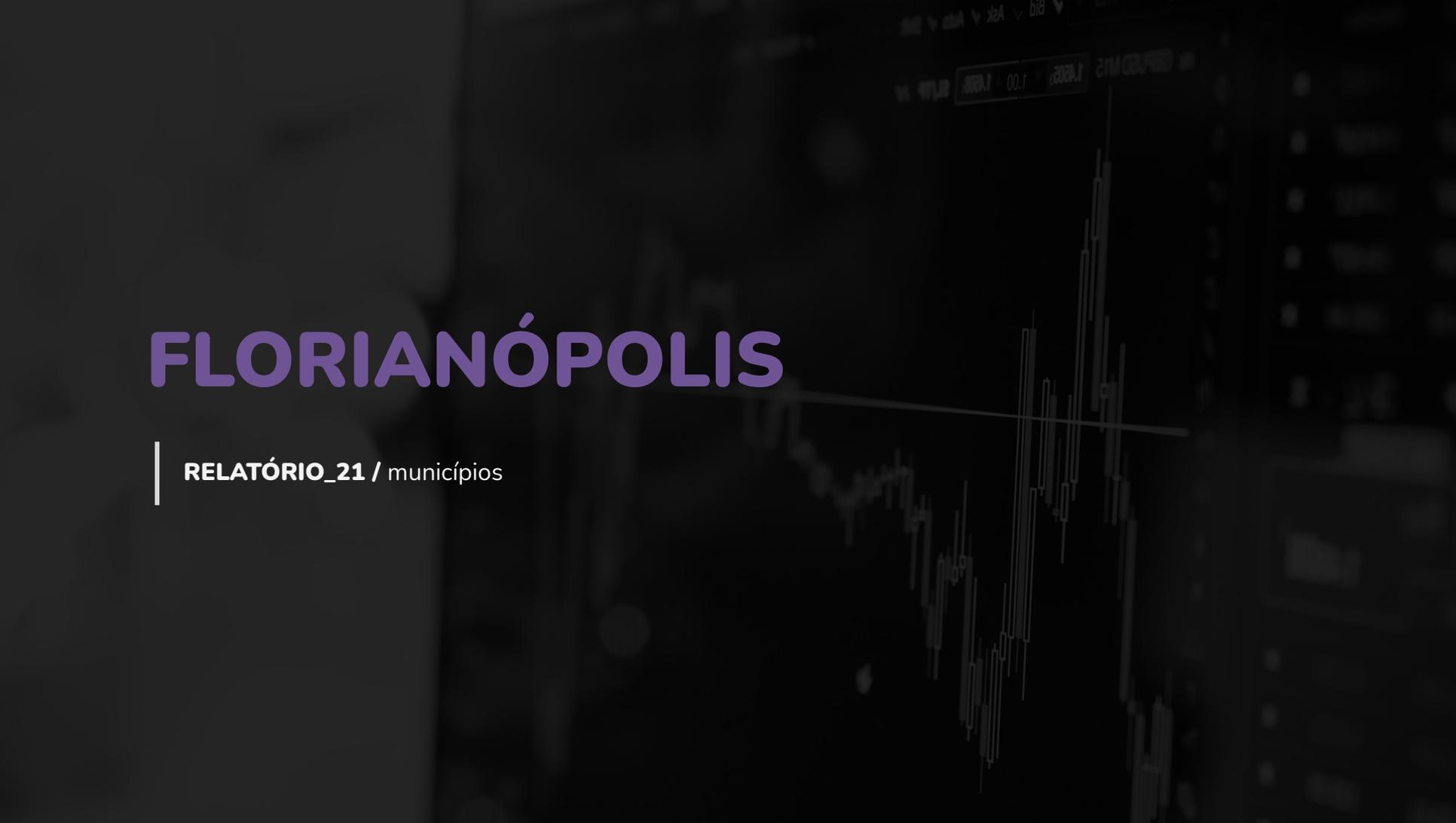
Projeção para a próxima semana no município de Criciúma

Modelo Imperial College London

(SC_MUN_CRICIUMA) Cenários do Modelo do dia 30/11/2020



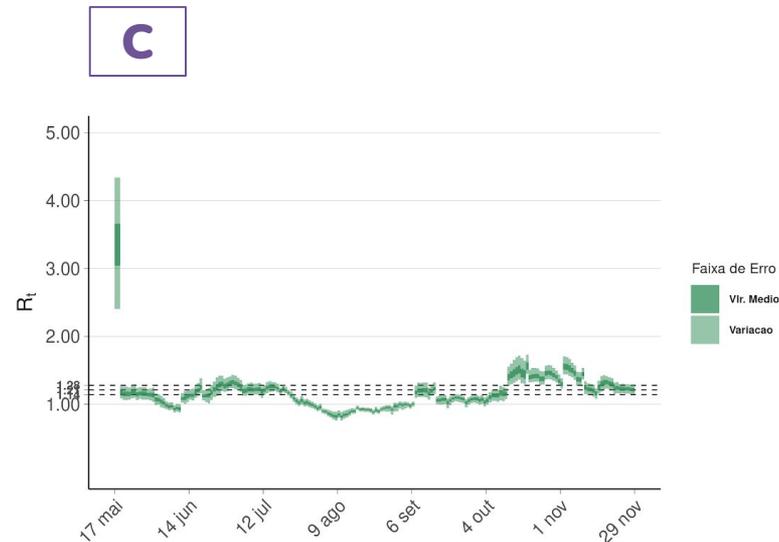
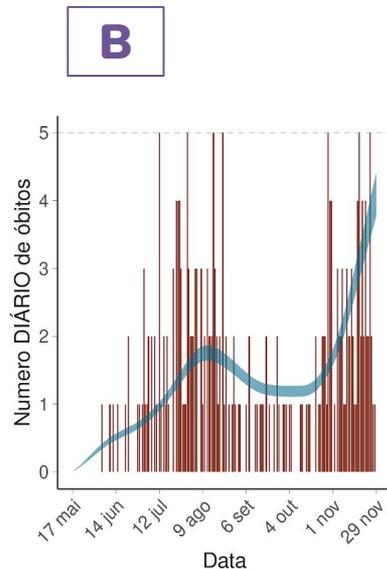
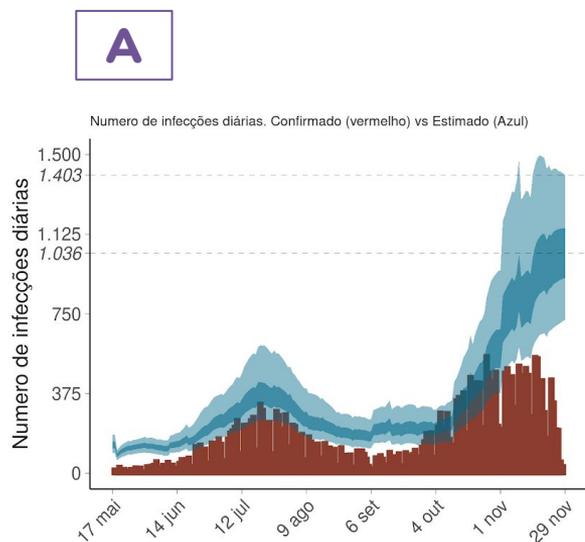
FLORIANÓPOLIS

The background of the page is a dark, blurred image of a financial candlestick chart. The chart shows price fluctuations over time, with a horizontal line drawn across it. The text is overlaid on this background.

RELATÓRIO_21 / municípios

Resultados do modelo **30/11/2020** para o **município de Florianópolis**

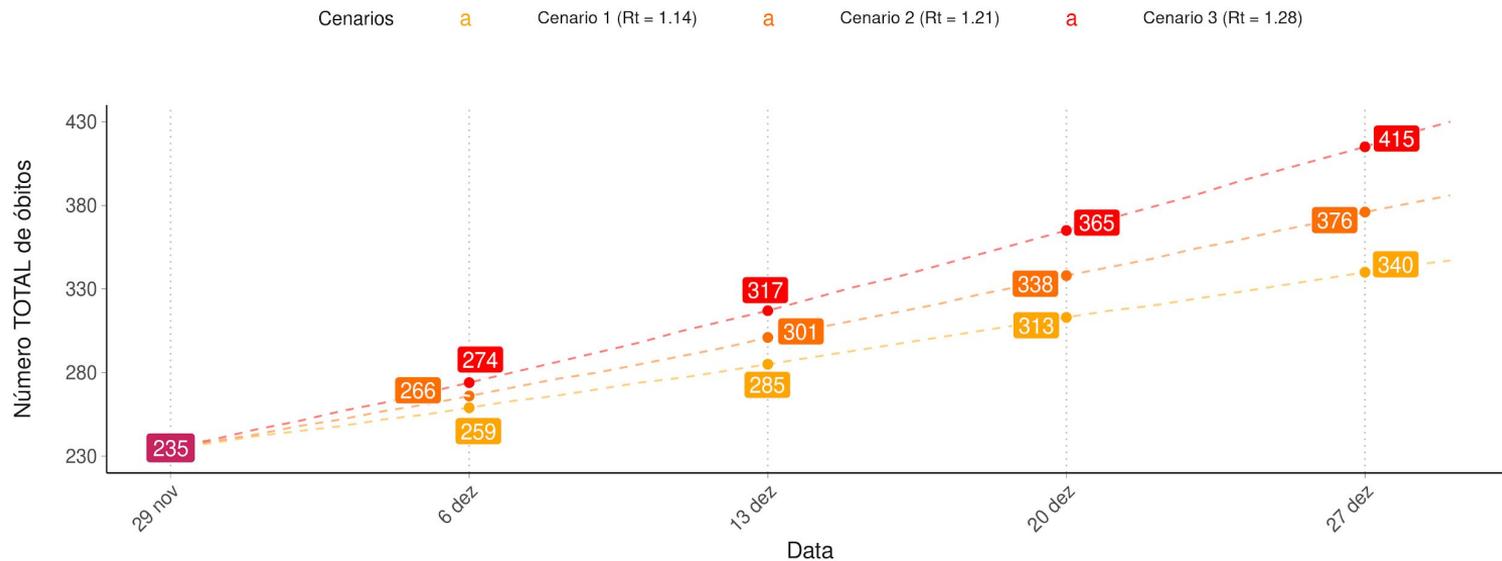
Modelo Imperial College London



Projeção para as próximas 4 semanas no município de Florianópolis

Modelo Imperial College London

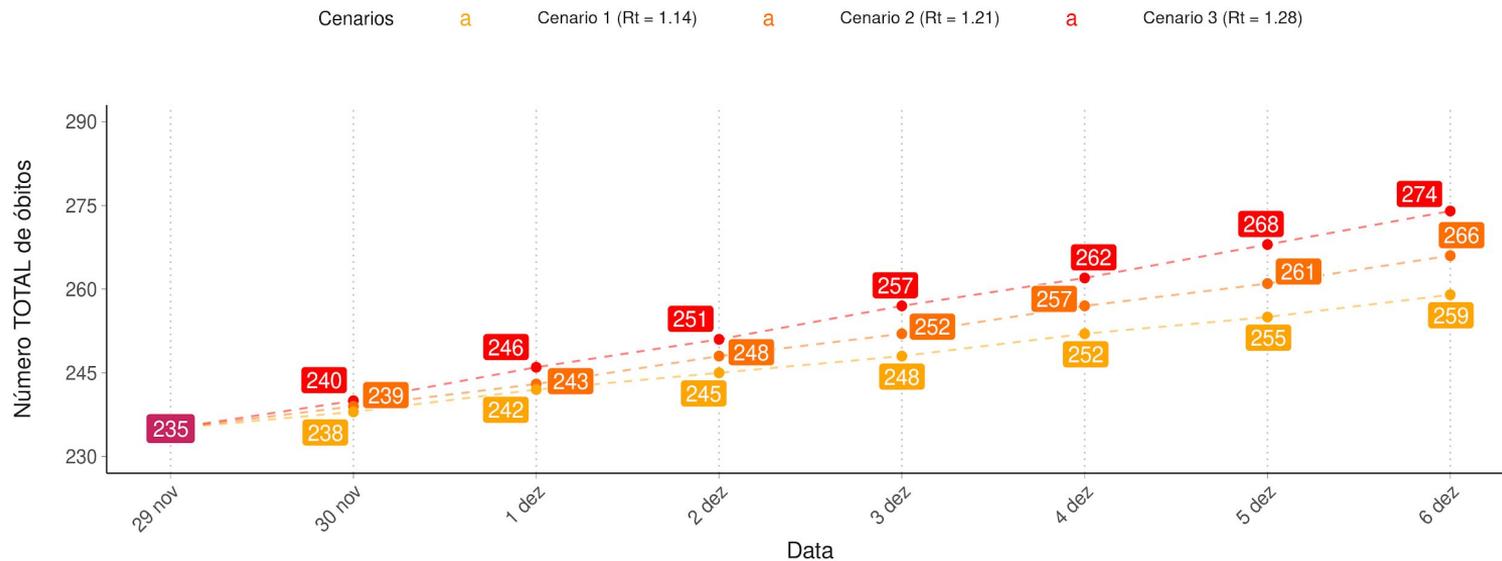
(SC_MUN_FLORIANOPOLIS) Cenários do Modelo do dia 30/11/2020



Projeção para a próxima semana no município de Florianópolis

Modelo Imperial College London

(SC_MUN_FLORIANOPOLIS) Cenários do Modelo do dia 30/11/2020



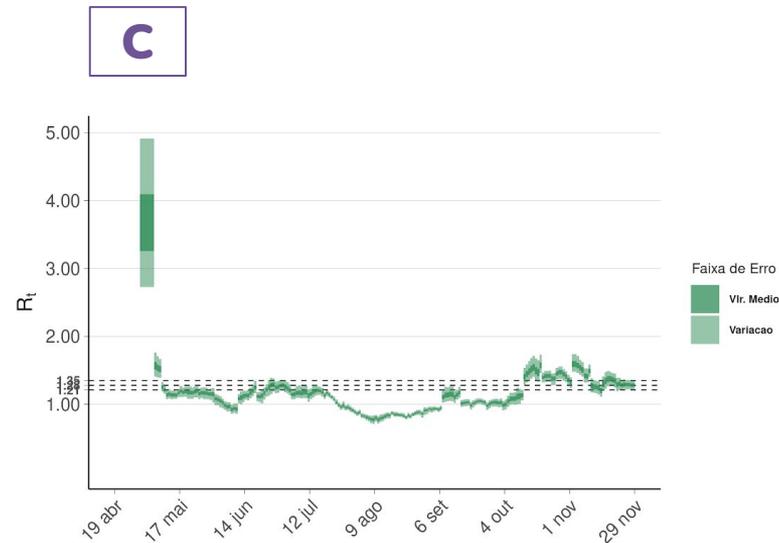
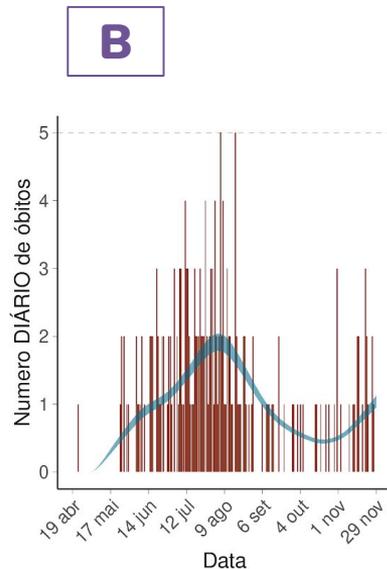
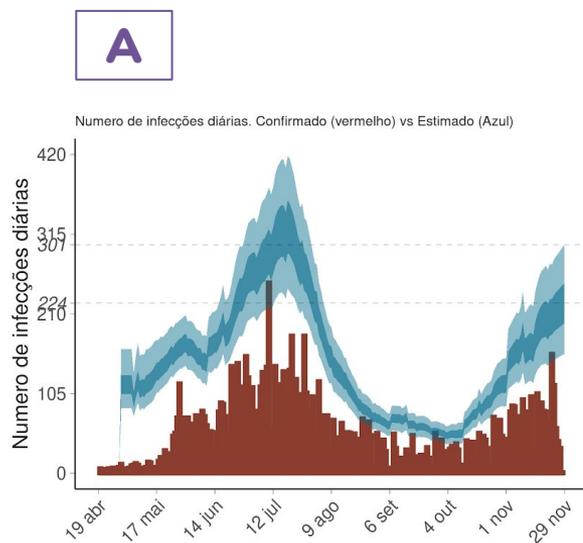
ITAJAÍ

RELATÓRIO_21 / municípios



Resultados do modelo **30/11/2020** para o **município de Itajaí**

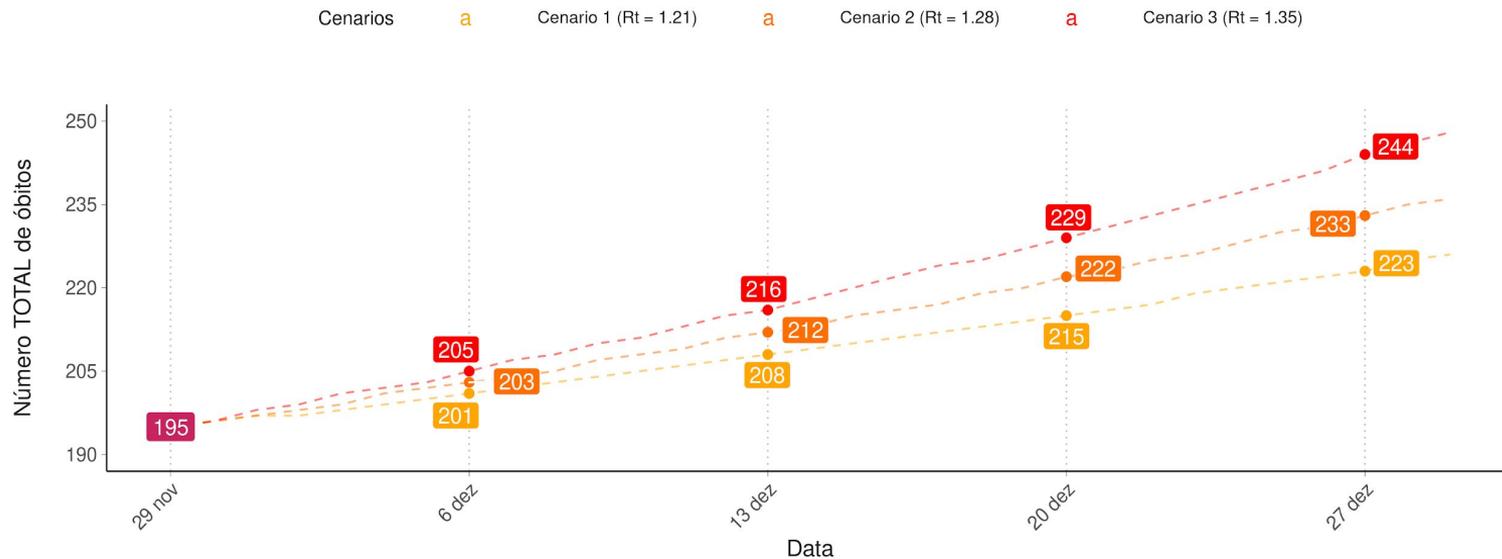
Modelo Imperial College London



Projeção para as próximas 4 semanas no município de Itajaí

Modelo Imperial College London

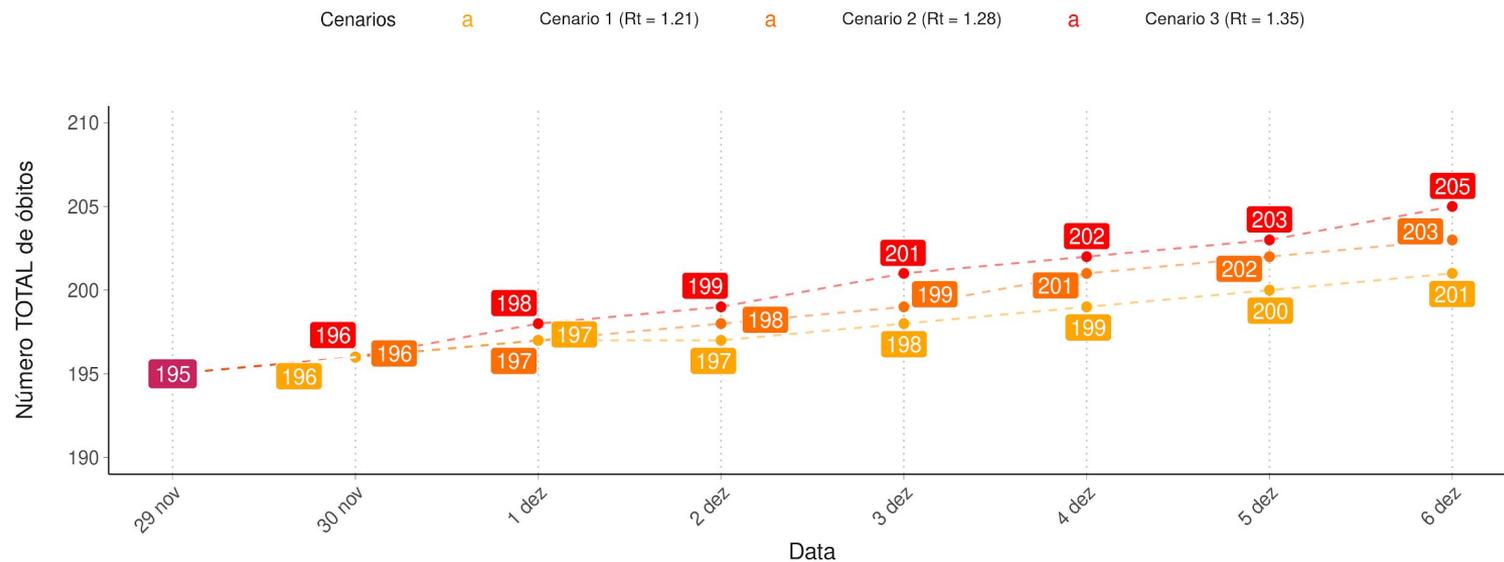
(SC_MUN_ITAJAI) Cenários do Modelo do dia 30/11/2020



Projeção para a **próxima semana** no **município de Itajaí**

Modelo Imperial College London

(SC_MUN_ITAJAI) Cenários do Modelo do dia 30/11/2020



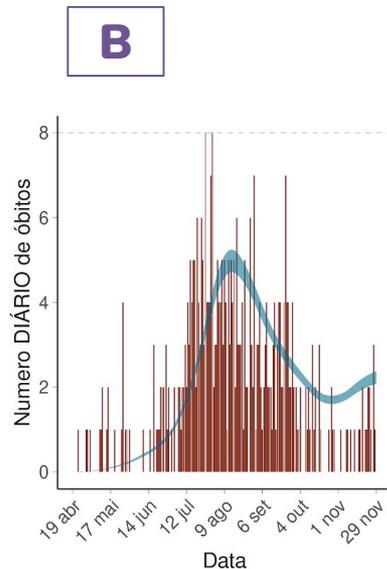
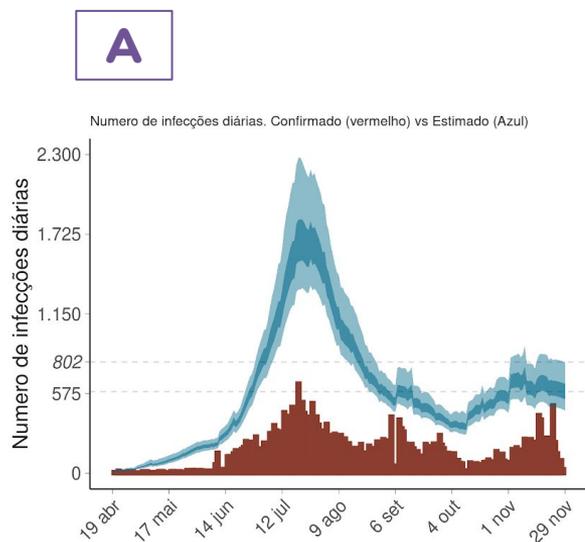
JOINVILLE

RELATÓRIO_21 / municípios



Resultados do modelo **30/11/2020** para o município de Joinville

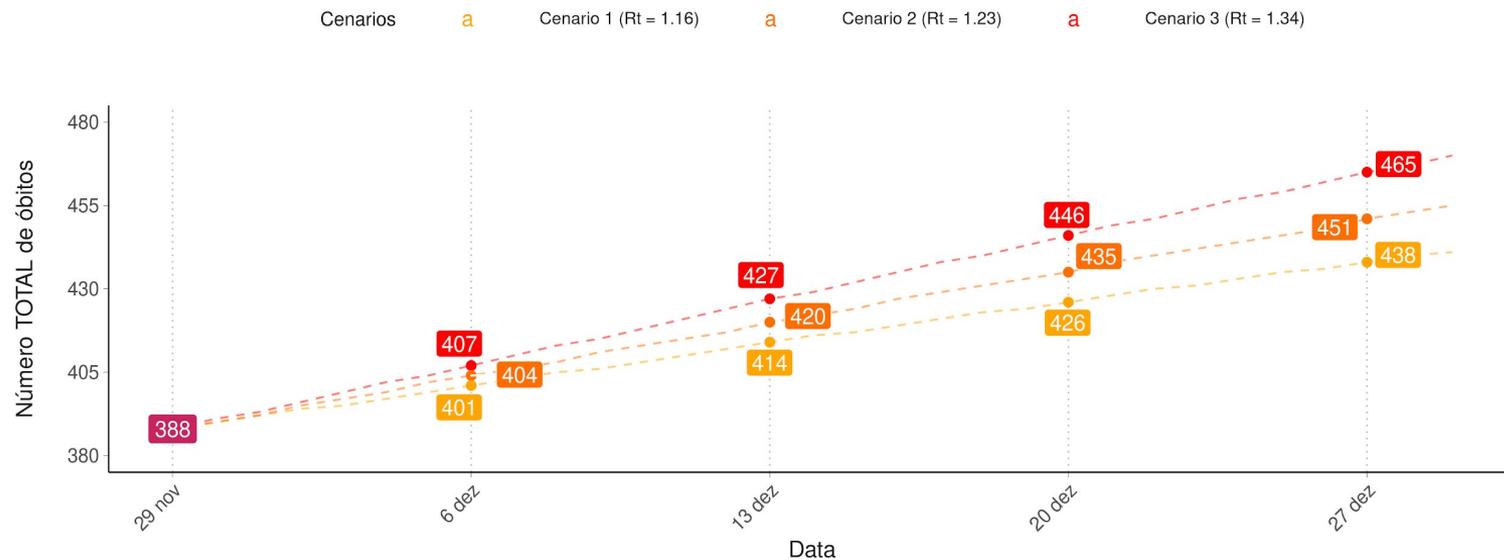
Modelo Imperial College London



Projeção para as próximas 4 semanas no município de Joinville

Modelo Imperial College London

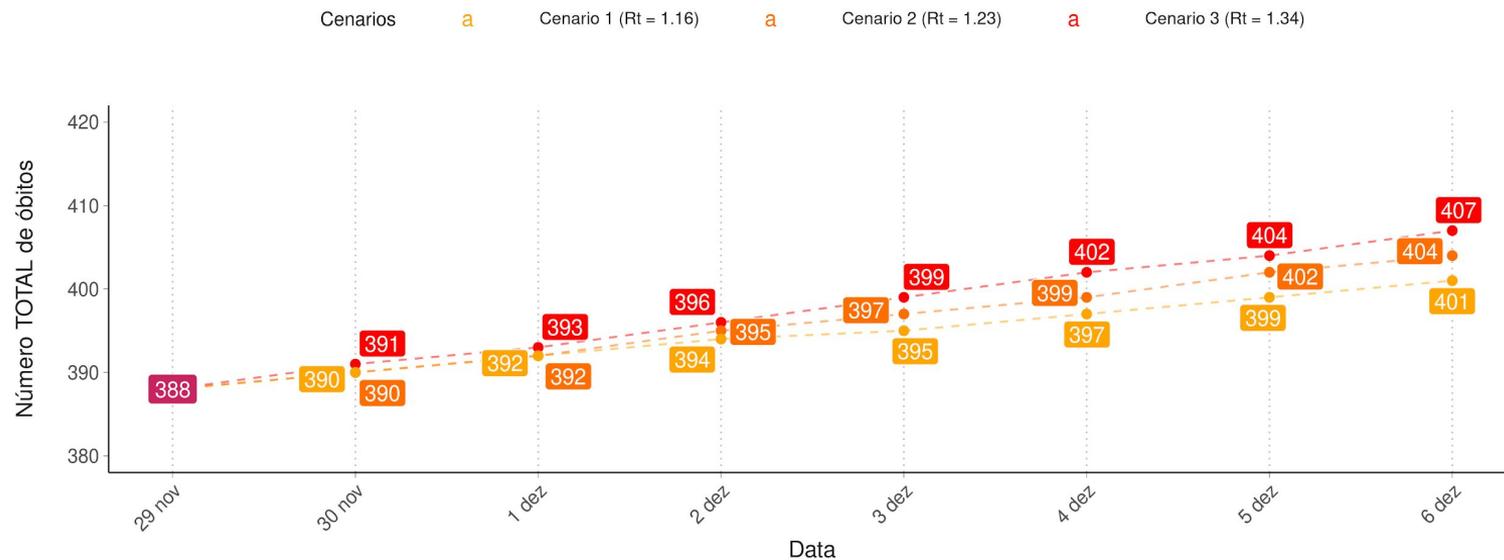
(SC_MUN_JOINVILLE) Cenários do Modelo do dia 30/11/2020



Projeção para a próxima semana no município de Joinville

Modelo Imperial College London

(SC_MUN_JOINVILLE) Cenários do Modelo do dia 30/11/2020



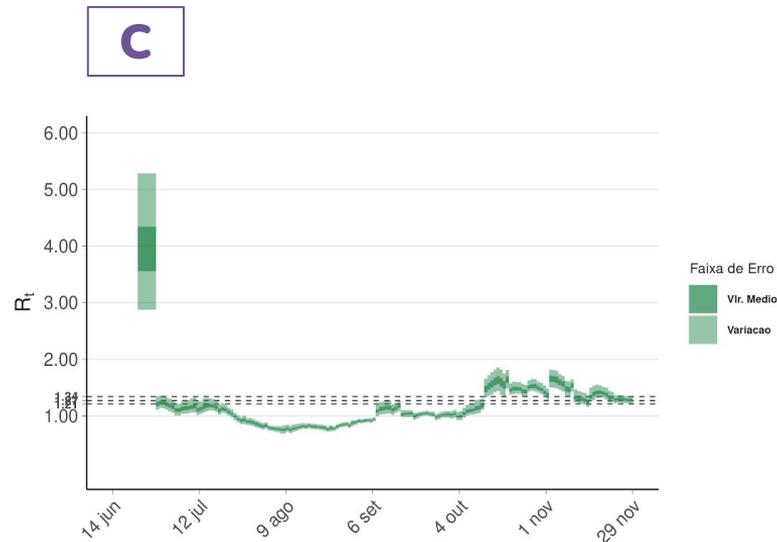
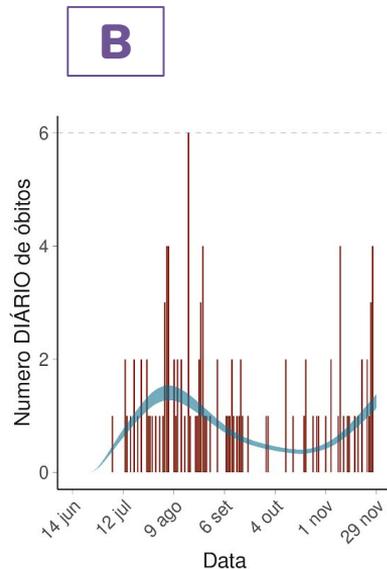
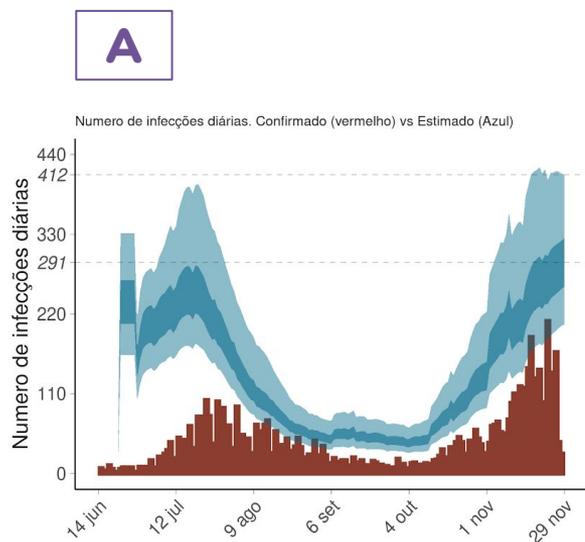
LAGES

RELATÓRIO_21 / municípios



Resultados do modelo **30/11/2020** para o **município de Lages**

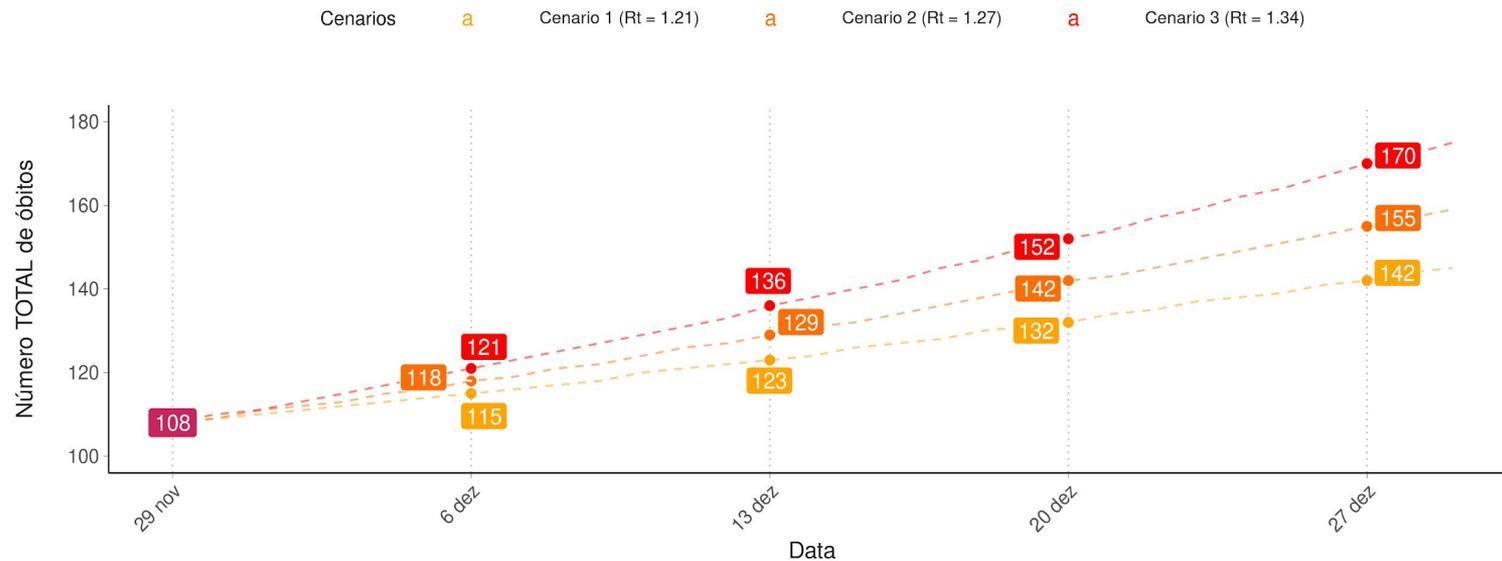
Modelo Imperial College London



Projeção para as próximas 4 semanas no município de Lages

Modelo Imperial College London

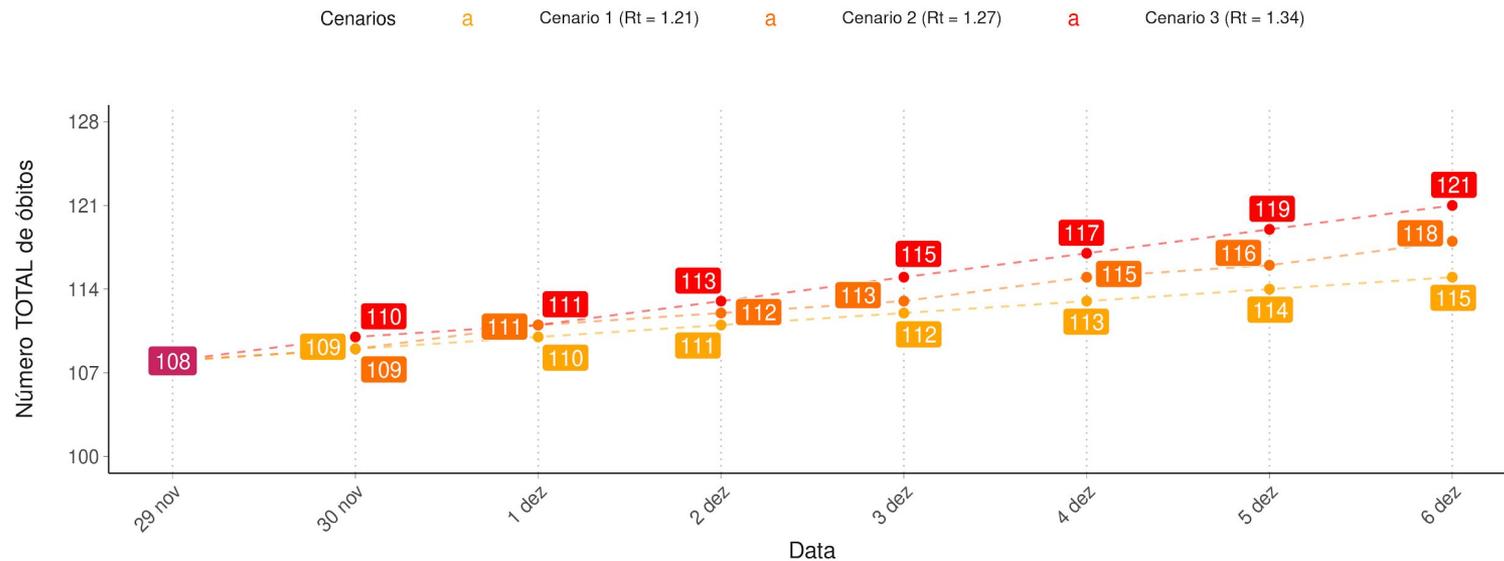
(SC_MUN_LAGES) Cenários do Modelo do dia 30/11/2020



Projeção para a **próxima semana** no **município de Lages**

Modelo Imperial College London

(SC_MUN_LAGES) Cenários do Modelo do dia 30/11/2020



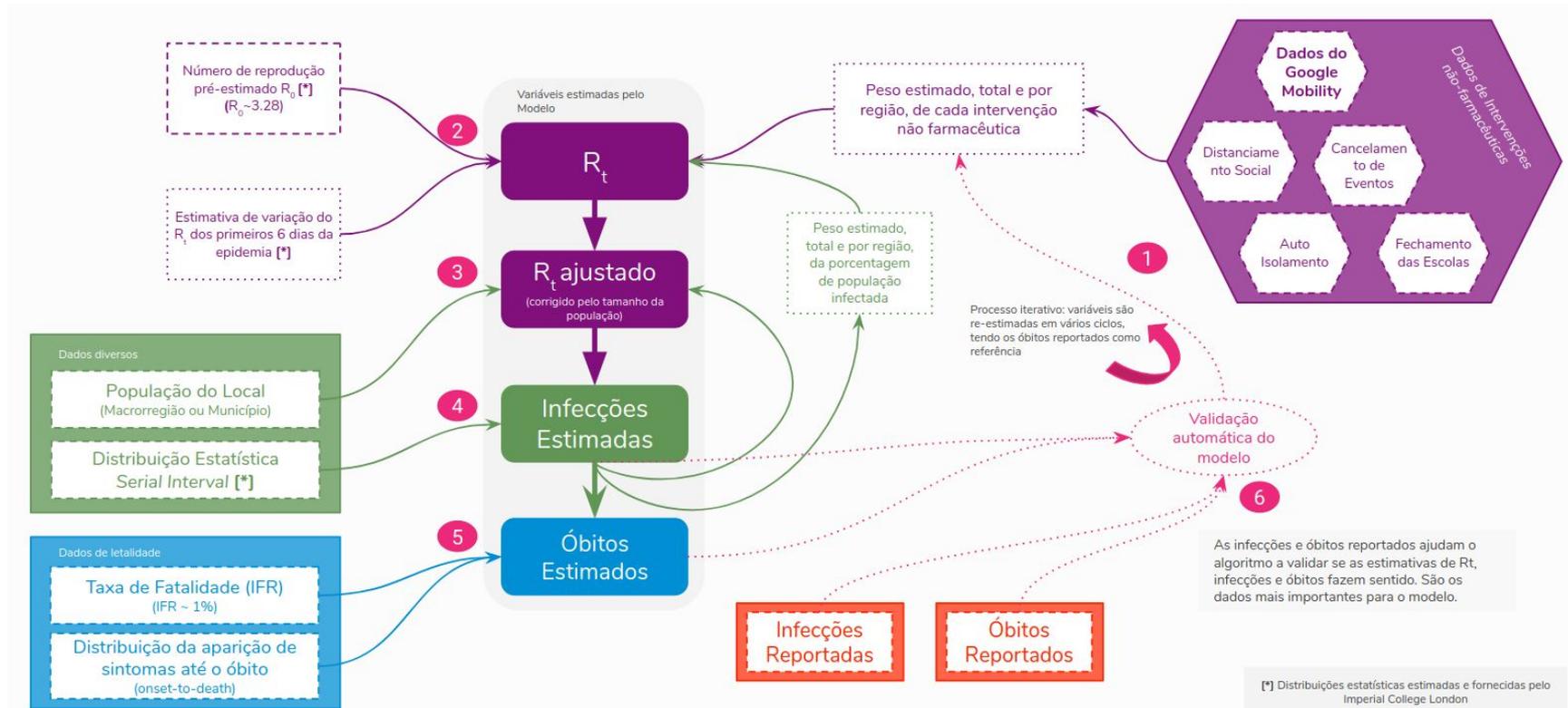
GUIA DO MODELO

The background of the page is a dark, blurred image of a financial candlestick chart. The chart shows price movement over time, with a horizontal line drawn across it, likely representing a support or resistance level. The text is overlaid on the left side of the image.

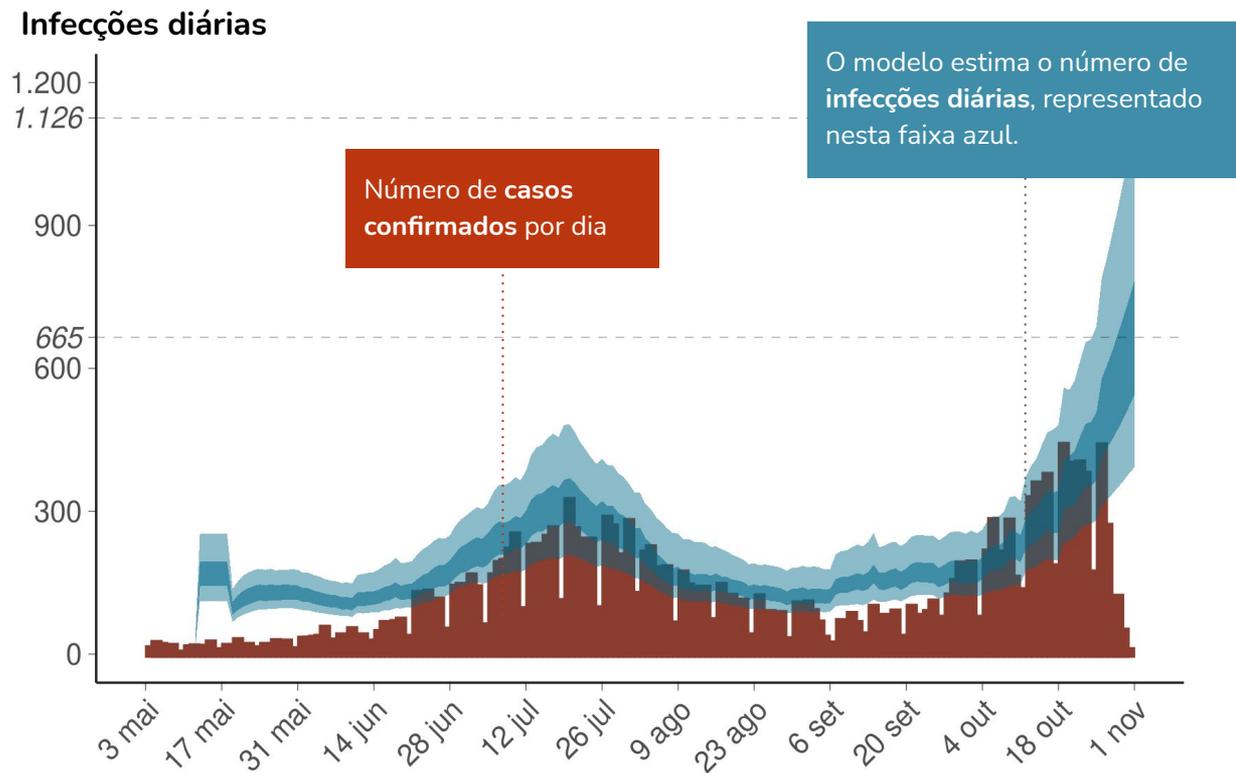
GUIA DE INTERPRETAÇÃO DOS GRÁFICOS
CONCLUSÕES E LIMITAÇÕES

FLUXO DO MODELO EPIDEMIOLÓGICO

// COMO O ALGORITMO CALCULA AS ESTIMATIVAS

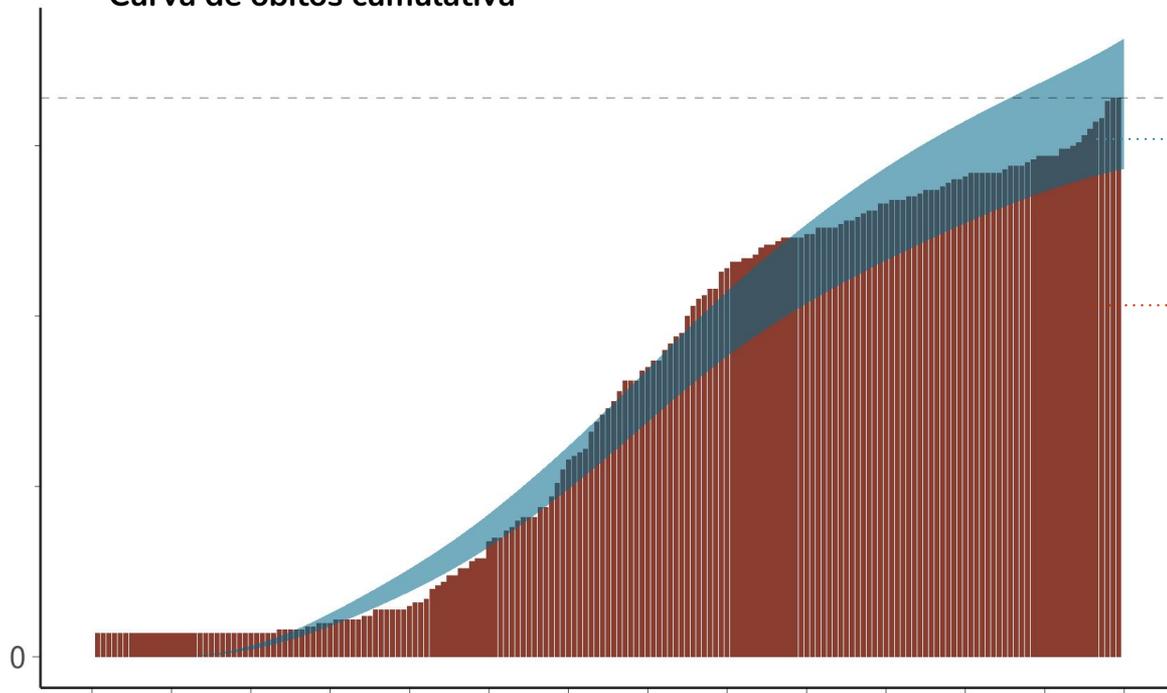


INTERPRETAÇÃO - GRÁFICO A



INTERPRETAÇÃO - GRÁFICO **B** (VERSÃO ANTIGA)

Curva de óbitos cumulativa



O modelo estima o total de óbitos, aprendendo com os dados informados.

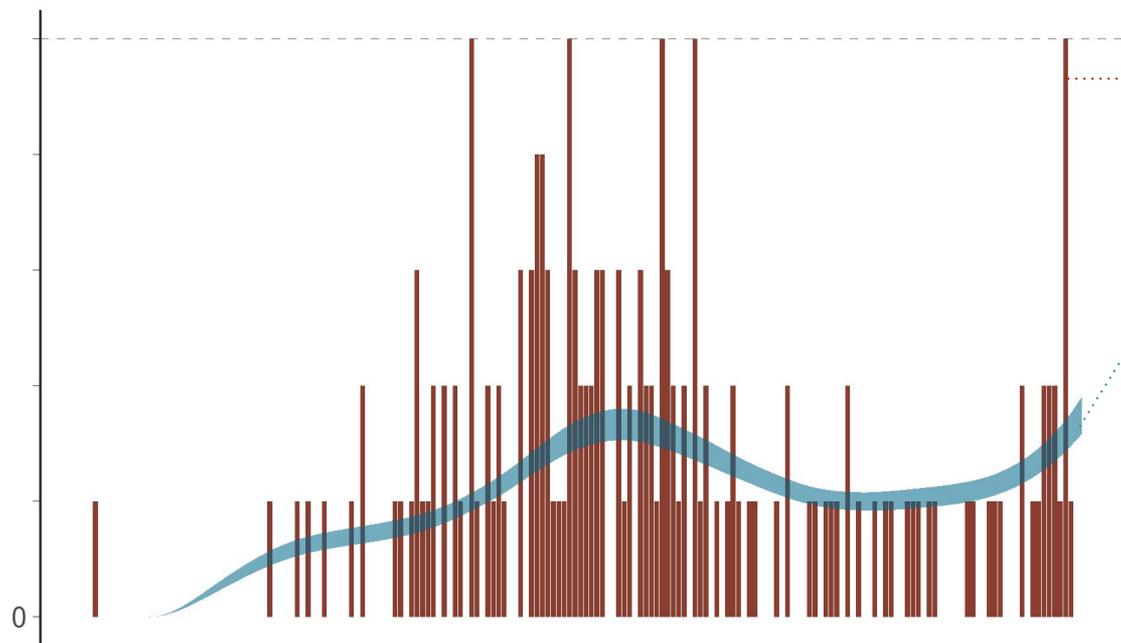
Total de óbitos confirmados

Este gráfico serve de **diagnóstico do modelo**. Se a faixa azul **estiver acompanhando** bem o comportamento das barras vermelhas, é um sinal de que o modelo **está mais alinhado com a realidade**.

Obs: Os óbitos ocorrem **semanas depois do contágio**. O retrato de hoje é o resultado das **ações de 2-3 semanas atrás**.



Curva de óbitos diária



Óbitos diários reportados

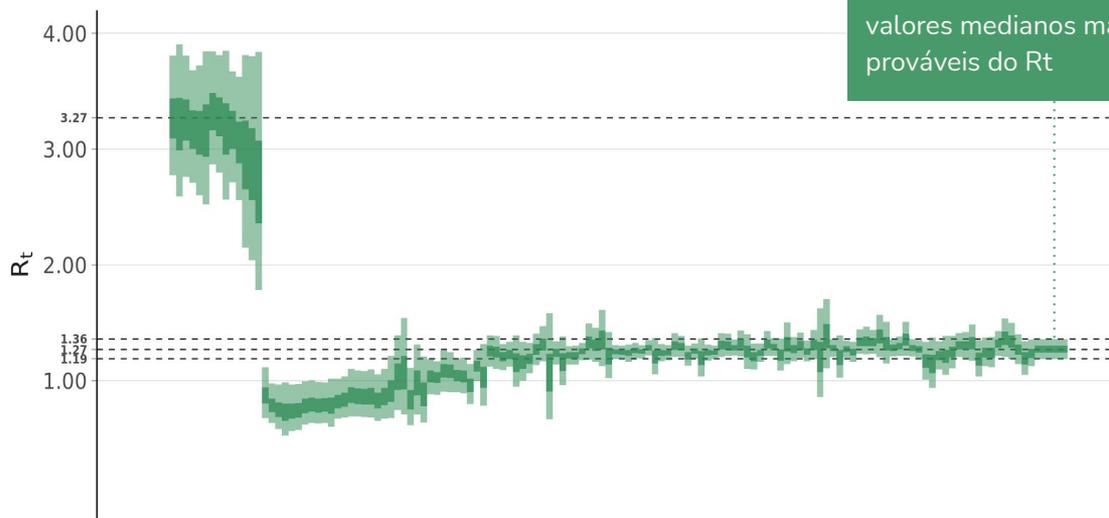
O modelo estima os óbitos diariamente, aprendendo com os dados informados e tentando aproximar desses de uma forma contínua..

Este gráfico serve de **diagnóstico do modelo**. Se a faixa azul **estiver acompanhando** bem o comportamento das barras vermelhas, é um sinal de que o modelo **está mais alinhado com a realidade**.

Obs: Os óbitos ocorrem **semanas depois do contágio**. O retrato de hoje é o resultado das **ações de 2-3 semanas atrás**.



Taxa de contágio



A faixa verde escura indica os valores médios mais prováveis do R_t

- Toda vez que rodamos o modelo, ele **refaz a estimativa** da taxa de contágio, **inclusive do que aconteceu no passado**.
- Portanto, é natural que os valores absolutos do R_t mudem de uma semana para outra.
- **Não devemos nos basear puramente nos números médios do R_t**



HISTÓRICO DE MUDANÇAS

HISTÓRICO DE MUDANÇAS NOS RELATÓRIOS ANTERIORES



HISTÓRICO DE MUDANÇAS

RELATÓRIO_19 (19/11/2020)

- > Essa semana, tivemos que rodar o modelo final com 600 iterações de warmup e 600 iterações de amostragem para obter convergência do algoritmo no modelo das Macrorregiões e Estado, ao invés das 200+600 utilizadas nos relatórios anteriores.



HISTÓRICO DE MUDANÇAS



RELATÓRIO_17 (05/11/2020)

- > A equipe de ciência de dados vem se debruçando sobre formas de alterar e validar o modelo para aprimorar as predições do mesmo e manter a fidelidade quanto à situação real da pandemia. Com base nos estudos e testes mais recentes, os resultados desse relatório foram produzidos por uma **nova versão do algoritmo que usa o número de casos reportados para ajudar o modelo a balizar e estimar o número real de infectados (não-testados)**.
- > Essa alteração visa corrigir um dos principais pontos fracos que temos identificado nos testes com esse modelo nos últimos meses que é **a subestimação do número de infecções diárias**.
 - Diversos estudos (Página 3) indicam que o número real de infectados é de 10 a até 15 vezes maior que o valor reportado e era esperado que o modelo conseguisse representar essa subestimação. Em alguns casos nos últimos estudos, porém, o número estimado chegava a zero.
 - **Nota Técnica:** Para modelar isso, nesta versão adicionamos uma equação ao modelo que contém um multiplicador ao número de casos reportados chamado de *infection_overestimate*. Trata-se de uma distribuição Gaussiana com média 11.5 e desvio padrão +- 2.
 - Esta variável é utilizada para informar ao modelo a expectativa de que o número de infectados reais deve ser maior do que a reportada.
 - É provável que essa distribuição sofra alterações nas versões futuras do modelo, caso observemos que ela não está ajudando as previsões do modelo.
- > **Nota Técnica:** Foi usado o modelo da semana passada para inicializar o modelo dessa semana, e os parâmetros usados foram de 800 iterações, das quais 200 eram para warmup do modelo bayesiano.
- > Também alteramos a visualização do **Gráfico B** para mostrar o número diário de óbitos ao invés do número total cumulativo. Nesse estágio da evolução da covid-19, essa visualização permite enxergar novas ondas de uma forma mais clara que a visualização antiga. Uma breve explicação de como se adaptar à essa visualização se encontra no fim deste relatório.
- > As modificações recentes no código do modelo podem ser conferidas no link:
<https://github.com/Data-Science-Brigade/modelo-epidemiologico-sc/pull/16>



HISTÓRICO DE MUDANÇAS



RELATÓRIO_16 (29/10/2020)

- > **Nota Técnica:** Foi usado o modelo da semana passada para inicializar o modelo dessa semana, e os parâmetros usados foram de 800 iterações, das quais 200 eram para warmup do modelo bayesiano.
- > Além disso, no modelo desta semana, o peso da porcentagem da população foi restringido à mesma distribuição de probabilidade usada para as outras intervenções.
- > As modificações recentes do modelo podem ser vistas no link: <https://github.com/Data-Science-Brigade/modelo-epidemiologico-sc/pull/15>



HISTÓRICO DE MUDANÇAS



RELATÓRIO_15 (22/10/2020)

- > **Nota Técnica:** A equipe de ciência de dados vem se debruçando sobre formas de alterar e validar o modelo para aprimorar as predições do mesmo e manter a fidelidade quanto à situação real da pandemia. Com isso, os resultados desse relatório foram produzidos por uma **nova versão do algoritmo**, que leva em consideração **a porcentagem da população que já foi infectada** como um dos parâmetros de entrada do modelo.
 - Essa alteração visa **aliviar um pouco a dependência do modelo pelos dados do Google Mobility**. Temos percebido uma interferência grande destes dados nas projeções e estimativas desde 01 de junho de 2020 quando as medidas de intervenção passaram a ser compartilhadas entre o Estado e municípios. Desde então, medidas de distanciamento social e outras intervenções não farmacêuticas não tem sido mais informadas ao modelo.
 - O diagrama no fim do relatório foi atualizado para refletir esta mudança.
- > **Nota Técnica:** Assim como outras variáveis que influenciam o R_t (mobilidade urbana com Google Mobility, intervenções estatais), pressupõe-se que os dados de percentual de população exercem um efeito linear dentro da curva sigmoideal do R_t . Testes e validações contínuas serão feitas nas próximas semanas para comprovar se essa suposição deverá ser mantida caso uma “segunda onda” de covid-19 aconteça no estado.
- > Para este modelo, utilizamos os parâmetros: 1600 iterações, das quais 1000 foram usadas para warmup, e `max_tree_depth` com valor 8. Nas versões seguintes, provavelmente não precisaremos desse alto número de iterações.
- > **Comentário:** a equipe de ciência de dados têm trabalhado também para diagnosticar o motivo pelo qual o modelo tem reduzido as estimativas das infecções diárias por covid-19, o que pode trazer novas versões do modelo nas próximas semanas.
 - Nos primeiros relatórios deste estudo, o modelo estimava um número de infectados (sintomáticos e assintomáticos) ~10x a 15x maior do que o número de casos reportado, o que era condizente com vários estudos - vide referências sobre sub-notificação na página 4. Porém, ultimamente as previsões de infecções diárias (Gráficos A) tem ficado muito próximos dos valores reportados, o que é inesperado.



HISTÓRICO DE MUDANÇAS



RELATÓRIO_14 (15/10/2020)

- > **Nota Técnica:** Esta semana continuamos com modelos similares aos da semana passada, passando os priors do modelo calibrado da semana passada para o dessa semana, agora tanto para o modelo das Macrorregiões quanto o dos Municípios, e usando 800 iterações, das quais 200 foram usadas para warmup, e max_tree_depth com valor 8.

RELATÓRIO_13 (08/10/2020)

- > **Nota Técnica:** Esta semana continuamos com modelos similares aos da semana passada, passando os priors do modelo calibrado da semana passada para o dessa semana para o modelo das Macrorregiões e usando 800 iterações, das quais 200 foram usadas para warmup, e max_tree_depth com valor 8.
- > O fluxo de entrega dos relatórios mudou. Agora coletamos os dados compilados no domingo e entregamos o relatório às quintas-feiras. As datas de referência estão todas presentes na capa do relatório.
- > O histórico de mudanças foi colocado no fim do relatório, neste espaço apresentaremos somente as mudanças deste relatório.
- > Atualizamos o diagrama explicativo do modelo para facilitar o entendimento de como os valores são calculados.



HISTÓRICO DE MUDANÇAS



RELATÓRIO_12 (29/09/2020)

- > **Nota Técnica:** Toda semana fazemos uma recalibragem do modelo com vários testes em paralelo e vários hiperparâmetros para garantir que o algoritmo (modelo estatístico bayesiano da biblioteca rstan) está convergindo corretamente.
 - Para as Macrorregiões, a abordagem que se mostrou eficaz foi a de passar os *priors* (probabilidades estatísticas) do modelo calibrado da semana passada como ponto de partida para a calibragem desta semana. Esta técnica está sob análise constante pela equipe de ciência de dados mas o modelo provou-se difícil para calibrar sem o uso dela. Para essa calibragem foram usados os parâmetros: 800 iterações das quais 200 iterações foram usadas para warmup e `max_tree_depth` com valor 8,
 - Os municípios foram calibrados normalmente, com os parâmetros: 1600 iterações das quais 1000 iterações foram usadas para warmup e `max_tree_depth` com valor 8,

RELATÓRIO_11 (22/09/2020)

- > **Nota Técnica:** Toda semana fazemos uma recalibragem do modelo com vários testes em paralelo e vários hiperparâmetros para garantir que o algoritmo (modelo estatístico bayesiano da biblioteca rstan) está convergindo corretamente.
 - No modelo desta semana, a maioria das macrorregiões convergiu com os parâmetros: 1600 iterações das quais 1000 iterações foram usadas para warmup e `max_tree_depth` com valor 10, que levou aproximadamente 1h45m para rodar.
 - Já o modelo da Macrorregião do Alto Vale do Rio Itajaí convergiu quando os seguintes hiperparâmetros foram utilizados: 1600 iterações das quais 1000 iterações foram usadas para warmup e `max_tree_depth` com valor 8, que levou aproximadamente 7h para rodar.
 - Para os municípios, foi utilizado um modelo com 1600 iterações das quais 1000 iterações foram usadas para warmup e `max_tree_depth=12`, que levou aproximadamente 7h43m para rodar.
- > O Boletim do dia 21 de Setembro de 2020 não foi publicado até o momento da entrega do relatório, quaisquer divergências que possam vir a surgir em relação aos dados aqui apresentados não puderam ser verificadas e comunicadas.



HISTÓRICO DE MUDANÇAS



RELATÓRIO_10 (15/09/2020)

- > **Nota Técnica:** Nesta semana o modelo ficou bem calibrado com o hiperparâmetro `max_tree_depth` com o valor 10 ao invés do valor 8.
- > O Boletim do dia 13 de Setembro de 2020 não foi publicado até o momento da entrega do relatório, quaisquer divergências que possam vir a surgir em relação aos dados aqui apresentados não puderam ser verificadas e comunicadas.

RELATÓRIO_09 (08/09/2020)

- > **Nota Técnica:** A partir desse relatório os dados do Google Mobility passam a ser interpretados através de uma média móvel, a fim de suavizar os possíveis ruídos nos dados e melhorar a estabilidade do modelo.

RELATÓRIO_08 (01/09/2020)

- > Foi corrigida uma inconsistência na importação dos dados do Google Mobility do relatório passado onde dados de mobilidade de datas mais recentes não estavam sendo carregadas. Nota: os dados do Google Mobility são disponibilizados pela Google com atraso de alguns dias.

RELATÓRIO_07 (25/08/2020)

- > Não houve alterações nos parâmetros do algoritmo



HISTÓRICO DE MUDANÇAS



RELATÓRIO_06 (18/08/2020)

- > **Observação Importante:** como exibido no relatório anterior e na página 13 deste Relatório 6, os dados sugerem que muitos registros de óbitos estão preenchidos com `onset-to-death=0` (período de dias desde o primeiro sintoma até o óbito) de forma errônea, distorcendo a distribuição da variável `onset-to-death`. Para diminuir essa distorção, **os registros com `onset-to-death=0` foram removidos do cálculo da média desta variável.**
- > Nota técnica: aumentamos o número de iterações de warmup do algoritmo para garantir convergência dos modelos. Parâmetros atuais: : `n_iter=1000`, `warmup=400`, `chains=4`, `n_tree_depth=8`. (Obs: `n_iter` é cumulativo `warmup+sampling`)

RELATÓRIO_05 (11/08/2020)

- > À medida que o volume de dados e o número de localidades aumenta, o modelo fica mais pesado, lento, e difícil de convergir, portanto, temos feito estudos contínuos de otimização do algoritmo. Os parâmetros deste relatório foram mantidos conforme o estudo da semana passada e o diagnóstico do modelo indica que as projeções estão bem calibradas para as macrorregiões e municípios (`n_iter=800`, `warmup=200`, `chains=4`, `n_tree_depth=8`).
- > O modelo sempre tentará encaixar o cenário mais provável no Cenário 2, e como a curva de óbitos da semana passada acompanhou de perto este cenário na maioria das macrorregiões, isto indica que o modelo com estes parâmetros está com uma boa acurácia de previsão.
- > Também foram realizados 3 testes para inclusão das regionais de saúde nas projeções porém estes ainda não se mostraram bem calibrados e consistentes, mesmo variando os parâmetros do algoritmo.



HISTÓRICO DE MUDANÇAS



RELATÓRIO_04 (04/08/2020)

- > Agora os resultados apresentados para o estado representam o agregado das macrorregiões, ou seja, a partir desta versão a projeção de óbitos do estado corresponde aproximadamente à somatória das projeções das macrorregiões. O mesmo acontece com a estimativa de infecções diárias. Algumas pequenas divergências poderão existir devido às aproximações numéricas dos resultados.
- > Similarmente, o Rt do estado agora também passa a agregar o resultado das macrorregiões e é dado pela média dos Rts ponderada pela população.
- > **Observação técnica de metodologia:** Realizamos um estudo de otimização dos parâmetros do algoritmo para reduzir o tempo de execução do modelo (de 24 horas para algumas horas). Os parâmetros finais utilizados na biblioteca STAN de inferência estatística e que obtiveram bons resultados de convergência foram os seguintes: n_iter=800, warmup=200, chains=4, n_tree_depth=8.

RELATÓRIO_03 (28/07/2020)

- > Município de Lages foi adicionado ao modelo nesta versão

RELATÓRIO_02 (21/07/2020)

- > A partir desta data, os relatórios passaram a ser entregues toda terça-feira com dados compilados até o fechamento do boletim epidemiológico do último domingo.
- > Municípios de Blumenau , Chapecó, Criciúma e Florianópolis foram adicionados ao modelo nesta versão

RELATÓRIO_01 (15/07/2020)

- > Este é o primeiro relatório que a DSB produz sobre a situação da pandemia no estado de SC via contratação do Instituto Catarinense de Sanidade Agropecuária (ICasa).
- > A DSB já havia adaptado o modelo epidemiológico do Imperial College London e produzido relatórios anteriormente com as projeções do modelo e o cedido de forma voluntária para o governo do Estado de abril/2020 a jun/2020.





DATA SCIENCE
BRIGADE

YOUR DATA, STRONGER

GOVERNO DE
SANTA CATARINA
Secretaria de Estado da Saúde

