



HAL
open science

Relatório 01 - Progresso da COVID-19 no Brasil e no Estado do Rio de Janeiro: 21^a Semana Epidemiológica do Calendário 2020 (17/5/2020 até 23/5/2020)

Americo Cunha Jr, Julio Basilio, Leonardo Rocha de La Roca, Lisandro Lovisolo, Malú Grave, Rodrigo Burgos, Adriano Cortês, Karla Figueiredo, Roberto Velho, Bruna Silveira Pavlack, et al.

► To cite this version:

Americo Cunha Jr, Julio Basilio, Leonardo Rocha de La Roca, Lisandro Lovisolo, Malú Grave, et al.. Relatório 01 - Progresso da COVID-19 no Brasil e no Estado do Rio de Janeiro: 21^a Semana Epidemiológica do Calendário 2020 (17/5/2020 até 23/5/2020). [Technical Report] COVID-19: Observatório Fluminense. 2020. hal-02886737

HAL Id: hal-02886737

<https://hal.science/hal-02886737>

Submitted on 1 Jul 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

Relatório 01

Progresso da COVID-19 no Brasil e no Estado do Rio de Janeiro 21ª Semana Epidemiológica do Calendário 2020 (17/5/2020 até 23/5/2020)

Americo Cunha Jr*, Julio Basilio*, Leonardo de la Roca*, Lisandro Lovisolo*, Malú Grave*, Rodrigo Burgos*, Adriano Cortês, Karla Figueiredo, Roberto Velho, Bruna Pavlack, Diego H. S. Catalão, Diego Matos, Eber Dantas, João Pedro Norenberg, Lucas Chaves, Luiz F. S. Coelho, Marcos Issa, Michel Tosin, Roberto Luo, Amanda Cunha Guyt, Luthiana Soares

*Contribuíram igualmente para elaboração deste relatório.

Os autores declaram nenhum conflito de interesse.

Correspondência: americo@ime.uerj.br, lisandro@uerj.br, rburgos@eng.uerj.br

Rio de Janeiro, 24 de maio de 2020

Sugestão de citação:

A. Cunha Jr, et al. Relatório 01 Progresso da COVID-19 no Brasil e no Estado do Rio de Janeiro: 21ª Semana Epidemiológica do Calendário 2020 (17/5/2020 até 23/5/2020). COVID-19: Observatório Fluminense(24/5/2020), DOI: <https://doi.org/10.12957/eduerj.covid19rj.relatorio1>



This work is licensed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License.

COVID-19: Observatório Fluminense

Essa é uma iniciativa independente de pesquisadores, que congrega uma equipe multidisciplinar (matemática, engenharias, computação, arquitetura, jornalismo), para responder algumas demandas emergentes com o avanço da pandemia de COVID-19 em âmbito nacional. O interesse individual dos membros da equipe pela pandemia levou, naturalmente, ao intercâmbio de informações entre pesquisadores e estudantes, tais como fontes de dados, análises gráficas, notícias, relatórios e artigos científicos e, especialmente, ferramentas matemáticas empregadas na modelagem e análise do progresso de epidemias. Essa interação resultou na organização de uma força tarefa para buscar algumas soluções em termos de análise e visualização de dados, modelagem matemática da epidemia, bem como para produzir material educacional para estudantes interessados no tema e para o público em geral.

Dessa forma, os objetivos da presente iniciativa se articulam em torno dos seguintes tópicos:

- Monitorar, em âmbito nacional e no estado do Rio de Janeiro, o progresso da pandemia de COVID-19;
- Construir gráficos e outras entidades para visualização de dados que permitam acompanhar e analisar o progresso da pandemia de modo claro e pedagógico;
- Fazer previsões confiáveis sobre o progresso de curto prazo da pandemia (número de infectados, número de óbitos, variações dos mesmos etc);
- Desenvolver material educativo de alto nível na área de modelagem matemática de epidemias;
- Desenvolver e divulgar material informativo de qualidade para o público interessado.

Mais informações sobre a iniciativa podem ser obtidas em www.covid19rj.org. Todos os gráficos e informações apresentados neste relatório, bem como o mesmo demais documentos produzidos pela equipe COVID19RJ, podem ser encontrados no repositório <https://github.com/amicocunhajr/COVID19RJ>.

Outras informações e resultados relevantes também podem ser vistos nas redes sociais da iniciativa:

www.instagram.com/portalcovid19rj

www.facebook.com/portalcovid19rj

www.twitter.com/portalcovid19rj

Equipe de trabalho

Professores / Pesquisadores:

Adriano Cortês	(UFRJ)	adriano@caxias.ufrj.br
Americo Cunha	(UERJ)	americo@ime.uerj.br
Karla Figueiredo	(UERJ)	karla.figueiredo@gmail.com
Lisandro Lovisolo	(UERJ)	lisandro@uerj.br
Malú Grave	(UFRJ)	malugrave@nacad.ufrj.br
Roberto M. Velho	(UFRGS)	roberto.velho@gmail.com
Rodrigo Burgos	(UERJ)	rburgos@eng.uerj.br

Estudantes:

Bruna Pavlack	(IFMS)	bruna.pavlack@ifms.edu.br
Diego H.S. Catalão	(UFF)	diegocatalao@id.uff.br
Diego Matos	(UERJ)	diego.matos@uerj.br
Eber Dantas	(UFRJ)	eberdantas@ufrj.br
João P. Norenberg	(UNESP)	p.norenberg@unesp.br
Julio Basilio	(UERJ)	basilio.julio@posgraduacao.uerj.br
Leonardo de la Roca	(UERJ)	delaroca@protonmail.com
Lucas Chaves	(UFU)	Lucasfernando@ufu.br
Luiz F. S. Coelho	(UERJ)	lfscoelho@ieee.org
Marcos Issa	(UERJ)	marcos.issa@uerj.br
Michel Tosin	(UERJ)	michel.tosin@uerj.br
Roberto Luo	(UERJ)	cai.roberto@graduacao.uerj.br

Design Gráfico:

Amanda Cunha Guyt	(CCSF)	aguyt@mail.ccsf.edu
-------------------	--------	---------------------

Comunicação:

Luthiana Soares		luthianassoares@gmail.com
-----------------	--	---------------------------

Este relatório elaborado pela iniciativa **COVID-19: Observatório Fluminense (COVID19RJ)** reporta o comportamento da disseminação e da letalidade da pandemia de COVID-19 na 21ª Semana Epidemiológica do Calendário 2020 (17/5/2020 até 23/5/2020) do Brasil. As análises e conclusões apresentadas resultam do acompanhamento do número de casos e mortes no mundo, no Brasil, seus entes federativos, e nos municípios do Estado do Rio de Janeiro. As principais conclusões deste estudo são apresentadas no resumo crítico a seguir. As figuras com os diferentes tipos de análise gráfica que embasam essas conclusões estão disponíveis nas seções seguintes desse relatório. Com vistas para facilitar a leitura do presente documento, além de simplificar atualizações ao longo das próximas semanas do calendário epidemiológico brasileiro, optou-se por discutir os resultados apenas no sumário a seguir, ficando as seções do manuscrito totalmente dedicadas à catalogação dos resultados gráficos e por fornecerem explicações de como cada um desses deve ser interpretado.

Resumo Crítico

Das análises de monitoramento e das previsões que realizamos, destacamos que:

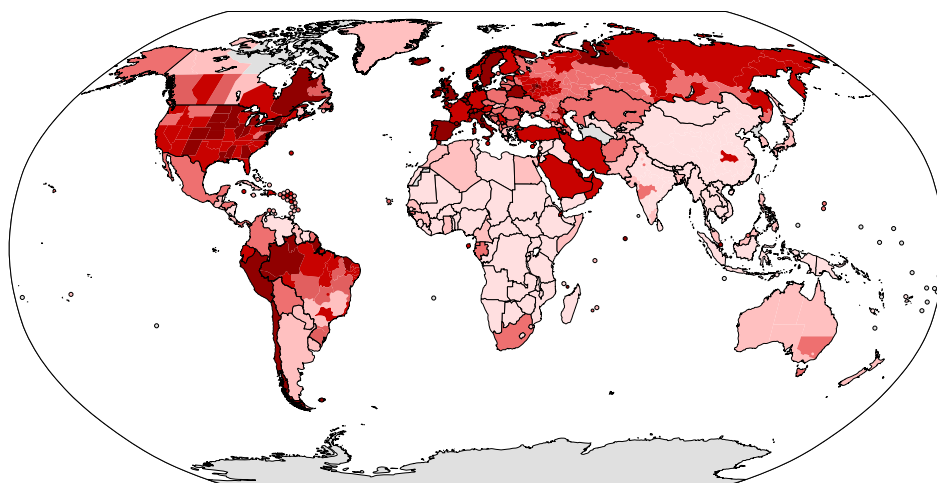
- A pandemia de COVID-19 continua crescente em diversos países tanto em número de casos como em número de óbitos (vide Seção 2.3);
- Há hoje no mundo, oficialmente, mais de 5 milhões de infectados e mais de 330 mil óbitos (esses números podem ser monitorados em tempo real em [1, 2, 3]);
- Graficamente, observa-se um atraso entre o comportamento das séries temporais relacionadas ao número de casos e ao número de óbitos, entre 12 e 15 dias. Com efeito, um aumento do número de casos hoje só será percebido no número de óbitos por COVID-19 daqui a duas semanas, aproximadamente (vide gráficos das Seções 2.1 e 2.2);
- Analisando o progresso da pandemia de COVID-19 em 14 países do mundo, constatamos que o progresso (novos casos por semana comparados ao total de casos) apresenta hoje uma tendência de queda em alguns desses países. Esse não é o caso de Brasil, Peru e Chile, que apresentam uma tendência de progresso crescente, e do Irã que apresentou, recentemente, um crescimento do contágio. Complementarmente, Suécia, Rússia e EUA apresentam comportamento de transição, sem tendência de novo crescimento no curto prazo, devendo iniciar uma queda acentuada nas próximas semanas (Figuras 10 e 11);
- No que se refere ao aumento da letalidade, destacam-se negativamente, entre os países analisados, Brasil, Chile, Peru e Rússia (Figuras 12 e 13);
- O vírus SARS-Cov-2 tem encontrado um terreno fértil para o contágio no Brasil, que é hoje o segundo país com mais infectados pela COVID-19 (segundo os números oficiais). O monitoramento mostra ainda que o número de casos no Brasil hoje duplica, aproximadamente, a cada 8 dias (Figuras 14 e 15);
- O Brasil é o sexto país em número de mortes no mundo [1]. Por outro lado, o número total de óbitos por milhão de habitantes de pessoas infectadas por COVID-19 no Brasil é ainda inferior ao de alguns países. Embora essa seja uma boa notícia, ainda não é uma justificativa para relaxar as medidas de distanciamento social, pois o Brasil é o país em que o número de óbitos apresenta maior crescimento proporcional por semana (Figuras 16 e 17);
- Como a taxa de crescimento do número de casos no Brasil é muito maior que a encontrada em outros países, tem-se um indicativo que em aproximadamente 15 dias o Brasil se tornará o terceiro ou quarto país em número de mortes totais (Figuras 15 e 17);

- O distanciamento social, vigorando em diversos municípios brasileiros desde a metade do mês de março, apresentou em seu início efeitos sensíveis na redução do contágio e da letalidade. Esses efeitos foram sentidos desde o primeiro momento do isolamento no que concerne à transmissão e aproximadamente duas semanas depois no que diz respeito à letalidade. Porém, vemos que essas curvas voltaram às trajetórias de crescimento rapidamente, uma semana após (ver Figuras 14 e 15 em torno do 7º dia e Figuras 16 e 17 em torno do 21º dia).
- Todos os entes federativos do Brasil ainda apresentam crescimento do contágio (Figuras 26 e 27);
- No âmbito nacional o Estado de São Paulo é o epicentro da epidemia, apresentando um número de casos relativamente elevado em valores absolutos. Se o Estado de São Paulo fosse um país, estaria hoje entre os 20 mais afetados pela COVID-19 (Figuras 18, 22 e 26);
- Observa-se uma incidência menor de casos por milhão de habitantes nos Estados das Regiões Centro-Oeste e Sul, além do Estado de Minas Gerais (Figuras 19, 23 e 27);
- O Estado do Rio de Janeiro é o segundo da federação tanto em número de casos quanto em número de mortes. Seu índice de letalidade é o maior do Sudeste, estando abaixo apenas de alguns estados do Norte (Pará e Amazonas) e do Nordeste (Ceará e Pernambuco) (Figuras 18, 22 e 33);
- No Estado do Rio de Janeiro o maior número de casos e de óbitos se encontra em sua capital. Aumentos significativos no número de casos também são percebidos em cidades da região metropolitana e em algumas cidades do interior, no Sul Fluminense (Figura 35 e 38);
- Apesar da taxa de crescimento do número de contágios no Estado do Rio de Janeiro estar desacelerando a cada semana, essa taxa semanal ainda é crescente (Figuras 34 e 35);
- O Município de Niterói é o que apresenta maior incidência (em termos de número de casos por cem mil habitantes) da COVID-19 no Estado do Rio de Janeiro (Figura 35);
- Apesar da taxa de letalidade no Estado do Rio de Janeiro estar reduzindo lentamente a cada semana (proporcionalmente ao número total de óbitos), o número de óbitos ainda é crescente (Figuras 38 e 39);
- No Estado do Rio de Janeiro, a taxa de duplicação de casos tem caído em todos os municípios analisados, porém, a taxa de letalidade reduziu-se em menor proporção (Figuras 34 e 38).

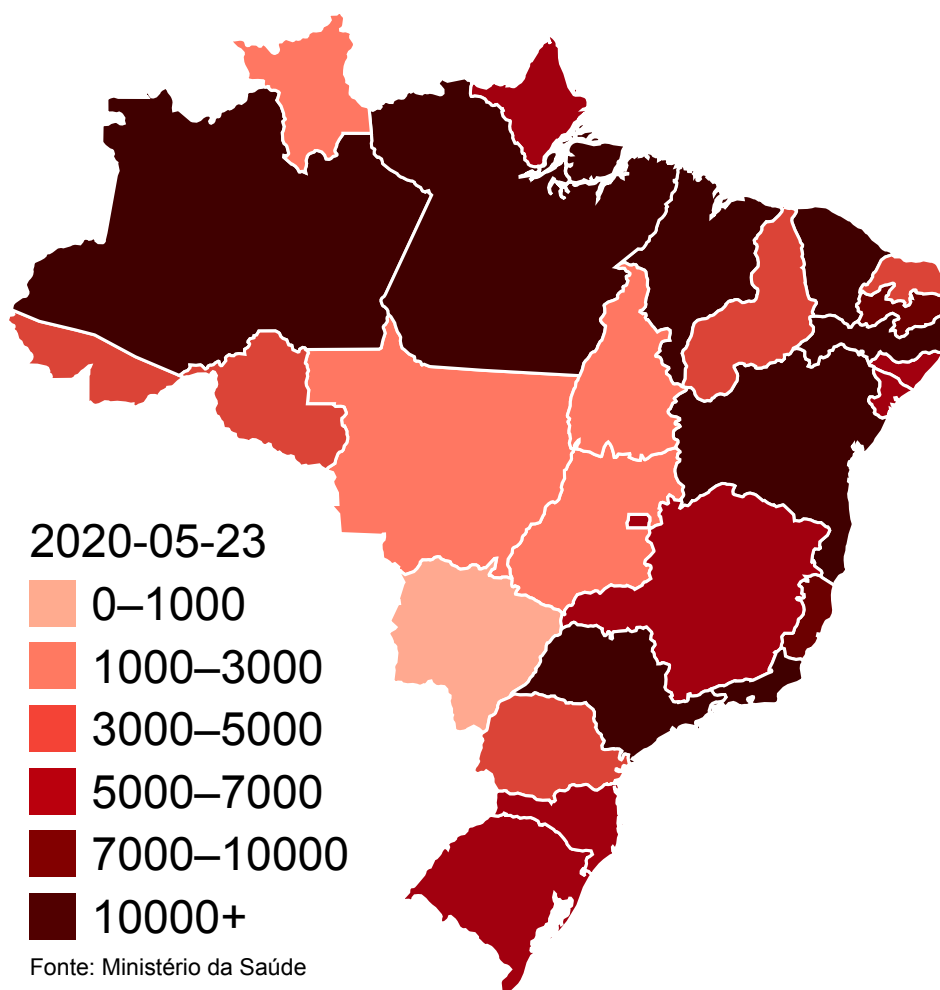
Contestação de Responsabilidade

Os resultados apresentados neste relatório resultam de simulações computacionais e análises estatísticas conduzidas com auxílio de diversos tipos de modelo matemático, que utilizam informações de várias bases de dados. A qualidade dos resultados e confiança nos valores apresentados deriva diretamente da qualidade, completude, consistência, e acurácia das fontes empregadas. Assim sendo, eventuais erros e imprecisões podem ocorrer nas análises, independentemente dos rigores técnico-científico e ético seguidos pela equipe COVID-19: Observatório Fluminense.

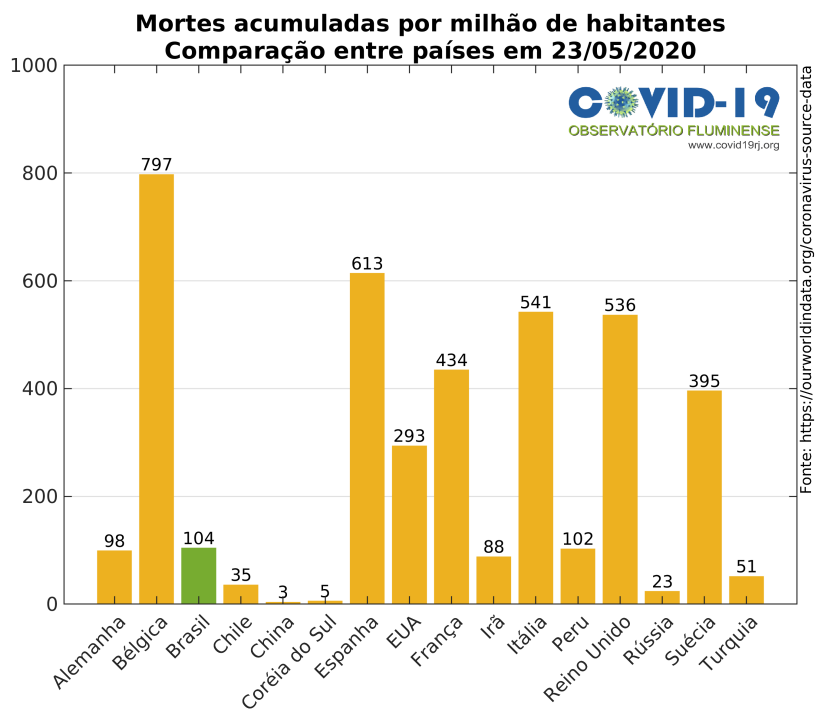
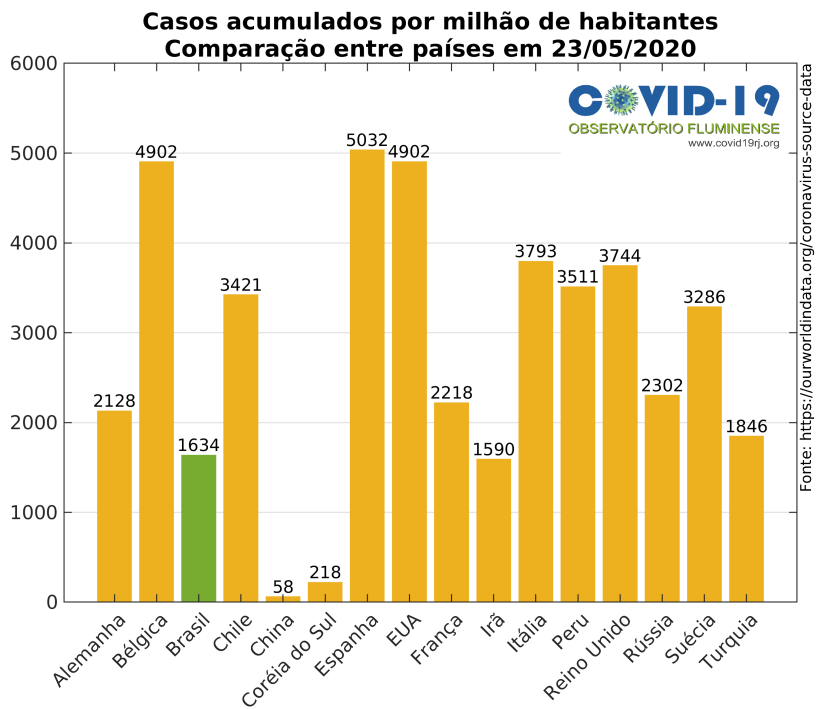
Resumo Gráfico

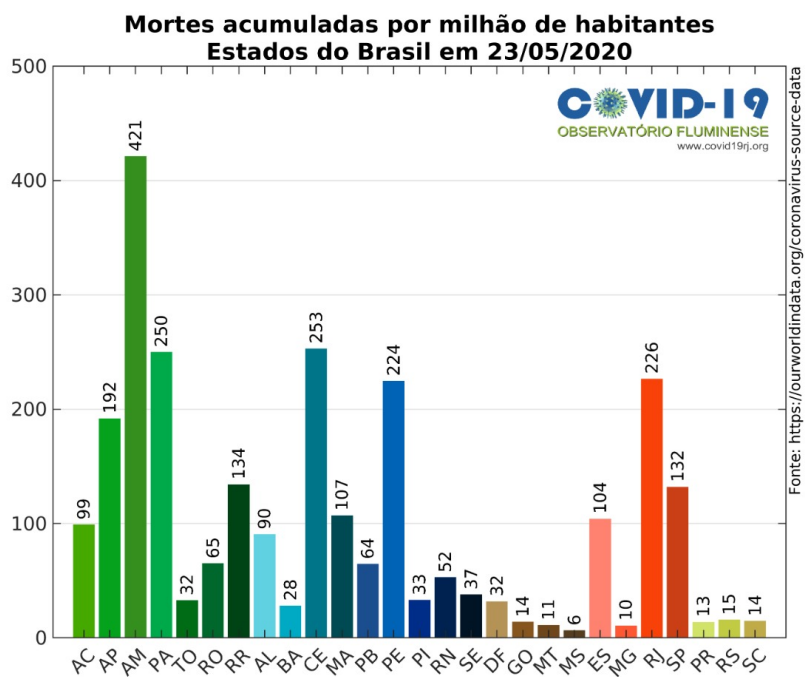
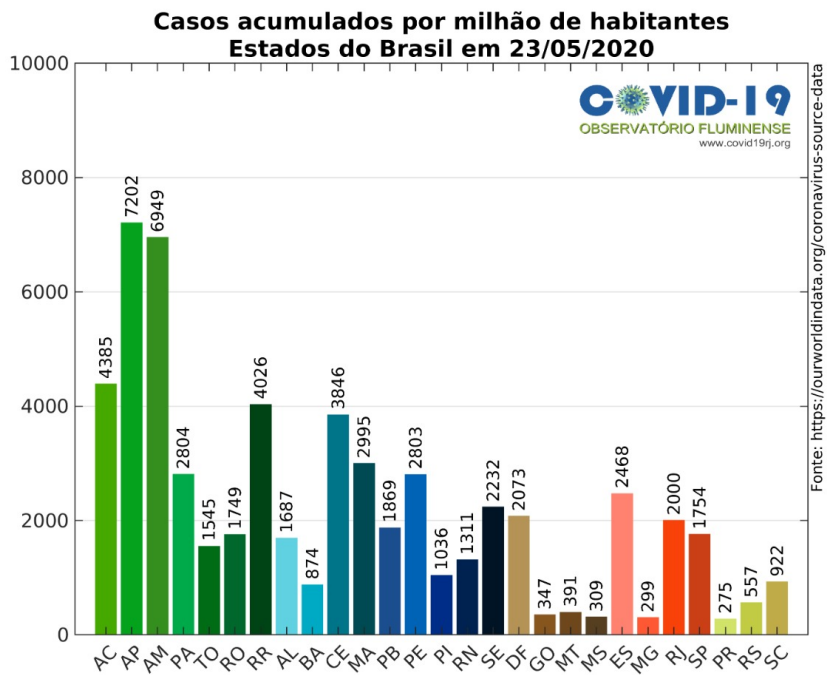


Fonte: https://en.wikipedia.org/wiki/COVID-19_pandemic



Fonte: https://en.wikipedia.org/wiki/COVID-19_pandemic_in_Brazil





1 Introdução

O espalhamento do corona vírus SARS-CoV-2 [4] e, conseqüentemente, da doença respiratória associada ao mesmo, a COVID-19 [5], ocorreu com tamanha velocidade de contágio, e numa escala planetária não vista desde a pandemia da influenza entre 1918 e 1920 (gripe espanhola), que no dia 11/3/2020 a Organização Mundial da Saúde (OMS) decretou estado de pandemia [6]. Na ausência de uma vacina e diante de um cenário onde a população mundial encontra-se massivamente sem imunidade à nova doença, governos de todo o mundo se viram obrigados a adotar medidas não farmacológicas [7] para combater o avanço da pandemia. Dentre as medidas, a recomendação para que grande parte da população adote o distanciamento social é a mais importante, pois tem a capacidade de frear, de maneira robusta e duradoura, enquanto implementada, a transmissão da doença por indivíduos infectados a outros indivíduos suscetíveis [8]. Porém, em razão dos elevados custos econômicos e sociais decorrentes, tal medida é impopular, sendo sua implementação prática extremamente complexa [9], até mesmo de forma leve.

A pandemia de SARS-CoV-2 gera a necessidade de se monitorar e prever o avanço da doença em diferentes regiões geográficas do país, objetivando dimensionar o aumento de demanda nos respectivos sistemas de saúde, bem como avaliar a eficácia das medidas não farmacológicas supracitadas. Tentando responder a essas demandas induzidas pela nova pandemia, neste relatório trazemos algumas análises sobre os dados da COVID-19. São apresentados dados de monitoramento da pandemia e previsões de curto prazo para o número total de casos e óbitos, usando diversas formas de visualização para facilitar a compreensão da propagação da doença nas diferentes regiões geográficas do Brasil.

1.1 Monitoramento

O monitoramento visa acompanhar o comportamento da epidemia de COVID-19 em alguns países do mundo, estados do Brasil e municípios do estado do Rio de Janeiro. Para isso, empregamos duas estratégias. A primeira corresponde ao acompanhamento do número de infectados e de óbitos, avaliando assim incidência e letalidade da doença em função do tempo. Já a segunda avalia o crescimento da epidemia em função da razão entre o incremento no número de casos e o número total de casos e também entre o incremento no número de mortes e o número total de mortes.

Nossas análises gráficas dos números da pandemia são divididas em três seções. A primeira considera alguns países, a segunda os entes federativos brasileiros e a terceira os municípios do Estado do Rio de Janeiro. Em cada seção, apresentamos gráficos que permitem analisar diferentes aspectos da pandemia causada pelo vírus SARS-CoV-2. A Figura 1 lista os tipos de gráficos empregados neste relatório. Avaliamos o *contágio* através do crescimento do número total de casos. Outra forma de avaliar o contágio é usando *mapas de calor*, que permitem analisar o quão intensa foi e está sendo a epidemia (num dado local) usando uma escala de cores numa imagem, de modo absoluto e comparativo. Eles permitem avaliar a intensidade do contágio e da letalidade da COVID-19 nos diferentes sítios. Para a construção desses mapas de calor, e conseqüentemente analisar a epidemia localmente, consideramos tanto o número de novos casos por semana epidemiológica quanto o total de casos acumulados ao longo do tempo (soma dos casos diários).

As mesmas ferramentas de análise gráfica são aplicadas para a letalidade, os óbitos produzidos pela COVID-19. Consideramos para isso tanto os números de novos óbitos por semana como o total de óbitos. A comparação entre os números semanais e os números totais permite avaliar o progresso da pandemia semana a semana e assim saber se a mesma encontra-se ou não em expansão. Isso é explicado e ilustrado no Apêndice A.1 por meio de um exemplo. Lançamos mão de gráficos construídos a partir dessa relação para analisar o progresso da pandemia tanto para o número de casos (contágio) como para o número de óbitos (letalidade) da COVID-19.

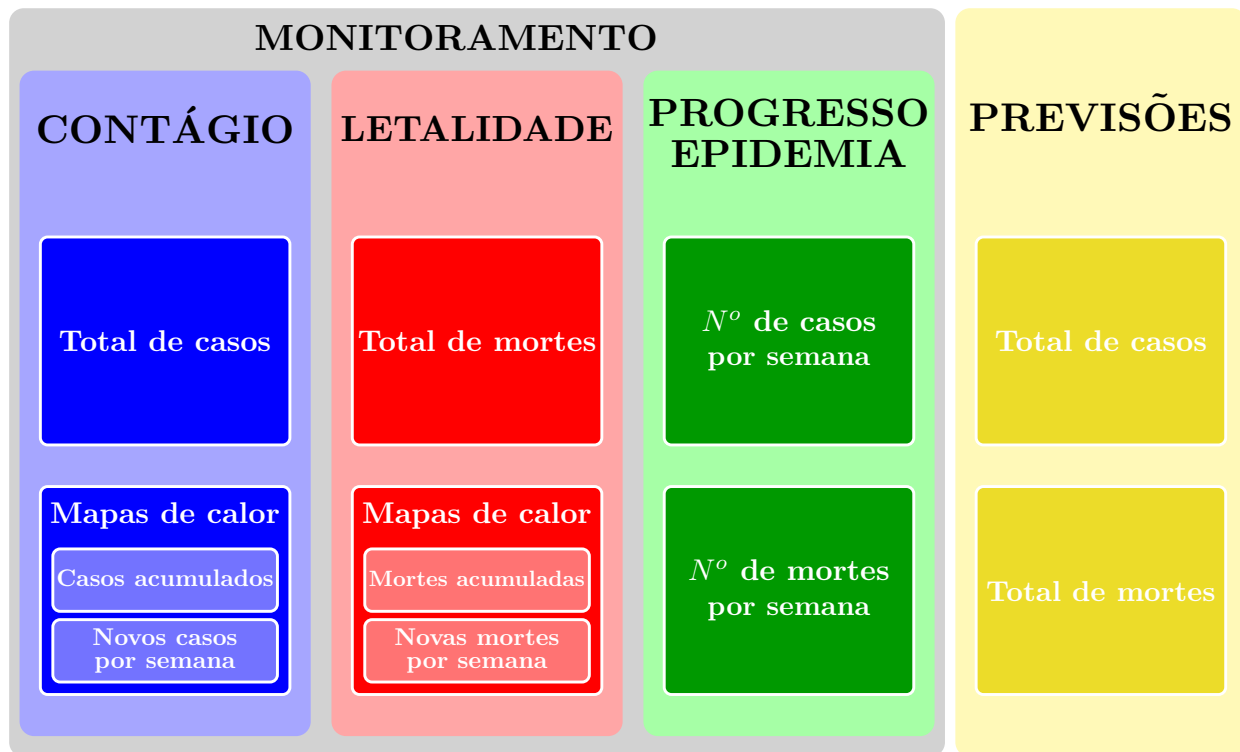


Figura 1: Estrutura das análises de monitoramento e previsão empregadas no presente relatório.

Recomenda-se ler primeiro a Seção 2, que traz explicações sobre a geração e o que pode-se concluir a partir das diferentes visualizações apresentadas para os dados numéricos da pandemia. As Seções 3 e 4 empregam as mesmas ferramentas para os entes federativos e municípios do Estado do Rio de Janeiro, respectivamente. Assim, por um princípio de economia, as explicações mencionadas são omitidas nessas seções.

Visando promover uma melhor comparação entre os dados de diferentes localizações geográficas, normalizações são utilizadas em alguns dos gráficos apresentados, com vistas para remover possíveis distorções nos indicadores de progresso da pandemia induzidas por grandes diferenças de tamanho nas respectivas populações. Dessa forma, usamos a proporção por 1 milhão de habitantes para países, permitindo assim uma melhor comparação entre severidade ou incidência da epidemia entre as diferentes nações de interesse. Analogamente, para analisar comparativamente os números da COVID-19 nos estados do Brasil, usamos também a proporção por 1 milhão de habitantes. Enquanto que para analisar comparativamente os números nos diferentes municípios do Estado do Rio de Janeiro são considerados valores por 100 mil habitantes, devido ao menor número de habitantes desses em comparação com a população dos estados.

1.2 Previsões

De modo complementar aos gráficos de monitoramento, visando fornecer uma análise histórica, situacional e de progresso da pandemia de COVID-19, apresentamos também algumas previsões de curto prazo para o Brasil como um todo, para as regiões do Brasil, o Estado do Rio de Janeiro e o município do Rio de Janeiro. As previsões de progresso da pandemia de COVID-19 têm como objetivo tentar indicar à população e aos agentes públicos a evolução futura do número total de casos e do número total de mortes num horizonte de poucos dias. Consideramos previsões de curto prazo o intervalo de tempo compreendido entre a data presente até 5 dias à frente.

Acreditamos que as previsões apresentadas, apesar das incertezas inerentes, permitem preparar a população para o que ocorrerá no curto prazo, diminuindo possíveis sustos e sobressaltos. Esse prazo também é compatível como o limite de previsibilidade associado ao processo exponencial de aumento dos números da pandemia, que amplifica exponencialmente as incertezas subjacentes ao comportamento da dinâmica de propagação do vírus SARS-Cov-2 e, conseqüentemente, da doença COVID-19.

Visando facilitar a compreensão de como são realizadas essas previsões, e suas limitações intrínsecas, um exemplo simplista e pedagógico (*toy problem*) foi elaborado, estando disponível no Apêndice A.2.

1.3 Fonte dos dados

Devido à ausência de uma fonte única com todas as informações de interesse (países, entes federativos e município do Estado do RJ), nossas análises utilizam dados de diversas bases:

- **Brasil** – Os dados relativos ao Brasil são obtidos no repositório mantido por Wesley Cota [10] da Universidade Federal de Viçosa: <https://covid19br.wcota.me>, cuja atualização é diária, consolidando de modo organizado os dados das seguintes bases oficiais:

<https://covid.saude.gov.br> e <http://painel.saude.rj.gov.br>

- **Países** – Os dados relativos aos países são obtidos de [3], estando disponíveis no repositório

<https://ourworldindata.org/coronavirus-source-data>

- **Estado do RJ** – Os dados referentes ao Estado do Rio de Janeiro advêm do Ministério da Saúde em

<https://coronavirus.saude.gov.br>

e do Portal da Transparência em

<https://transparencia.registrocivil.org.br/especial-covid>

1.4 Futuros desenvolvimentos

Vale também mencionar que a iniciativa **COVID-19: Observatório Fluminense** continua trabalhando para produzir novas formas de visualização dos dados, com vistas para incluir os mesmos nos relatórios semanais. Sempre com o objetivo de permitir análises e conclusões embasadas acerca da pandemia de COVID-19.

2 COVID-19 pelo mundo

Nesta seção, apresentamos análises da evolução da COVID-19 pelo mundo. Os países incluídos nos gráficos apresentados nesta seção ou estão entre os mais infectados pela pandemia de COVID-19 ou em números de casos ou de óbitos ou empregaram formas diferentes de encarar a epidemia ou têm relação íntima com o surto de COVID-19.

2.1 Contágio

Para analisar a evolução do contágio da epidemia (aumento do número de casos), são empregadas curvas que apresentam o total de casos em função do tempo. A Figura 2 apresenta esse gráfico para alguns países. A curva correspondente a cada país se inicia no dia em que o total de casos ultrapassou 1000 pessoas. Para facilitar o acompanhamento do crescimento, são apresentadas como referência retas cujas inclinações correspondem à duplicação do número de casos a cada 4, 5, 6 e 7 dias.¹ Se, por um lado, o total de casos em função do tempo (Figura 2) permite avaliar como o número de casos se modifica à medida que o tempo passa, ele não permite avaliar a proporção de pessoas infectadas no país de interesse, uma vez que o total de casos é proporcional ao tamanho da respectiva população. De fato, países com populações maiores tendem a ter mais casos que seus pares com populações menores, mas uma maior quantidade de casos em valor absoluto não significa necessariamente que certo país esteja mais afetado pela epidemia. Um hipotético país com 1000 habitantes e 800 infectados teria 80% da população afetada pela doença, algo bem mais preocupante que o caso de um país com 100000 habitante e 8000 infectados, onde apenas 8% da população seria afetada. Isto é a incidência relativa da doença. Para tentar comparar a incidência, usamos a mesma curva, porém com o número de casos normalizado por milhão de habitantes na vertical, como na Figura 3. Isso permite comparar o impacto da epidemia em cada país em termos relativos, isto é, como uma fração (por milhão) de habitantes do país.

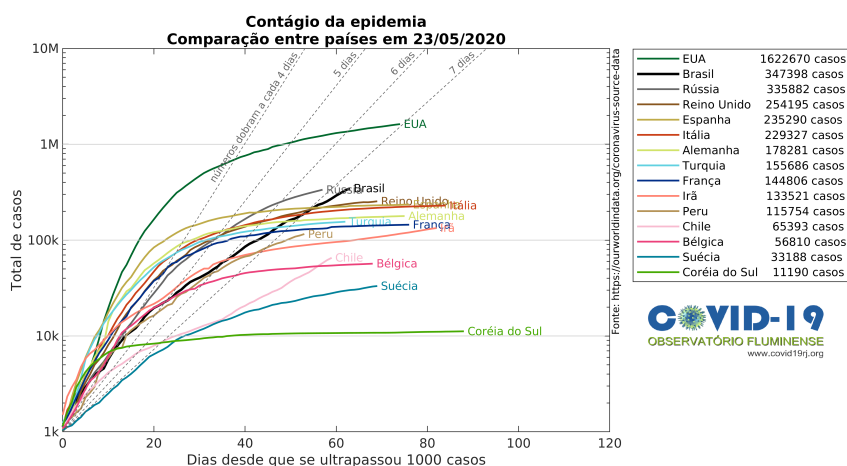


Figura 2: Número total de casos de pessoas infectadas por COVID-19 em alguns países, em função do tempo seguinte aos primeiros 1000 casos. O eixo vertical apresenta o número total de casos em cada país indexados pela quantidade de dias transcorridos após o milésimo caso em cada país.

¹ A escala logarítmica faz com que mudanças de magnitudes tenham o mesmo comprimento, por exemplo, o intervalo entre 1000 e 10000 é igual ao intervalo entre 10000 e 100000 nessa escala. Isto é, multiplicações viram somas. Assim, se o valor dobra, na escala logarítmica isso corresponde à adição de um mesmo comprimento, independentemente do valor que é dobrado.

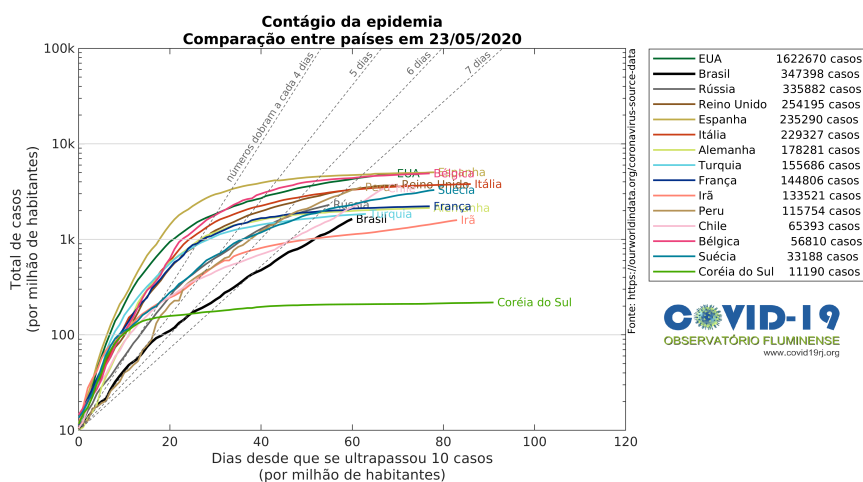


Figura 3: Número total de casos (por milhão de habitantes) de pessoas infectadas por COVID-19 em alguns países, em função do tempo seguinte aos primeiros 10 casos (por milhão de habitantes). O eixo vertical apresenta o número total de casos por milhão de habitantes em cada país indexados pela quantidade de dias transcorridos após o décimo caso por milhão de habitantes em cada país.

Outra forma de visualizar essas informações é através de um *mapa de calor*. Imagine que víssemos a curva de número de casos de cada país por cima das mesmas. Na Figura 4 usamos essa visualização para o número de casos em diversos países. As curvas sobem até alcançarem seu valor máximo (o pico) e quanto mais rápido é o crescimento da curva mais íngreme é essa subida. Na Figura 4, a cor branca é empregada para o menor número de casos enquanto a vermelha escura para o maior. Cada país tem uma faixa de valores distintos, isso é indicado pelas barras horizontais ao lado do mapa de calor, que permitem ainda comparar os valores máximos do número total de casos entre os países. Observamos que quanto maior for o retângulo vermelho escuro no fim da linha correspondente a um país maior é a estabilidade da epidemia no país pois isso indica que o número máximo de casos tem se mantido estável naquele país. Por outro lado, quanto menor for o pedaço vermelho escuro na linha correspondente a um país mais a epidemia está crescendo naquele país (infectando mais pessoas).

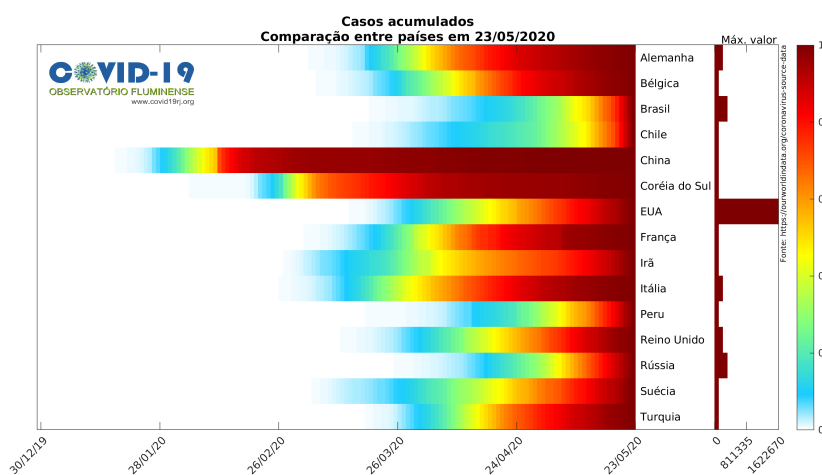


Figura 4: Mapa de calor do número total de casos de pessoas infectadas por COVID-19 em alguns países. Cada linha traz o número total de casos em função do tempo, crescendo do menor valor representado pela cor branca ao maior valor representado pela cor vermelho escuro. As barras horizontais ao lado do mapa de calor indicam máximos do número total de casos em cada país.

Para avaliar a dinâmica da pandemia em cada país num curto intervalo de tempo, usamos o mapa de calor do número de casos semanais. Tal gráfico é apresentado na Figura 5. Para um dado país, quanto mais vermelho escuro o mapa estiver na direita, maior é o crescimento do número de casos no país no tempo presente. Quanto mais claro estiver, menor é o número de casos, mostrando o arrefecimento do contágio.

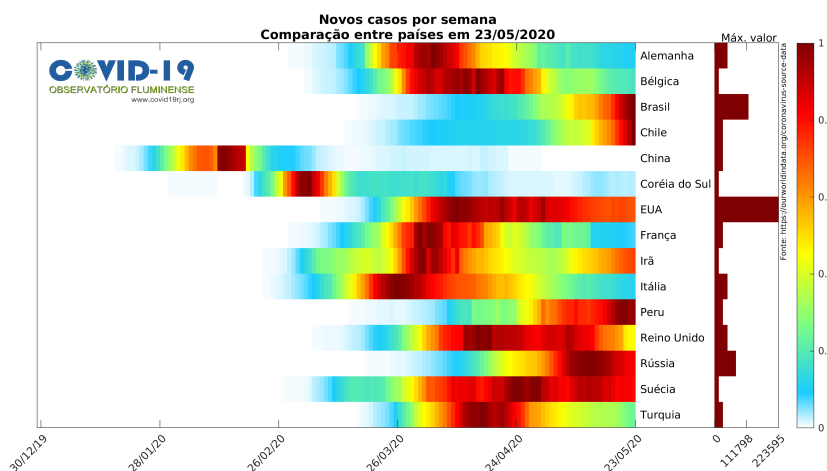


Figura 5: Mapa de calor do número de casos semanais de pessoas infectadas por COVID-19 em alguns países. Cada linha traz o número de casos semanais, a cor branca corresponde ao menor valor e o vermelho escuro corresponde ao maior valor. As barras horizontais ao lado do mapa de calor indicam máximos do número de casos semanais em cada país.

2.2 Letalidade

Para a análise da letalidade da COVID-19 empregamos gráficos similares aos usados na Seção 2.1, trocando o número de casos pelo número de óbitos confirmados. Para explicações sobre a interpretação dos mesmos, veja a Seção 2.1.

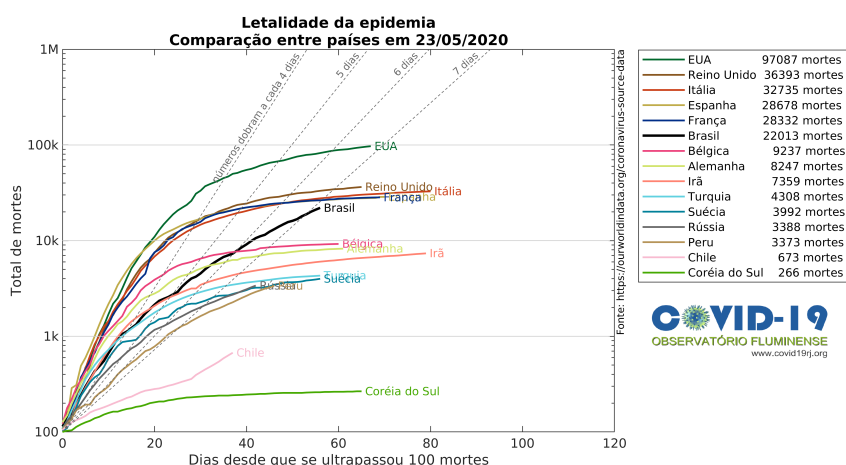


Figura 6: Número total de óbitos por COVID-19 em alguns países, em função do tempo seguinte aos primeiros 1000 casos. O eixo vertical apresenta o número total de óbitos em cada país indexados pela quantidade de dias transcorridos após a centésima morte em cada país.

A Figura 6 apresenta o número total de óbitos notificados por COVID-19, enquanto que a Figura 7 apresenta o mesmo resultado em mortes por milhão de habitantes de cada país.

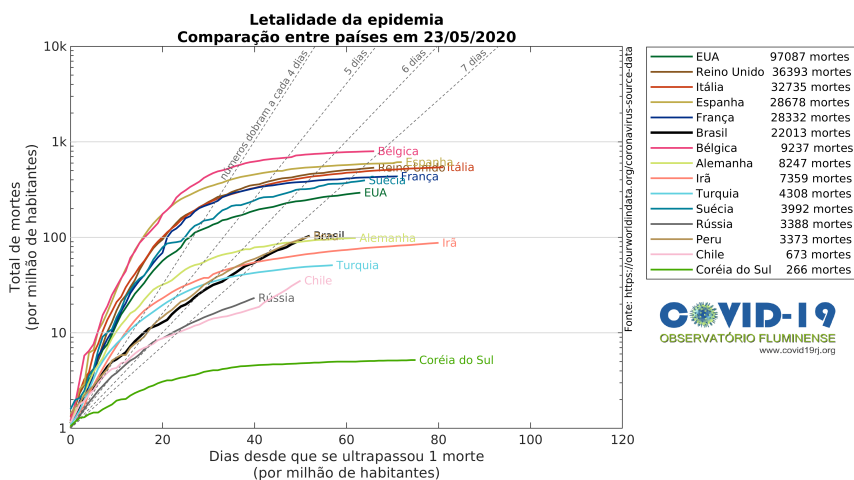


Figura 7: Número total de óbitos por COVID-19 (por milhão de habitantes) em alguns países, em função do tempo seguinte aos primeiros 10 óbitos (por milhão de habitantes). O eixo vertical apresenta o número total de óbitos por milhão de habitantes em cada país indexados pela quantidade de dias transcorridos após a primeira morte por milhão de habitantes em cada país.

A Figura 8 traz o mapa de calor para o número total de óbitos notificados por COVID-19, enquanto que a Figura 9 traz o mapa de calor do número de óbitos semanais.

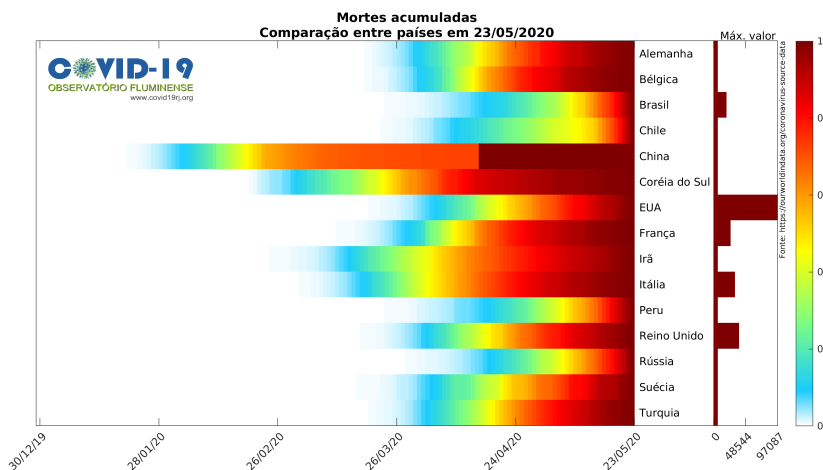


Figura 8: Mapa de calor do número total de óbitos por COVID-19 em alguns países. Cada linha traz o número total de óbitos em função do tempo, crescendo do menor valor representado pela cor branca ao maior valor representado pela cor vermelho escuro. As barras horizontais ao lado do mapa de calor indicam máximos do número total de óbitos em cada país.

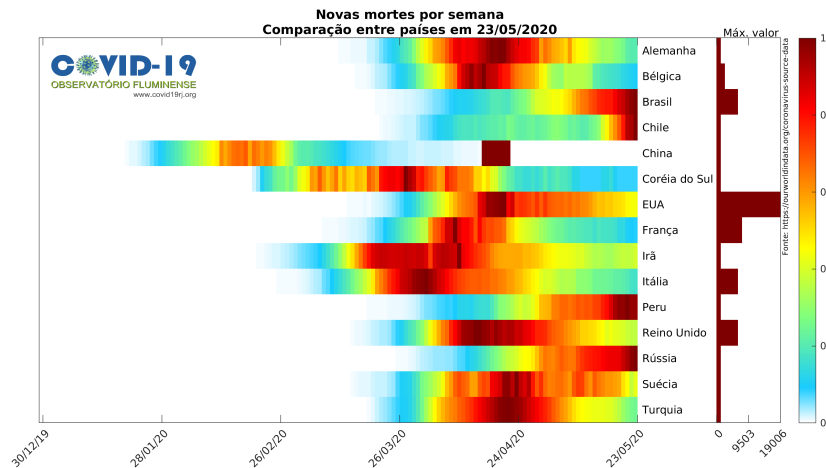


Figura 9: Mapa de calor do número de óbitos semanais de COVID-19 em alguns países. Cada linha traz o número de óbitos semanais, a cor branca corresponde ao menor valor e o vermelho escuro corresponde ao maior valor. As barras horizontais ao lado do mapa de calor indicam máximos do número de óbitos semanais em cada país.

2.3 Progressão da pandemia

Para avaliar o progresso da epidemia comparamos a quantidade de novos casos semanais com o total de casos em cada país.² A escolha pela semana como parâmetro para a medida de progressão deve-se ao fato de que o comportamento diário é muito oscilatório enquanto que a soma de todos os valores da semana prévia funciona como um “filtro” que reduz esse “ruído” presente na atualização diária. Além disso, no Brasil em particular tem sido verificado um fenômeno de subnotificação nos fins de semana.³ Tais curvas são apresentadas na Figura 10.⁴ Vejamos como essas curvas permitem avaliar a progressão da epidemia:

- i) Enquanto a epidemia está em expansão em um dado país, o valor no eixo vertical cresce à medida que nos deslocamos para a direita sobre a curva correspondente ao país na Figura 10. Mais especificamente, se a epidemia estiver apresentando o comportamento exponencial, a quantidade de novos casos aumenta proporcionalmente ao total, o que se reflete numa reta com inclinação positiva.
- ii) Por outro lado, se ao nos deslocarmos para a direita sobre a curva o valor no eixo vertical diminui, então isso quer dizer que proporção entre novos casos e o total de casos diminuiu e podemos dizer que a velocidade de expansão da epidemia está reduzindo. Isto é, quando a epidemia não apresenta mais o comportamento exponencial a relação de proporcionalidade não é mais aplicável e a curva começa a cair.

De forma a facilitar o entendimento do uso dessas curvas para a análise da progressão da epidemia, no Apêndice A.1, apresentamos um exemplo simplista e pedagógico, com um comparativo entre a evolução de uma pandemia hipotética em dois países.

²Sempre que nos referirmos a casos semanais, nos referimos aos novos casos ocorridos na semana, o mesmo se aplica ao número de óbitos ou mortes semanais, são os valores por semana e não médias considerando as semanas passadas

³Imagina-se que tal comportamento se deva aos atrasos nas notificações de casos e mortes durante os fins de semana. Domingos e segundas-feiras costumam ser os dias com menos casos (mortes) de uma determinada semana, por conta desse “atraso” nos sábado e domingos

⁴Agora, emprega-se a escala logarítmica em ambos os eixos.

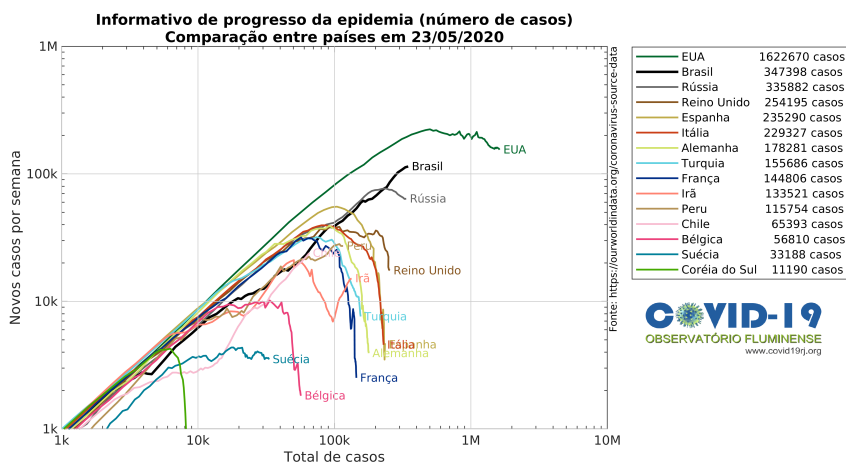


Figura 10: Avaliação do progresso do contágio em alguns países através da curva do número de novos casos semanais (eixo vertical) indexada pelo número de casos acumulados (eixo horizontal).

A Figura 11 apresenta a mesma análise da Figura 10, porém agora usando tanto a quantidade de novos casos como o total de casos por milhão de habitantes no país.

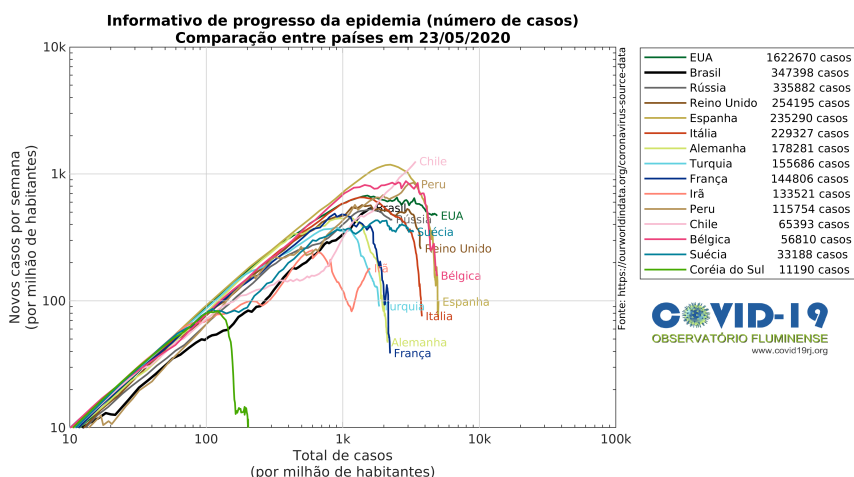


Figura 11: Avaliação do progresso do contágio em alguns países através da curva do número de novos casos semanais por milhão de habitantes (eixo vertical) indexada pelo número de casos acumulados por milhão de habitantes (eixo horizontal).

A análise do progresso do número de óbitos é apresentada na Figura 12. Enquanto a Figura 13 apresenta os mesmos resultados considerando os óbitos por semana por milhão de habitantes.

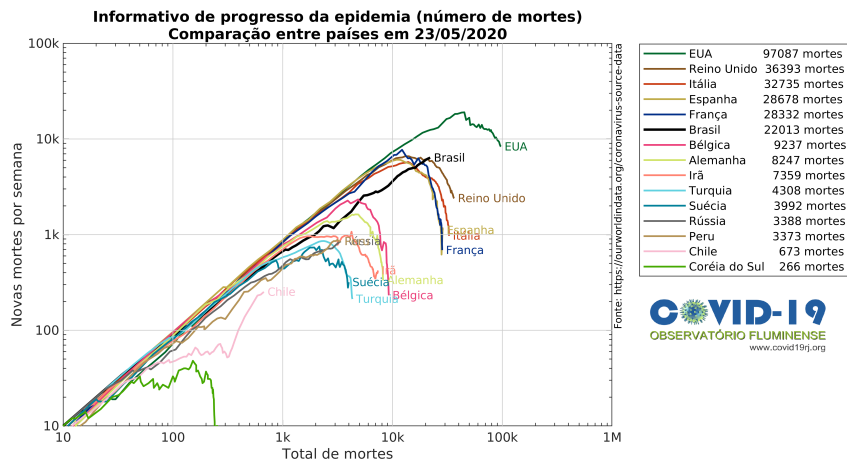


Figura 12: Avaliação do progresso da letalidade em alguns países através da curva do número de óbitos semanais (eixo vertical) indexada pelo número de óbitos acumulados (eixo horizontal).

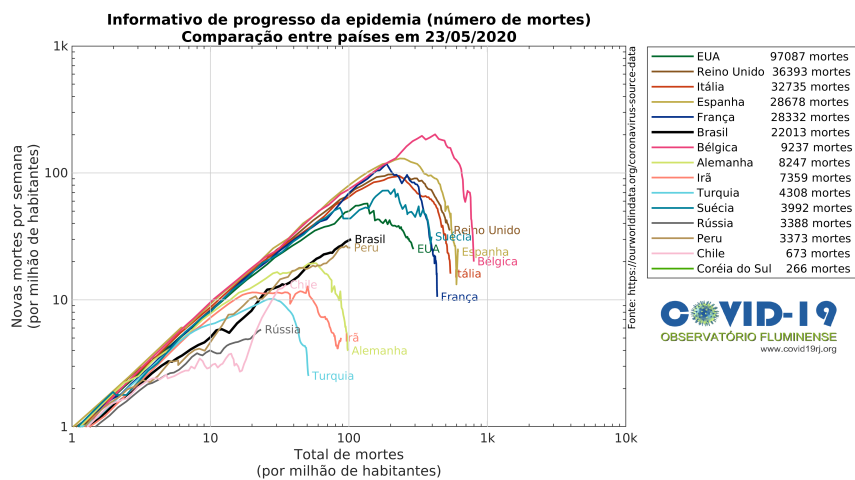


Figura 13: Avaliação do progresso da letalidade em alguns países através da curva do número de óbitos semanais por milhão de habitantes (eixo vertical) indexada pelo número de óbitos acumulados por milhão de habitantes (eixo horizontal).

Os gráficos nas Figura 10 à Figura 13 não apresentam dados em função do tempo. Porém, o tempo está implícito nos mesmos como é explicado no Apêndice A.1. Assim, outra forma de avaliar o progresso da epidemia é explicitar o comportamento visto nessas figuras em função do tempo. A Figura 14 compara a quantidade de novos casos semanais a partir do dia em que houve mais de 1000 casos em cada país. A Figura 15 apresenta a mesma informação mas usando o número de novos casos por milhão de habitantes a partir do dia em que se observaram mais de 10 casos por milhão de habitantes, de forma poder comparar a evolução em função das populações de cada país.

Podemos acompanhar o progresso da epidemia em cada país usando essas curvas pois:

- i) Enquanto a epidemia está em expansão em um dado país, isto é, o contágio está aumentando, o valor no eixo vertical cresce à medida que nos deslocamos para a direita sobre a curva correspondente ao país.
- ii) Por outro lado, se ao nos deslocarmos para a direita sobre a curva, o valor no eixo vertical diminui então o ritmo de contágio está diminuindo.

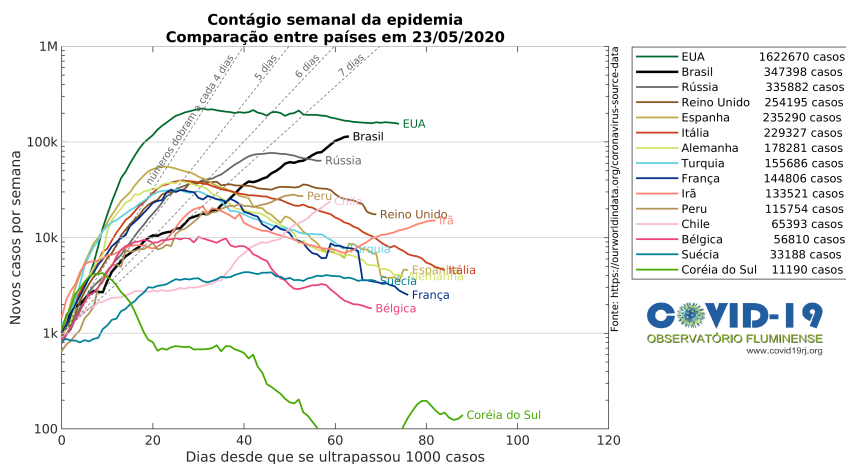


Figura 14: Avaliação temporal do contágio de COVID-19 em alguns países – número de casos semanais ordenados pela quantidade de dias após o milésimo caso.

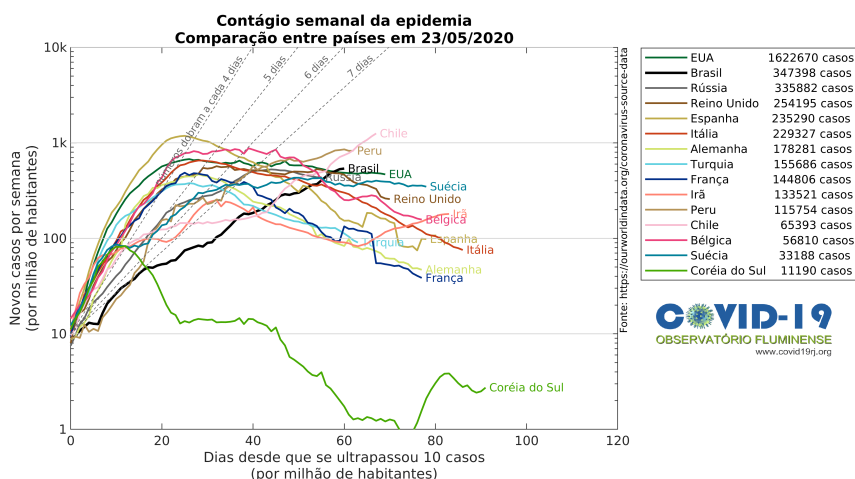


Figura 15: Avaliação temporal do contágio de COVID-19 em alguns países – número de casos semanais por milhão de habitantes ordenados pela quantidade de dias após o décimo caso por milhão de habitantes.

As mesmas análises são aplicadas ao número de óbitos, os resultados correspondentes são apresentados na Figura 16 e na Figura 17

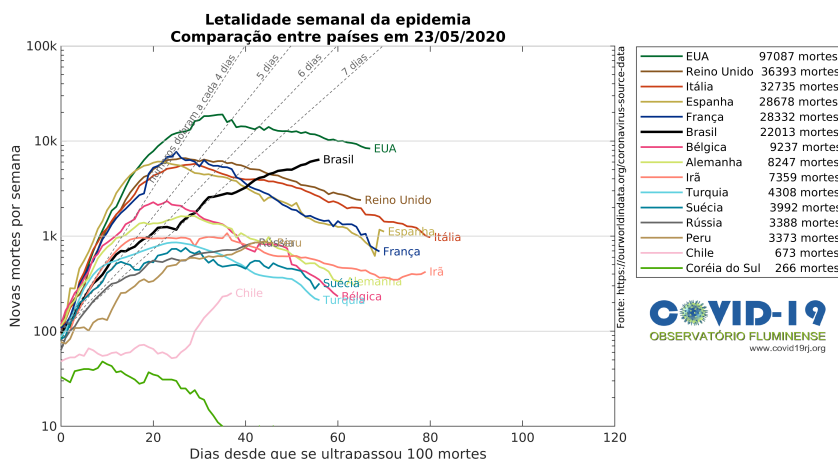


Figura 16: Avaliação temporal da letalidade da COVID-19 em alguns países – número de óbitos semanais ordenados pela quantidade de dias após o centésimo óbito.

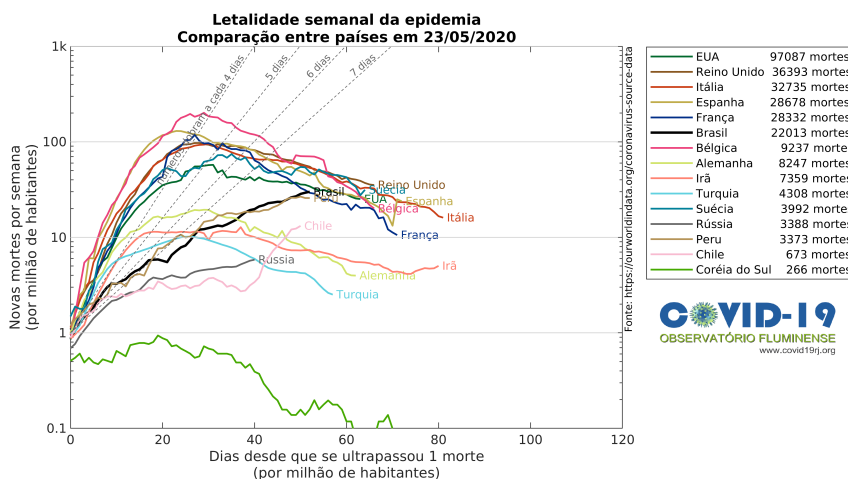


Figura 17: Avaliação temporal da letalidade da COVID-19 em alguns países – número de óbitos semanais por milhão de habitantes ordenados pela quantidade de dias após o primeiro óbito por milhão de habitantes.

3 COVID-19 no Brasil e seus entes federativos

Apresentamos nesta seção visualizações das séries numéricas da epidemia de COVID-19 nos entes federativos da União e no Brasil. Para entender como são gerados e o que se pode concluir a partir das diferentes visualizações dos dados numéricos da epidemia, recomenda-se ver primeiro a Seção 2.

3.1 Contágio

Para realizar a análise temporal da evolução da epidemia, empregam-se curvas que apresentam o total de casos em função do tempo. A Figura 18 apresenta esse gráfico para o Brasil e seus entes federativos a partir do centésimo caso. Para tentar comparar a incidência no Brasil, nos estados e no distrito federal, apresentamos o número de casos por milhão de habitantes por estado na vertical a partir de 10 casos por milhão de habitantes do estado na Figura 19.

A Figura 20 apresenta o mapa de calor do número total de casos nos entes federativos. Enquanto o mapa de calor dos números de casos semanais por ente federativo é apresentado na Figura 21.

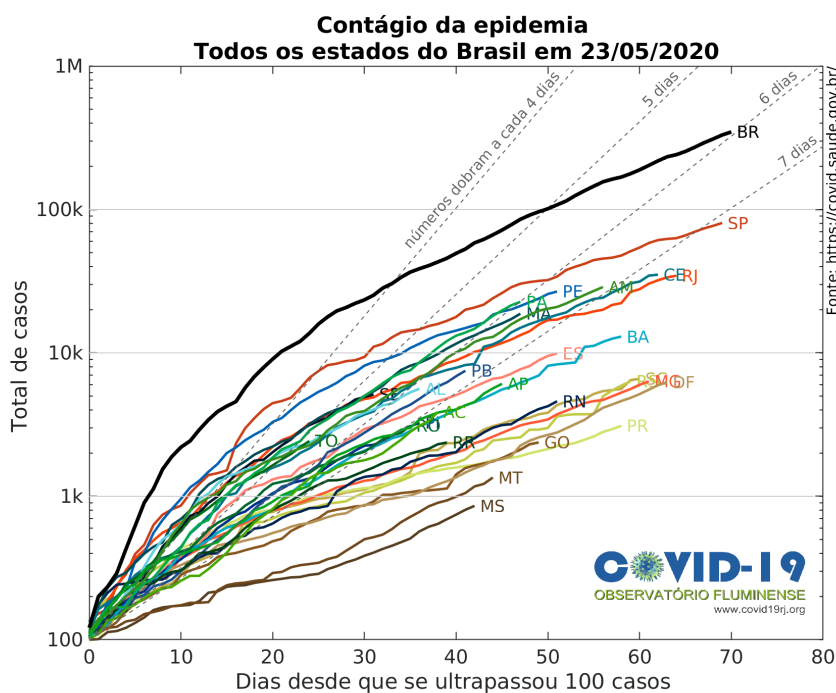


Figura 18: Número total de casos de pessoas infectadas por COVID-19 no Brasil e em seus entes federativos, em função do tempo seguinte aos primeiros 100 casos. O eixo vertical apresenta o número total de casos em cada ente federativo indexados pela quantidade de dias transcorridos após o centésimo caso em cada estado.

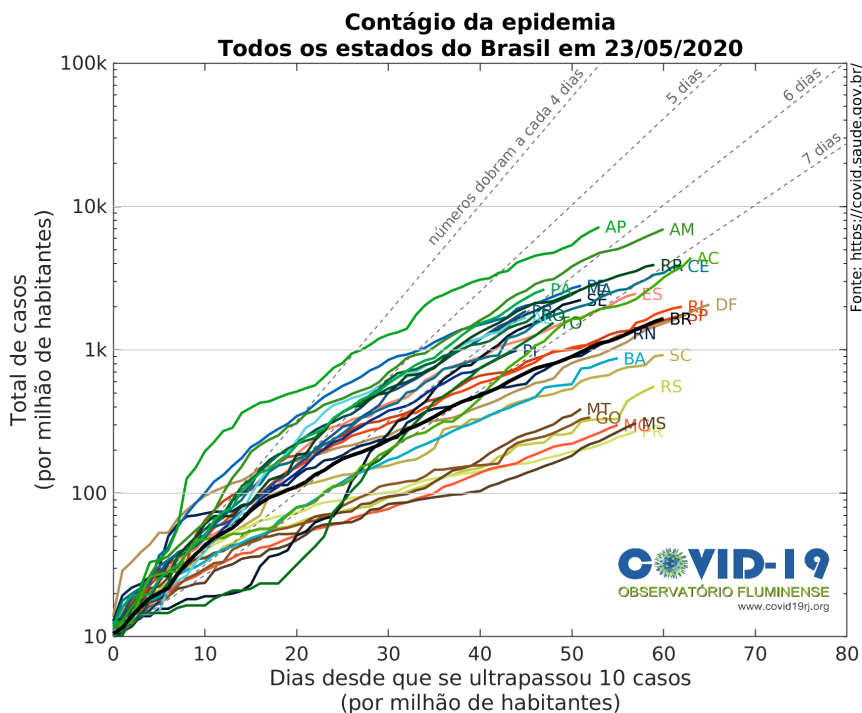


Figura 19: Número total de casos (por milhão de habitantes) de pessoas infectadas por COVID-19 no Brasil e em seus entes federativos, em função do tempo seguinte aos primeiros 10 casos (por milhão de habitantes). O eixo vertical apresenta o número total de casos por milhão de habitantes em cada ente federativo indexados pela quantidade de dias transcorridos após 10 casos por milhão de habitantes em cada ente federativo.

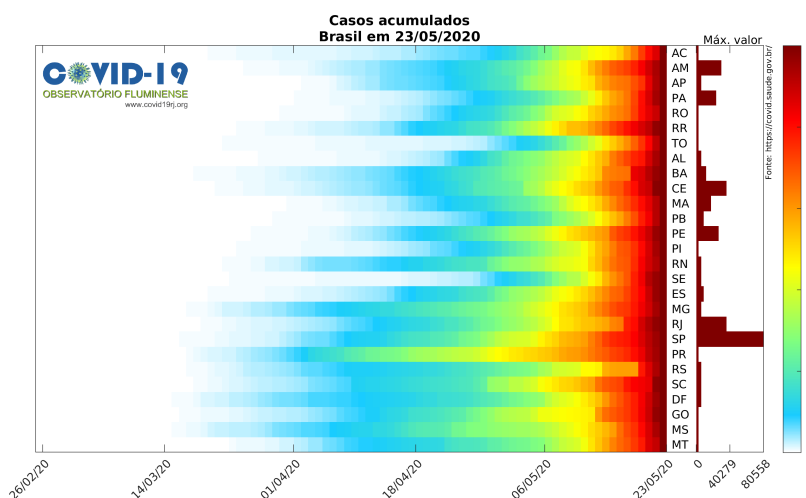


Figura 20: Mapa de calor do número total de casos de COVID-19 nos entes federativos. Cada linha traz o número total de casos em função do tempo, crescendo do menor valor representado pela cor branca ao maior valor representado pela cor vermelho escuro. As barras horizontais ao lado do mapa de calor indicam máximos do número total de casos em cada estado.

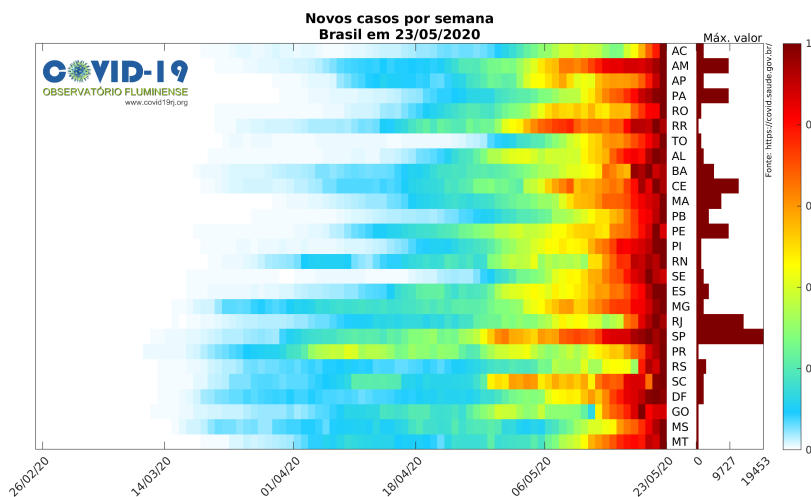


Figura 21: Mapa de calor do número de casos semanais da COVID-19 nos entes federativos. Cada linha traz o número de casos semanais, a cor branca corresponde ao menor valor e o vermelho escuro corresponde ao maior valor. As barras horizontais ao lado do mapa de calor indicam máximos do número de casos semanais em cada ente federativo.

3.2 Letalidade

A Figura 22 apresenta o número total de óbitos enquanto a Figura 23 apresenta o mesmo resultado em mortes por milhão de habitantes por estado (após uma morte por milhão de habitantes por estado) para os entes federativos e o Brasil.

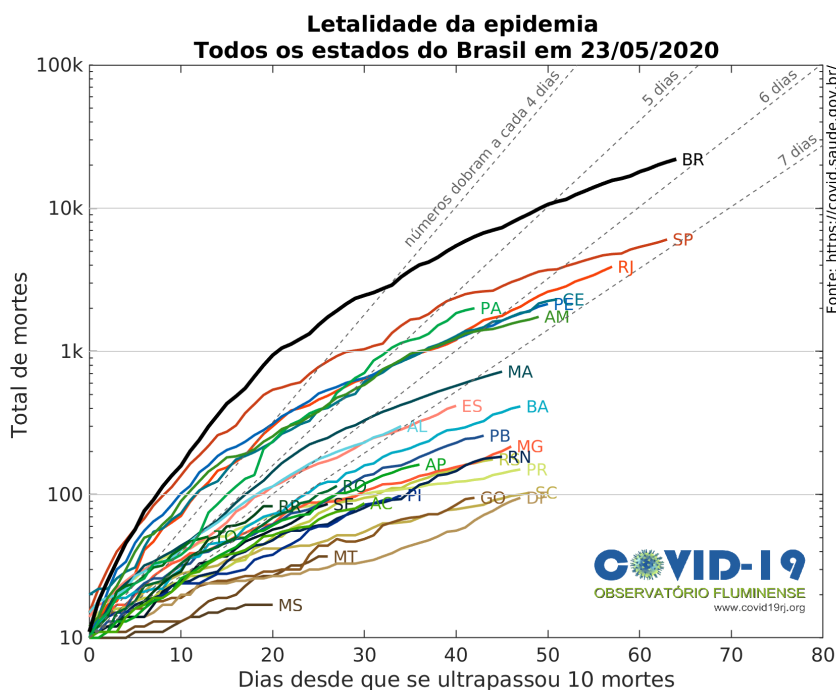


Figura 22: Número total de óbitos por COVID-19 nos entes federativos, em função do tempo seguinte aos primeiros 1000 casos. O eixo vertical apresenta o número total de óbitos em cada estado indexados pela quantidade de dias transcorridos após a décima morte em cada ente federativo.

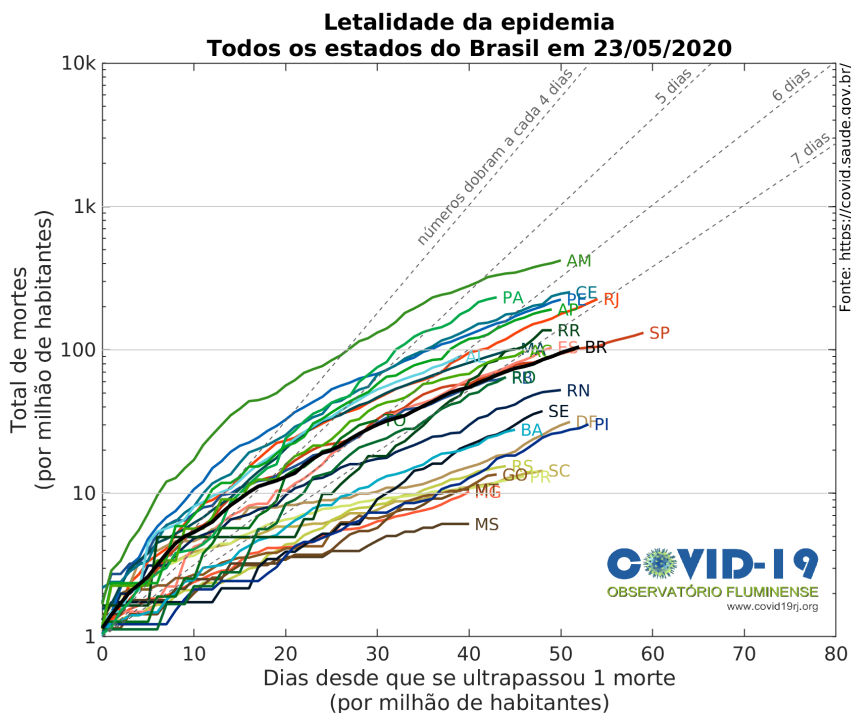


Figura 23: Número total de óbitos por COVID-19 (por milhão de habitantes) nos entes federativos, em função do tempo seguinte aos primeiros 10 óbitos (por milhão de habitantes). O eixo vertical apresenta o número total de óbitos por milhão de habitantes por estado indexados pela quantidade de dias transcorridos após 1 morte por milhão de habitantes em cada ente federativo.

A Figura 24 traz o mapa de calor para o número total de óbitos por COVID-19 nos estados brasileiros. Enquanto, a Figura 25 traz o mapa de calor do número de óbitos semanais por COVID-19 nos estados brasileiros.

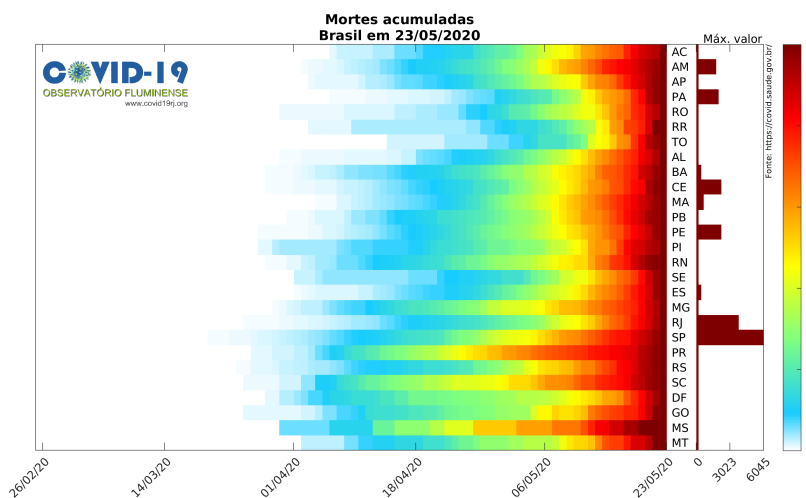


Figura 24: Mapa de calor do número total de óbitos por COVID-19 nos entes federativos. Cada linha traz o número total de óbitos em função do tempo, crescendo do menor valor representado pela cor branca ao maior valor representado pela cor vermelho escuro. As barras horizontais ao lado do mapa de calor indicam máximos de número total de óbitos em em cada ente federativo.

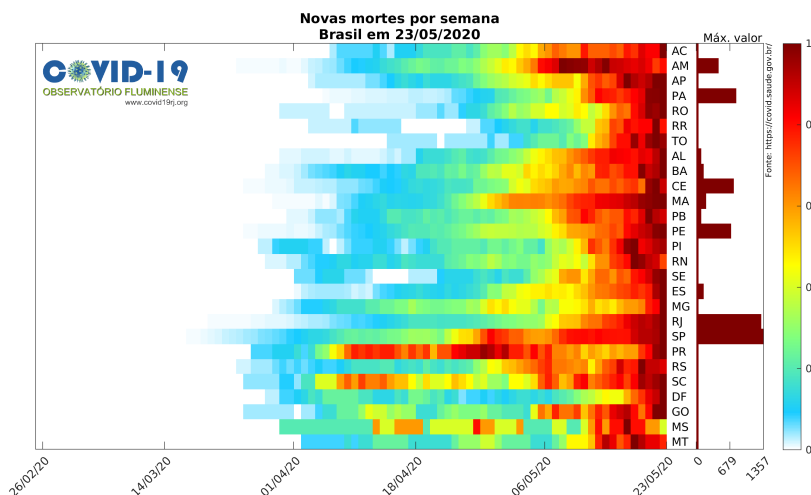


Figura 25: Mapa de calor do número de óbitos semanais por COVID-19 nos entes federativos. Cada linha traz o número de óbitos semanais, a cor branca corresponde ao menor valor e o vermelho escuro corresponde ao maior valor. As barras horizontais ao lado do mapa de calor indicam máximos do número de óbitos semanais em cada ente federativo.

3.3 Progressão da pandemia

As quantidades de novos casos por semana em função do total de casos em cada ente federativo são apresentadas na Figura 26. Enquanto a Figura 27 apresenta análise similar mas com a quantidade de novos casos por milhão de habitantes por estado.

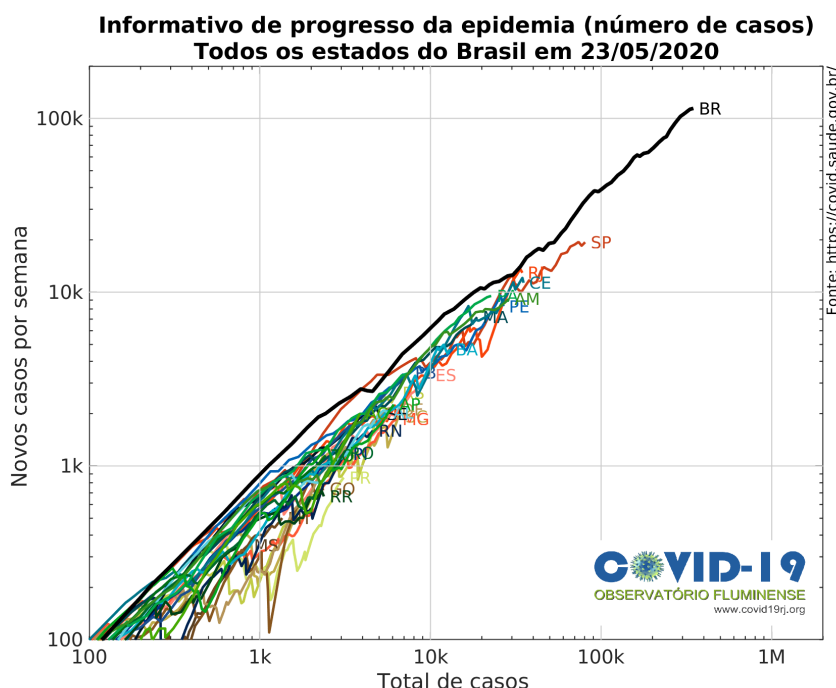


Figura 26: Avaliação do progresso do contágio nos entes federativos através da curva do número de casos semanais (eixo vertical) indexada pelo número de casos acumulados em cada ente federativo (eixo horizontal).

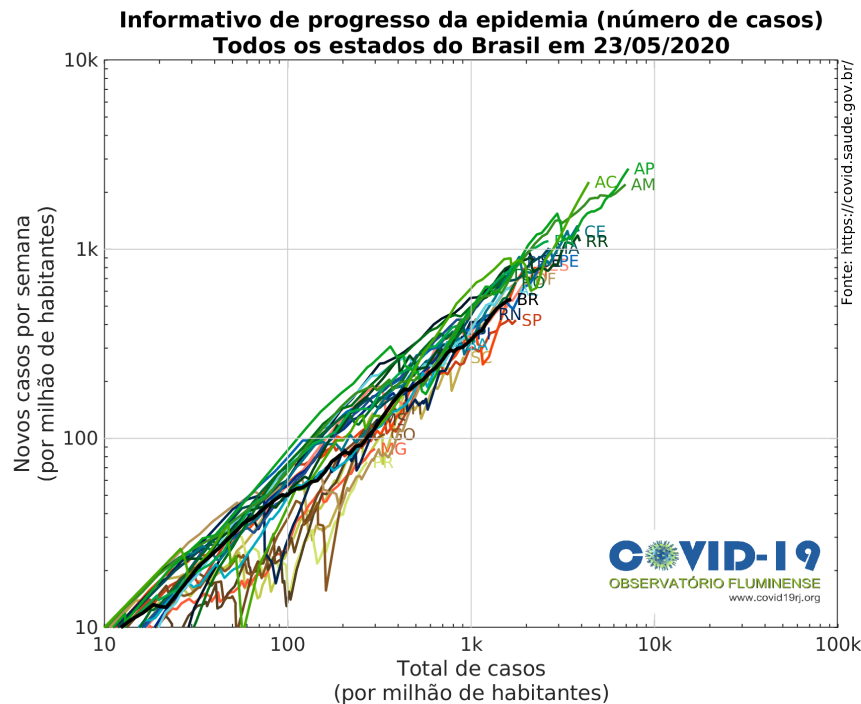


Figura 27: Avaliação do progresso do contágio nos estes federativos através da curva do número de casos semanais por milhão de habitantes por estado (eixo vertical) indexada pelo número de casos acumulados por milhão de habitantes em cada ente federativo (eixo horizontal).

A análise do progresso do número de óbitos é apresentada na Figura 28. Enquanto a Figura 29 apresenta os mesmos resultados considerando os óbitos por semana por milhão de habitantes por estado.

Agora, avaliamos o progresso da epidemia explicitando o tempo transcorrido. A Figura 30 compara a quantidade de novos casos por semana a partir do dia em que houve mais de 100 casos em cada estado. A Figura 31 apresenta a mesma informação mas usando o número de novos casos por milhão de habitantes por estado a partir do dia em que se observaram mais de 10 casos por milhão de habitantes em cada ente federativo.

A mesma metodologia aplicada ao número de óbitos produz os gráficos apresentados na Figura 32 e na Figura 33.

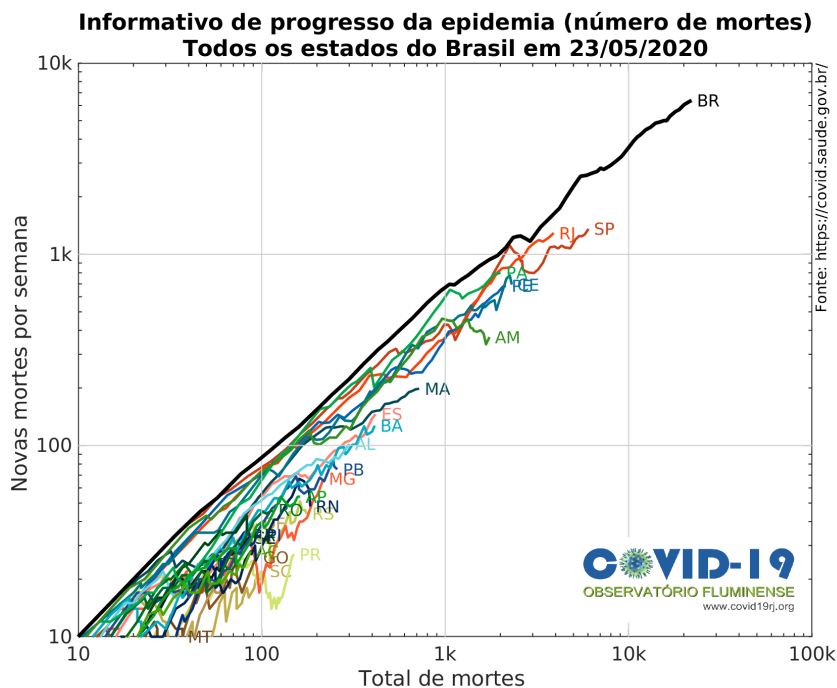


Figura 28: Avaliação do progresso da letalidade nos entes federativos através da curva do número de óbitos semanais (eixo vertical) indexada pelo número de óbitos acumulados em cada ente federativo (eixo horizontal).

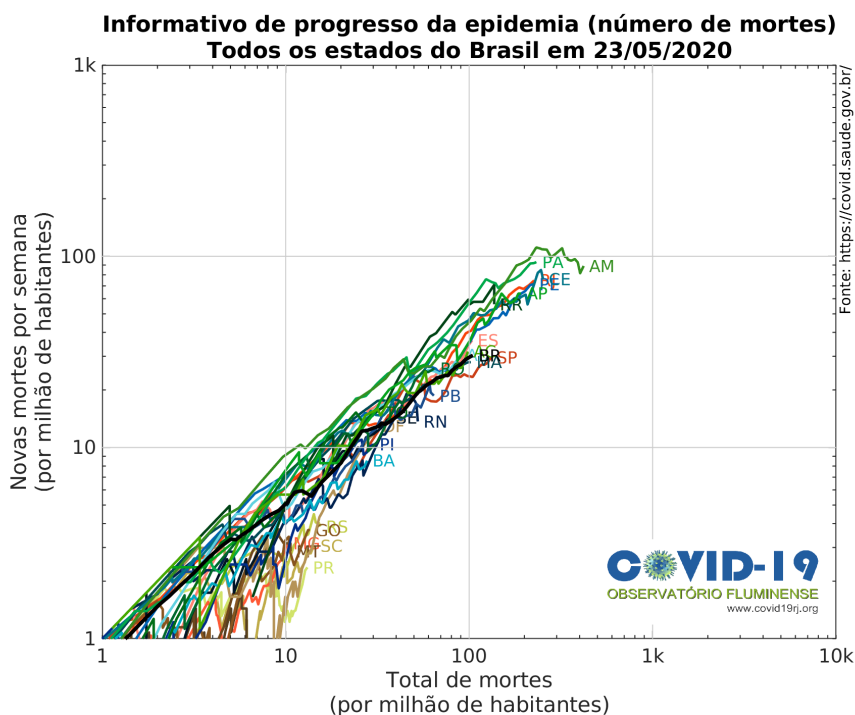


Figura 29: Avaliação do progresso da letalidade nos entes federativos através da curva do número de óbitos por milhão de habitantes semanais por estado (eixo vertical) indexada pelo número de óbitos acumulados por milhão de habitantes em cada ente federativo (eixo horizontal).

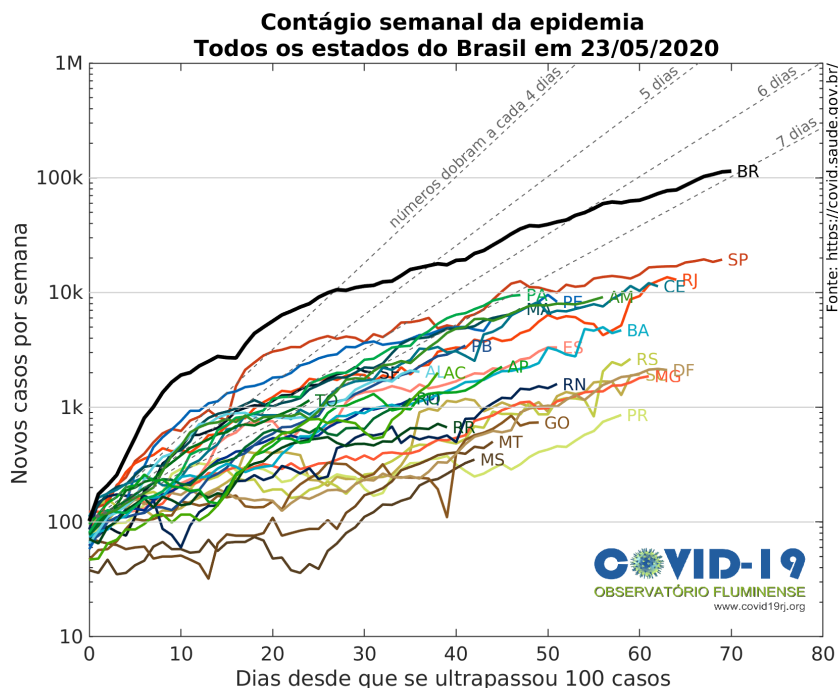


Figura 30: Avaliação temporal do contágio da COVID-19 nos entes federativos – número de casos semanais ordenados pela quantidade de dias após o centésimo caso em cada ente federativo.

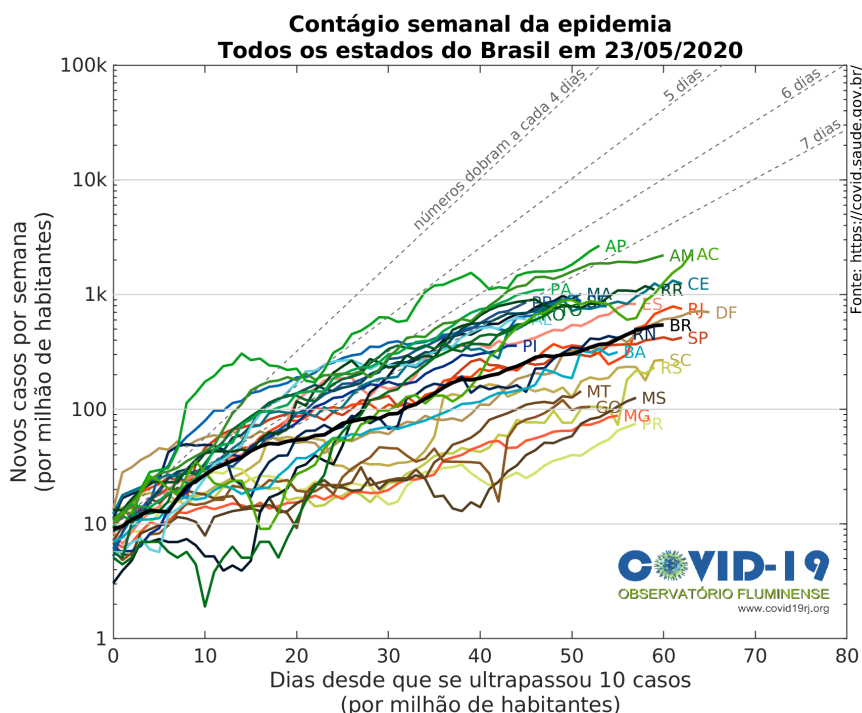


Figura 31: Avaliação temporal do contágio da COVID-19 nos entes federativos – número de casos semanais por milhão de habitantes por estado ordenados pela quantidade de dias após o décimo caso por milhão de habitantes em cada ente federativo.

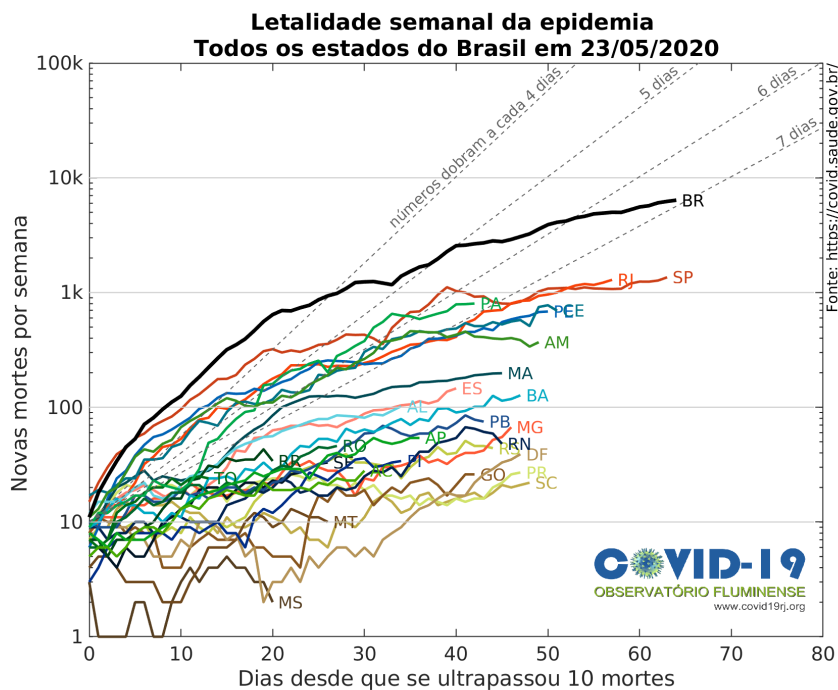


Figura 32: Avaliação temporal da letalidade da COVID-19 nos entes federativos – número de óbitos semanais ordenados pela quantidade de dias após o décimo óbito em cada ente federativo.

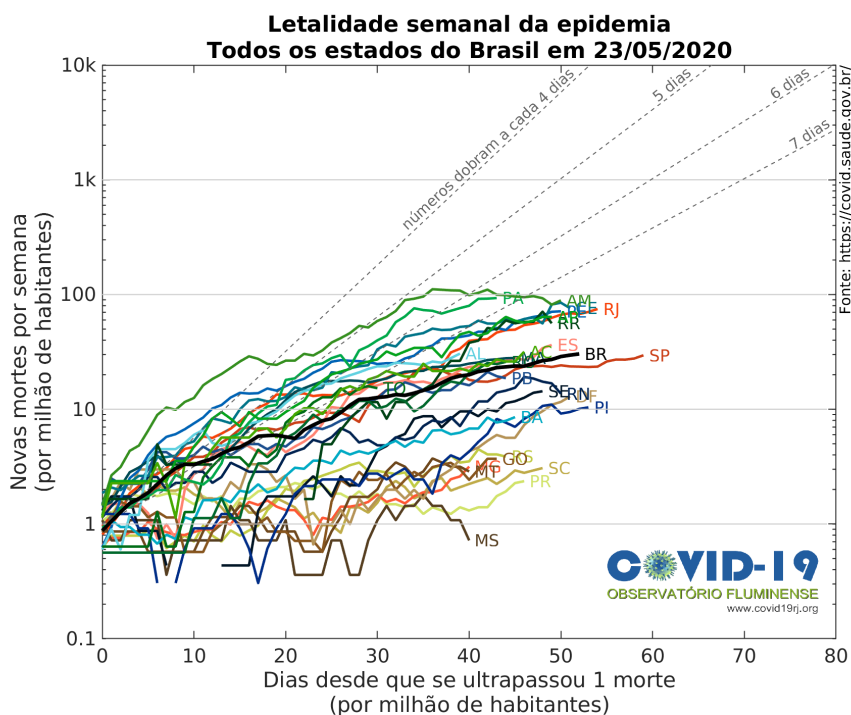


Figura 33: Avaliação temporal da letalidade da COVID-19 nos entes federativos – número de óbitos semanais por milhão de habitantes por estado ordenados pela quantidade de dias após o primeiro óbito por milhão de habitantes em cada ente federativo.

4 COVID-19 no Estado do Rio de Janeiro

Apresentamos nesta seção visualizações dos dados numéricos da epidemia referentes ao Estado do Rio de Janeiro (ERJ) e aos municípios fluminenses. São considerados os 12 municípios com mais casos reportados. Novamente, salientamos que para entender como são gerados e o que se pode concluir a partir das diferentes visualizações dos dados numéricos da epidemia recomenda-se ver primeiro a Seção 2.

4.1 Contágio

Para realizar a análise temporal da evolução da epidemia, empregam-se curvas que apresentam o total de casos em função do tempo. A Figura 34 apresenta esse gráfico para os 12 municípios que apresentam mais casos no ERJ a partir do centésimo caso. Para tentar comparar a incidência da COVID-19 nos municípios considerados, apresentamos o número de casos por cem mil habitantes por município na vertical a partir de 10 casos por cem mil habitantes no município na Figura 35.

A Figura 36 apresenta o mapa de calor do número total de casos considerando os mesmos municípios. Enquanto o mapa de calor dos números de casos semanais por município é apresentado na Figura 37.

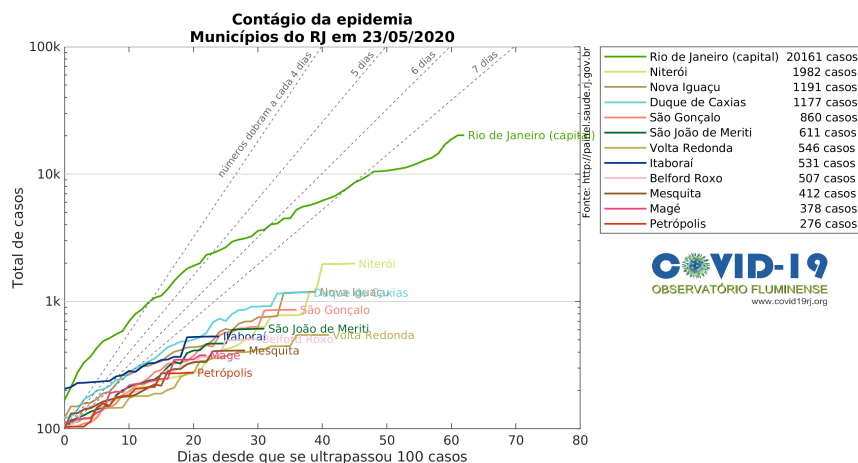


Figura 34: Número total de casos de pessoas infectadas por COVID-19 em 12 municípios do ERJ, em função do tempo seguinte aos primeiros 100 casos. O eixo vertical apresenta o número total de casos em cada município considerado indexados pela quantidade de dias transcorridos após o centésimo caso em cada município.

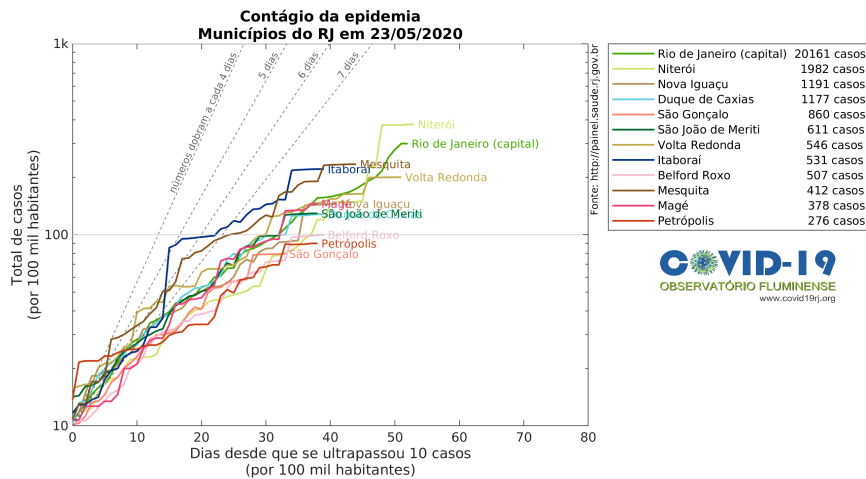


Figura 35: Número total de casos (por milhão de habitantes) de pessoas infectadas por COVID-19 em 12 municípios do ERJ, em função do tempo seguinte aos primeiros 10 casos (por milhão de habitantes). O eixo vertical apresenta o número total de casos por cem mil habitantes em cada município considerado indexados pela quantidade de dias transcorridos após 10 casos por cem mil habitantes por município.

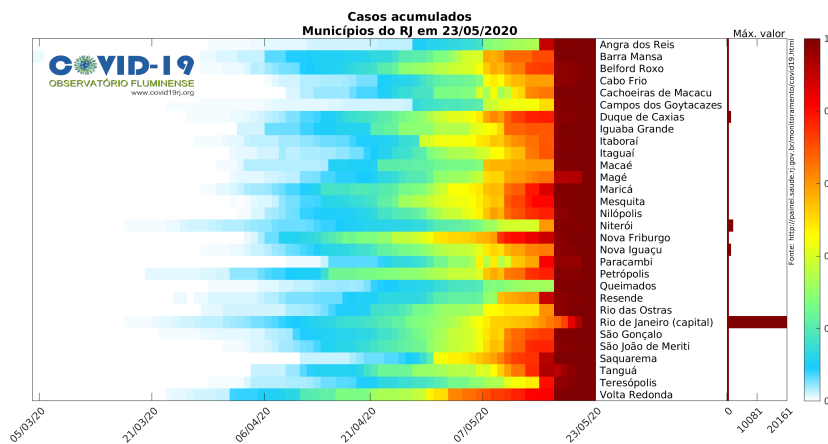


Figura 36: Mapa de calor do número total de casos da COVID-19 em 12 municípios do ERJ. Cada linha traz o número total de casos em função do tempo, crescendo do menor valor representado pela cor branca ao maior valor representado pela cor vermelho escuro. As barras horizontais ao lado do mapa de calor indicam máximos do número total de casos em cada município.

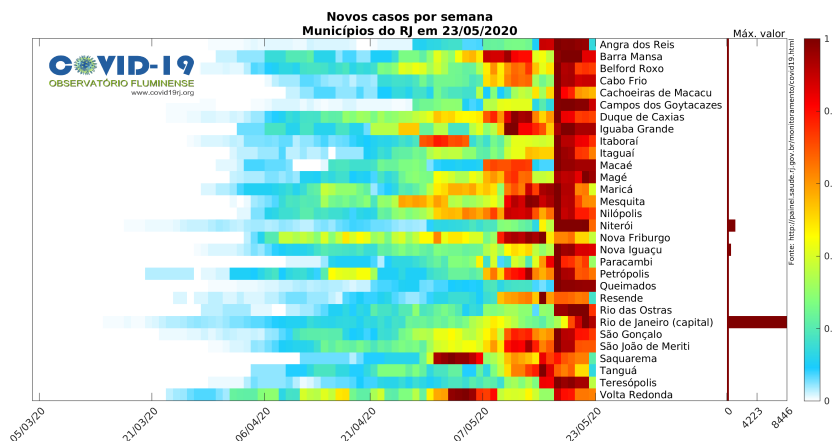


Figura 37: Mapa de calor do número de casos semanais da COVID-19 em 12 municípios do ERJ. Cada linha traz o número de casos semanais, a cor branca corresponde ao menor valor e o vermelho escuro corresponde ao maior valor. As barras horizontais ao lado do mapa de calor indicam máximos do número de casos semanais em cada município.

4.2 Letalidade

A Figura 38 apresenta o número total de óbitos enquanto a Figura 39 apresenta o mesmo resultado em mortes por cem mil habitantes por estado (após uma morte por cem mil habitantes) para os 12 municípios com mais casos da COVID-19 no ERJ.

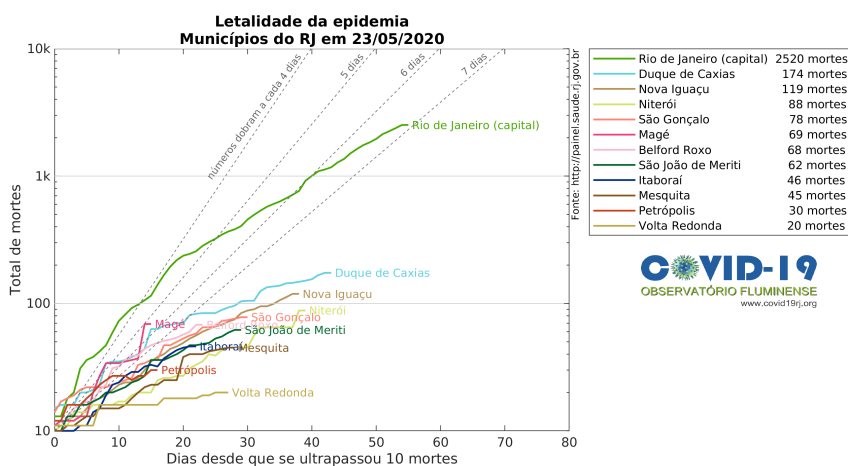


Figura 38: Número total de óbitos por COVID-19 em 12 municípios do ERJ após 10 mortes em função do tempo. O eixo vertical apresenta o número total de óbitos em cada município indexados pela quantidade de dias transcorridos após a décima morte nos municípios considerados.

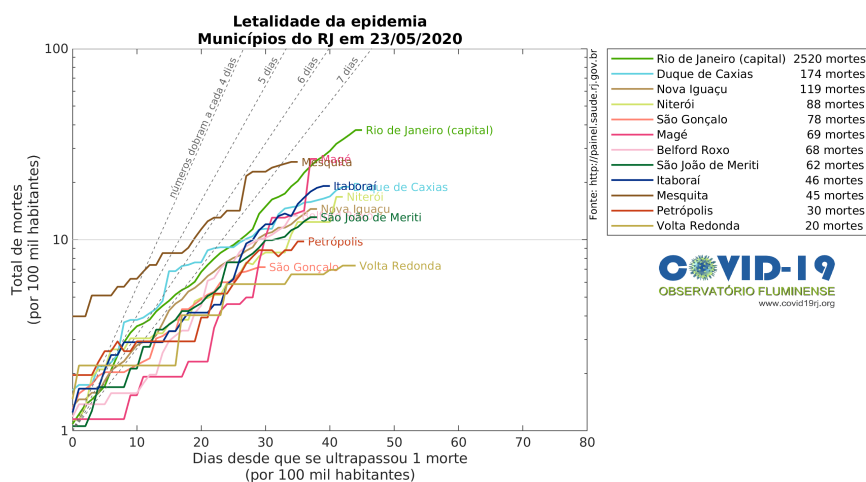


Figura 39: Número total de óbitos por COVID-19 (por milhão de habitantes) em 12 municípios do ERJ, em função do tempo seguinte aos primeiros 10 óbitos (por milhão de habitantes). O eixo vertical apresenta o número total de óbitos por cem mil habitantes em cada município indexados pela quantidade de dias transcorridos após 1 morte por cem mil habitantes nos municípios considerados.

A Figura 40 traz o mapa de calor para o número total de óbitos por COVID-19 em 12 municípios do ERJ. Enquanto, a Figura 41 traz o mapa de calor do número de óbitos semanais por COVID-19 nos mesmos municípios.

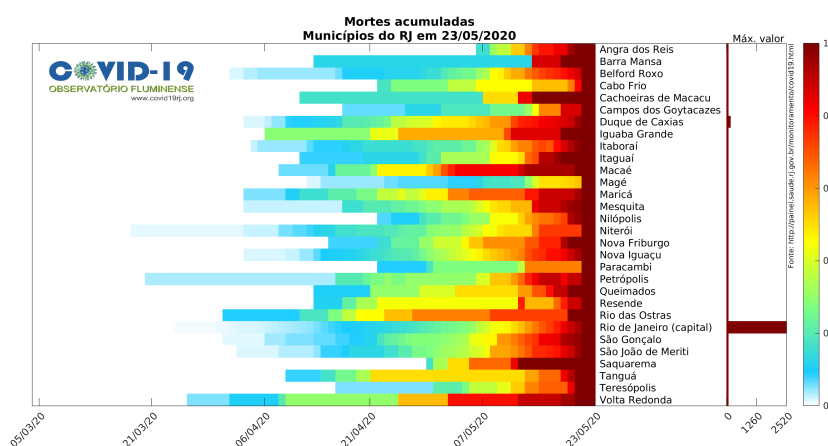


Figura 40: Mapa de calor do número total de óbitos de COVID-19 em 12 municípios do ERJ. Cada linha traz o número total de óbitos em função do tempo, crescendo do menor valor representado pela cor branca ao maior valor representado pela cor vermelho escuro. As barras horizontais ao lado do mapa de calor indicam máximos do número total de óbitos em nos municípios considerados.

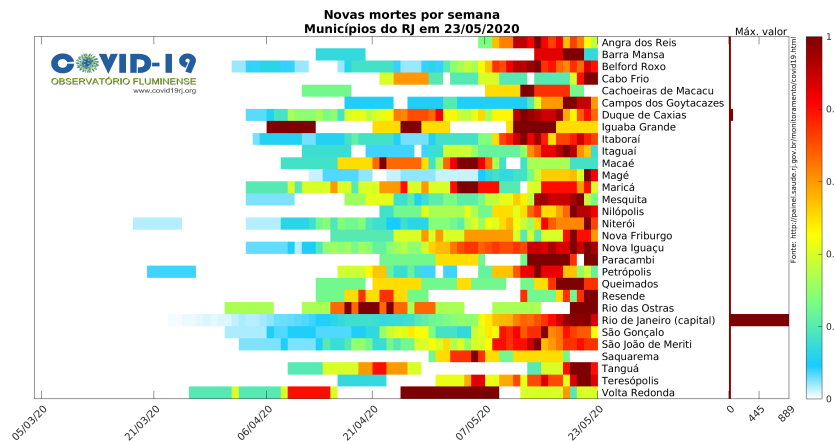


Figura 41: Mapa de calor do número de óbitos semanais de COVID-19 em 12 municípios do ERJ. Cada linha traz o número de óbitos semanais, a cor branca corresponde ao menor valor e o vermelho escuro corresponde ao maior valor. As barras horizontais ao lado do mapa de calor indicam máximos do número de óbitos semanais nos municípios considerados.

4.3 Progressão da pandemia

As quantidades de novos casos semanais em função do total de casos em cada um dos 12 municípios fluminenses considerados são apresentadas na Figura 42. Enquanto a Figura 43 apresenta análise similar mas com a quantidade de novos casos por cem mil habitantes por município.

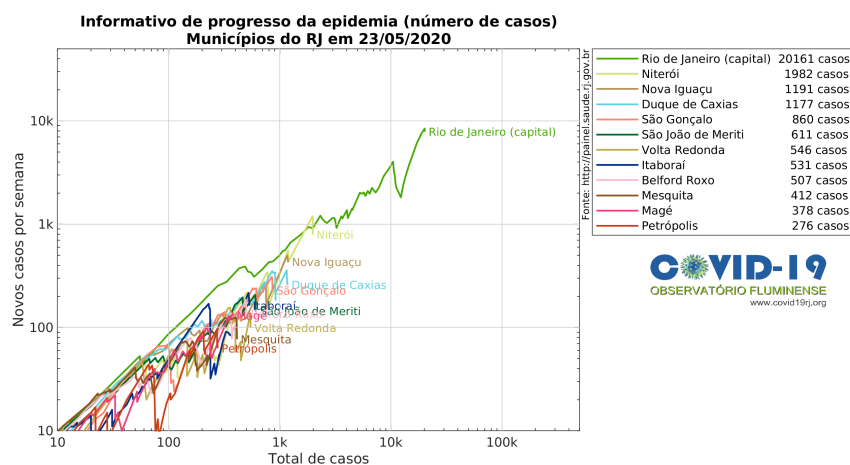


Figura 42: Avaliação do progresso do contágio nos municípios fluminenses através da curva do número de novos casos semanais (eixo vertical) indexada pelo número de casos acumulados em cada município (eixo horizontal).

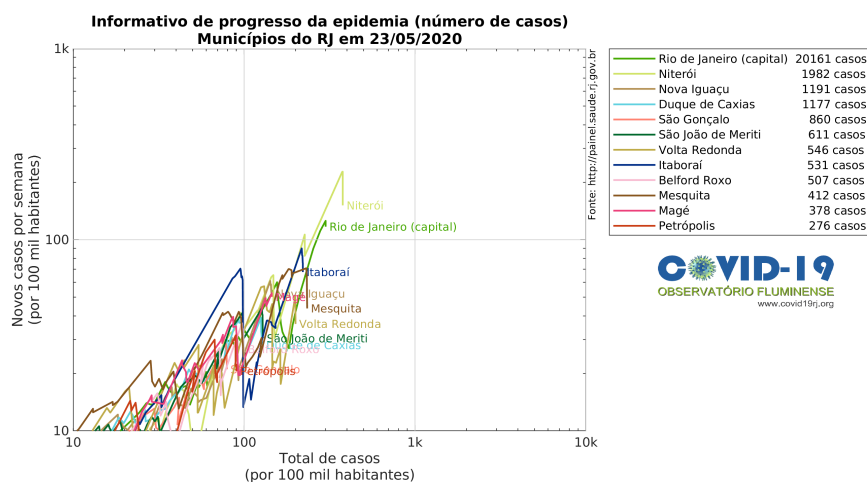


Figura 43: Avaliação do progresso do contágio nos municípios fluminenses através da curva do número de novos casos semanais por cem mil habitantes por município (eixo vertical) indexada pelo número de casos acumulados por cem mil habitantes em cada município (eixo horizontal).

A análise do progresso do número de óbitos é apresentada na Figura 44. Enquanto a Figura 45 apresenta os mesmos resultados considerando os óbitos semanais por cem mil habitantes por município.

Agora, avaliamos o progresso da epidemia explicitando o tempo transcorrido. A Figura 46 compara a quantidade de novos casos semanais a partir do dia em que houve mais de 100 casos em cada município fluminense. A Figura 47 apresenta a mesma informação mas usando o número de novos casos por cem mil habitantes a partir do dia em que se observaram mais de 10 casos por cem mil habitantes em cada um dos municípios considerados.

A mesma metodologia aplicada ao número de óbitos produz os gráficos apresentados na Figura 48 e na Figura 49.

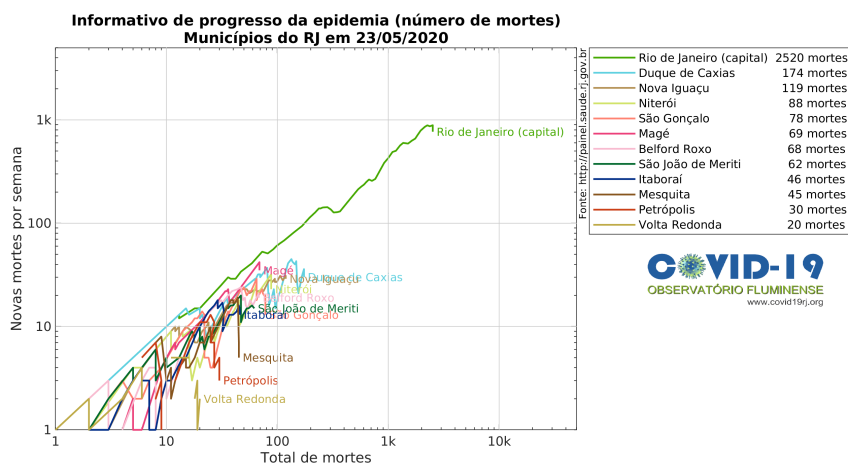


Figura 44: Avaliação do progresso da letalidade nos municípios fluminenses através da curva do número de óbitos semanais (eixo vertical) indexada pelo número de óbitos acumulados em cada município (eixo horizontal).

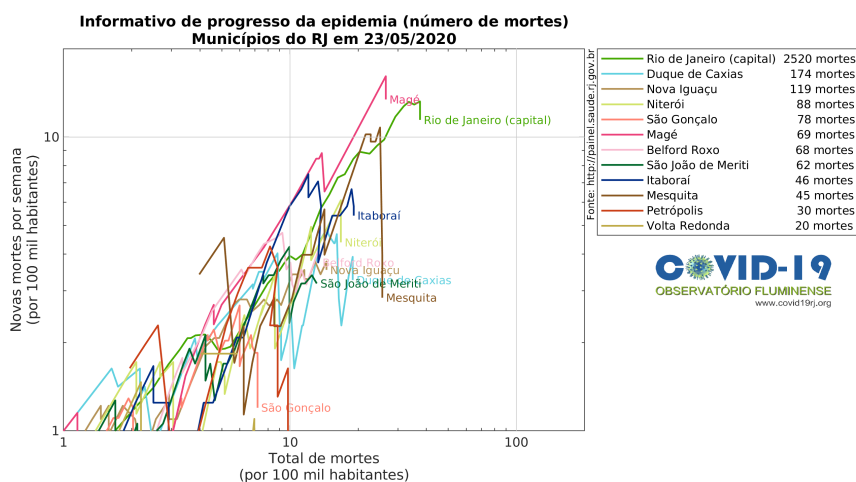


Figura 45: Avaliação do progresso da letalidade nos municípios fluminenses através da curva do número de óbitos semanais por cem mil habitantes por município (eixo vertical) indexada pelo número de óbitos acumulados por cem mil habitantes por município (eixo horizontal).

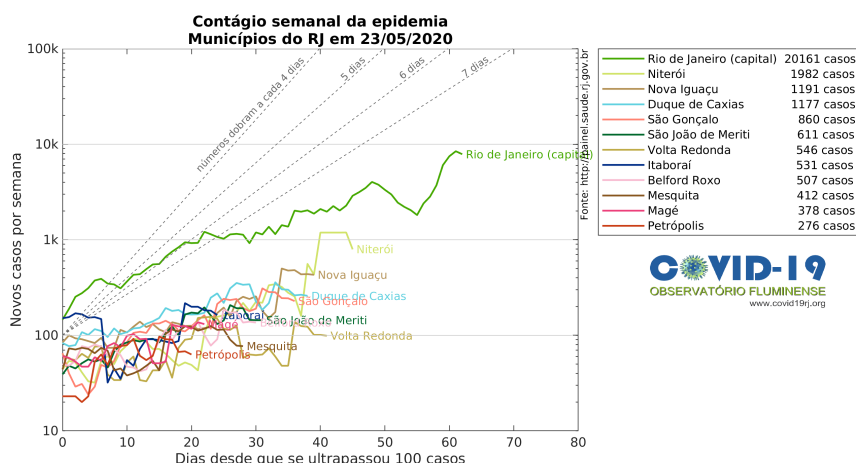


Figura 46: Avaliação temporal do contágio da COVID-19 em 12 municípios fluminenses – número de casos semanais ordenados pela quantidade de dias após o centésimo caso em cada um dos municípios.

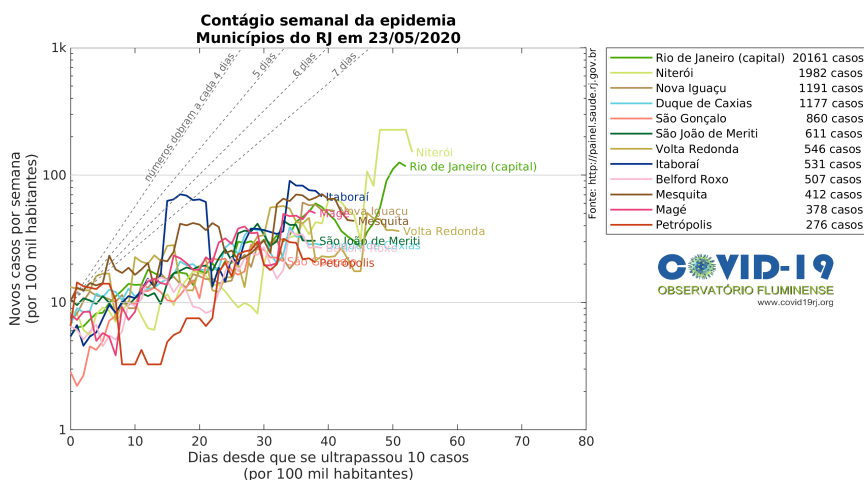


Figura 47: Avaliação temporal do contágio da COVID-19 em 12 municípios fluminenses – número de casos semanais por cem mil habitantes por município ordenados pela quantidade de dias após o décimo caso por cem mil habitantes por município.

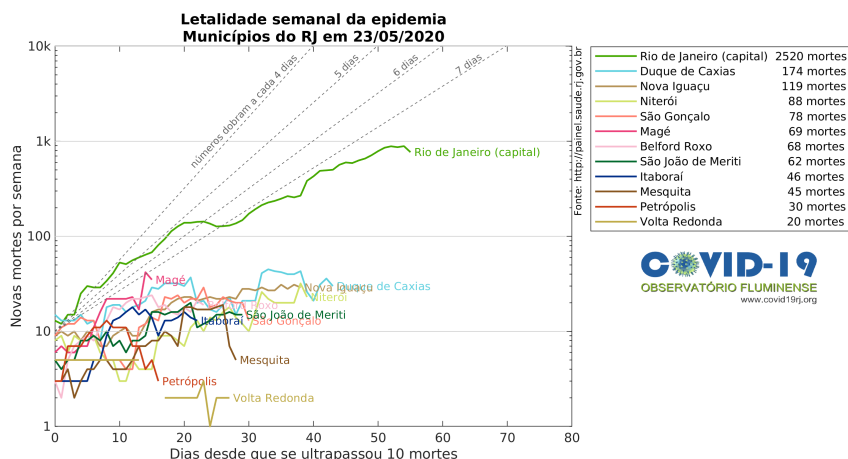


Figura 48: Avaliação temporal do contágio da COVID-19 em 12 municípios fluminenses – número de óbitos semanais ordenados pela quantidade de dias após a décima morte caso em cada um dos municípios.

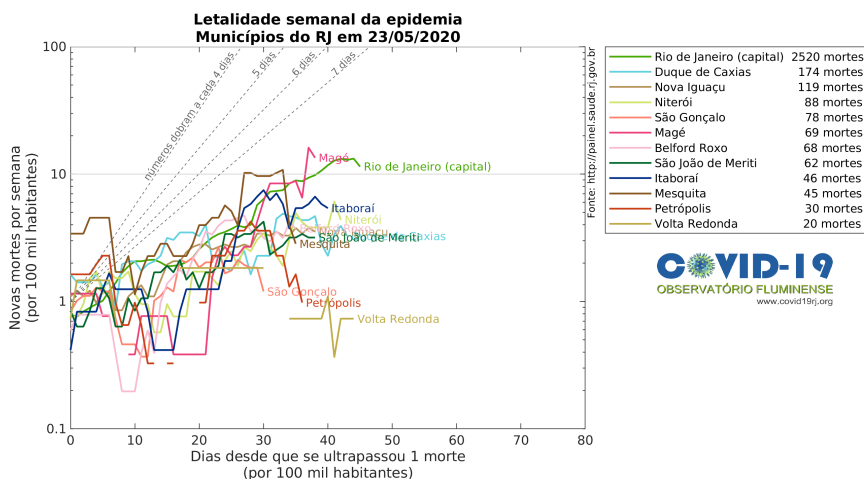


Figura 49: Avaliação temporal do contágio da COVID-19 em 12 municípios fluminenses – número de óbitos semanais por cem mil habitantes por município ordenados pela quantidade de dias após a primeira morte por cem mil habitantes por município.

5 Previsões de Curto Prazo

As previsões sobre o progresso da pandemia de COVID-19 têm como objetivo tentar adivinhar intervalos de valores que contenham o total de casos e de mortes. Consideramos previsões de curto prazo, isto é, de uma data até 5 dias à frente. Acreditamos que essas previsões permitem preparar a população para o que ocorrerá no curto prazo.

Empregamos aqui um preditor bem simples. Calculamos os logaritmos das sequências de números de casos totais e de números de óbitos totais. Graficamente, uma função exponencial se transforma numa reta quando calculamos seu logaritmo. Se assumirmos que numa pequena região as curvas que desejamos prever têm um comportamento exponencial, podemos representá-las ou aproximá-las usando as retas correspondentes na escala logarítmica. Desta forma, encontramos a reta que melhor se aproxima ao logaritmo da sequência considerada (número total de casos ou o número total de mortes) entre o quinto dia anterior à data em que a previsão é realizada e a data de realização de previsão. Essa reta é usada para prever (adivinhar) a sequência nos cinco dias futuros a partir dessa data. Em todos os gráficos de previsão apresentamos o intervalo de confiança de 95%. Os dados históricos dos números totais de casos e de óbitos empregados nas previsões contêm erros (casos não relatados no dia certo, alguns casos relatados a mais ou a menos, etc). Um intervalo de confiança de 95% significa que considerando esses erros de cada 100 previsões realizadas, 95 delas estarão dentro do intervalo de confiança. Porém, cumpre observar que isso só é válido se o comportamento da curva for exponencial no intervalo de 10 dias (o dia corrente, 4 para trás e mais 5 para a frente) usado na precisão. Como o comportamento da curva não é exatamente esse, os números reais (observados) diferirão dos previstos, isto é, estarão fora do intervalo de confiança apresentado, em mais de 5% das vezes.

Também é importante ressaltar que como essas previsões são obtidas para os valores das notificações de casos e óbitos, não para os valores verdadeiros dessas quantidades, que são desconhecidos e muito maiores que as notificações (ao menos para o número de casos). Apesar da subnotificação intrínseca das notificações, a correlação dessas quantidades com os valores verdadeiros permite que as mesmas sejam utilizadas como cotas inferiores para monitorar o progresso da epidemia. Desse modo, as previsões desses valores para alguns dias à frente podem ser de alguma valia.

5.1 Brasil

A Figura 50 apresenta a previsão do número total de casos de COVID-19 no Brasil em função do tempo. O eixo vertical apresenta o número total de casos ocorrido até a data de hoje e daí em diante a previsão do número total de caso. Em cinza, destacamos o intervalo de confiança de 95%. Esse intervalo indica que mesmo com erros (de magnitudes controladas) nos dados históricos empregados teremos 95 de cada 100 previsões do número de casos dentro do intervalo indicado. Usando a mesma metodologia a Figura 51 apresenta as previsões dos números totais de óbitos.

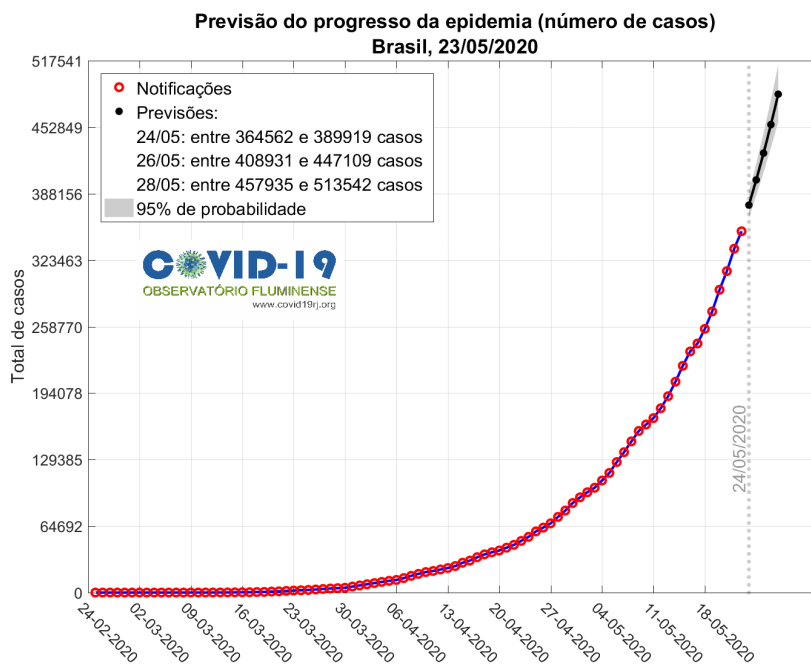


Figura 50: Previsão do número total de casos de COVID-19 no Brasil. A curva apresenta o número total de casos ocorrido até a data de hoje e daí em diante a previsão do número total de caso. Em cinza, destacamos o intervalo de confiança de 95%.

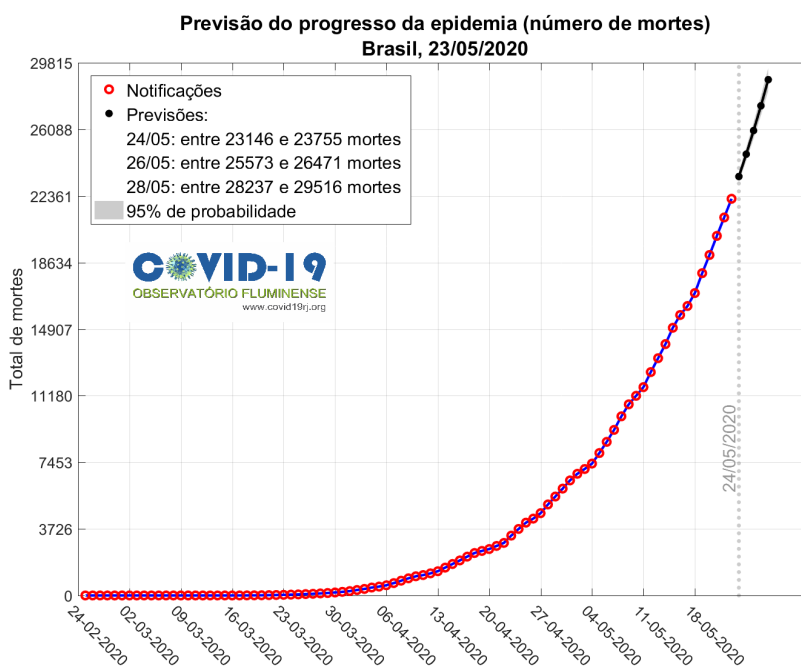


Figura 51: Previsão do número total de óbitos de COVID-19 no Brasil. A curva apresenta o número total de óbitos ocorrido até a data de hoje e daí em diante a previsão do número total de mortes. Em cinza, destacamos o intervalo de confiança de 95%.

5.2 Regiões

Realizar previsões com pequenas quantidades e períodos de observação gera grandes incertezas nos valores previstos (o intervalo de confiança como descrito acima fica muito grande, isto é, a previsão perde o sentido).

Assim, de forma a diminuir incertezas, realizamos previsões por regiões do Brasil: Centro-Oeste, Norte, Nordeste, Sudeste e Sul.

As previsões dos números totais de casos para a região Centro-Oeste são apresentadas na Figura 52 e as previsões dos números totais de óbitos são apresentadas na Figura 53.

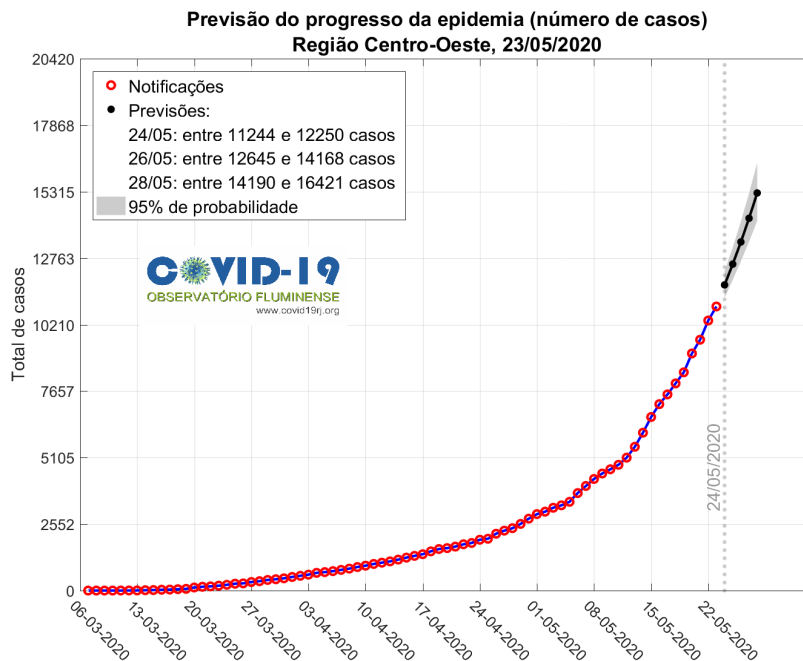


Figura 52: Previsão do número total de casos de COVID-19 na região Centro-Oeste. A curva apresenta o número total de casos ocorrido até a data de hoje e daí em diante a previsão do número total de caso. Em cinza, destacamos o intervalo de confiança de 95%.

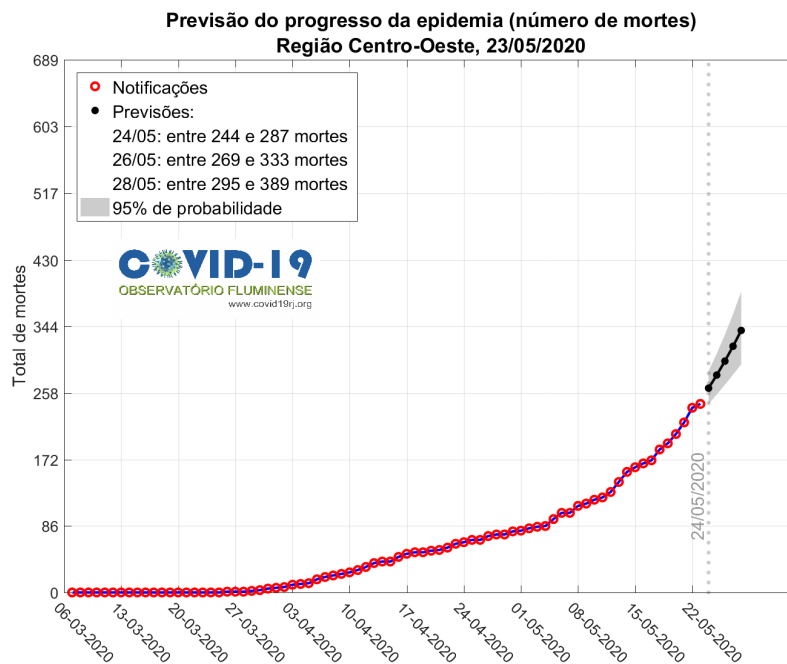


Figura 53: Previsão do número total de óbitos de COVID-19 na região Centro-Oeste. A curva apresenta o número total de óbitos ocorrido até a data de hoje e daí em diante a previsão do número total de caso. Em cinza, destacamos o intervalo de confiança de 95%.

As previsões dos números totais de casos para a região Nordeste são apresentadas na Figura 54 e as previsões dos números totais de óbitos são apresentadas na Figura 55.

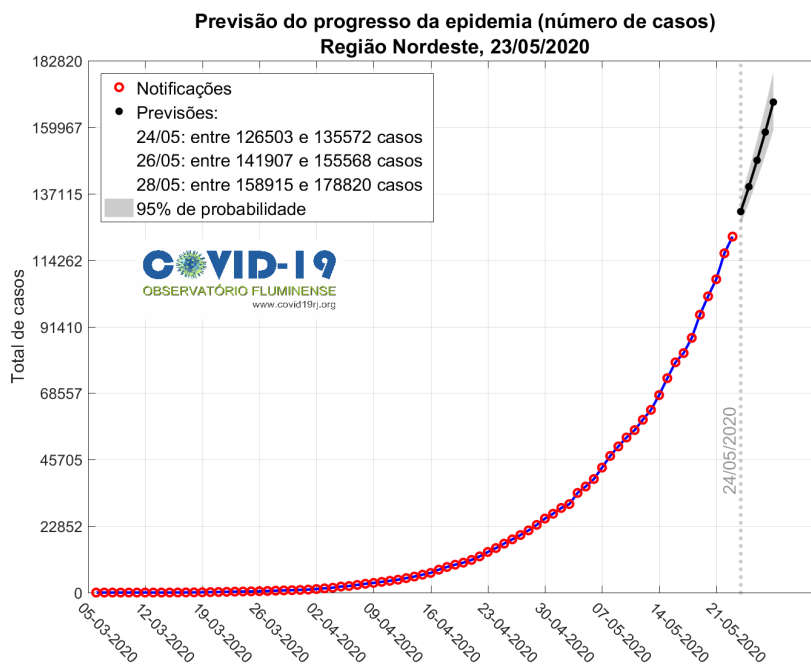


Figura 54: Previsão do número total de casos de COVID-19 na região Nordeste. A curva apresenta o número total de casos ocorrido até a data de hoje e daí em diante a previsão do número total de caso. Em cinza, destacamos o intervalo de confiança de 95%.

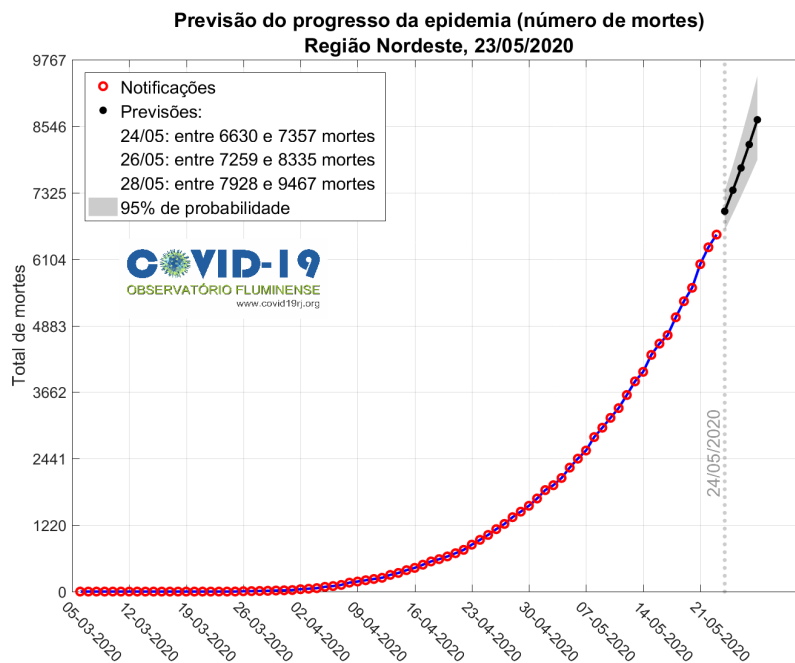


Figura 55: Previsão do número total de óbitos de COVID-19 na região Nordeste. A curva apresenta o número total de óbitos ocorrido até a data de hoje e daí em diante a previsão do número total de caso. Em cinza, destacamos o intervalo de confiança de 95%.

As previsões dos números totais de casos para a região Norte são apresentadas na Figura 56 e as previsões dos números totais de óbitos são apresentadas na Figura 57.

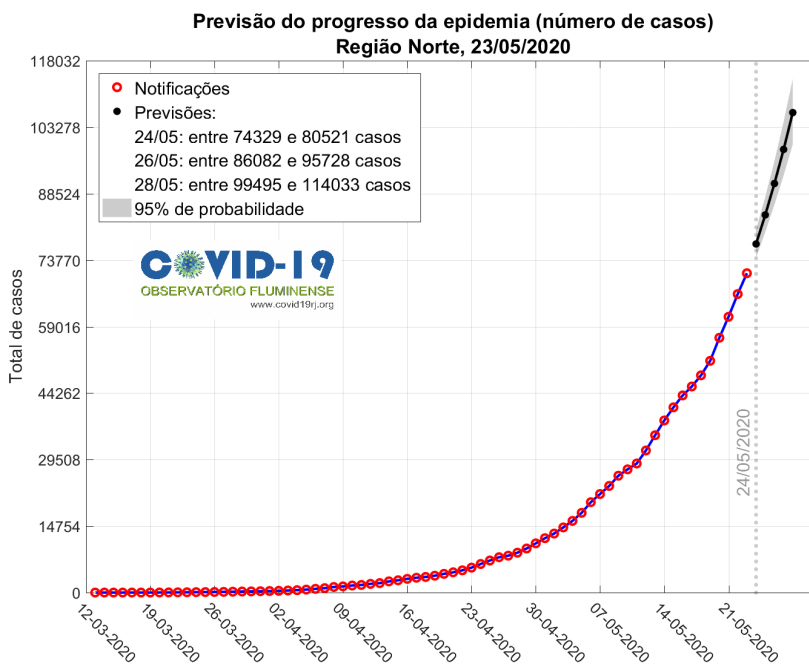


Figura 56: Previsão do número total de casos de COVID-19 na região Norte. A curva apresenta o número total de casos ocorrido até a data de hoje e daí em diante a previsão do número total de caso. Em cinza, destacamos o intervalo de confiança de 95%.

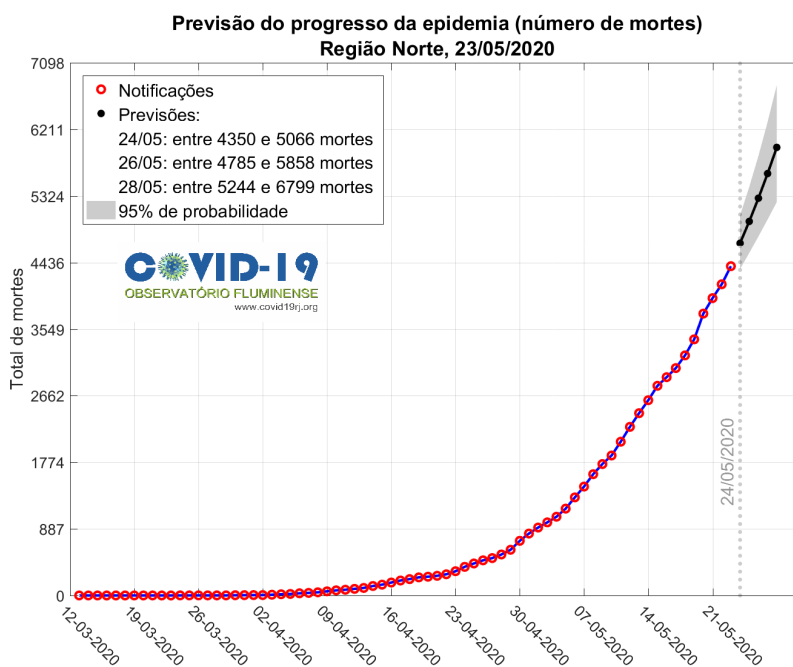


Figura 57: Previsão do número total de óbitos de COVID-19 na região Norte. A curva apresenta o número total de óbitos ocorrido até a data de hoje e daí em diante a previsão do número total de caso. Em cinza, destacamos o intervalo de confiança de 95%.

As previsões dos números totais de casos para a região Sudeste são apresentadas na Figura 58 e as previsões dos números totais de óbitos são apresentadas na Figura 59.

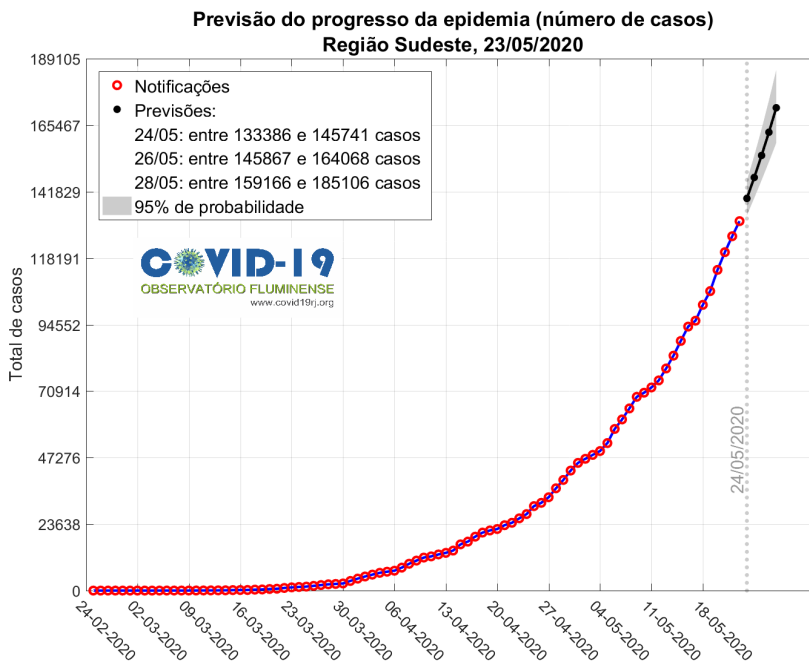


Figura 58: Previsão do número total de casos de COVID-19 na região Sudeste. A curva apresenta o número total de casos ocorrido até a data de hoje e daí em diante a previsão do número total de caso. Em cinza, destacamos o intervalo de confiança de 95%.

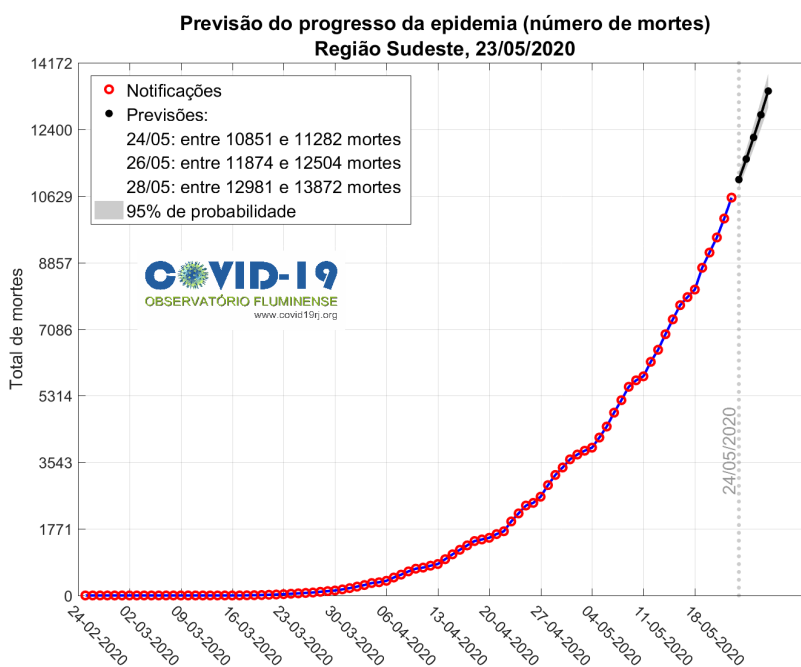


Figura 59: Previsão do número total de óbitos de COVID-19 na região Sudeste. A curva apresenta o número total de óbitos ocorrido até a data de hoje e daí em diante a previsão do número total de caso. Em cinza, destacamos o intervalo de confiança de 95%.

As previsões dos números totais de casos para a região Sul são apresentadas na Figura 60 e as previsões dos números totais de óbitos são apresentadas na Figura 61.

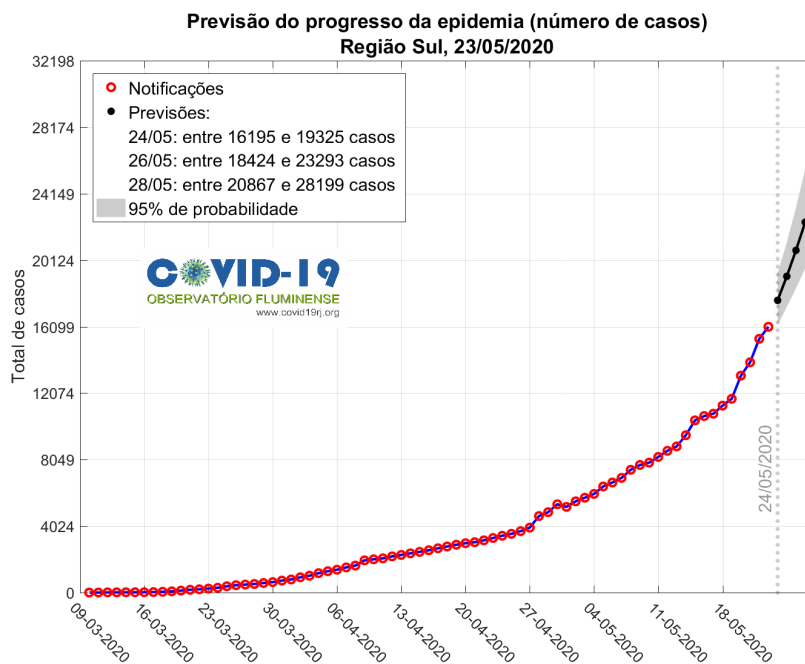


Figura 60: Previsão do número total de casos de COVID-19 na região Sul. A curva apresenta o número total de casos ocorrido até a data de hoje e daí em diante a previsão do número total de caso. Em cinza, destacamos o intervalo de confiança de 95%.

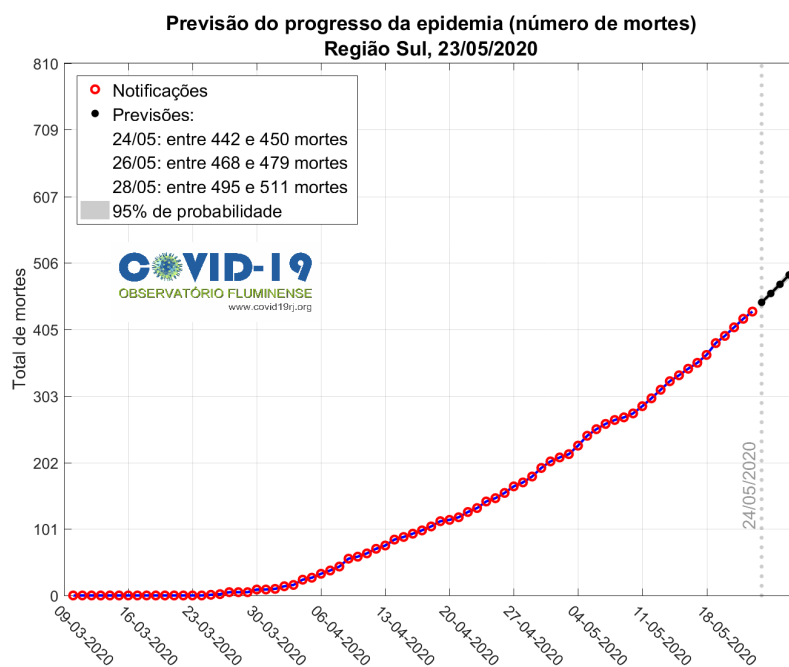


Figura 61: Previsão do número total de óbitos de COVID-19 na região Sul. A curva apresenta o número total de óbitos ocorrido até a data de hoje e daí em diante a previsão do número total de caso. Em cinza, destacamos o intervalo de confiança de 95%.

5.3 Estado do Rio de Janeiro e Capital

Dado os crescimentos do contágio e da letalidade da COVID-19 no estado do Rio de Janeiro e na capital fluminense, apresentamos previsões para os dois.

As previsões dos números totais de casos para o estado do Rio de Janeiro são apresentadas na Figura 62 e as previsões dos números totais de óbitos são apresentadas na Figura 63.

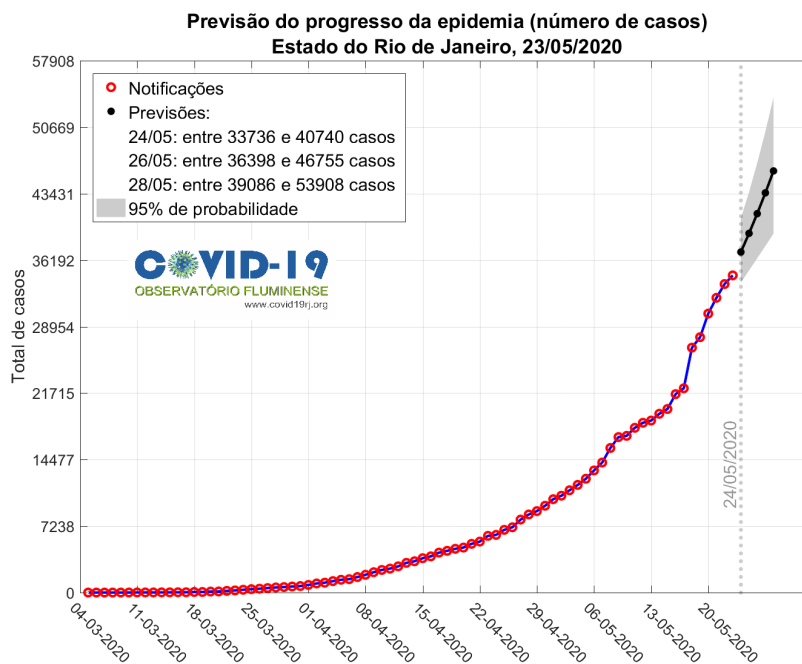


Figura 62: Previsão do número total de casos de COVID-19 no estado do Rio de Janeiro. A curva apresenta o número total de casos ocorrido até a data de hoje e daí em diante a previsão do número total de caso. Em cinza, destacamos o intervalo de confiança de 95%.

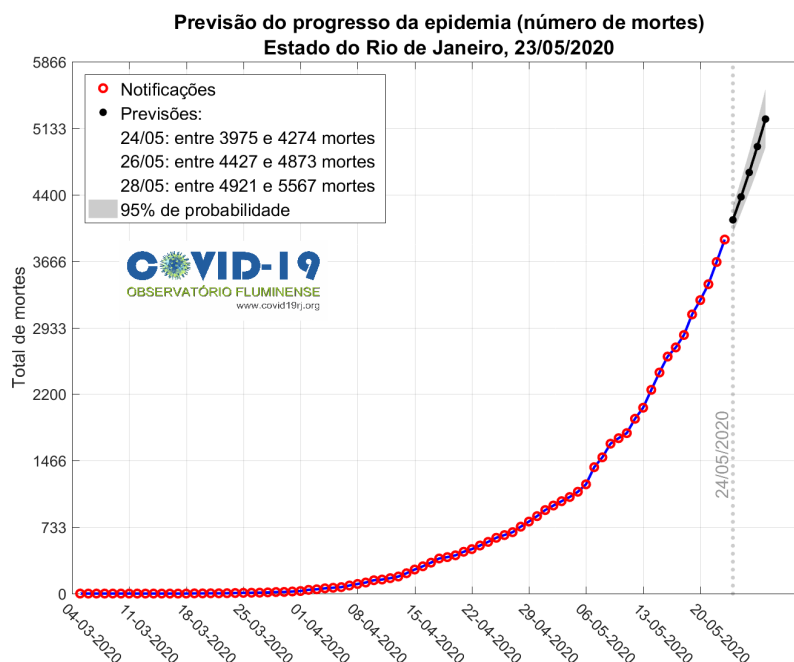


Figura 63: Previsão do número total de óbitos de COVID-19 no estado do Rio de Janeiro. A curva apresenta o número total de óbitos ocorrido até a data de hoje e daí em diante a previsão do número total de caso. Em cinza, destacamos o intervalo de confiança de 95%.

As previsões dos números totais de casos para o município do Rio de Janeiro são apresentadas na Figura 64 e as previsões dos números totais de óbitos são apresentadas na Figura 65.

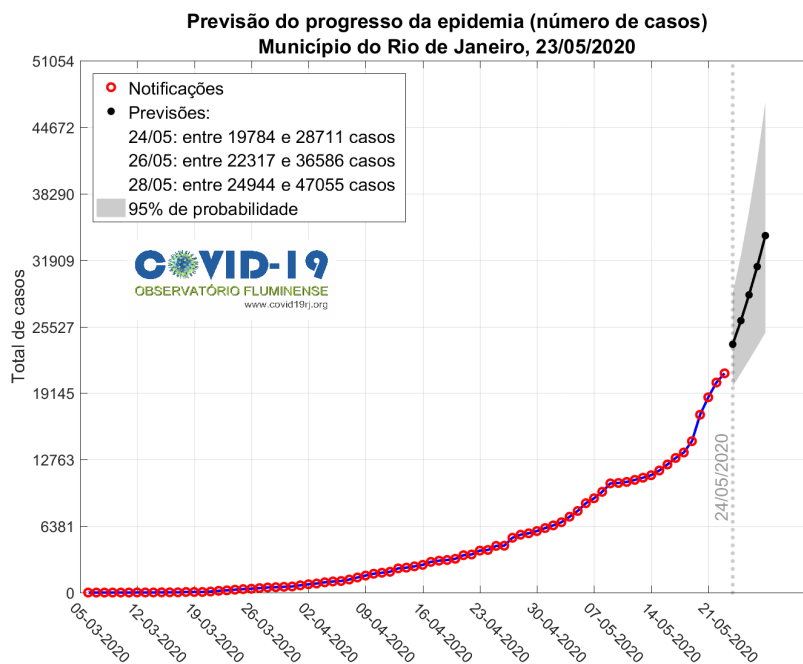


Figura 64: Previsão do número total de casos de COVID-19 no município do Rio de Janeiro. A curva apresenta o número total de casos ocorrido até a data de hoje e daí em diante a previsão do número total de caso. Em cinza, destacamos o intervalo de confiança de 95%.

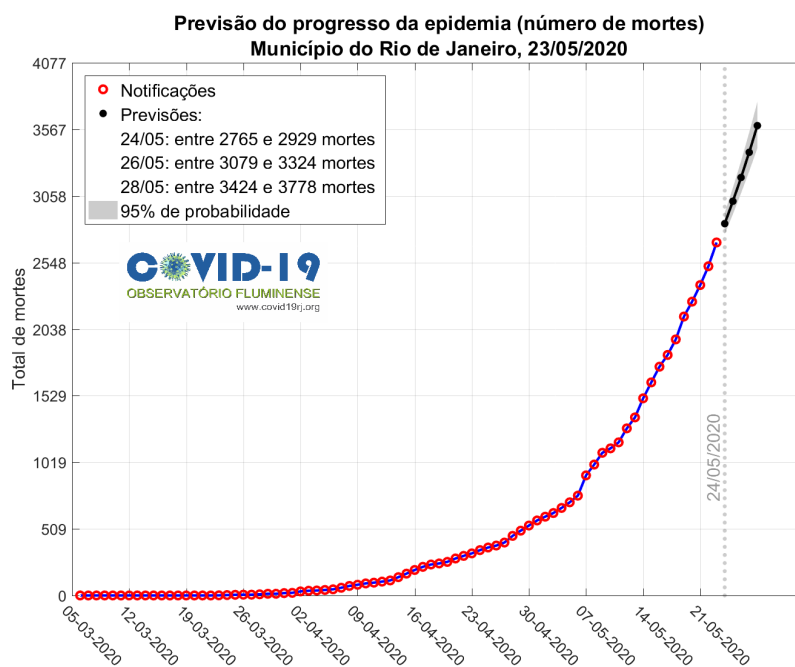


Figura 65: Previsão do número total de óbitos de COVID-19 no município do Rio de Janeiro. A curva apresenta o número total de óbitos ocorrido até a data de hoje e daí em diante a previsão do número total de caso. Em cinza, destacamos o intervalo de confiança de 95%.

Referências

- [1] Worldometers.info. Coronavirus, 2020. <https://www.worldometers.info/coronavirus/>.
- [2] Ensheng Dong, Hongru Du, and Lauren Gardner. An interactive web-based dashboard to track COVID-19 in real time. *The Lancet Infectious Diseases*, 20, 02 2020.
- [3] H. Ritchie. Our World in Data COVID-19 Dataset, 2020.
- [4] World Health Organization. Novel coronavirus (2019-nCoV) Situation Report – 1, 01/21/2020.
- [5] World Health Organization. Novel coronavirus (2019-nCoV) Situation Report – 22, 02/11/2020.
- [6] World Health Organization. Coronavirus disease 2019 (COVID-19) Situation Report – 51, 03/11/2020.
- [7] N. M. Ferguson, D. Laydon, and G. Nedjati-Gilani et al. Impact of non-pharmaceutical interventions (NPIs) to reduce COVID-19 mortality and healthcare demand. Imperial College London, (16-03-2020). <https://doi.org/10.25561/77482>.
- [8] T. A. Mellan, H. H. Hoeltgebaum, and S. Mishra et al. Estimating COVID-19 cases and reproduction number in Brazil. Imperial College London, (08-05-2020). <https://doi.org/10.25561/78872>.
- [9] P. G. Walker, C. Whittaker, and O. Watson et al. The global impact of COVID-19 and strategies for mitigation and suppression. Imperial College London, (26-03-2020). <https://doi.org/10.25561/77735>.
- [10] W. Cota. Monitoring the number of COVID-19 cases and deaths in Brazil at municipal and federative units level. <https://doi.org/10.1590/SciELOPreprints.362>, 2020.

A Apêndice

A.1 Entendendo as análises gráficas deste relatório

Imaginemos dois países A e B nos quais ocorreu uma epidemia com números de novos casos por dia como na Figura 66.

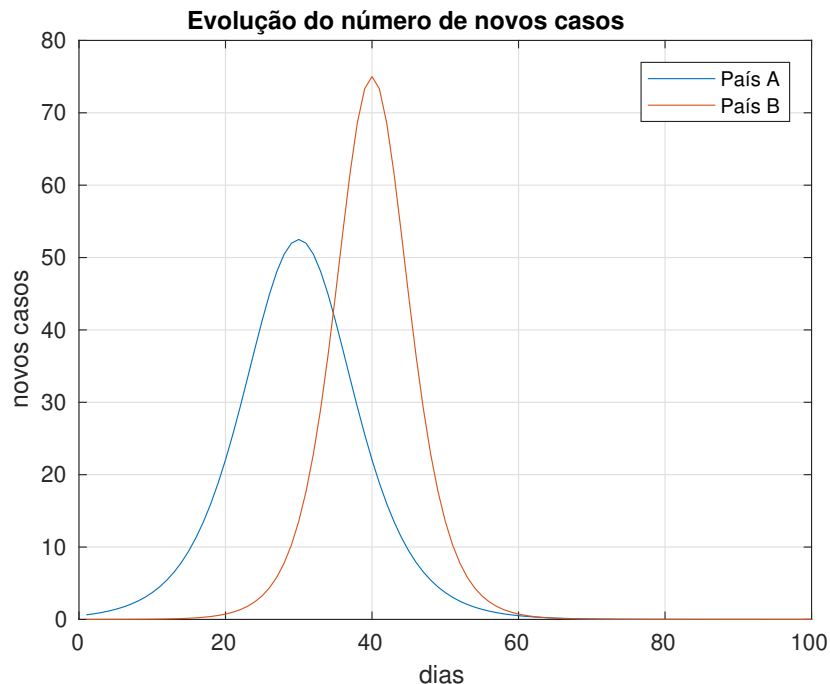


Figura 66: Curvas hipotéticas de casos diários para dois países (A e B).

Observando as duas curvas temos a impressão de que o país B apresentou mais casos do que o país A. Mas, na verdade, eles apresentaram números parecidos de casos, o que pode ser visto através da curva de número de casos acumulados apresentada na Figura 67. Dessa figura, vemos que na verdade, o país B apresentou um número total de casos ligeiramente menor do que o país A.

Temos que observar que essas curvas são construídas com dados passados, ou seja, depois de tudo acontecido, conhecendo todo o comportamento da epidemia. Assim, fica fácil analisar! Mas, e se estamos no meio da epidemia, como saber se já estamos no pico, se estamos perto dele, e outros aspectos?

Uma forma de ter uma ideia sobre algumas das questões acima é fazer gráficos em escala logarítmica. Por que isso funciona? Em escala logarítmica, multiplicações viram somas e assim, aumentos de ordens de grandeza (quantidade de dígitos usada para escrever o número) correspondem a comprimentos iguais no eixo em escala logarítmica. A escala logarítmica em potências de 10 atribui 1 para o valor 10, 2 para o valor 100, 3 para o valor 1000 e assim sucessivamente. Com isso, o intervalo entre 10 e 100 é o mesmo que entre 100 e 1000 no gráfico. Consequentemente, um crescimento exponencial aparece como uma reta e fica mais fácil ver quando a curva é exponencial ou sub-exponencial, isto é apresenta uma taxa de crescimento inferior à da exponencial. Isso é visto claramente na Figura 68.

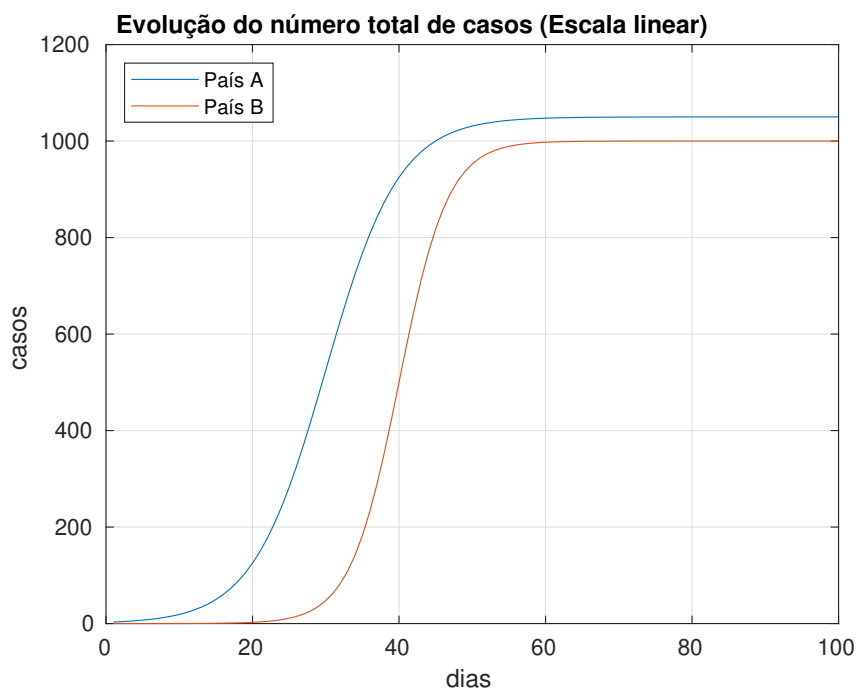


Figura 67: Curvas hipotéticas de casos acumulados para dois países (A e B).

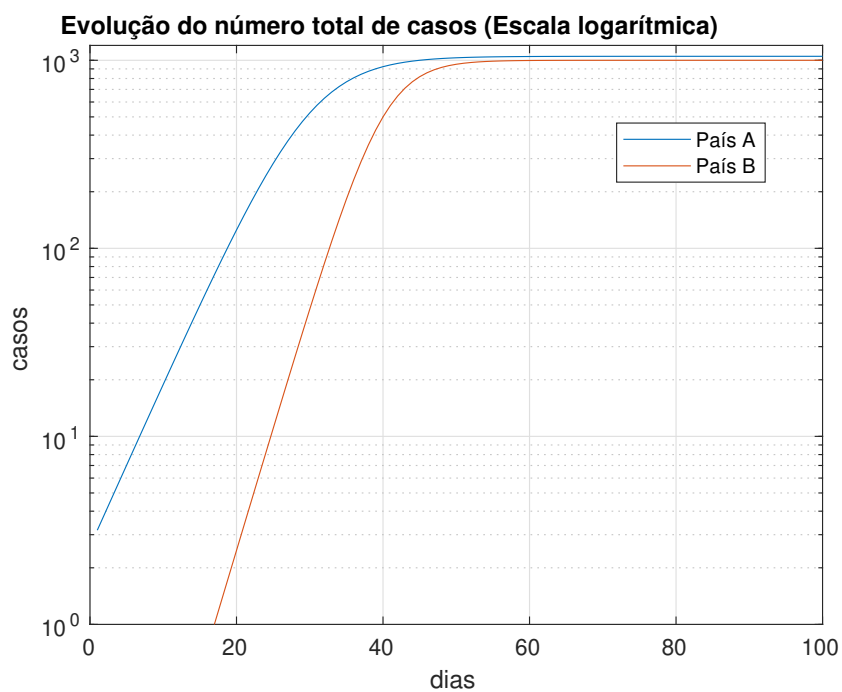


Figura 68: Curvas hipotéticas de casos acumulados em escala logarítmica para dois países (A e B).

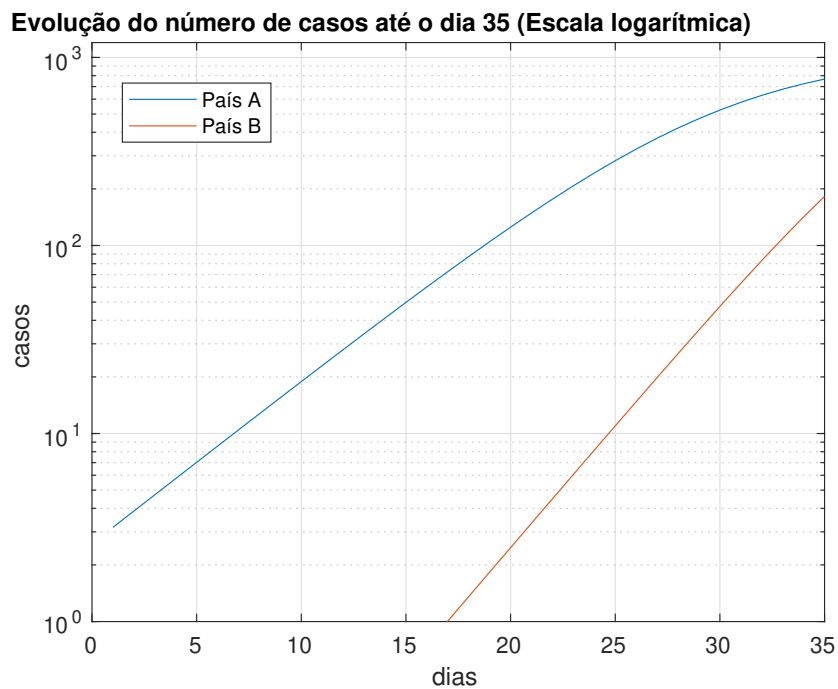


Figura 69: Curvas hipotéticas de casos acumulados para dois países (A e B) durante a epidemia. Este é gráfico obtido se estamos no 35º dia da pandemia fazendo a análise apresentada na Figura 68.

Mas, e se estamos no meio da pandemia? Nesse caso, não é possível empregar essas análises para avaliar quando a reta se inclina e a epidemia diminui de intensidade. Vejamos o cenário até o 35º dia, como na Figura 69. Até vemos a reta do país A já curvando após o pico, porém lembremos que estas são curvas artificiais, bem-comportadas, geradas sinteticamente por um computador e sem nenhum ruído.

Agora, vamos fazer um gráfico do número de novos casos em função do total de casos. Isso é mostrado na Figura 70. Podemos ver claramente a mudança de comportamento em ambos: a “queda”. Nesse gráfico o eixo horizontal não é o tempo, porém o tempo está implícito através do total de casos. Não explicitar o tempo permite comparar o progresso da epidemia em diferentes países em diferentes momentos. A Figura 71 apresenta o mesmo gráfico da Figura 70 até o dia 35 da epidemia. Isso é o que poderia obter ao acompanhar os números da epidemia. Veja que o gráfico da Figura 71 permite observar claramente a queda na curva do país A cujo pico ocorre no 30º na Figura 66 e corresponde a um total de 525 casos na Figura 67.

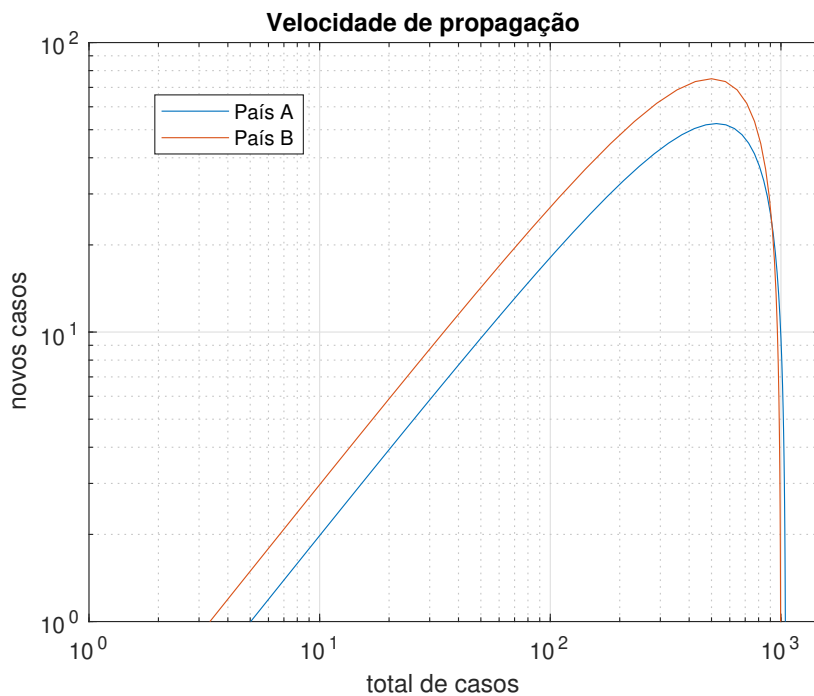


Figura 70: Avaliação do progresso da epidemia comparando o número de novos casos ao número de casos acumulados durante a epidemia para dois países (A e B).

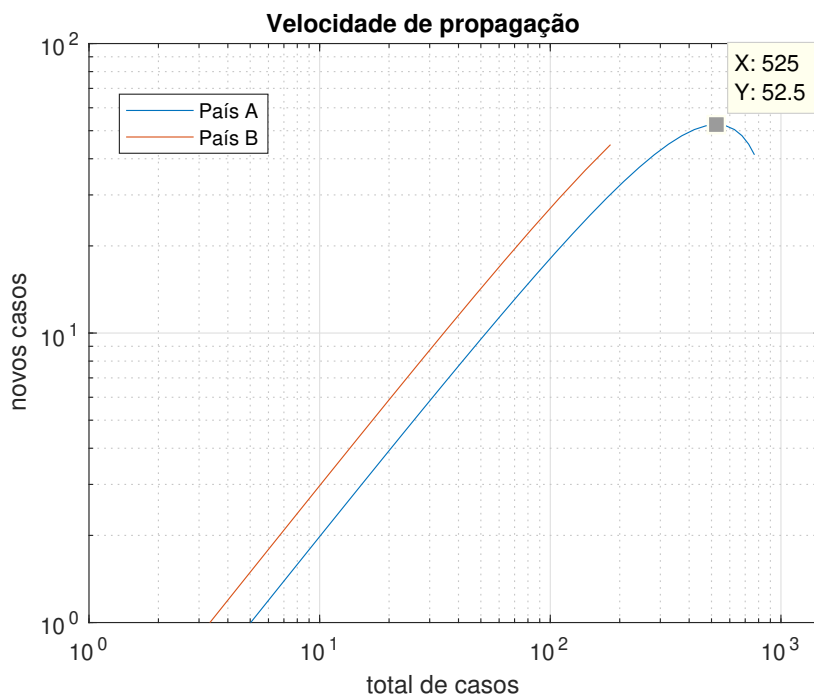


Figura 71: Avaliação do progresso da epidemia comparando o número de novos casos ao número de casos acumulados durante a epidemia para dois países (A e B). Este é gráfico obtido se estamos no 35º dia da pandemia fazendo a análise apresentada na Figura 70.

A.2 Entendendo as previsões de casos e óbitos de curto prazo

Continuemos com o país imaginário A que consideramos na seção anterior. Tentemos entender o funcionamento de um preditor simples. A reta que melhor se aproxima ao logaritmo da sequência considerada (número total de casos ou o número total de mortes) entre o quinto dia anterior à data em que a previsão é realizada. Essa reta é extrapolada a partir da data de realização de previsão tentando adivinhar os pontos futuros da curva. Esse processo é mostrado na Figura 72 para o número total de casos do país A.

Na Figura 72, a curva de casos do País A é a linha contínua em preto. Os dias em que se realizam previsões estão marcados com um "*" (asterisco) preto. Com círculos vermelhos "o" na Figura 72 estão marcados os pontos da reta ajustada à curva, isto é, a que melhor aproxima a curva nos últimos 5 dias. Essa reta, é extrapolada (continuada) para adivinhar (prever) a sequência nos cinco dias futuros, a partir da data assinalada. Essas previsões estão marcadas com diamantes azuis "◇" na Figura 72. Conforme vemos, à medida que a curva se afasta do comportamento exponencial, a diferença entre os "◇" e os "*", os erros da previsão, se tornam cada vez maiores. Mas não só isso, a própria reta ajustada difere mais do logaritmo da curva, como se pode observar das diferenças entre os "*" e os "o" no joelho da curva.

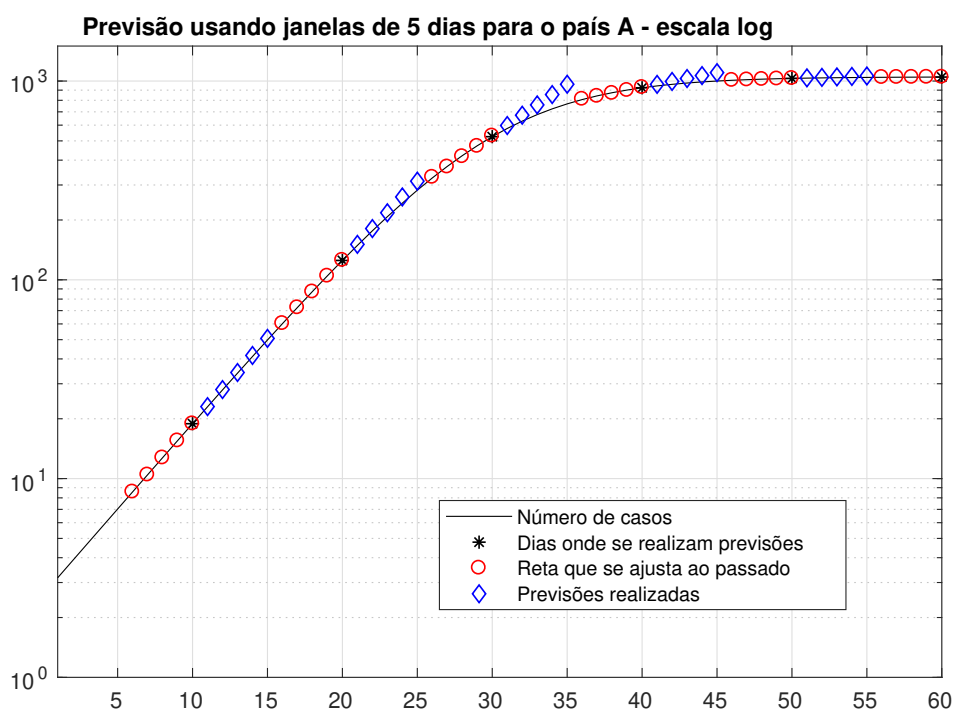


Figura 72: Previsões 5 dias à frente do número de casos realizadas com intervalos de 10 dias, usando os últimos 5 dias (incluindo o dia em que a previsão é realizada) para o país hipotético A em escala logarítmica.

Na Figura 73, apresenta-se a mesma previsão, mas agora na escala originária da sequência. Como vemos, as diferenças entre as previsões e a curva original são visivelmente maiores perto do joelho da curva. Isso ocorre porque nessa região a curva original se afasta de uma curva exponencial e a previsão é realizada usando uma reta na escala logarítmica.

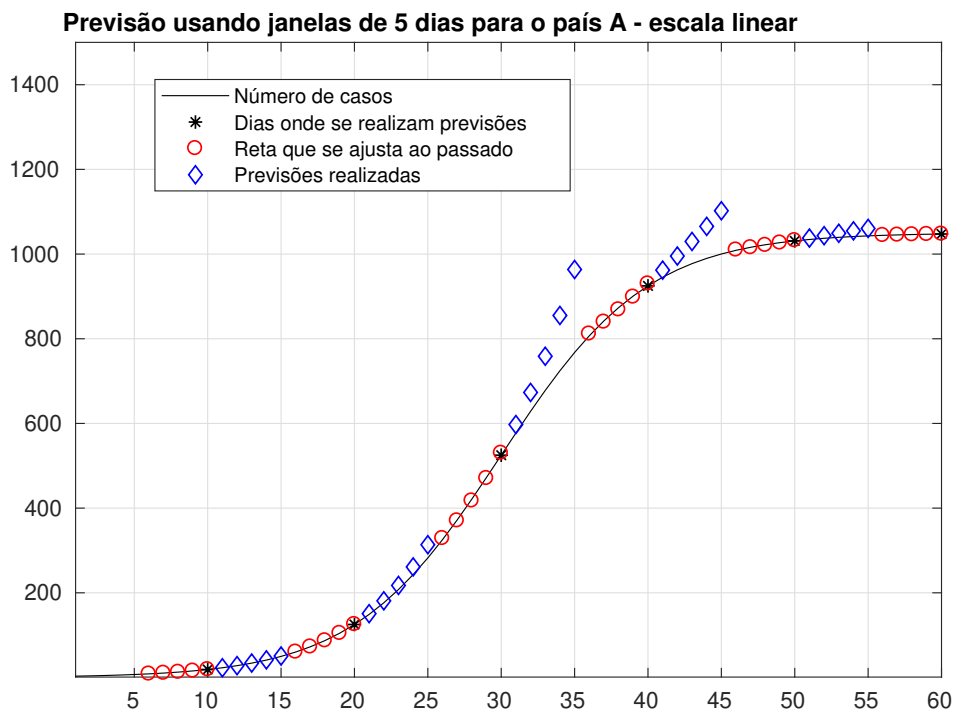


Figura 73: Previsões 5 dias à frente do número de casos realizadas com intervalos de 10 dias, usando os últimos 5 dias (incluindo o dia em que a previsão é realizada) para o país hipotético A.