



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

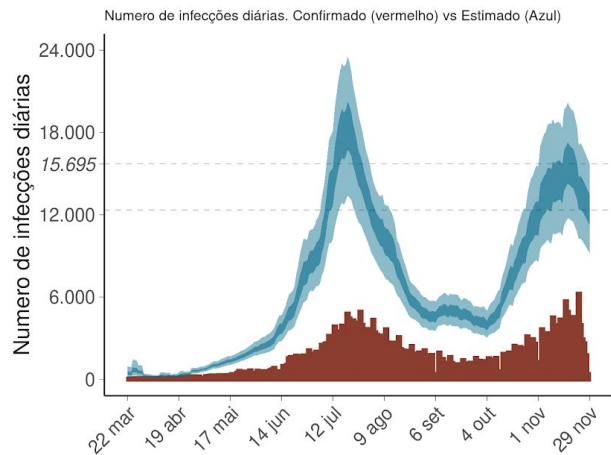
The background of the slide is a dark, blurred image of a financial candlestick chart. The chart shows price fluctuations over time, with a horizontal line drawn across it. The text and title are overlaid on the left side of the chart.

PANORAMA DO ESTADO

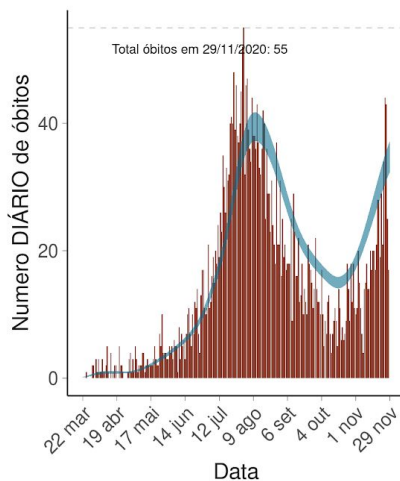
Resultados do modelo do dia **30/11/2020** para o estado de **Santa Catarina**

Modelo Imperial College London

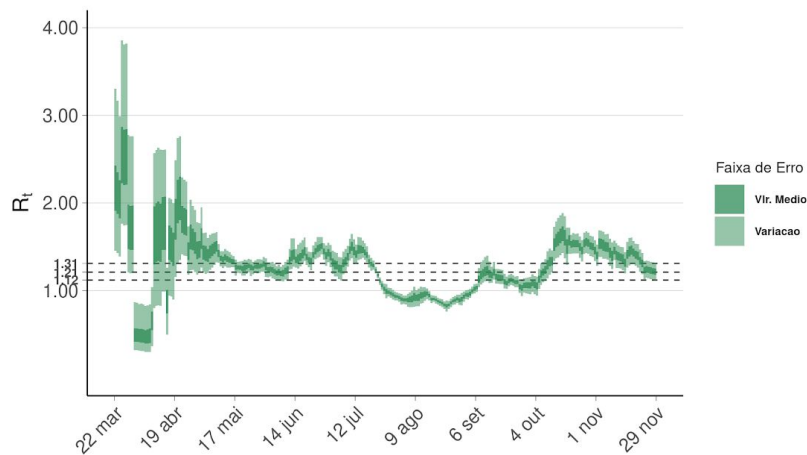
A

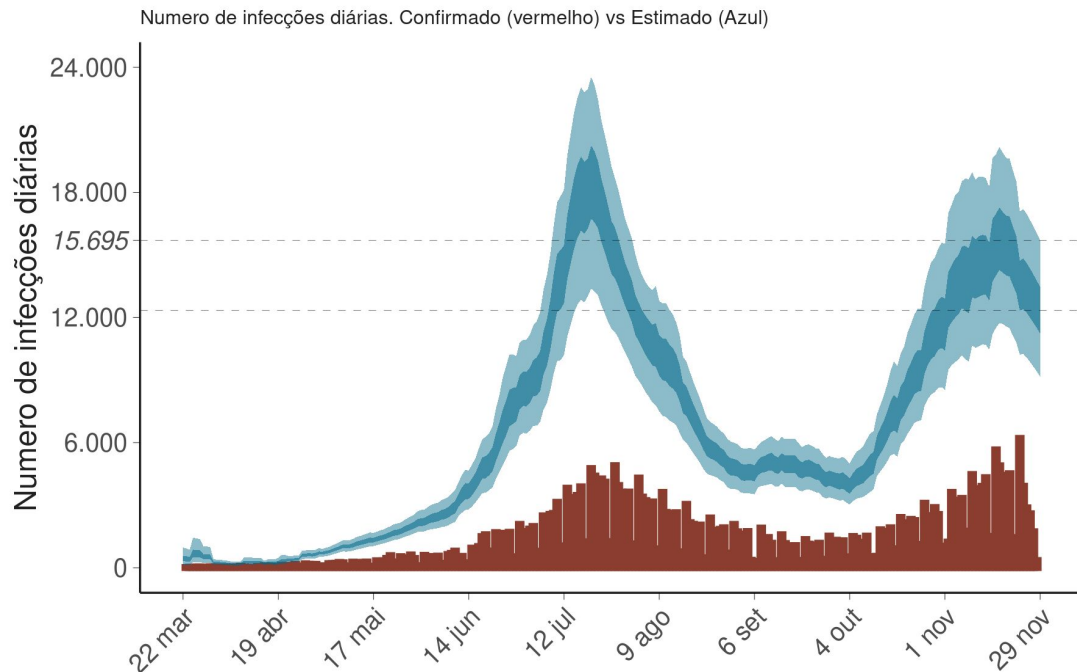


B



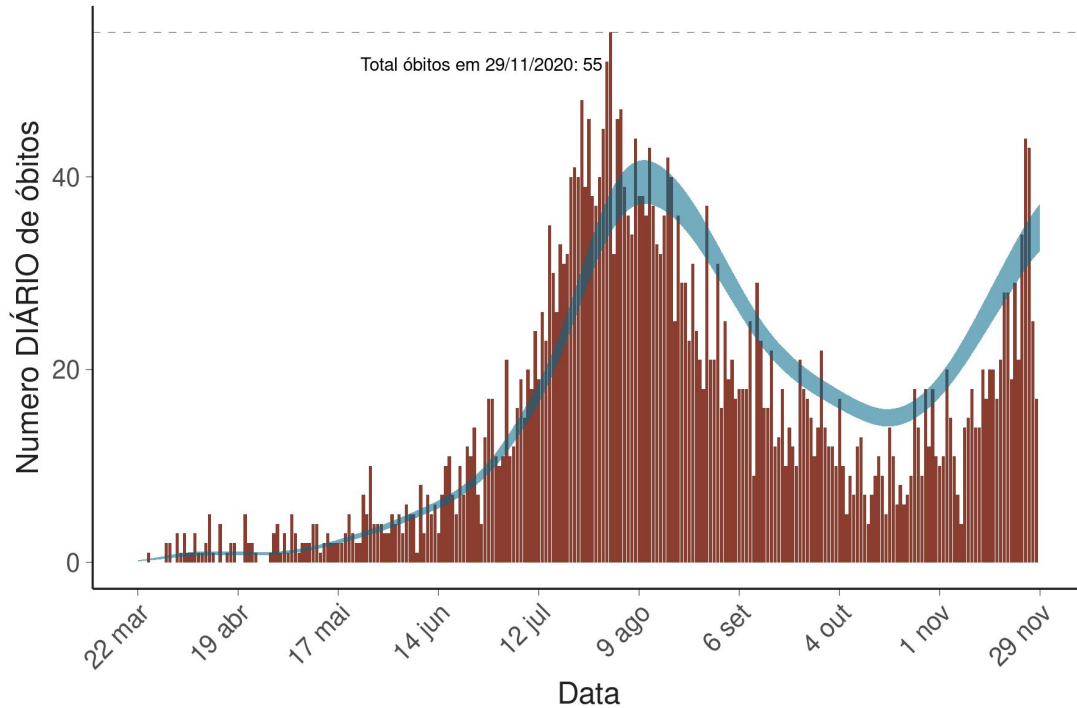
C





- 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.



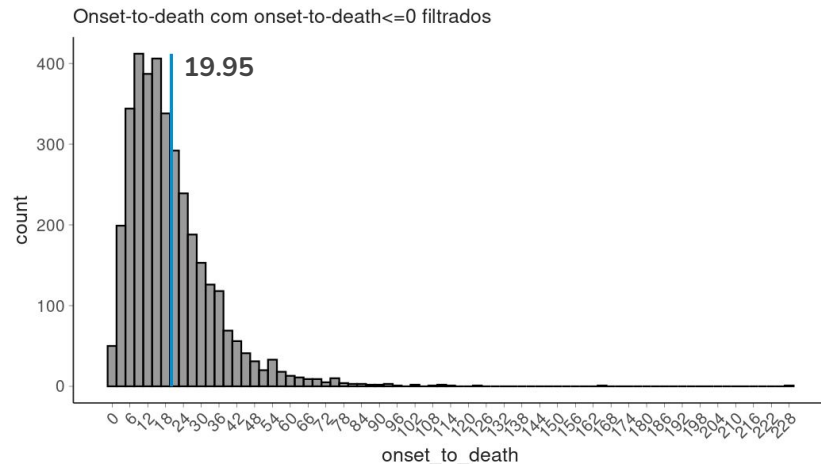
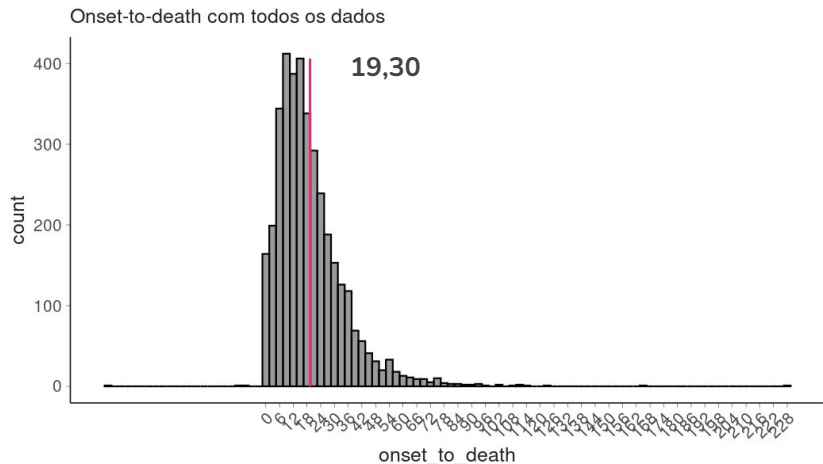


- Em **Santa Catarina**, os dados indicam que o período desde o aparecimento dos primeiros sintomas até o óbito (onset-to-death) é em média **19.95** dias, calculado ignorando os registros onde onset-to-death tem valor menor ou igual a 0.
- Esse valor foi significativamente menor do que o apresentado 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.



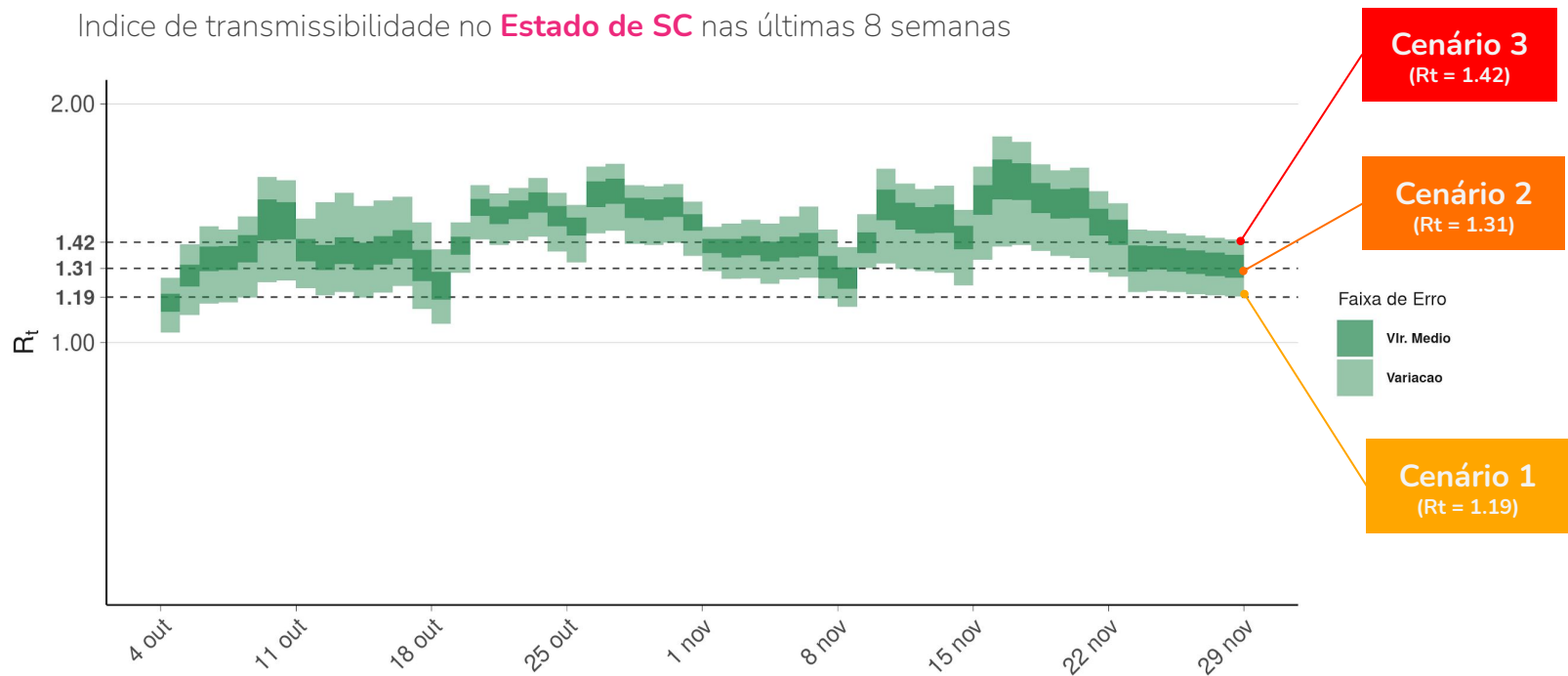
PANORAMA DO ESTADO

- 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



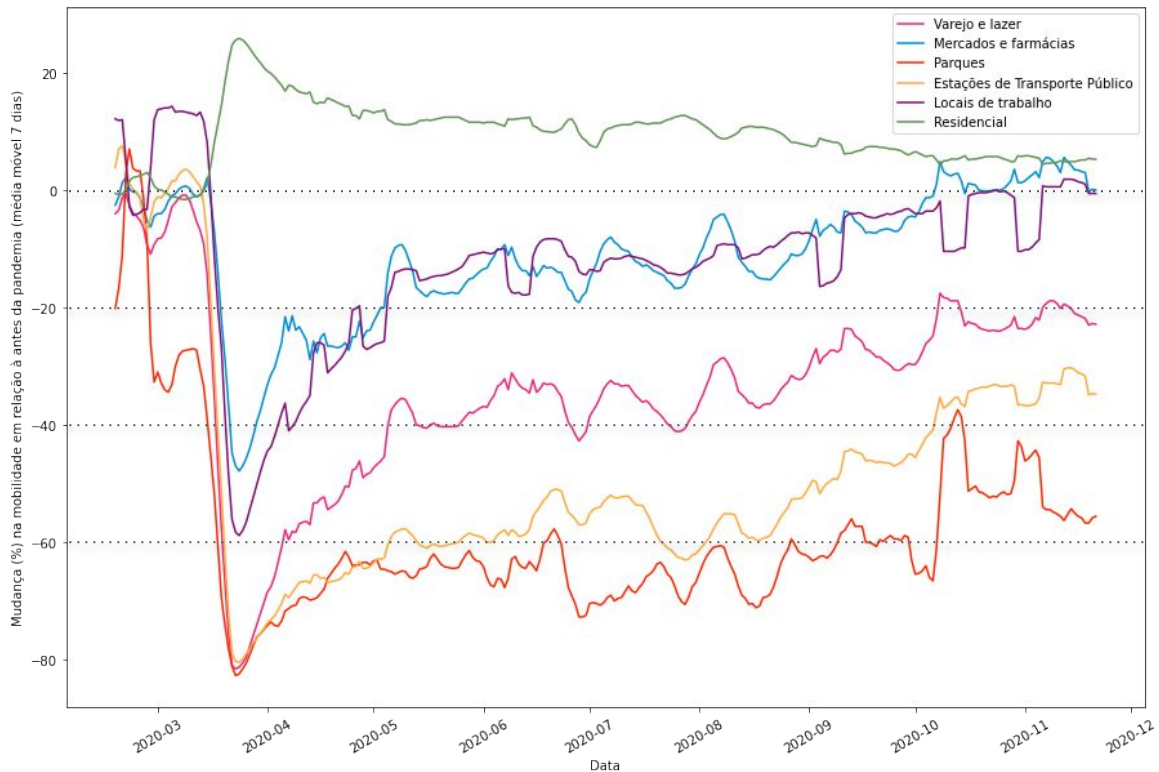
OBSERVAÇÕES SOBRE O RESULTADO DO MODELO DA SEMANA

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)***

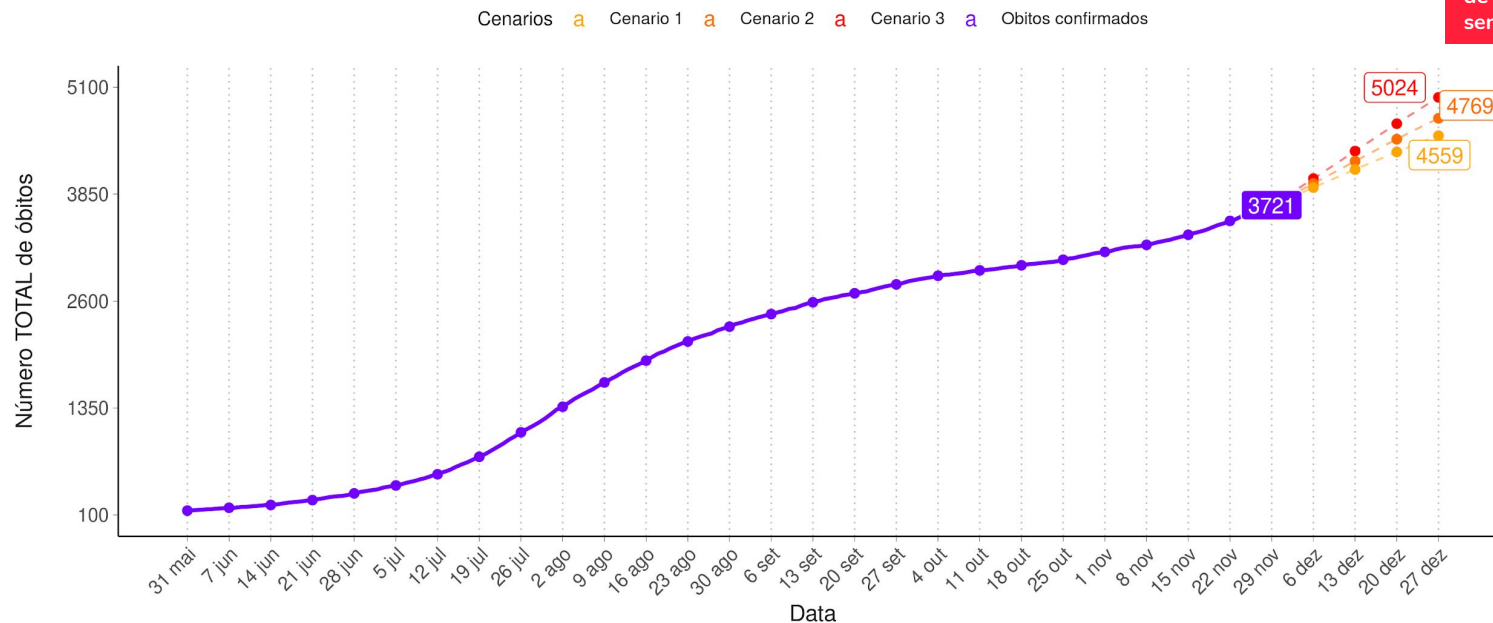


PROJEÇÕES ATUALIZADAS PARA O ESTADO

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

Modelo Imperial College London

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

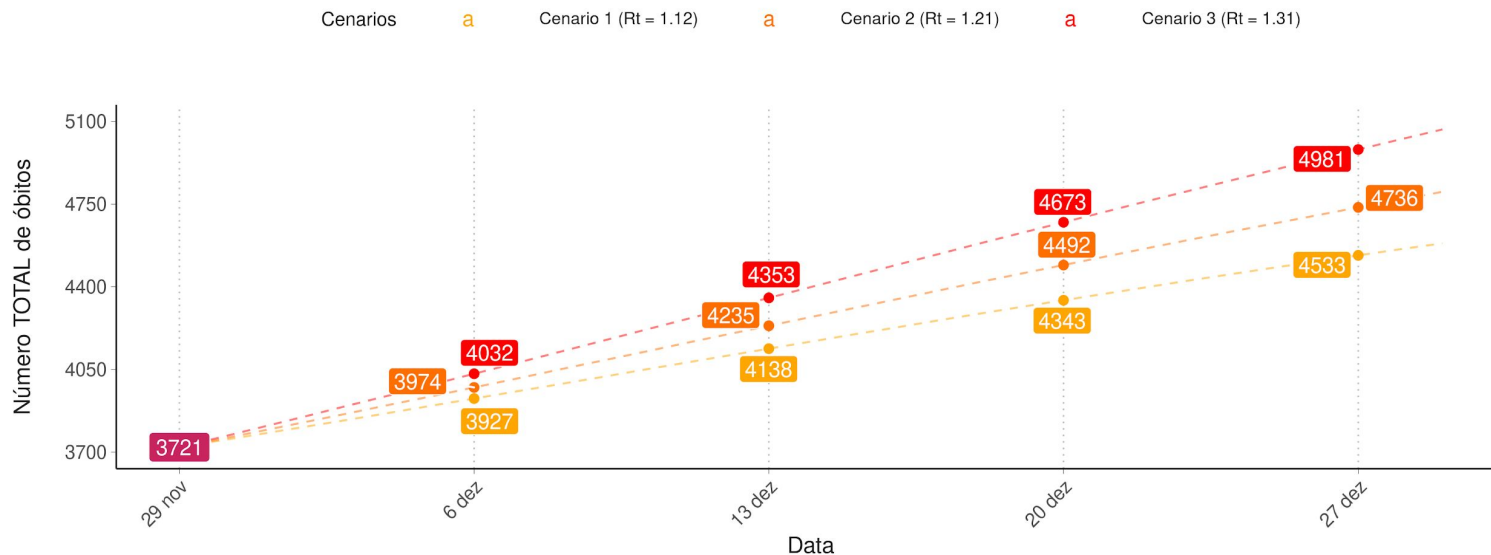


PROJEÇÕES ATUALIZADAS PARA O ESTADO

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

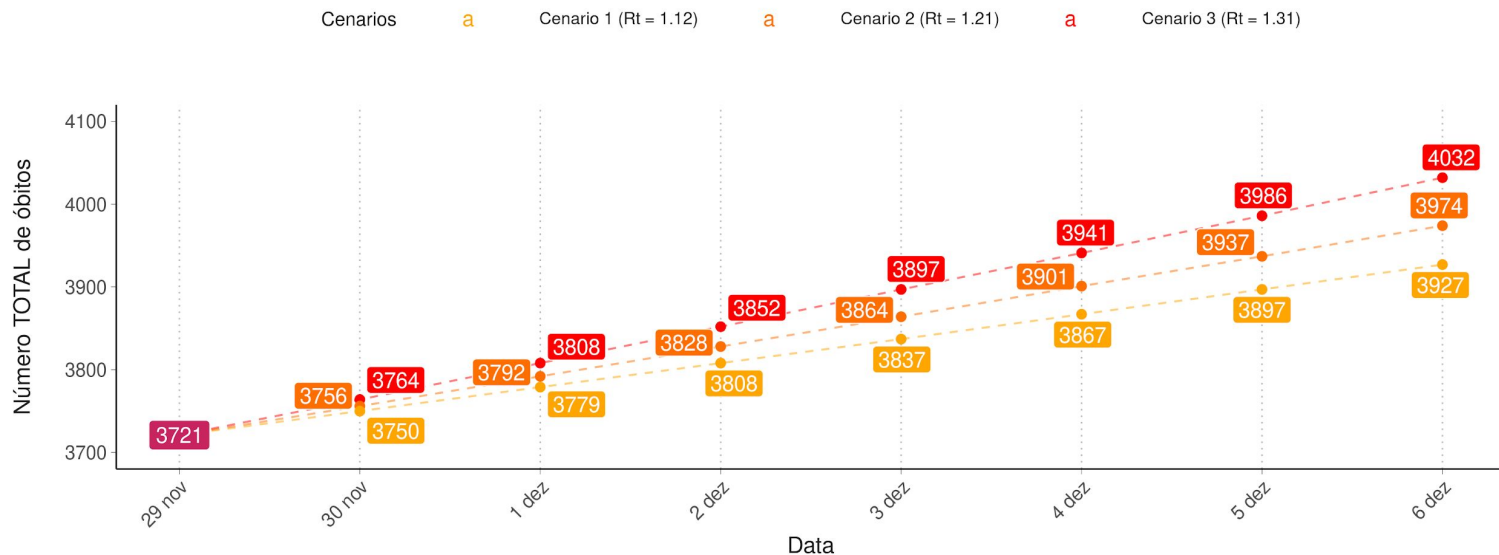


PROJEÇÕES ATUALIZADAS PARA O ESTADO

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

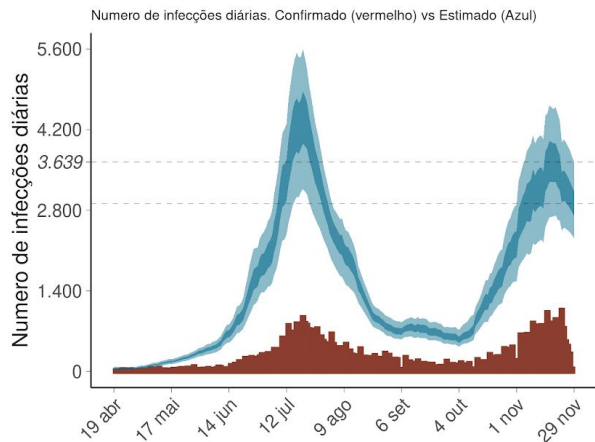


Resultados do modelo **30/11/2020** para a **macrorregião Alto Vale do Itajaí**

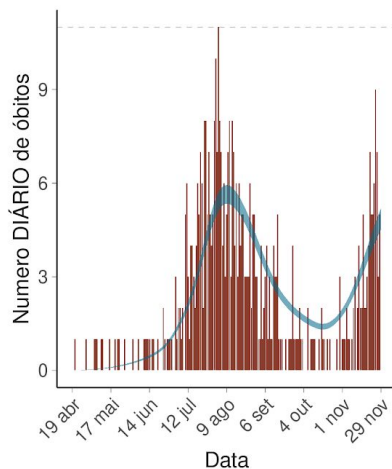
Modelo Imperial College London



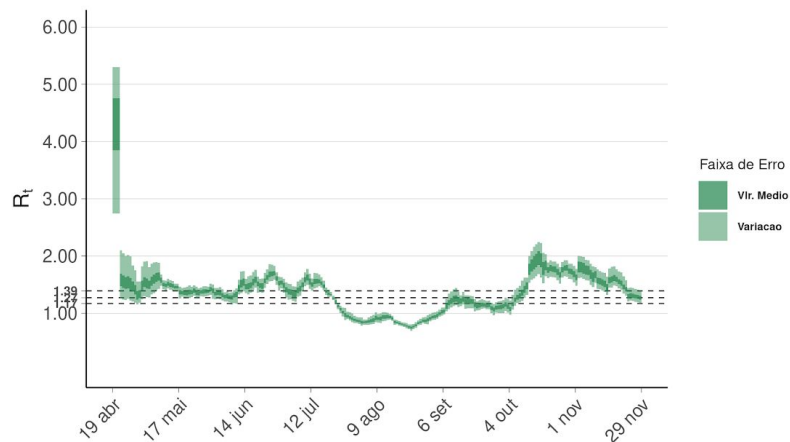
A



B



C

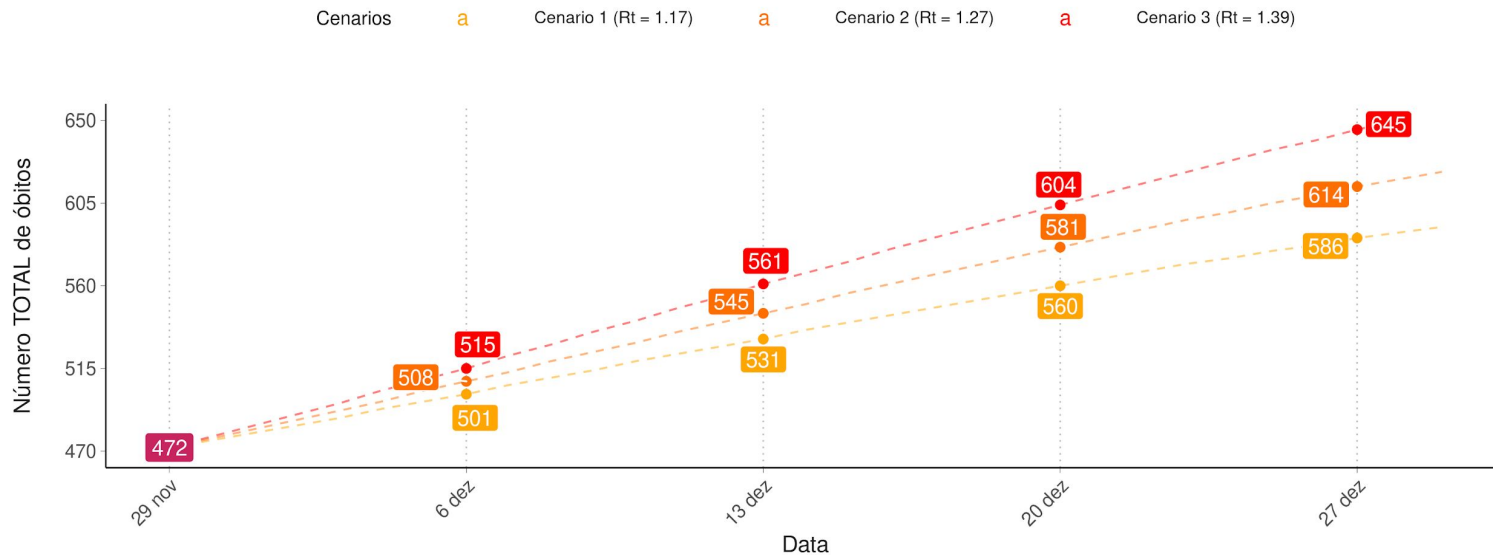


Projeção para as **próximas 4 semanas** na **macrorregião Alto Vale do Itajaí**

Modelo Imperial College London



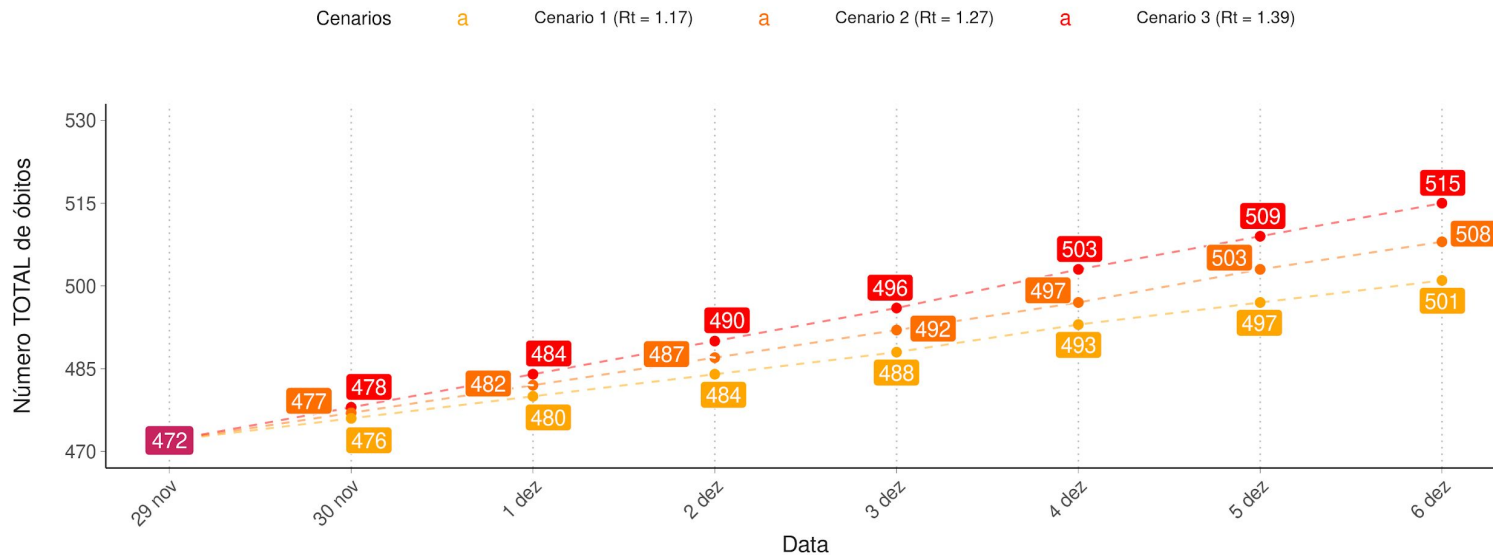
(SC_MAC_ALTO_VALE_DO_ITAJAI) Cenários do Modelo do dia 30/11/2020



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

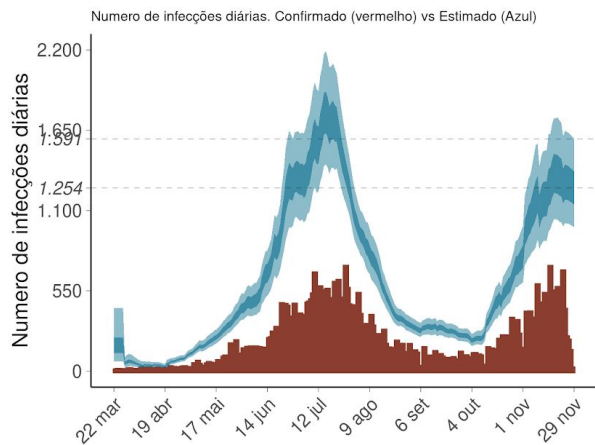
The background of the slide is a dark, blurred image of a financial candlestick chart. A horizontal white line is drawn across the chart, intersecting several candlesticks. The chart shows price fluctuations over time, with some candles having long wicks. The overall aesthetic is professional and data-oriented.

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

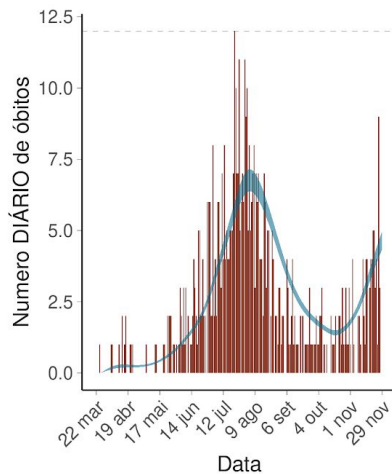
Modelo Imperial College London



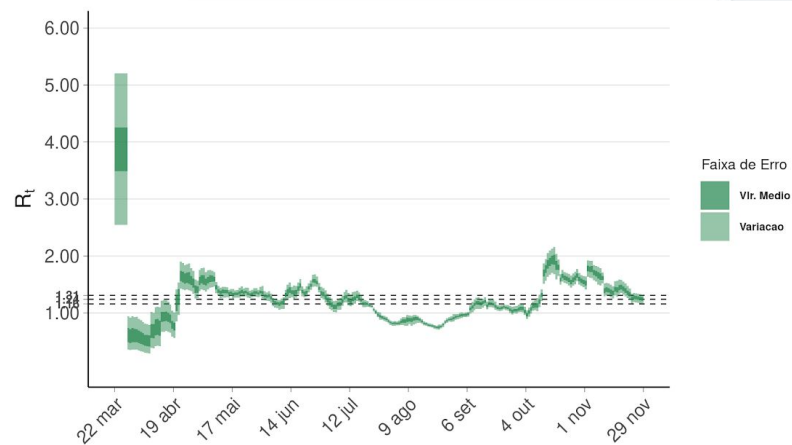
A



B



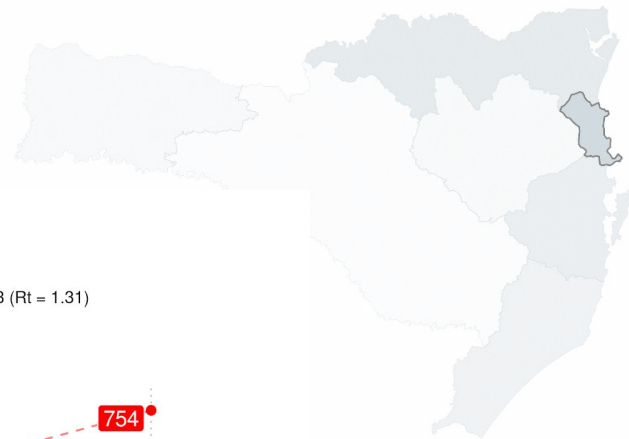
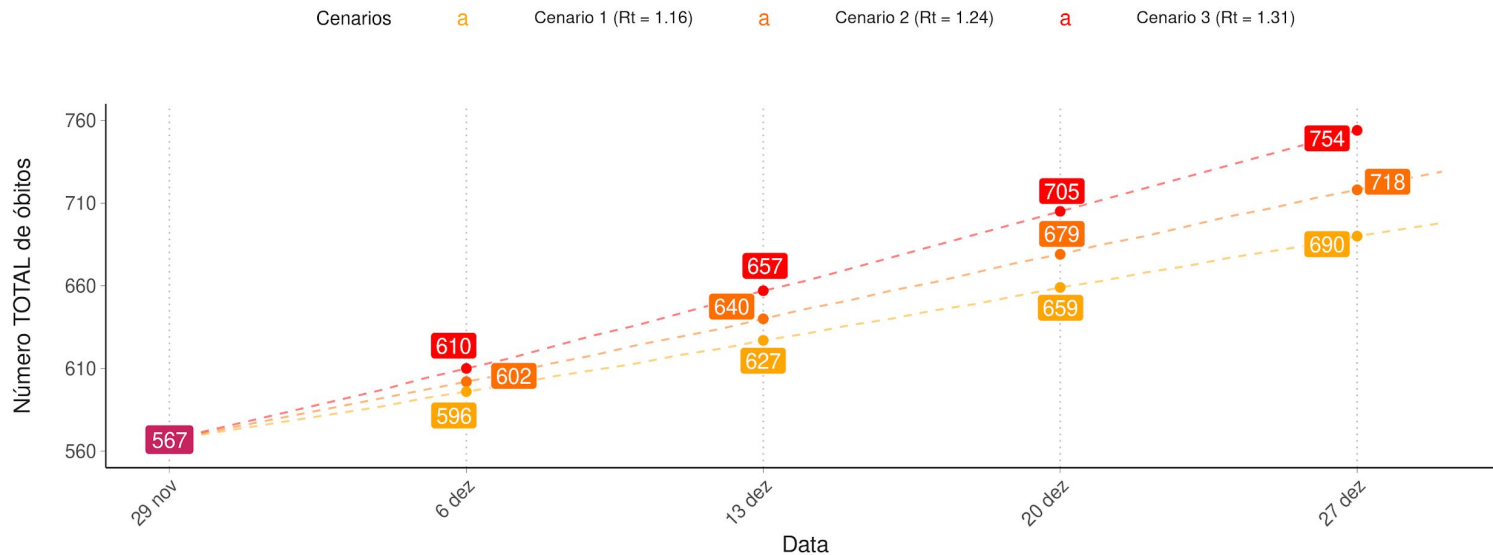
C



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

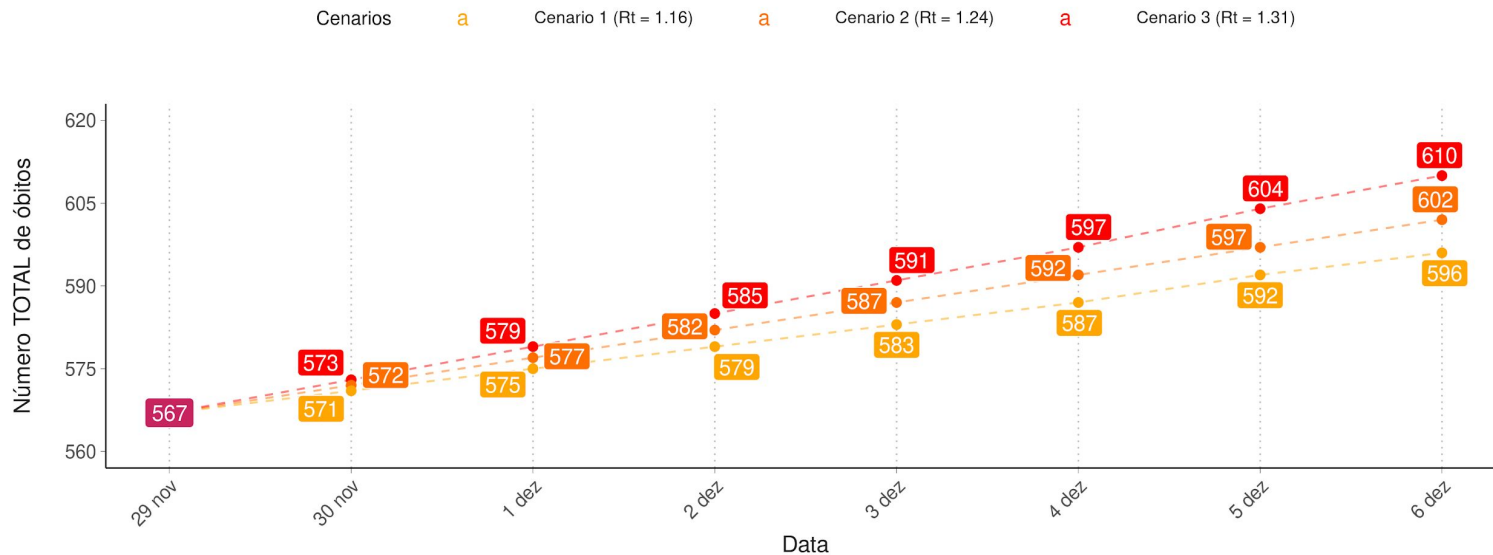


Projeção para a próxima semana na macrorregião Foz do Rio Itajaí

Modelo Imperial College London



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



GRANDE FLORIANÓPOLIS



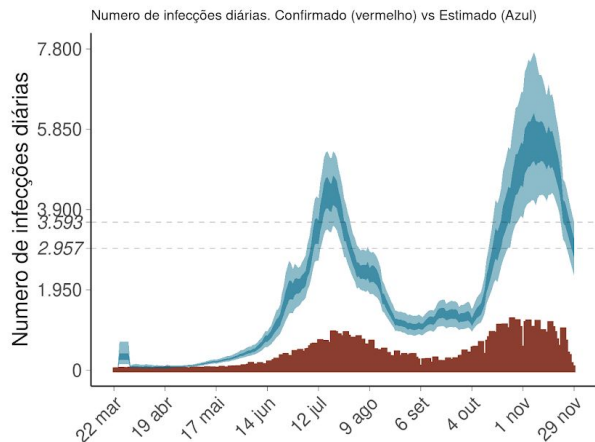
RELATÓRIO_21 / macrorregiões

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

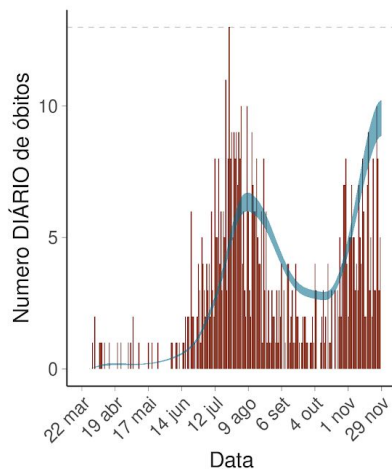
Modelo Imperial College London



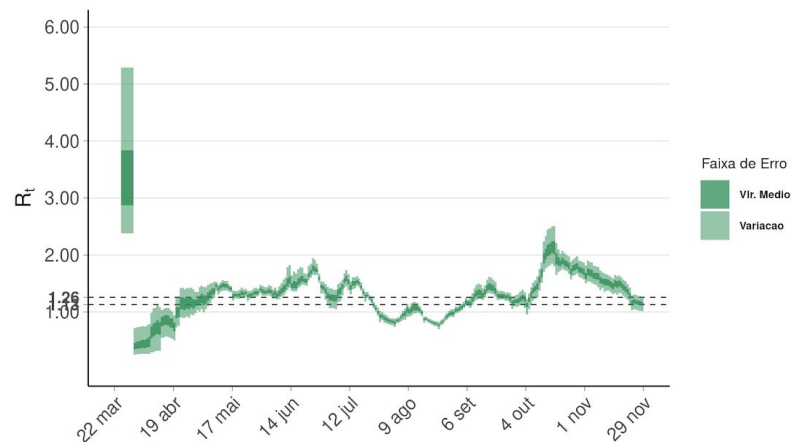
A



B



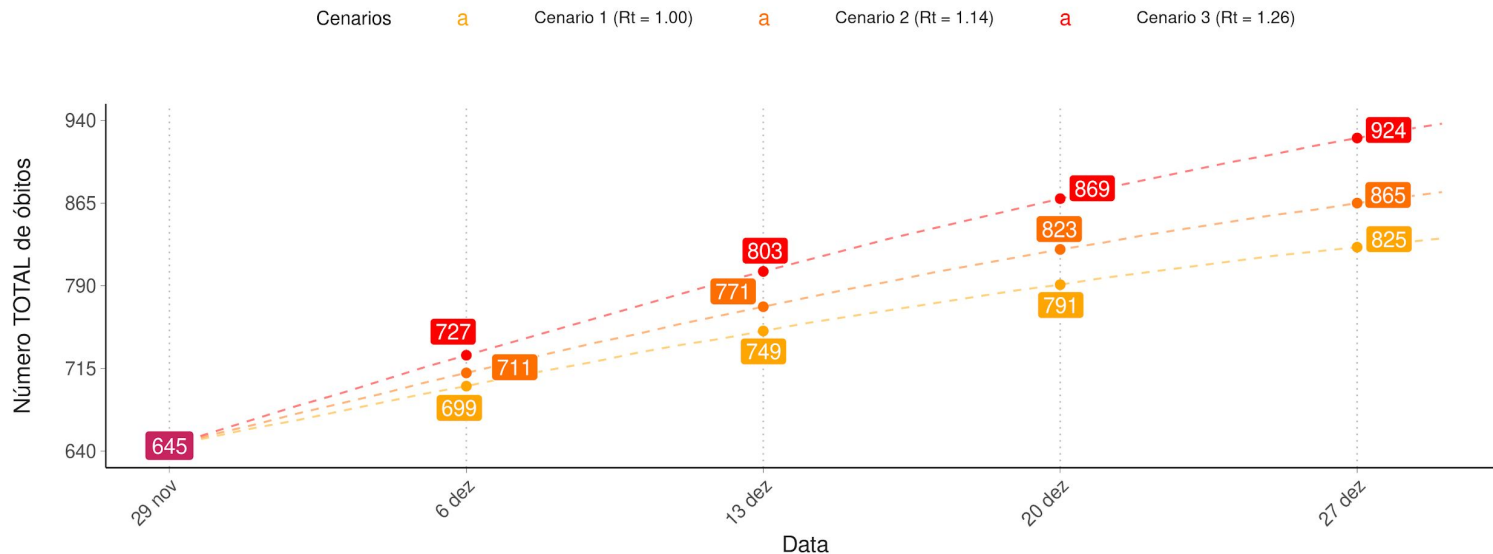
C



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

Modelo Imperial College London

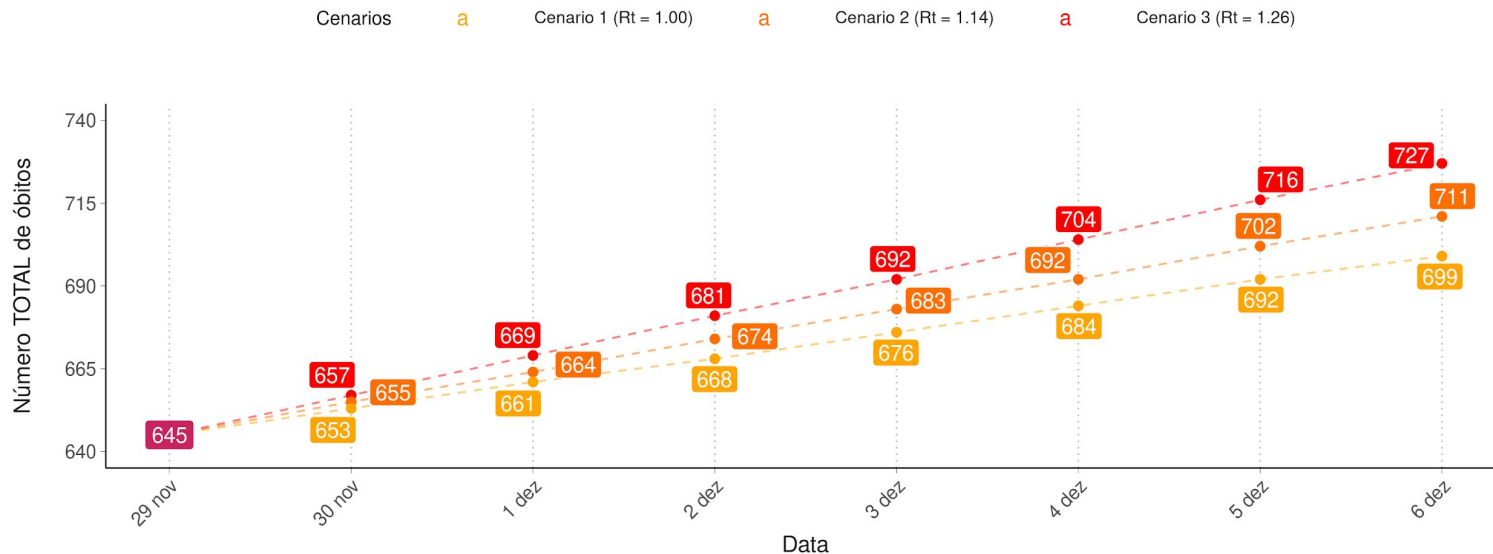
(SC_MAC_GRANDE_FLORIANOPOLIS) Cenários do Modelo do dia 30/11/2020



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



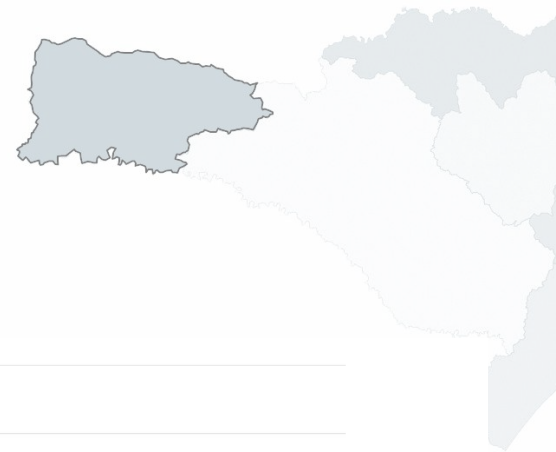
GRANDE OESTE

RELATÓRIO_21 / macrorregiões

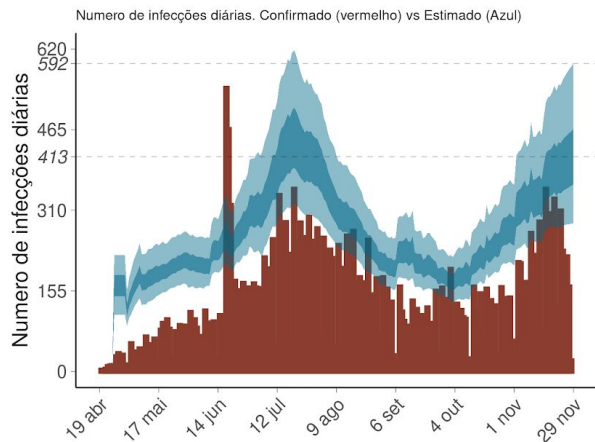


Resultados do modelo **30/11/2020** para a **macrorregião Grande Oeste**

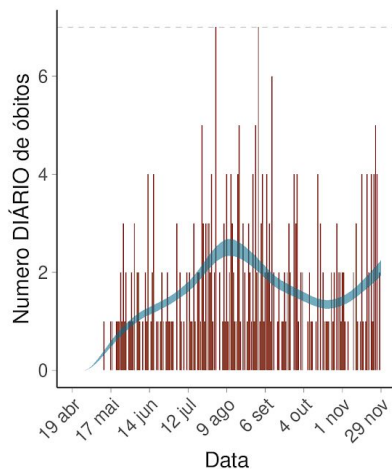
Modelo Imperial College London



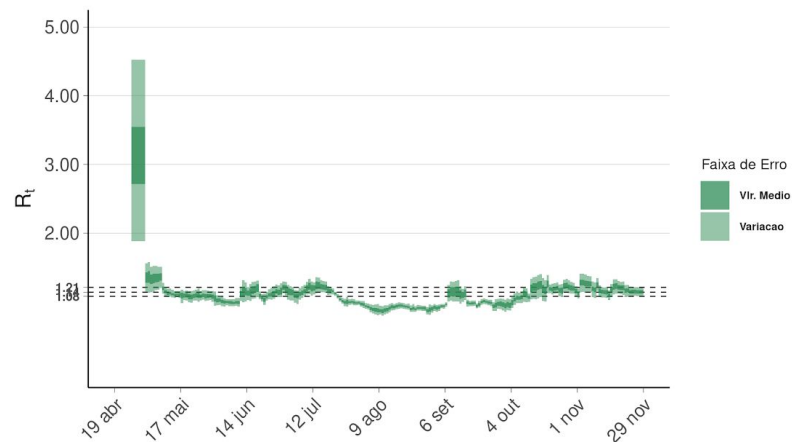
A



B

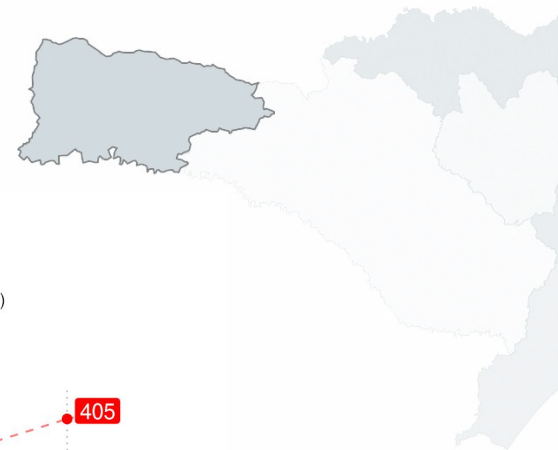


C

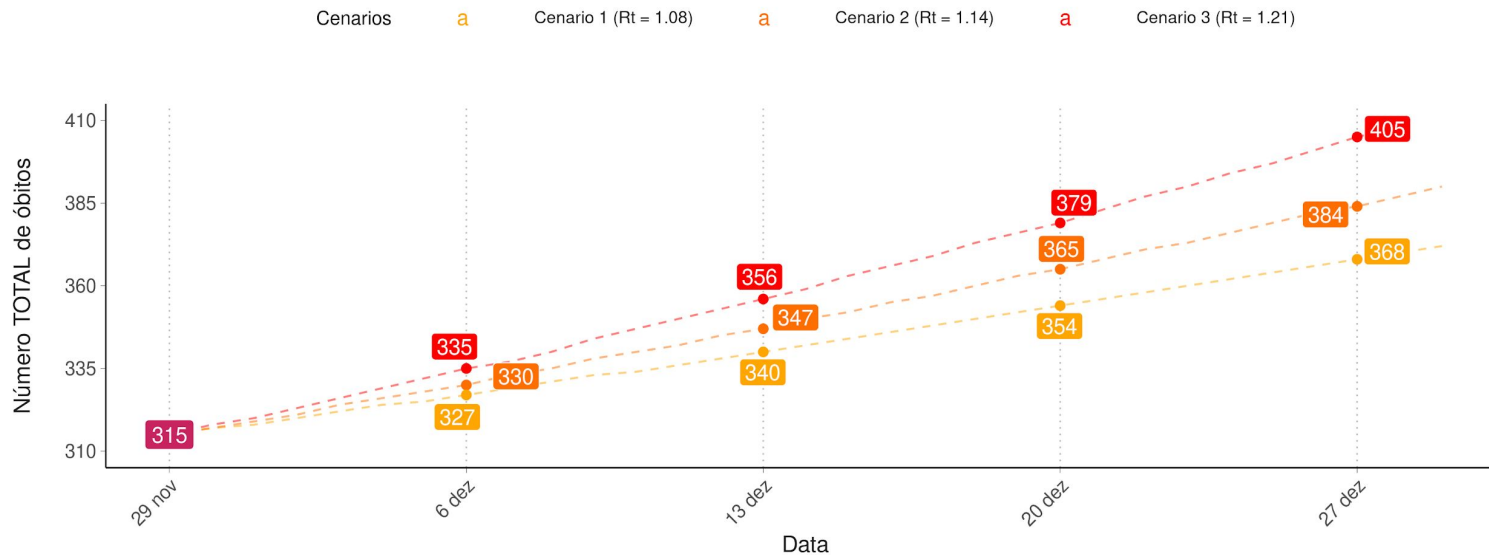


Projeção para as próximas 4 semanas na macrorregião Grande Oeste

Modelo Imperial College London



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

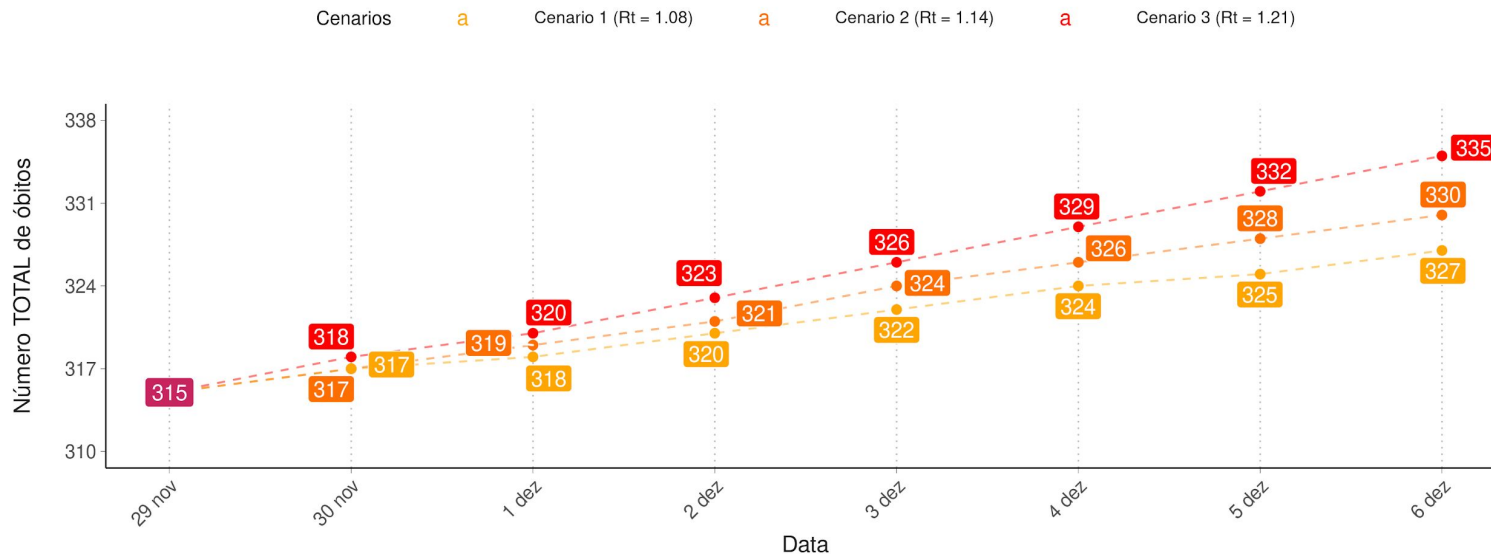


Projeção para a próxima semana na macrorregião Grande Oeste

Modelo Imperial College London



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



MEIO OESTE E SERRA CATARINENSE

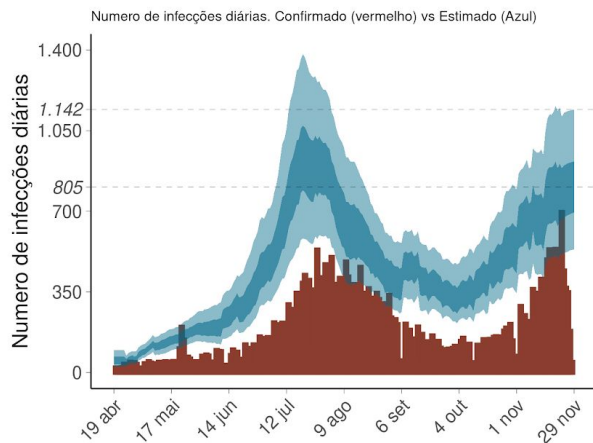
RELATÓRIO_21 / macrorregiões

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

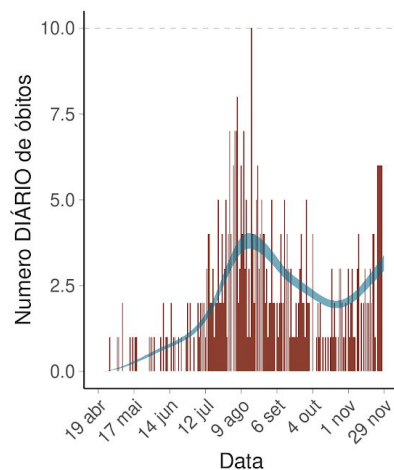
Modelo Imperial College London



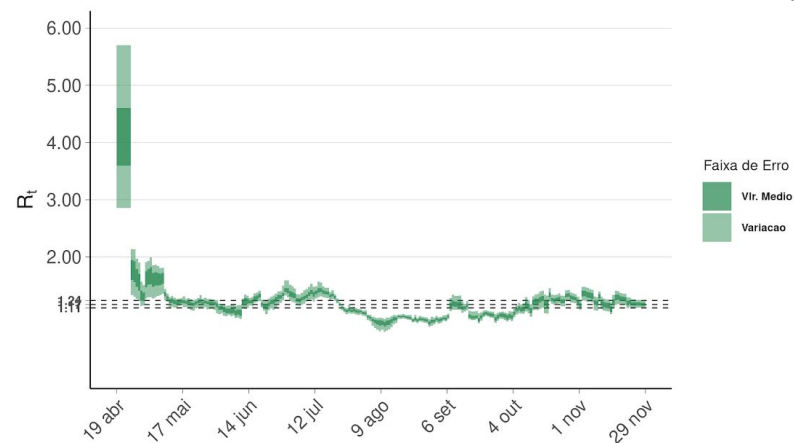
A



B



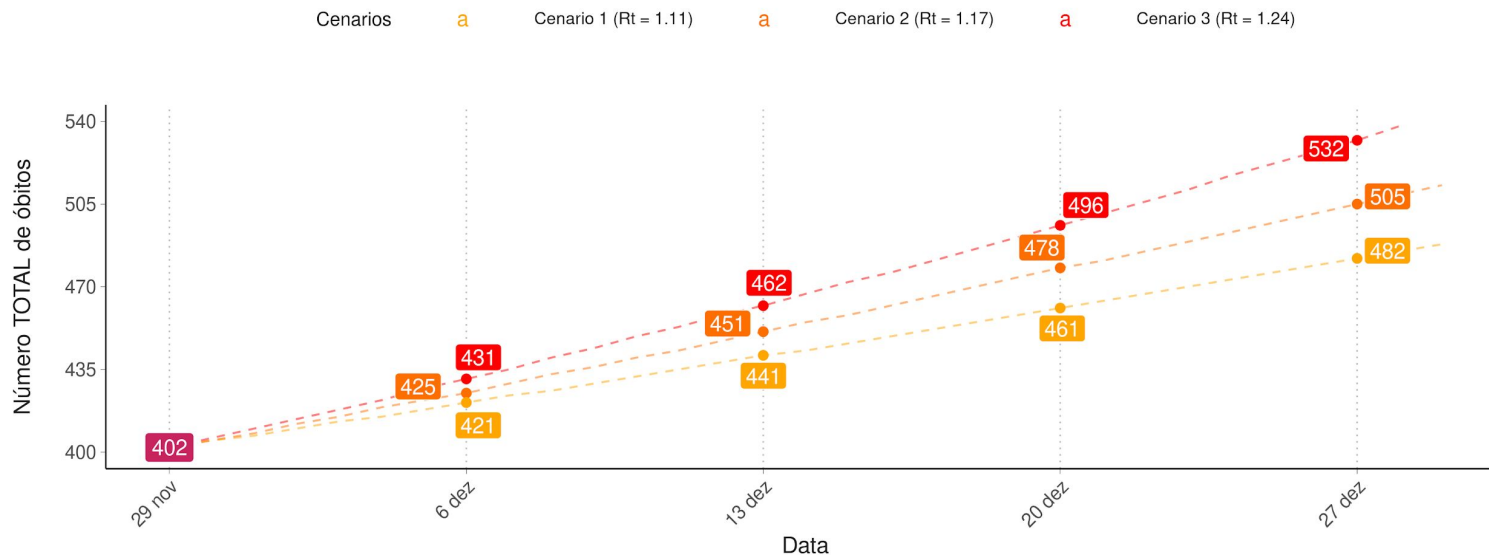
C



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

Modelo Imperial College London

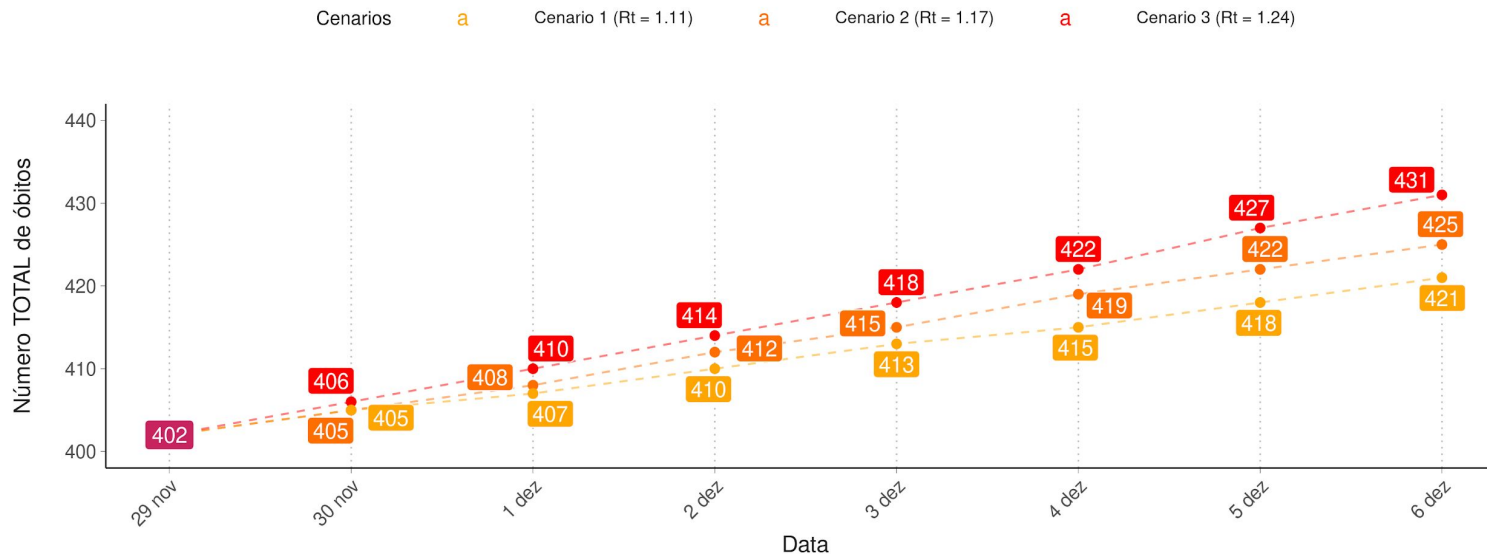
(SC_MAC_MEIO_OESTE_E_SERRA_CATARINENSE) Genários do Modelo do dia 30/11/2020



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

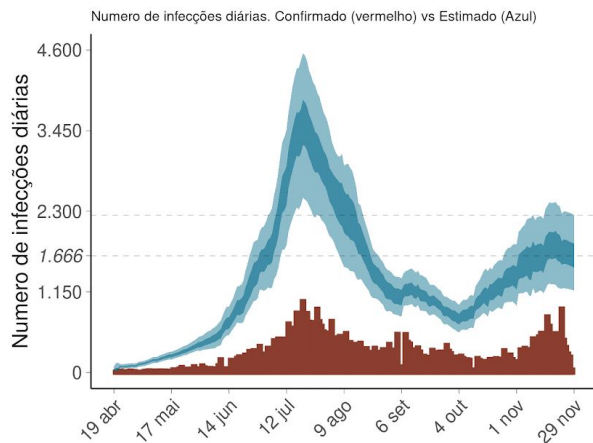
The background of the slide is a dark, blurred image of a financial candlestick chart. The chart shows price movements over time, with a horizontal line drawn across it. The text is overlaid on the left side of the chart.

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

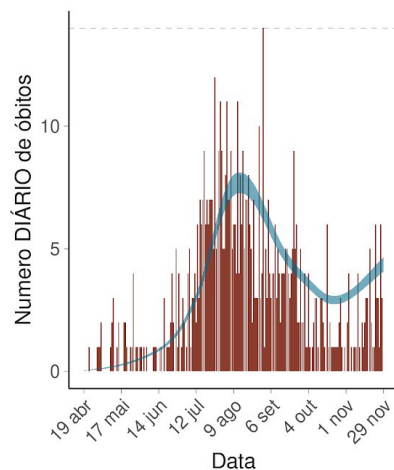
Modelo Imperial College London



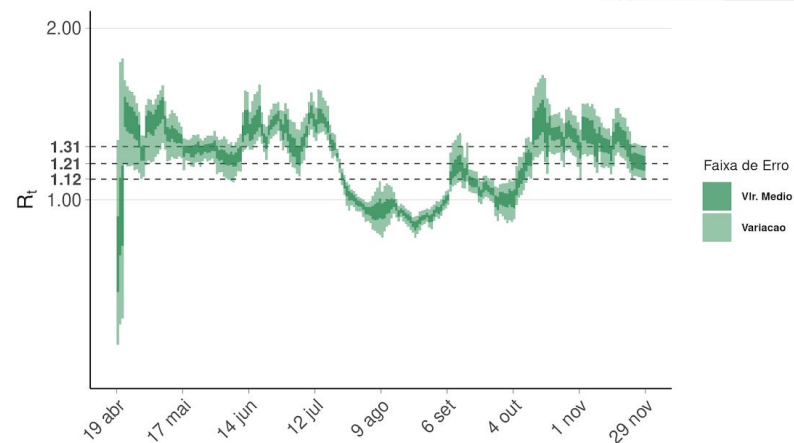
A



B



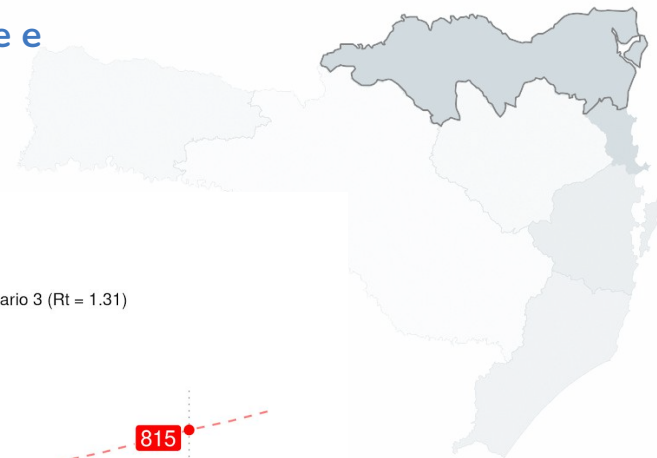
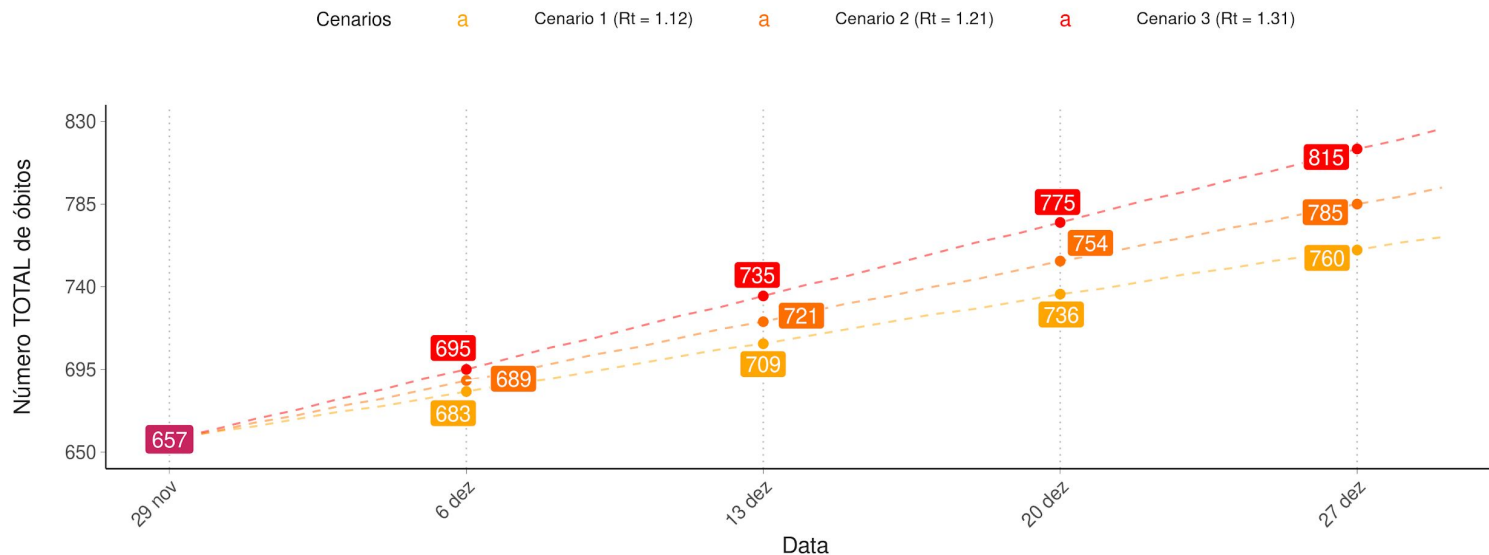
C



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

Modelo Imperial College London

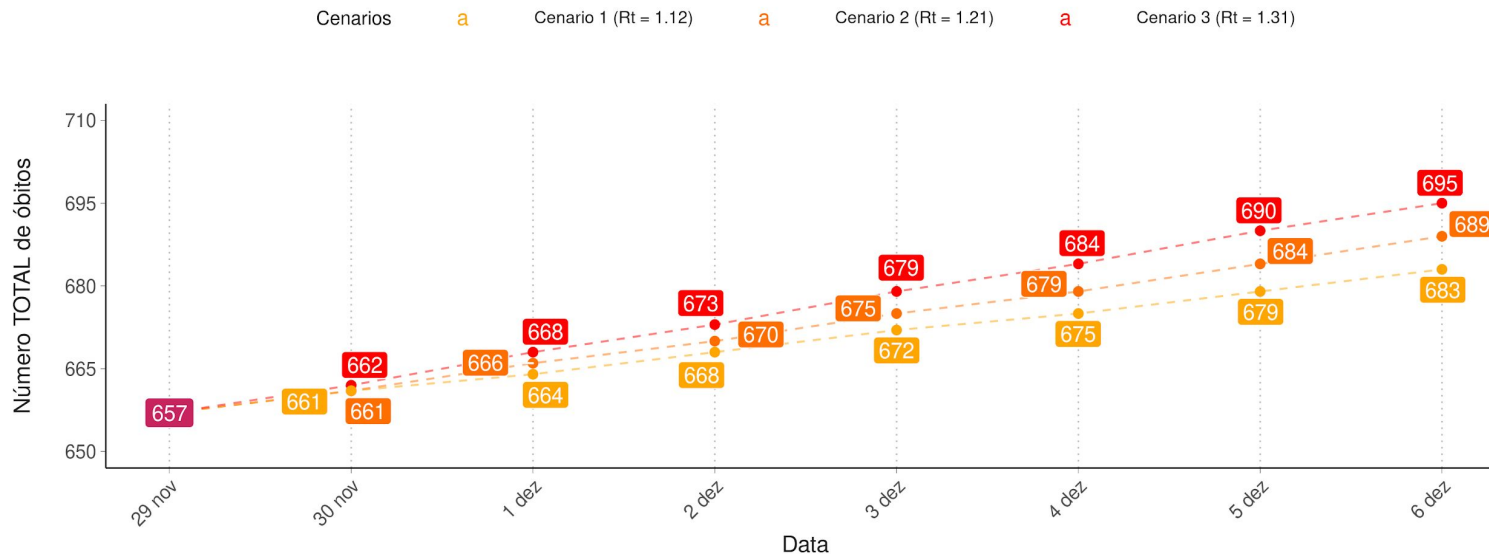
(SC_MAC_PLANALTO_NORTE_E_NORDESTE) Cenários do Modelo do dia 30/11/2020



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



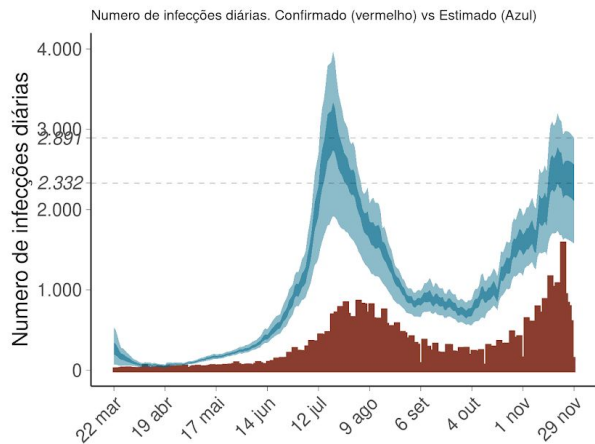
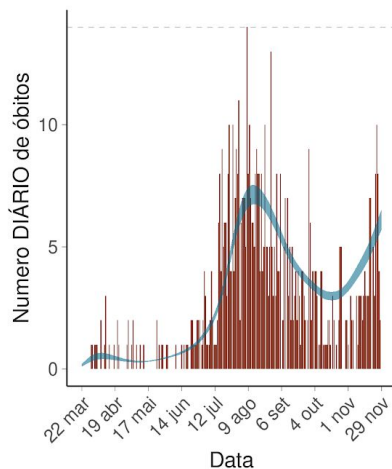
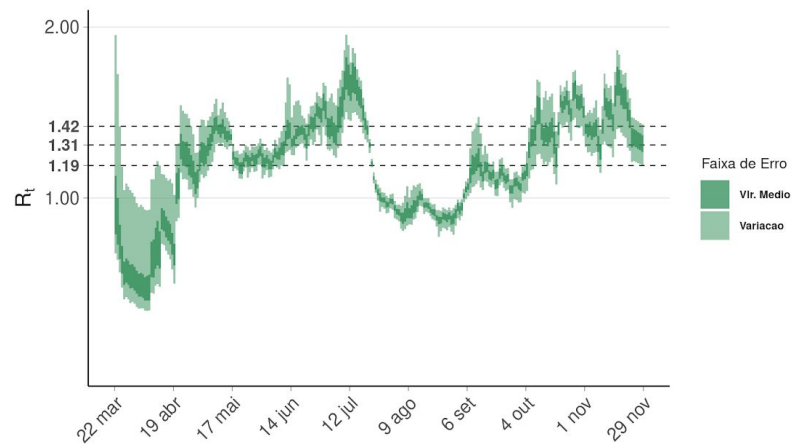
SUL

RELATÓRIO_21 / macrorregiões



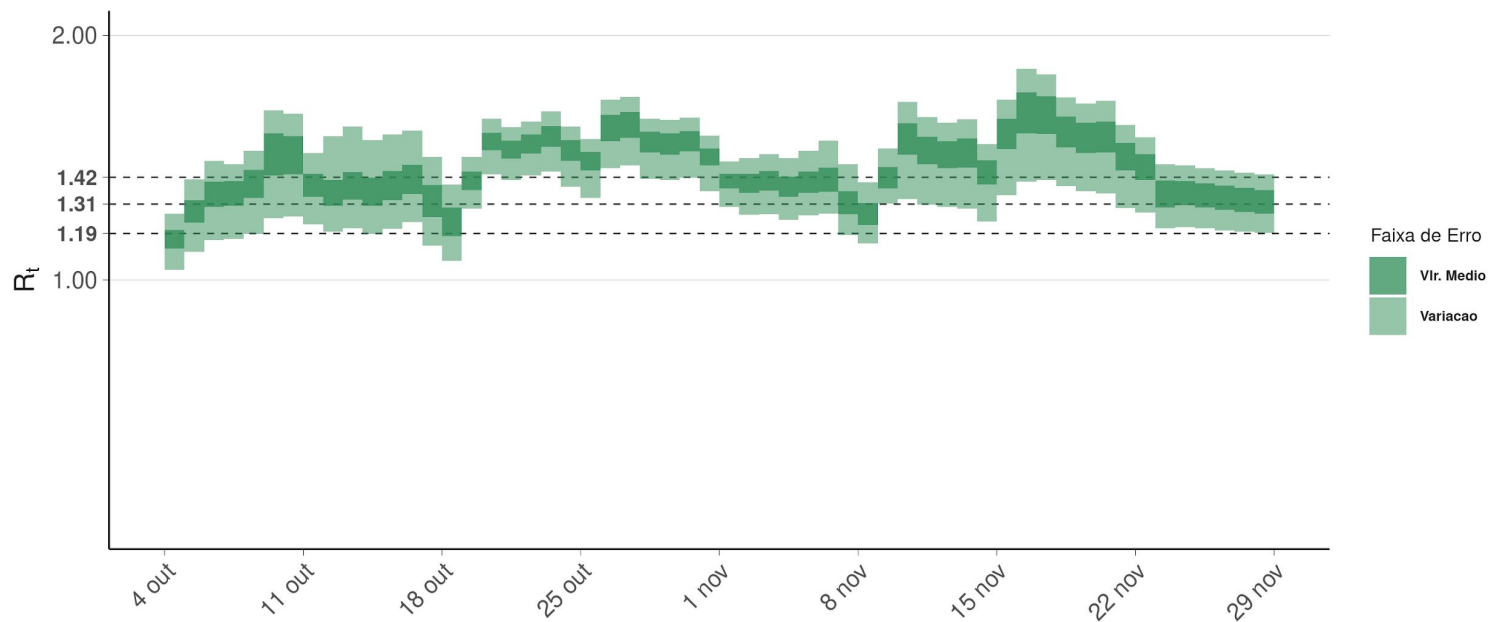
Resultados do modelo **30/11/2020** para a **macrorregião Sul**

Modelo Imperial College London

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

Projeção do R_t nas últimas 8 semanas na macrorregião Sul

Modelo Imperial College London

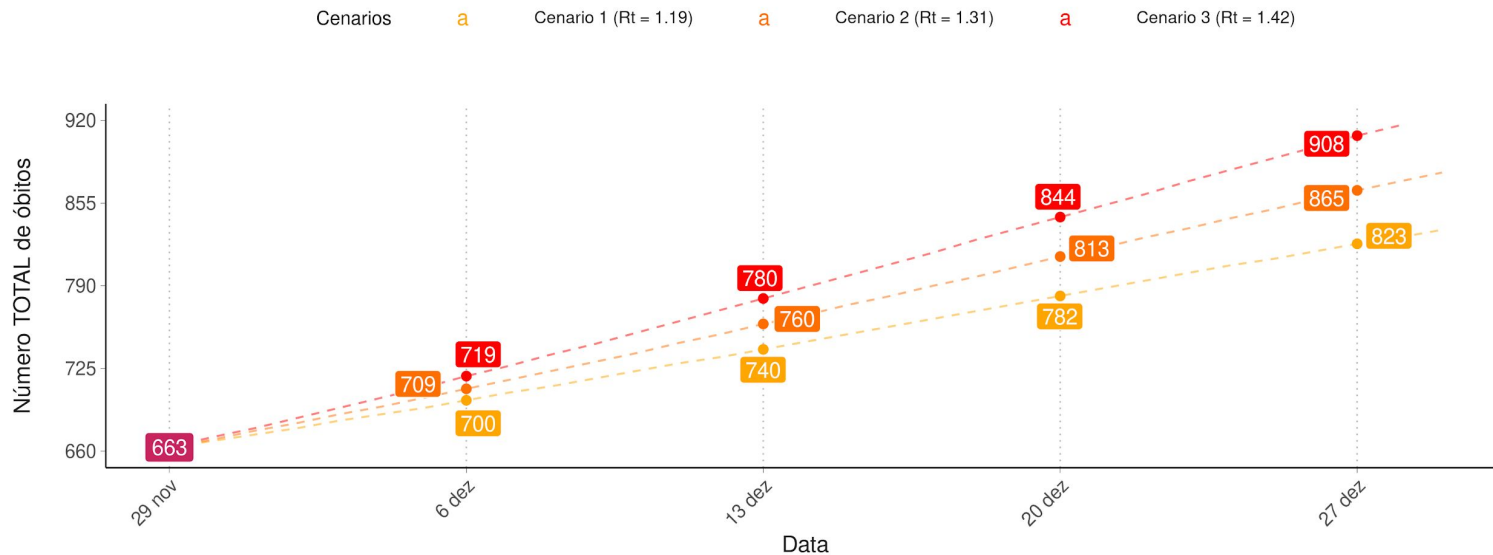


Projeção para as **próximas 4 semanas** na **macrorregião Sul**

Modelo Imperial College London



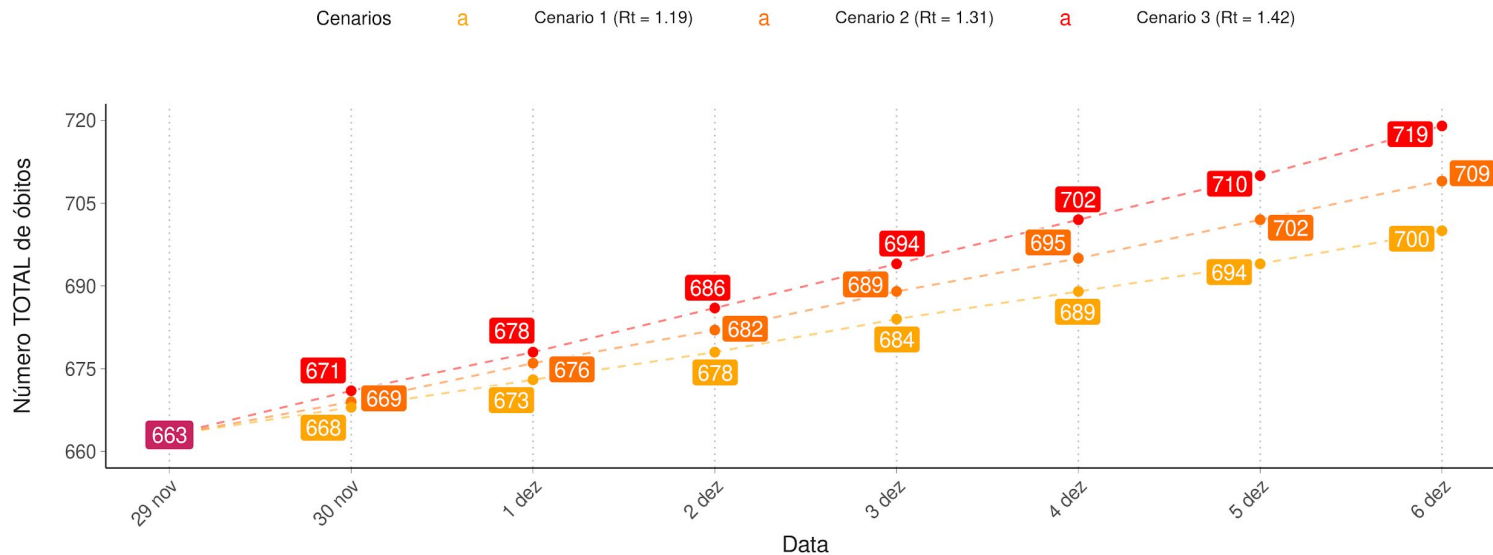
(SC_MAC_SUL) Cenários do Modelo do dia 30/11/2020



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 horizontal line drawn across it. The text 'MUNICÍPIOS' and 'RELATÓRIO_21' is overlaid on the left side of the chart.

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.



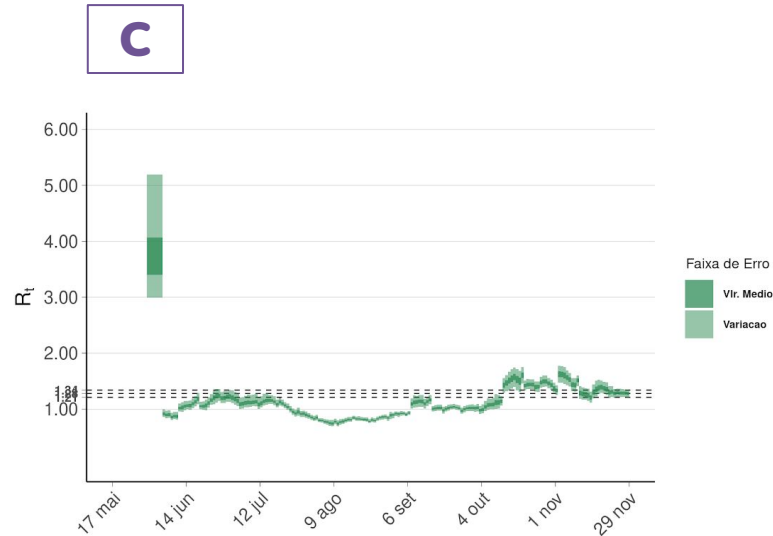
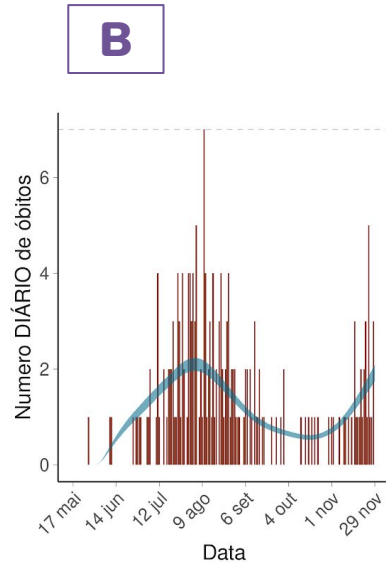
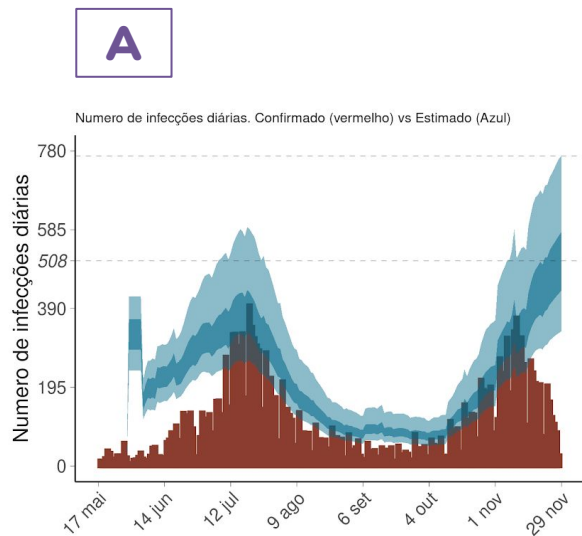
BLUMENAU

RELATÓRIO_21 / municípios



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

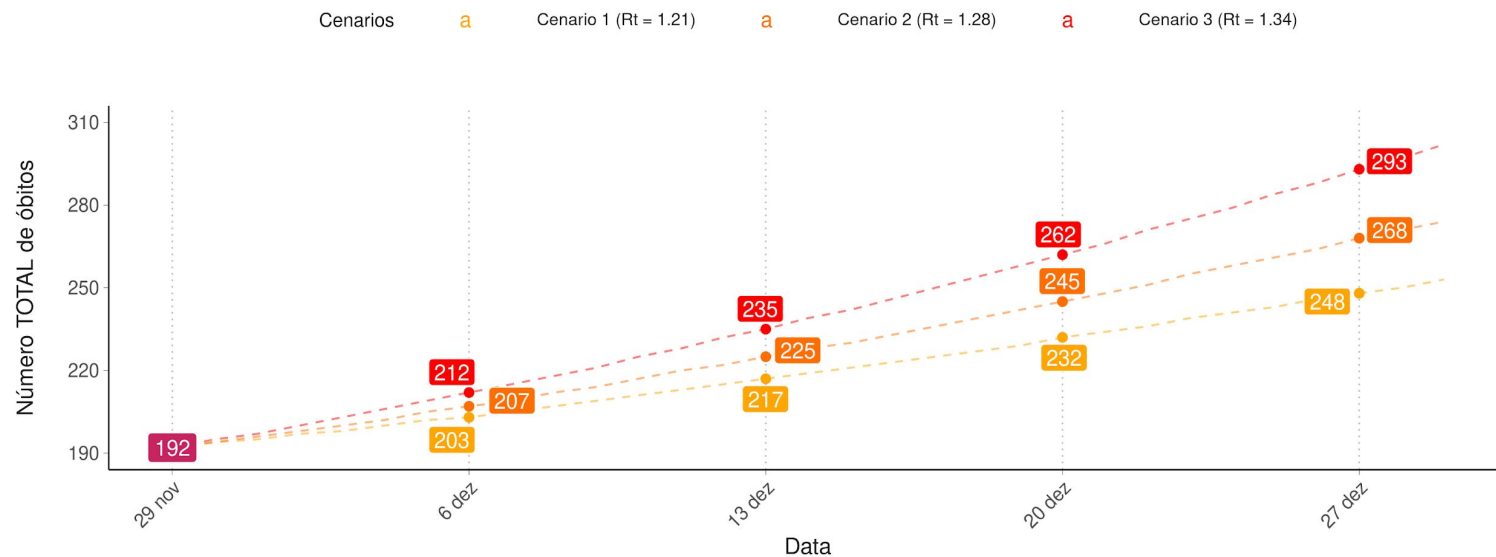
Modelo Imperial College London



Projeção para as próximas 4 semanas no município de Blumenau

Modelo Imperial College London

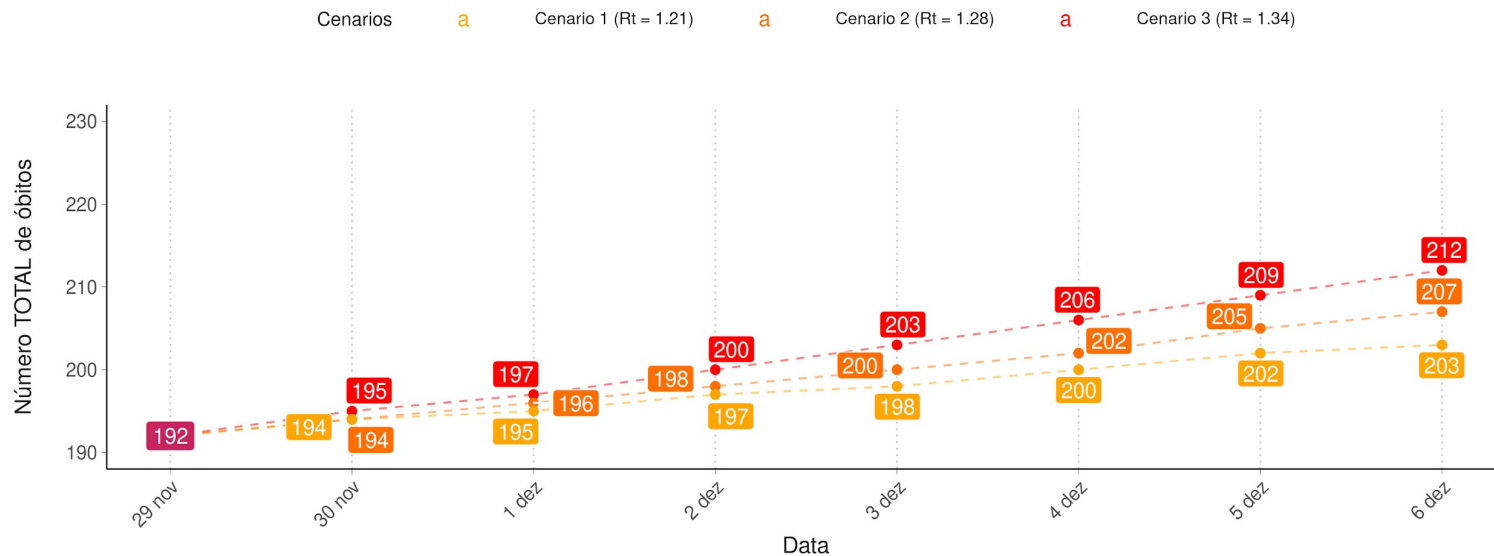
(SC_MUN_BLUMENAU) Cenários do Modelo do dia 30/11/2020



Projeção para a próxima semana no município de Blumenau

Modelo Imperial College London

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



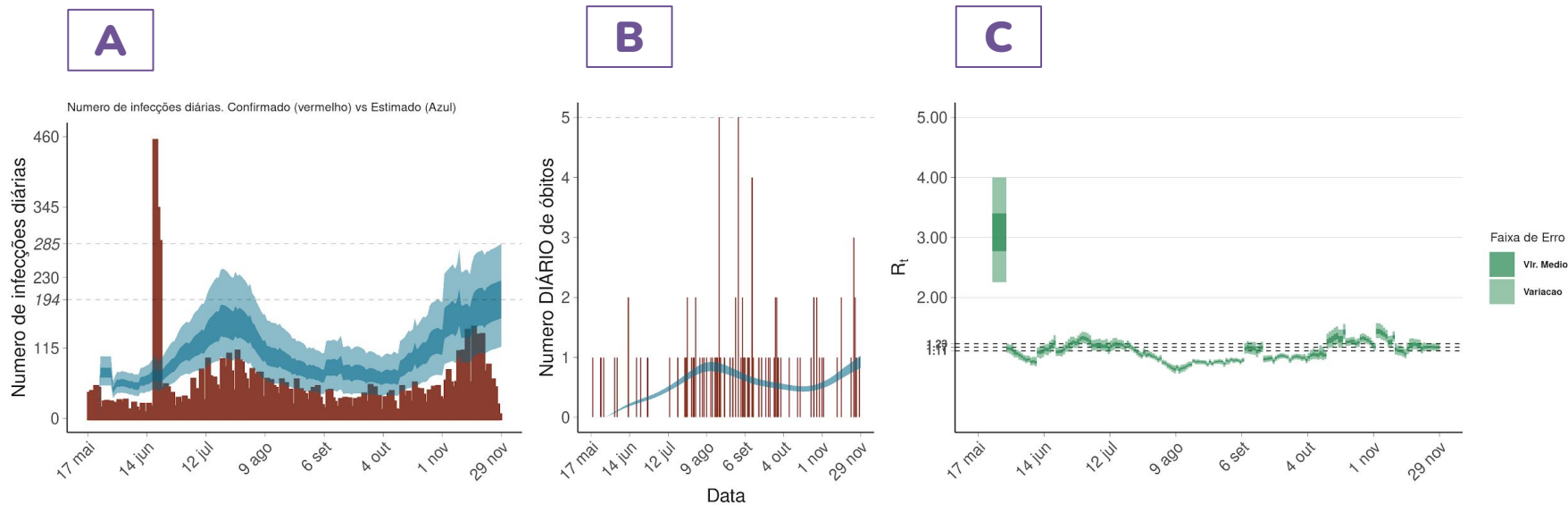
CHAPECÓ

RELATÓRIO_21 / municípios



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

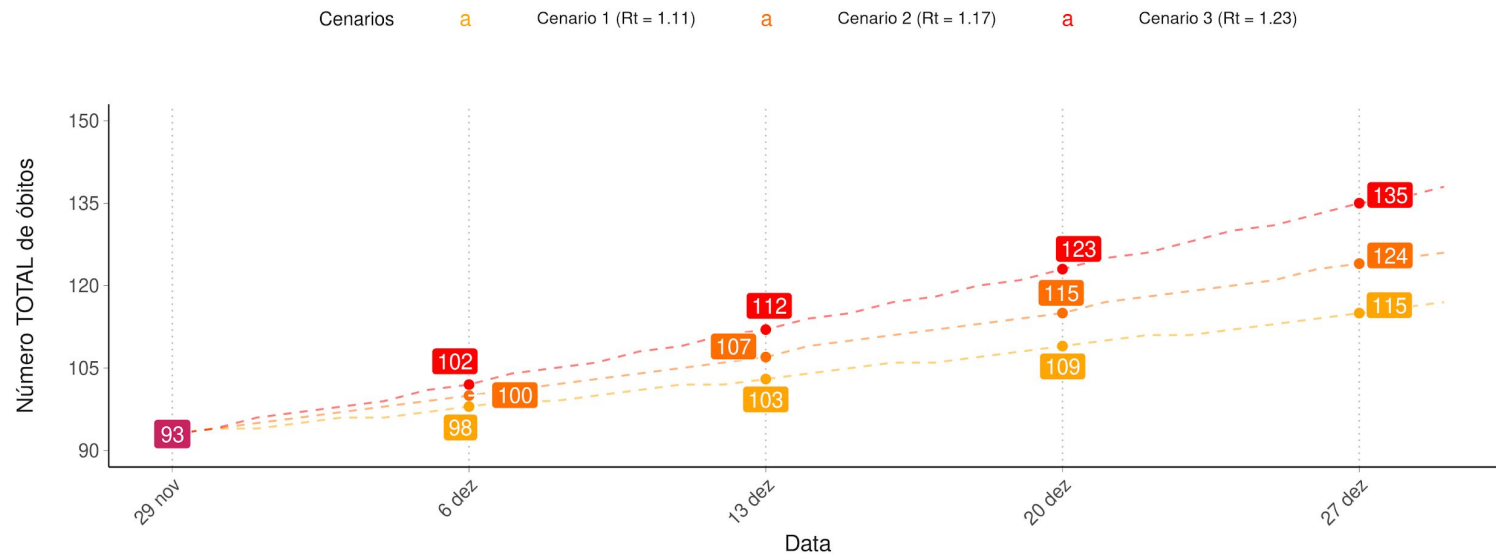
Modelo Imperial College London



Projeção para as próximas 4 semanas no município de Chapecó

Modelo Imperial College London

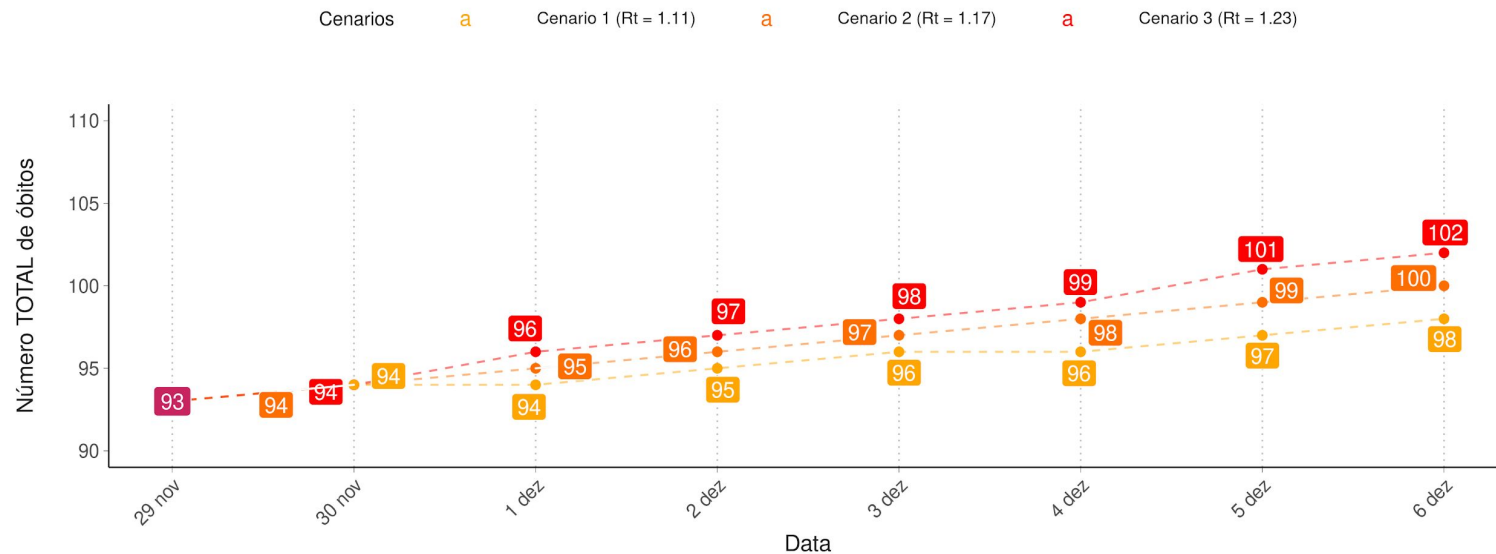
(SC_MUN_CHAPECO) Cenários do Modelo do dia 30/11/2020



Projeção para a próxima semana no município de Chapecó

Modelo Imperial College London

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



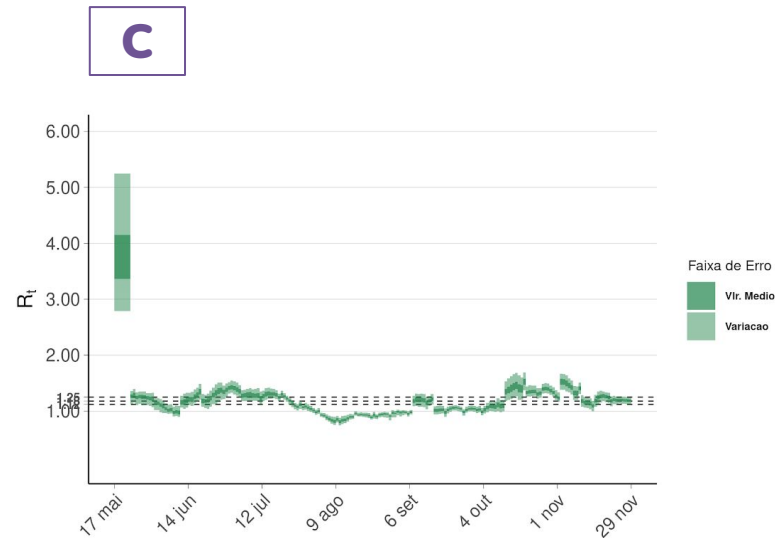
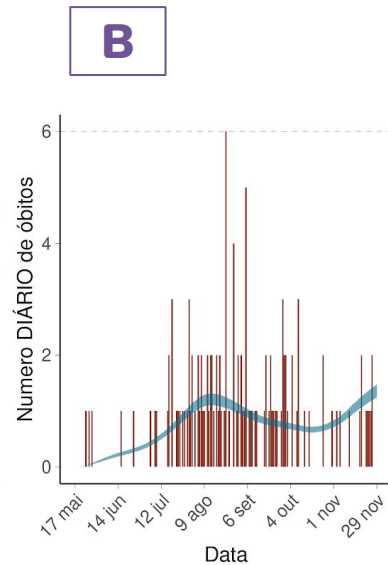
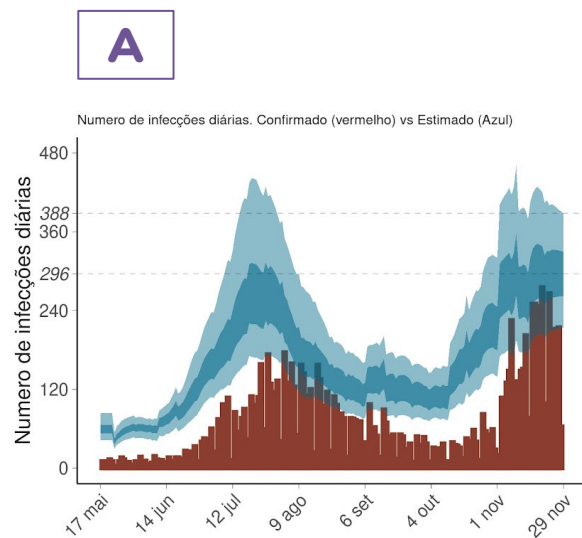
CRICIÚMA

RELATÓRIO_21 / municípios



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

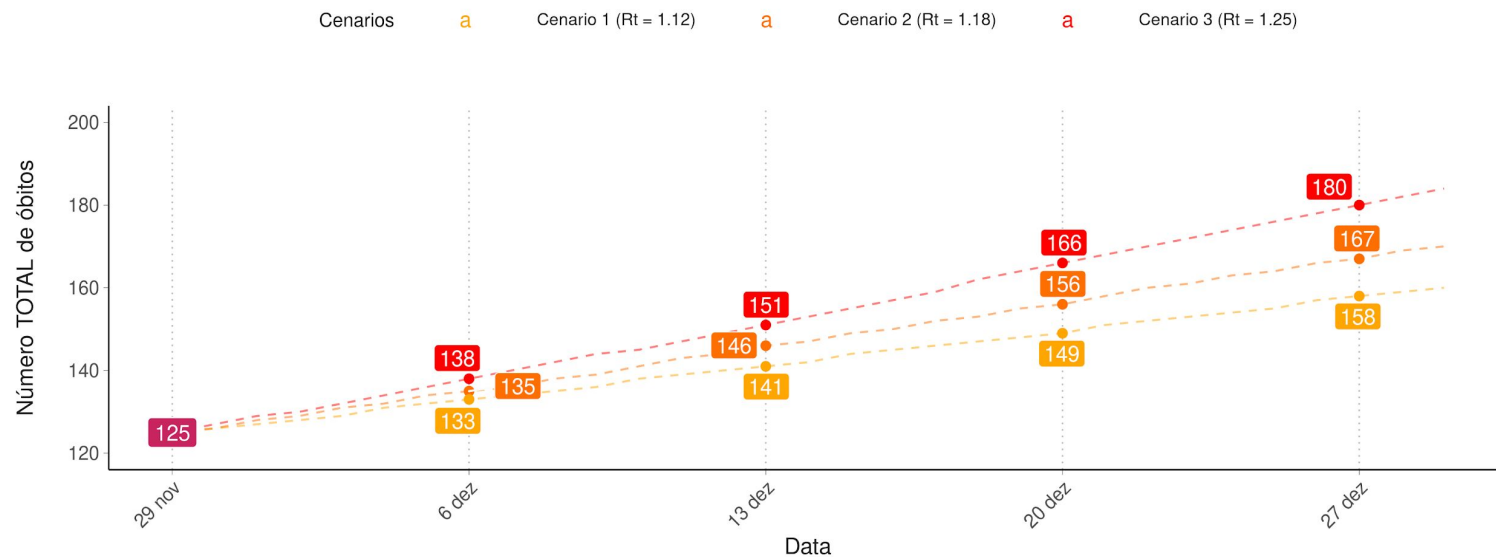
Modelo Imperial College London



Projeção para as próximas 4 semanas no município de Criciúma

Modelo Imperial College London

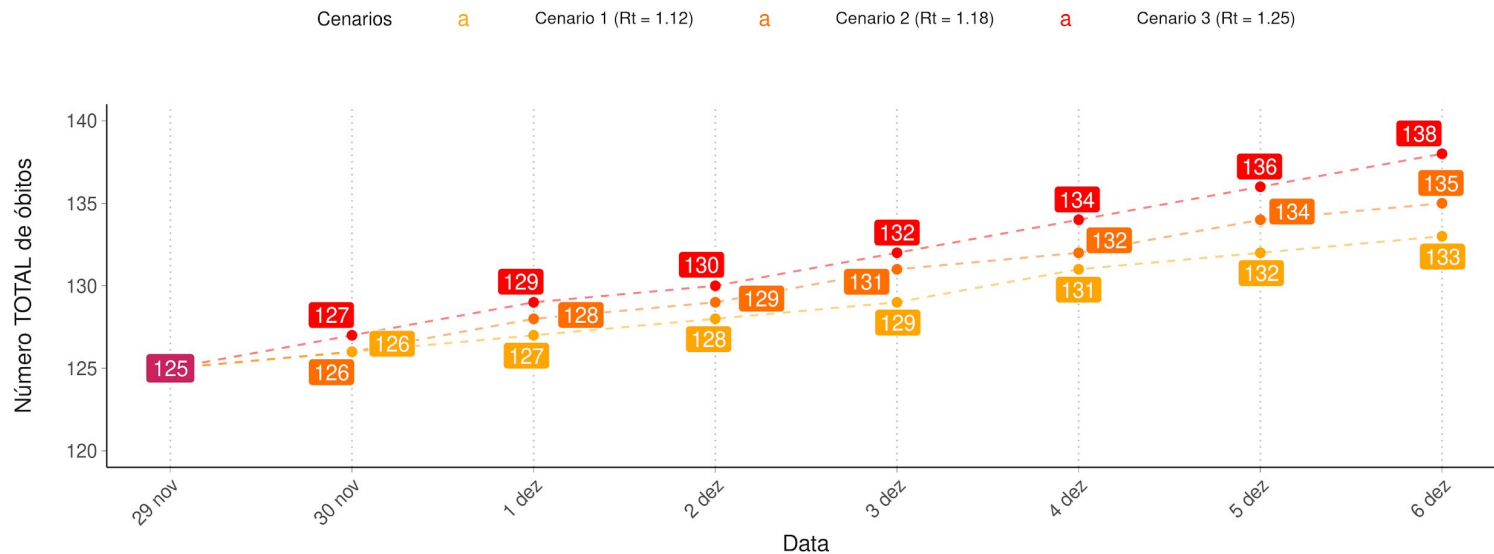
(SC_MUN_CRICIUMA) Cenários do Modelo do dia 30/11/2020



Projeção para a próxima semana no município de Criciúma

Modelo Imperial College London

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



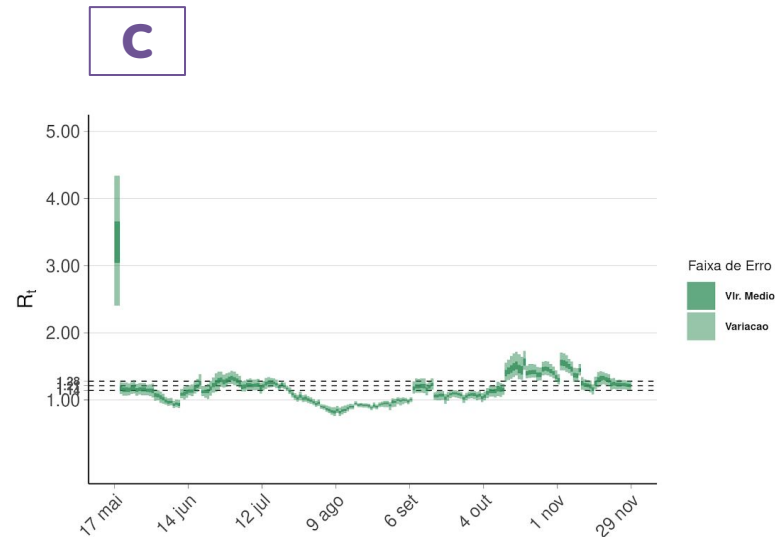
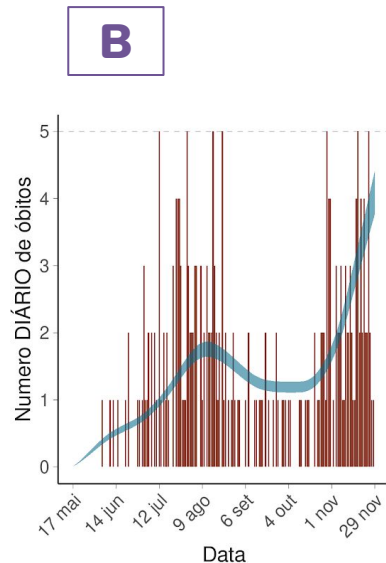
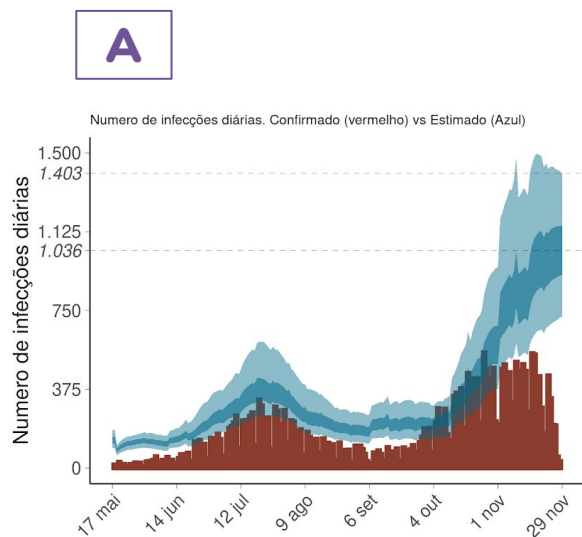
FLORIANÓPOLIS

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**

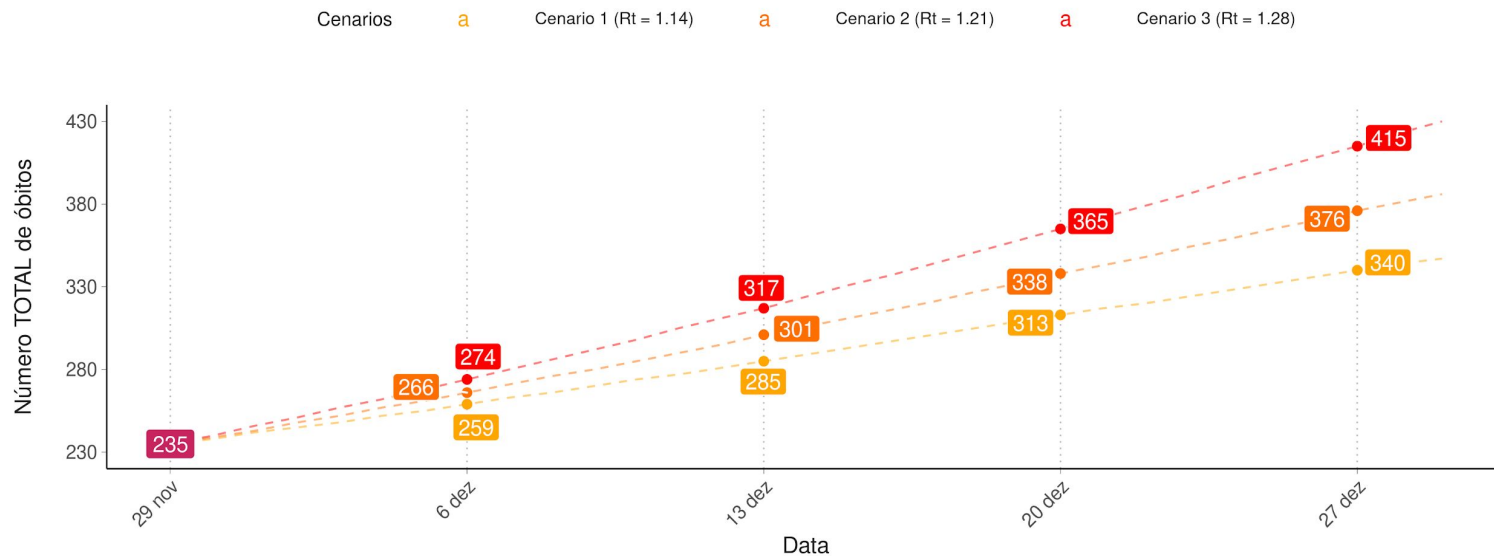
Modelo Imperial College London



Projeção para as próximas 4 semanas no município de Florianópolis

Modelo Imperial College London

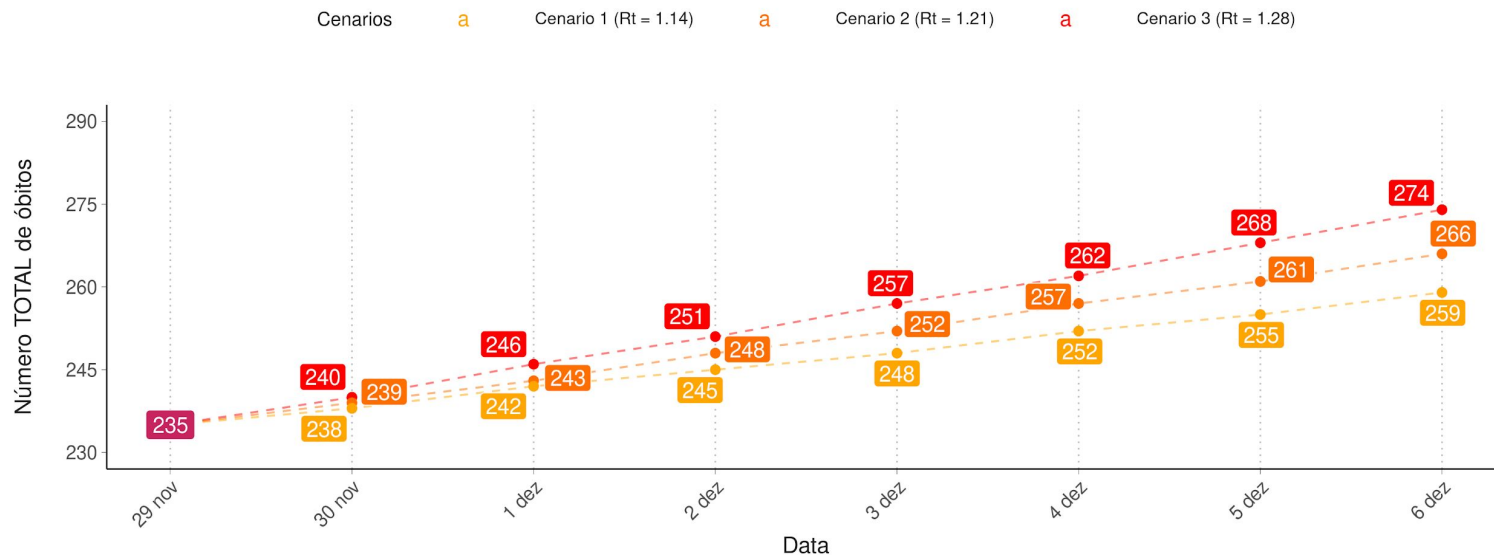
(SC_MUN_FLORIANOPOLIS) Cenários do Modelo do dia 30/11/2020



Projeção para a próxima semana no município de Florianópolis

Modelo Imperial College London

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



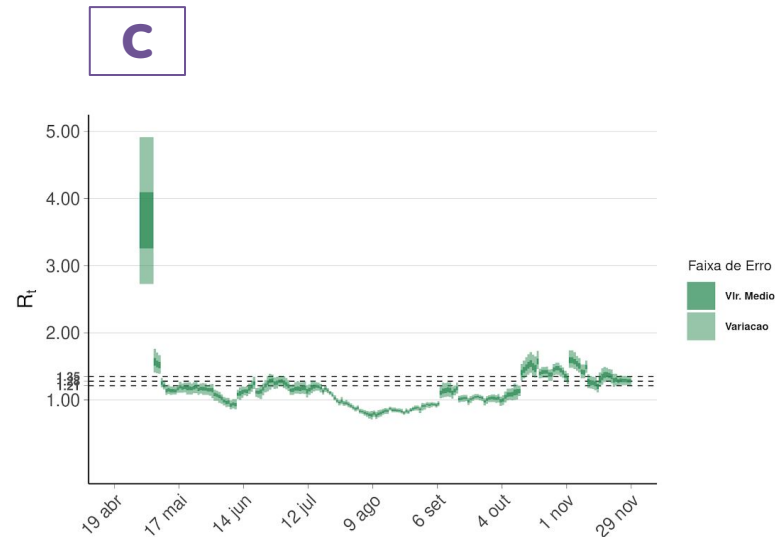
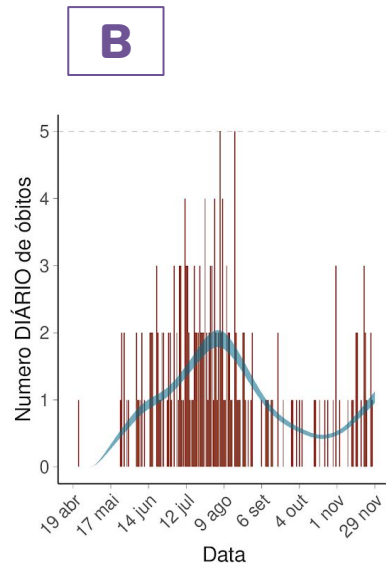
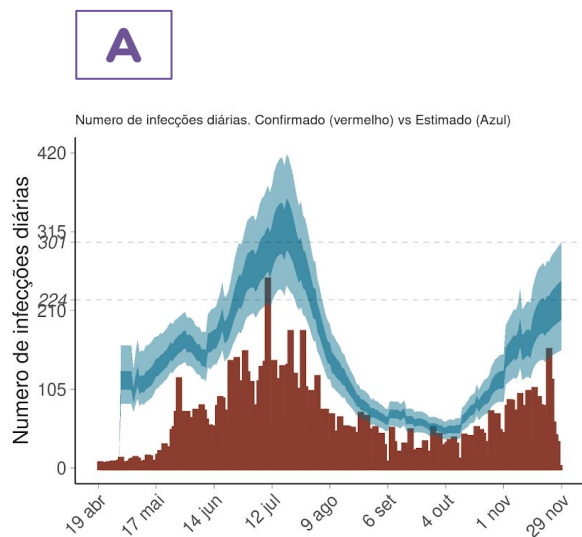
ITAJAÍ

RELATÓRIO_21 / municípios



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

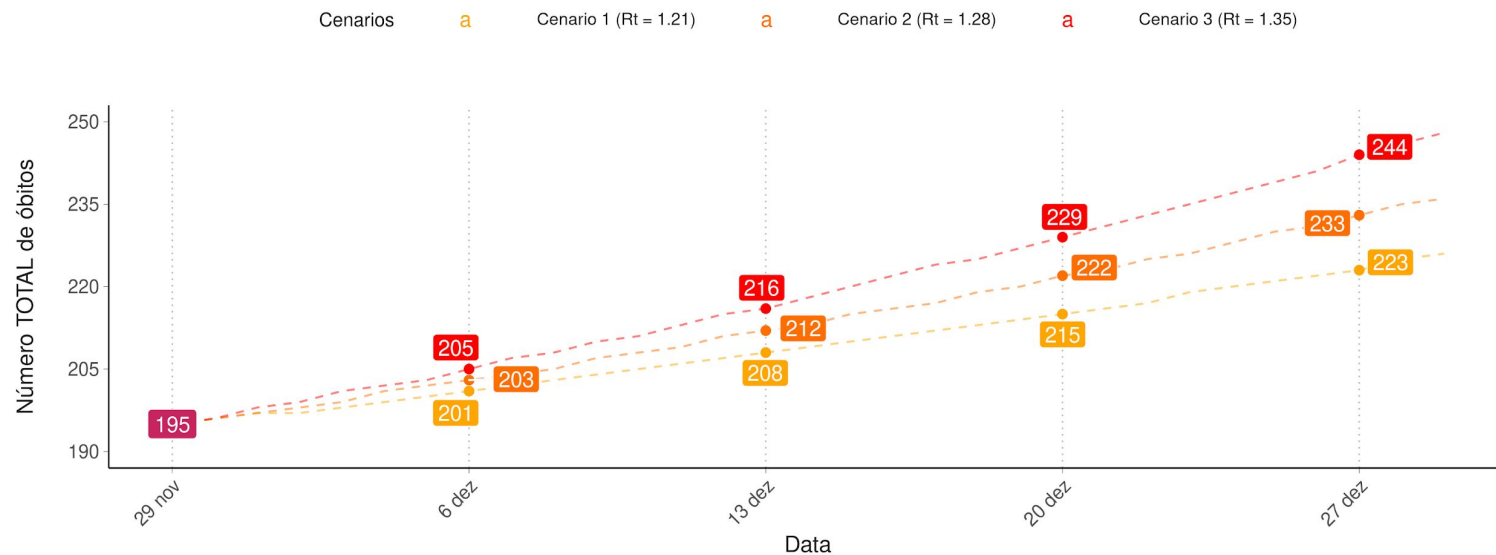
Modelo Imperial College London



Projeção para as **próximas 4 semanas** no município de Itajaí

Modelo Imperial College London

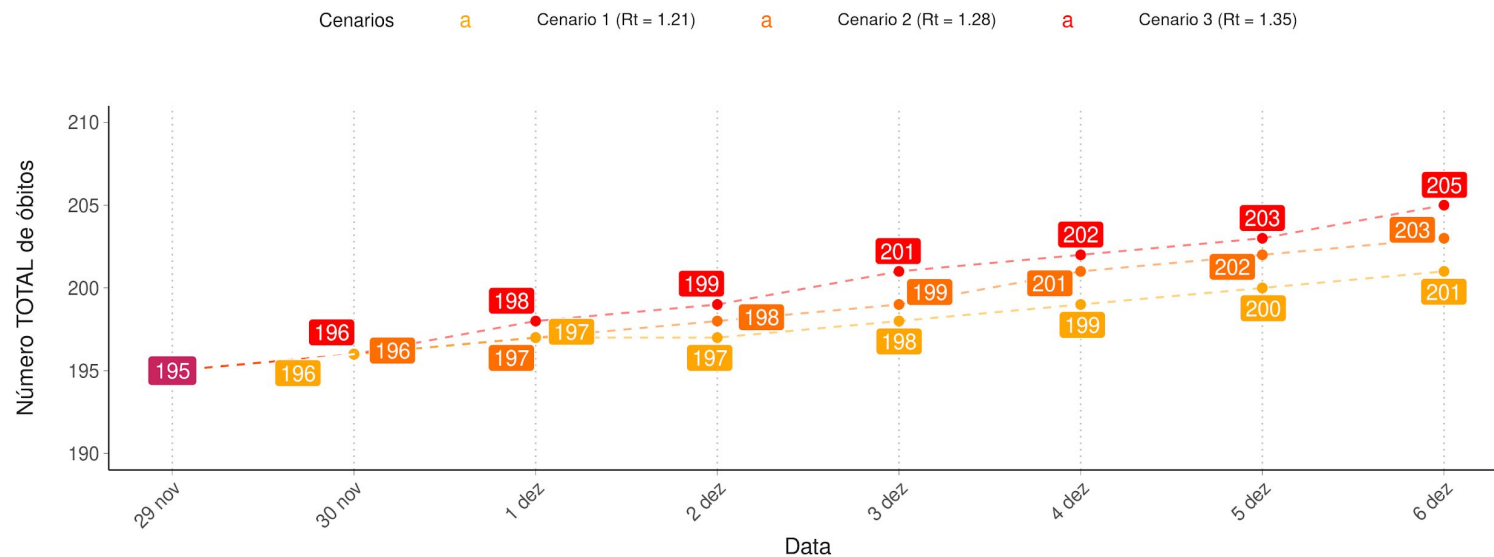
(SC_MUN_ITAJAI) Cenários do Modelo do dia 30/11/2020



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

Modelo Imperial College London

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



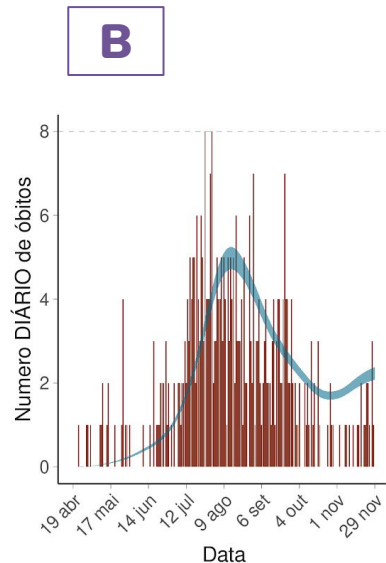
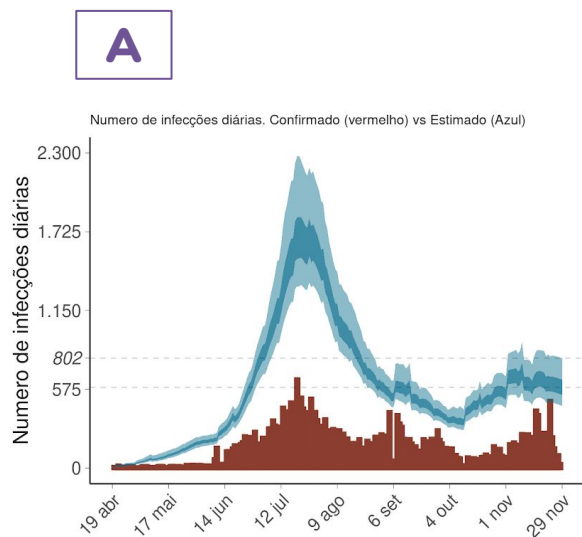
JOINVILLE

RELATÓRIO_21 / municípios



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

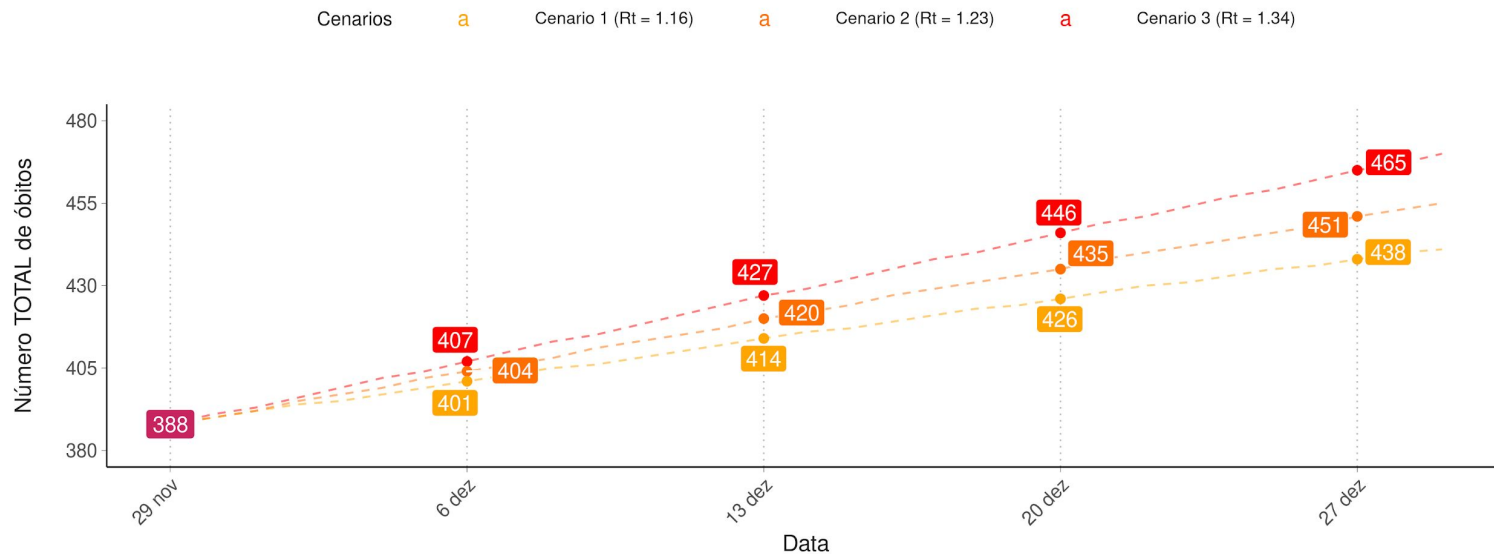
Modelo Imperial College London



Projeção para as próximas 4 semanas no município de Joinville

Modelo Imperial College London

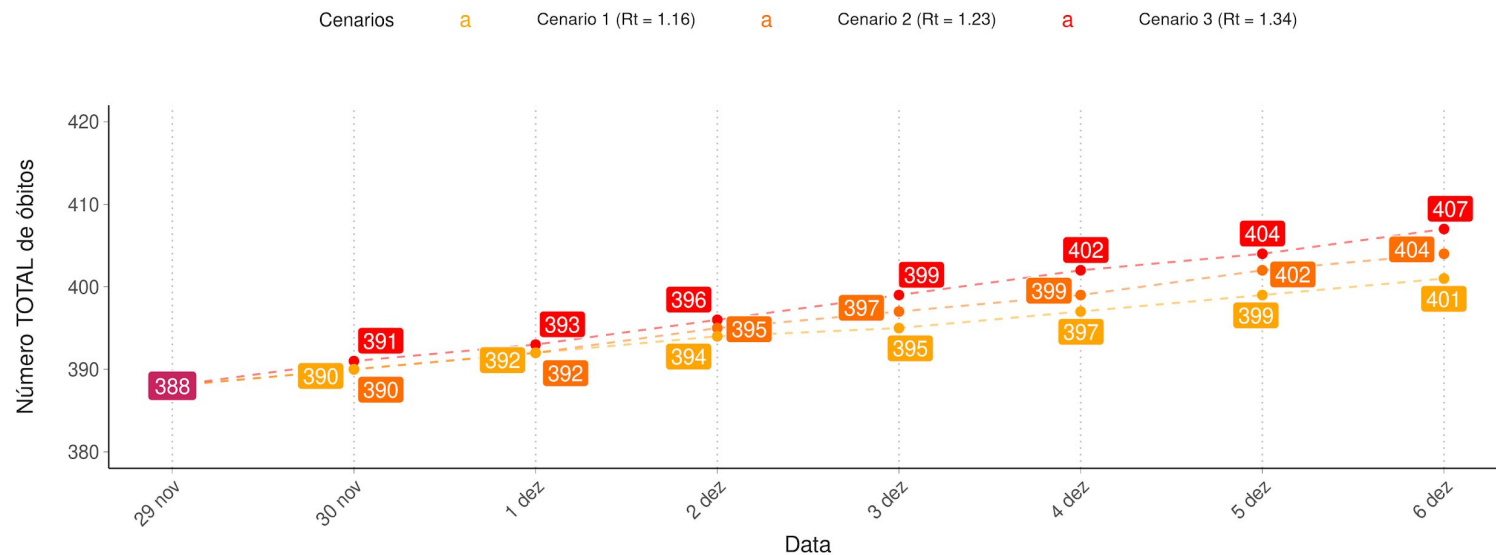
(SC_MUN_JOINVILLE) Cenários do Modelo do dia 30/11/2020



Projeção para a próxima semana no município de Joinville

Modelo Imperial College London

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



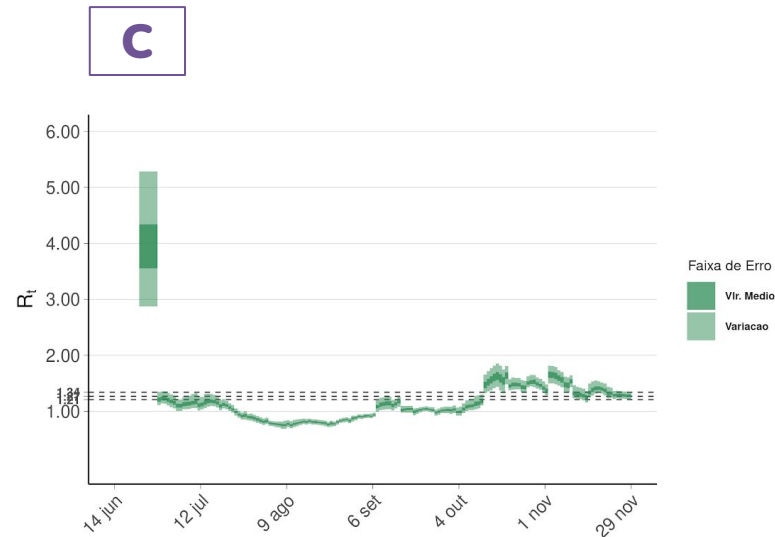
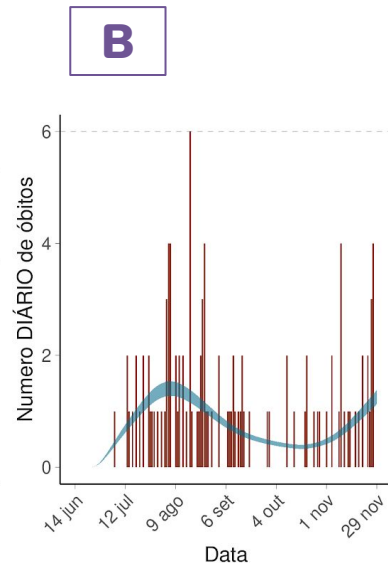
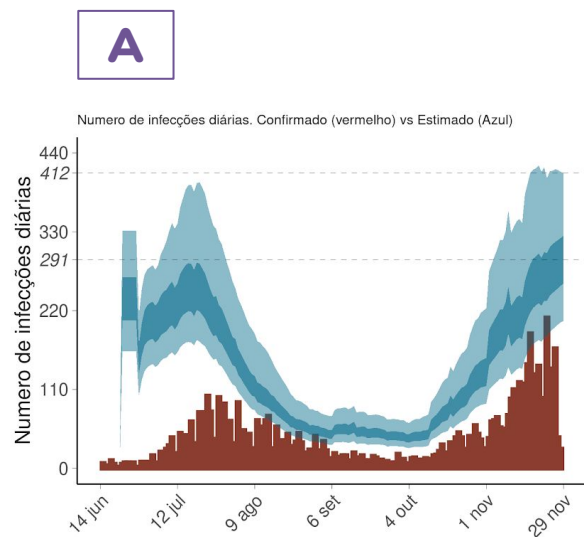
LAGES

RELATÓRIO_21 / municípios



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

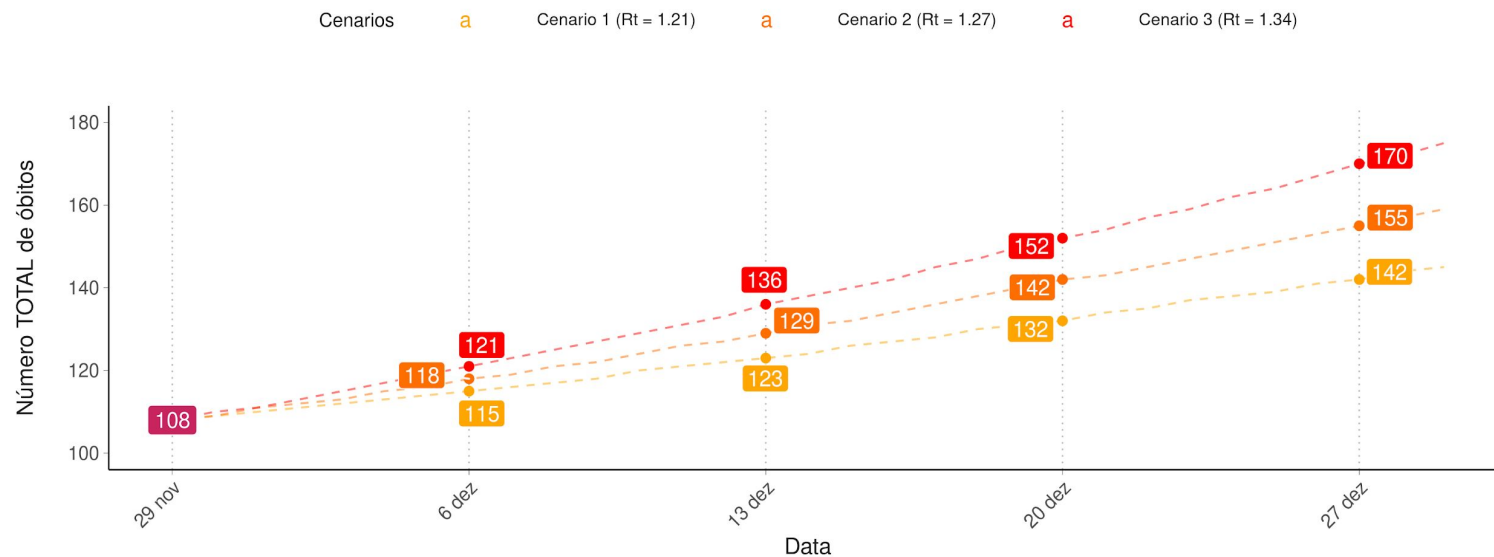
Modelo Imperial College London



Projeção para as próximas 4 semanas no município de Lages

Modelo Imperial College London

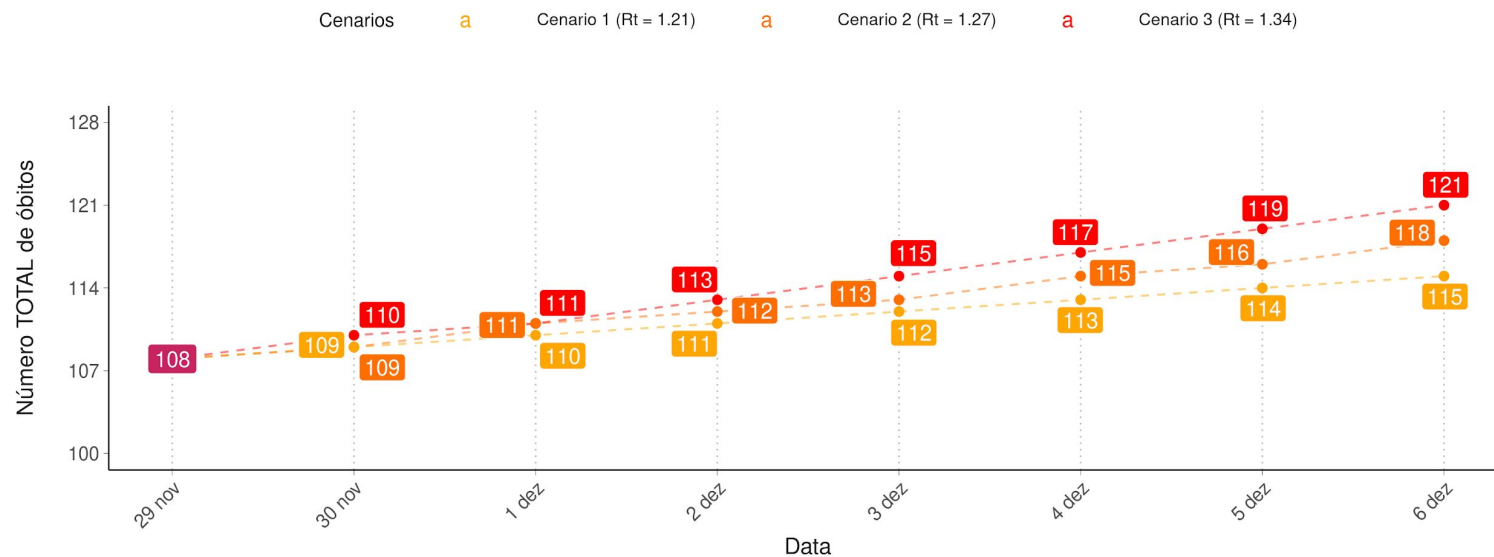
(SC_MUN_LAGES) Cenários do Modelo do dia 30/11/2020



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

Modelo Imperial College London

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



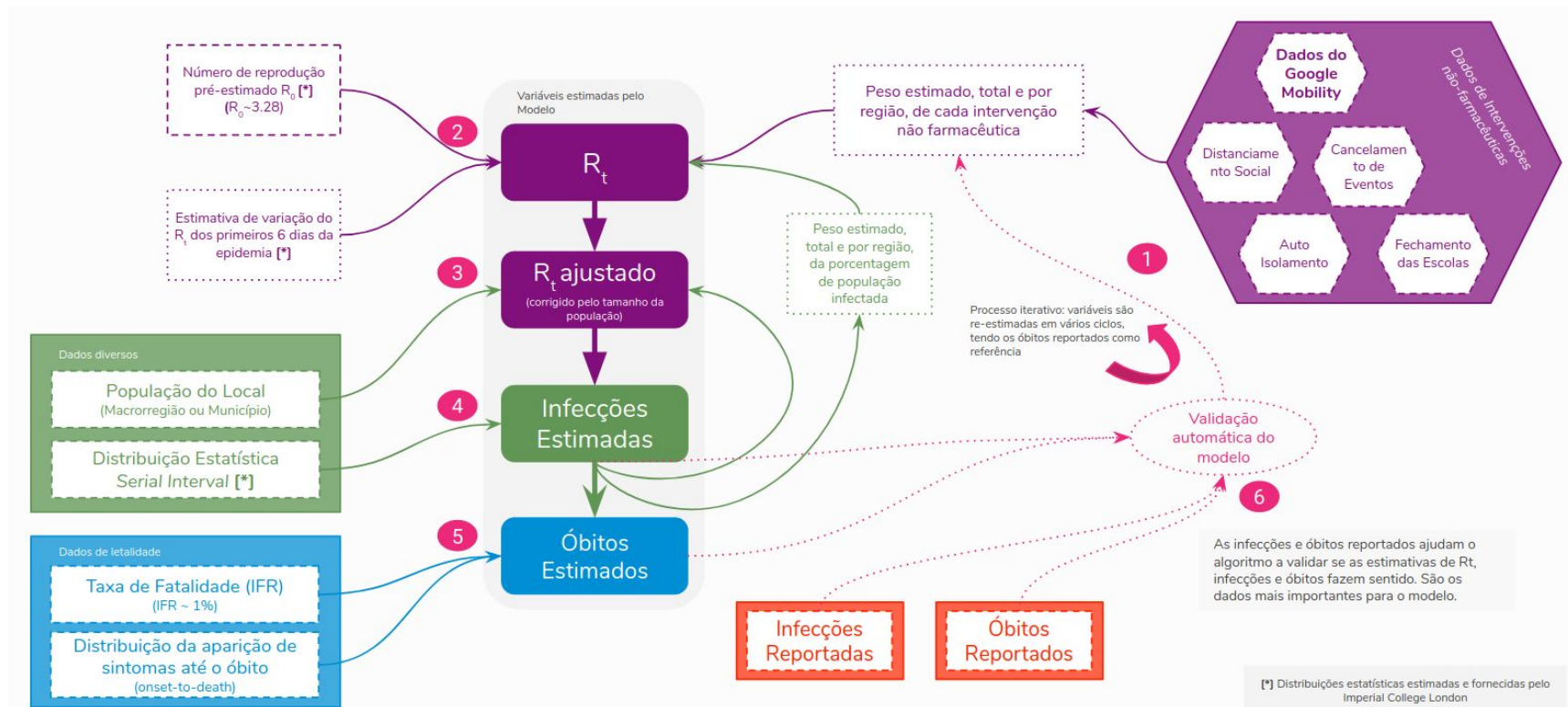
GUIA DO MODELO

GUIA DE INTERPRETAÇÃO DOS GRÁFICOS
CONCLUSÕES E LIMITAÇÕES

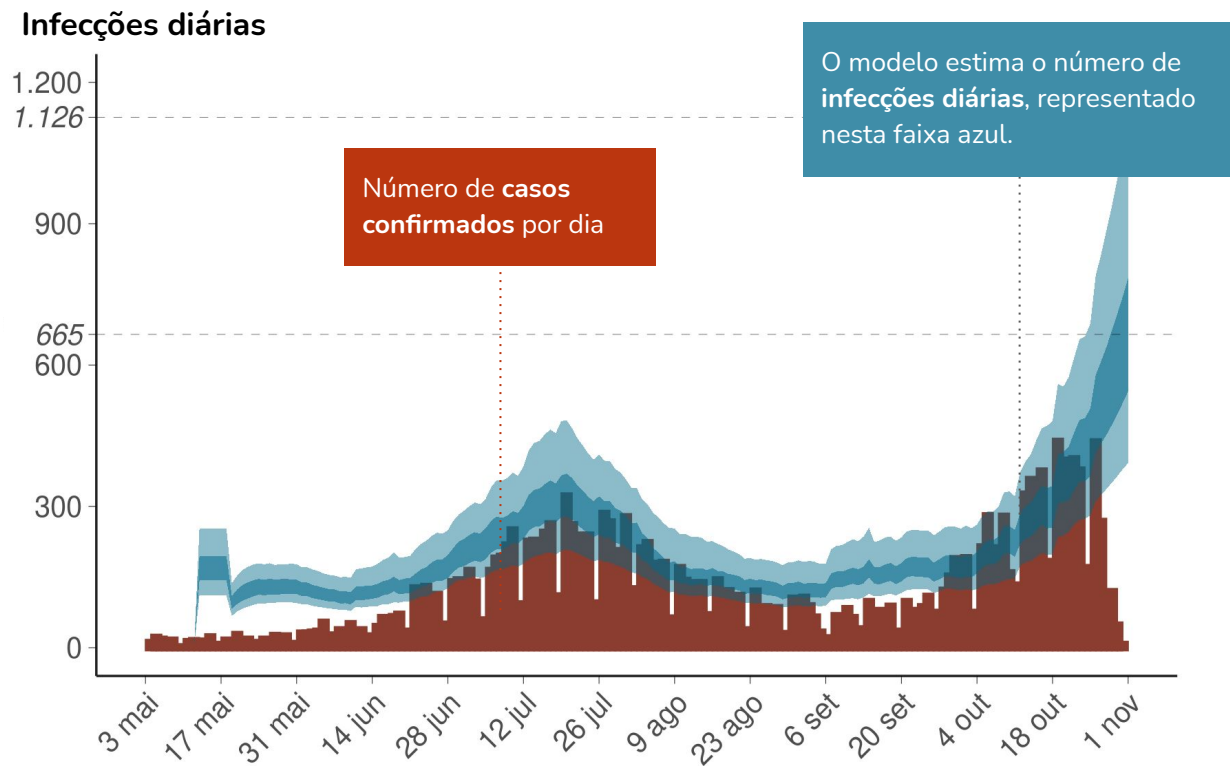


FLUXO DO MODELO EPIDEMIOLÓGICO

// COMO O ALGORITMO CALCULA AS ESTIMATIVAS

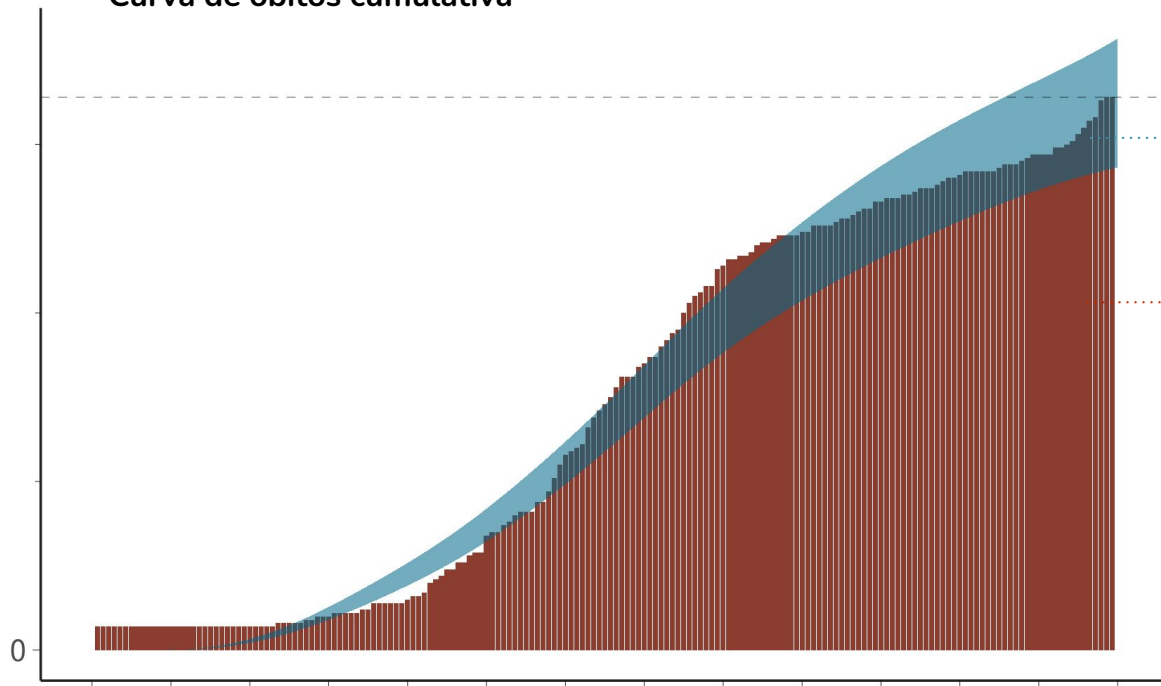


INTERPRETAÇÃO - GRÁFICO A



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

Curva de óbitos cumulativa



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

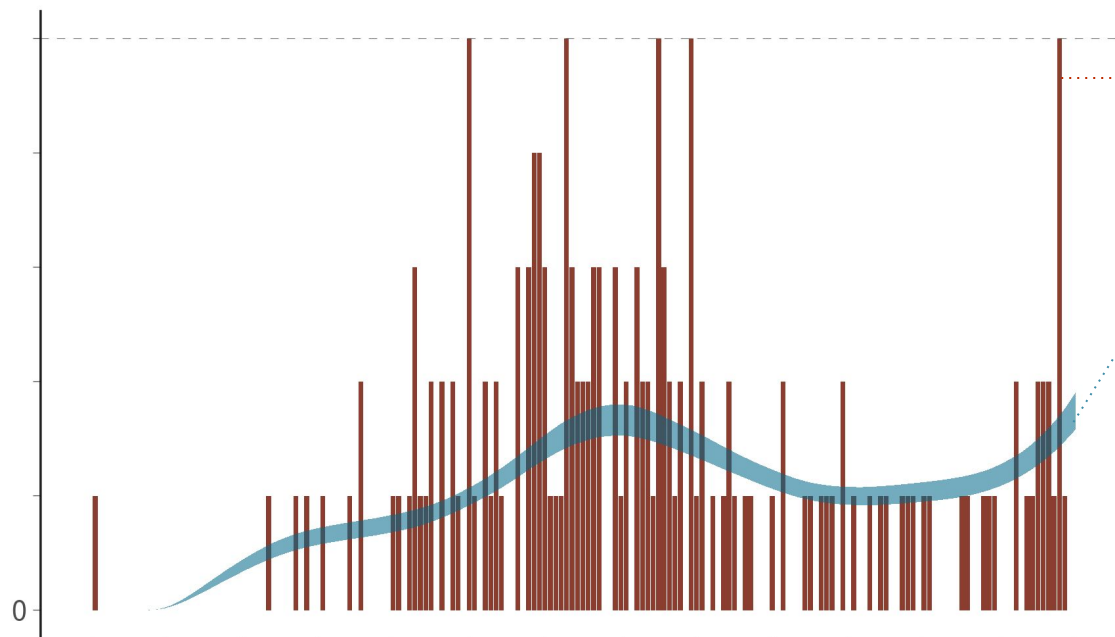
Total de óbitos confirmados

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

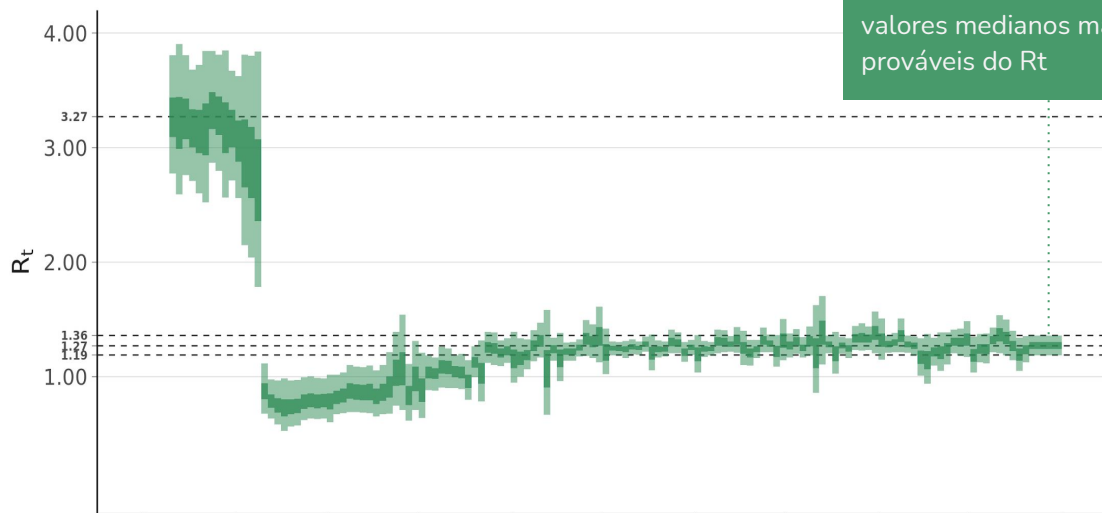
O modelo estima os óbitos diariamente, aprendendo com os dados informados e tentando aproximar desses de uma forma contínua..

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

The background features a dark, blurred image of a financial candlestick chart. A horizontal white line is drawn across the chart, intersecting several candlesticks. The chart shows price fluctuations over time, with some candles indicating price increases and others decreases. The overall aesthetic is professional and data-oriented.

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

