

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE MINAS GERAIS
NÚCLEO DE EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA
Pós-graduação *Lato Sensu* em Ciência de Dados e Big Data

Fábio Wakisaka

Análise comparada da evolução do Coronavírus no Brasil

Americana SP

2020

Fábio Wakisaka

Análise comparada da evolução do Coronavírus no Brasil

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Especialização em Ciência de
Dados e Big Data como requisito parcial à
obtenção do título de especialista.

Americana SP

2020

SUMÁRIO

1. Introdução	4
1.1. Contextualização	4
1.1. O problema proposto	5
2. Coleta de Dados	6
3. Processamento/Tratamento de Dados	7
4. Análise e Exploração dos Dados	8
5. Criação de Modelos de Machine Learning	19
6. Apresentação dos Resultados	23
7. Links	31
REFERÊNCIAS	32

1. Introdução

1.1. Contextualização

Declarada pandemia em 11 de março de 2020 pela Organização Mundial da Saúde (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2020), a doença conhecida como COVID-19 teve o seu primeiro caso confirmado no Brasil em 26 de fevereiro de 2020 (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2020).

A COVID-19 é uma doença causada pelo coronavírus SARS-CoV-2, o qual foi descoberto em 31 de dezembro de 2019 após casos registrados na China. Apresenta um quadro clínico que varia de infecções assintomáticas a quadros respiratórios graves, podendo levar à morte.

No Brasil, assim como em diversos países do mundo, políticas públicas têm sido implementadas no sentido de minimizar a sobrecarga dos sistemas de saúde. Notadamente, sistemas públicos de saúde de vários países não estão preparados para atender grandes quantidades de pacientes infectados.

Tendo em vista até o presente momento inexistirem vacinas ou remédios eficazes para o seu tratamento, tem sido proposta a quarentena como forma de se evitar o contágio. Devido à necessidade de isolamento, a quarentena tem impactado severamente a economia, levando à suspensão de atividades diversas, e obrigando diversos países a intervirem de forma sem precedentes.

Neste trabalho, será realizada uma análise das medidas tomadas pelo governo brasileiro, em comparação às medidas tomadas por alguns países. No contexto de análise de dados e *Big Data*, espera-se visualizar, através de técnicas *OLAP*, evidências diversas, positivas e negativas, tomadas até o momento.

1.2. O problema proposto

Uma das principais questões abordadas pelos canais de comunicação tem sido a busca pelo “ponto de achatamento da curva” em relação ao número de casos confirmados, bem como de mortes decorrentes da COVID-19.

Caracterizada até o momento por uma curva exponencial ascendente, o número de casos confirmados de COVID-19 ainda não permite visualizar quando se dará esse ponto de inflexão. Em alguns países, entretanto, a situação se mostra mais controlada, por vezes pressupondo cenários favoráveis.

As informações utilizadas para a visualização dessas curvas estão disponíveis em fontes diversas. Um dos repositórios mais utilizados tem sido o da Universidade Johns Hopkins.

Neste trabalho, utilizando o mesmo repositório de dados, espera-se ser possível analisar de forma crítica as diversas informações divulgadas pelos meios de comunicação, por vezes, considerada enviesada.

Ainda, através de gráficos diversos e de modelos matemáticos simples, espera-se ser possível inferir suposições isentas, em contraponto ao cenário de excessiva divergência e animosidade.

2. Coleta de Dados

A linguagem de programação utilizada para a análise de dados foi Python 3.0. As interfaces de desenvolvimento foram Jupyter Notebook e o site Kaggle.com.

Foram utilizados pacotes diversos, dentre os quais destacamos *pandas*, *matplotlib* e *scipy*.

A base de dados, atualizada diariamente pela Universidade Johns Hopkins, está disponível na plataforma Github:

<https://github.com/CSSEGISandData/COVID-19>

Figura 1 - Coleta de Dados

```
In [5]: # alteração da formatação github WHO em 28/03/2020

#df_confirmados = pd.read_csv('https://raw.githubusercontent.com/CSSEGISandData/COVID-19/master/css
df_confirmados = pd.read_csv('https://raw.githubusercontent.com/CSSEGISandData/COVID-19/master/csse
#df_mortes = pd.read_csv('https://raw.githubusercontent.com/CSSEGISandData/COVID-19/master/csse_covi
df_mortes = pd.read_csv('https://raw.githubusercontent.com/CSSEGISandData/COVID-19/master/csse_covi
#df_recuperados = pd.read_csv('https://raw.githubusercontent.com/CSSEGISandData/COVID-19/master/css
df_recuperados = pd.read_csv('https://raw.githubusercontent.com/CSSEGISandData/COVID-19/master/csse
```

Dados adicionais foram obtidos no site Brasil.io, para a análise dos casos de COVID-19 no Brasil. Ainda, foram incorporadas coordenadas geográficas obtidas no site IBGE (IBGE, 2020), através de sua API de serviços de dados, permitindo o *merge* para a geração de mapa simples.

O período analisado tem início em 22 de janeiro de 2020, data em que os dados disponibilizados pela Universidade Johns Hopkins começaram a ser registrados para os mais de 180 países. Para este estudo, foram escolhidos, além do Brasil, países em destaque por suas particularidades e abordagens, como Estados Unidos, Itália, e países da Ásia.

3. Processamento/Tratamento de Dados

Os três principais datasets dividem-se em casos confirmados, mortes, e recuperados, e possuem a mesma estrutura. As colunas definem o país (e províncias, em alguns países), suas coordenadas geográficas (latitude e longitude), e o número de casos atualizados, diariamente, em novas colunas.

Figura 2 - Estrutura dos datasets

```
In [10]: display(df_confirmados.head(5))
```

	Province/State	Country/Region	Lat	Long	1/22/20	1/23/20	1/24/20	1/25/20	1/26/20	1/27/20	...
0	NaN	Afghanistan	33.0000	65.0000	0	0	0	0	0	0	...
1	NaN	Albania	41.1533	20.1683	0	0	0	0	0	0	...
2	NaN	Algeria	28.0339	1.6596	0	0	0	0	0	0	...
3	NaN	Andorra	42.5063	1.5218	0	0	0	0	0	0	...
4	NaN	Angola	-11.2027	17.8739	0	0	0	0	0	0	...

5 rows × 96 columns

O tratamento das informações foi realizado através da manipulação dos datasets, permitindo a geração e visualização de cenários diversos através de gráficos e tabelas.

Tendo em vista a atualização dos dados ser realizada diariamente, foram utilizados diversos pacotes para se filtrar as informações mais relevantes.

Gráficos diversos foram gerados, bem como tabelas oriundas de subsets. Funções que permitissem filtrar os dados, por países, foram implementadas para facilitar a pesquisa.

Para o dataset disponibilizado pelo site Brasil.io, considerou-se a remoção de registros nulos (NaN) inicialmente. Ainda, tendo em vista se tratar de um dataset que não contempla todos os municípios brasileiros (EBC, 2018), optou-se por utilizar números absolutos, e não seu percentual em relação ao total (estado ou país).

4. Análise e Exploração dos Dados

Considerando a população mundial, em torno de 7,715 bilhões de habitantes (UNITED NATIONS POPULATION FUND, 2020), há aproximadamente 0,05% de infectados, enquanto 0,0035% da população mundial morreu em decorrência da doença.

Figura 3 - Covid-19 no mundo

```
In [117]: datetime_object = datetime.strptime(df_confirmados.columns[4], '%m/%d/%y')
datetime_object.strftime("%d %B %Y")
display(datetime_object)

# https://www.unfpa.org/data/world-population-dashboar
# população mundial de 7.715 bilhões de habitantes
pop_mundial = 7715000000

casos_confirmados_mundo = df_confirmados.iloc[:, -1].sum()
mortes_mundo = df_mortes.iloc[:, -1].sum()
recuperados = df_recuperados.iloc[:, -1].sum()

# https://stackoverflow.com/questions/5997987/is-there-an-operator-to-calculate-percen
def perc(part, whole):
    return "(" + str(100 * float(part)/float(whole)) + "%)"

print("Total de casos confirmados no mundo: ", casos_confirmados_mundo, perc(casos_con
print("Total mortes no mundo: ", mortes_mundo, perc(mortes_mundo, pop_mundial))
print("Total recuperados no mundo: ", recuperados, perc(recuperados, pop_mundial))

datetime.datetime(2020, 1, 22, 0, 0)

Total de casos confirmados no mundo: 3938064 (0.05104425145819832%)
Total mortes no mundo: 274898 (0.0035631626701231366%)
Total recuperados no mundo: 1322050 (0.017136098509397277%)
```

O total de casos recuperados tem sido considerado com ressalvas. Entre as razões, estão a escassez de testes para o diagnóstico da doença, os critérios para a definição sobre a recuperação ou não dos infectados, indefinição sobre reincidências, além das subnotificações. Ainda, critérios técnicos, como tempo de incubação e latência, até o presente momento, não estão bem definidos.

Dessa forma, considera-se precipitada a tentativa de se criar um modelo preditivo para a doença. Parte-se do pressuposto de que, em momento tão conturbado, informações podem suscitar pânico, ponto muito debatido no momento.

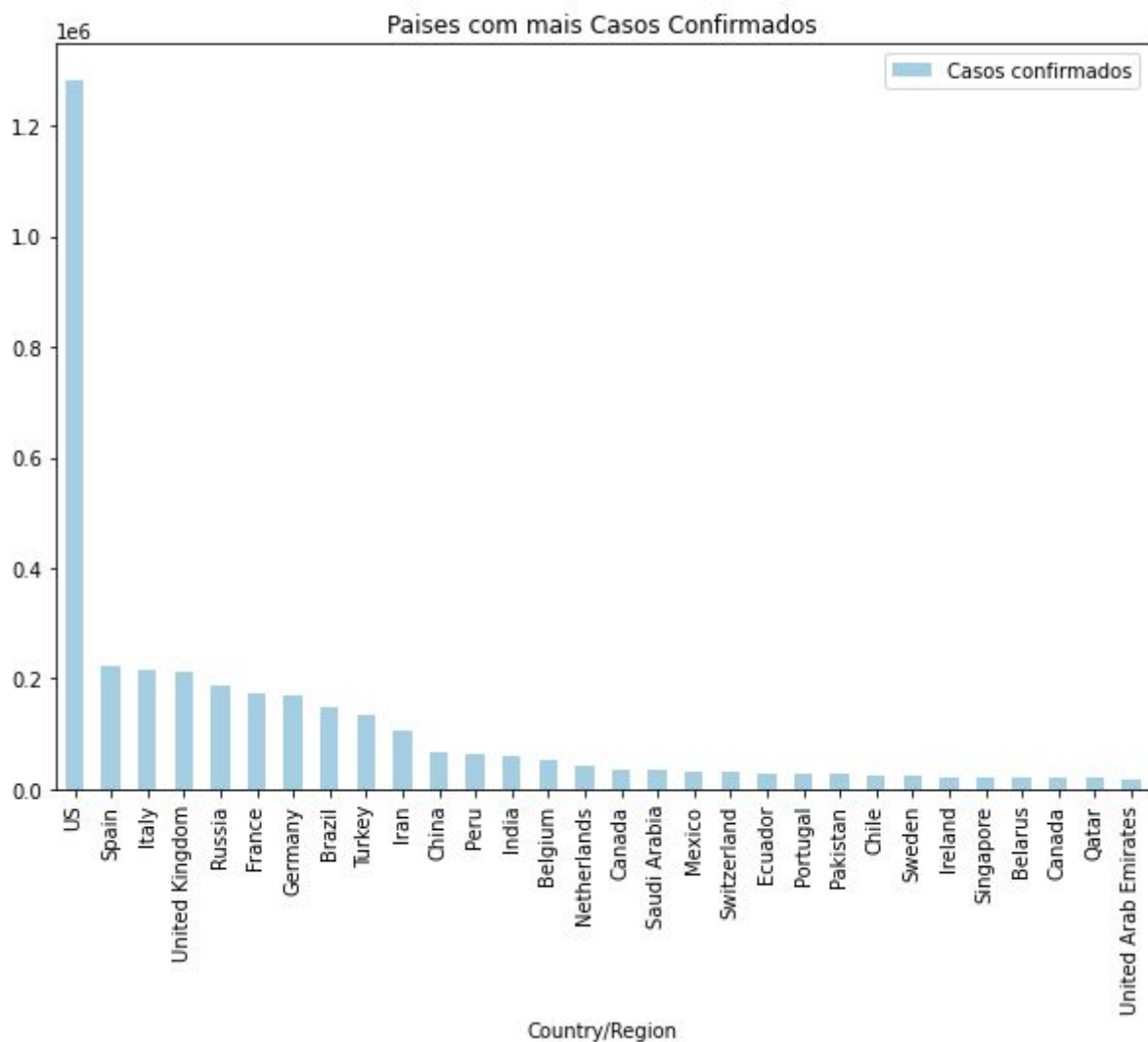
São inúmeros os parâmetros a serem definidos (ROBERTS *et al.*, 2014), de maneira que o melhor caminho a ser abordado, em um primeiro momento, é a

abstração e avaliação das evidências mais gerais, bem como das iniciativas tomadas em cada país.

A análise criteriosa dos números oficiais, em um primeiro momento, permite avaliar a eficácia das políticas públicas. De forma a auxiliar essa avaliação, a análise de dados através de ferramentas computacionais se mostra determinante, evitando-se tomadas de decisão precipitadas.

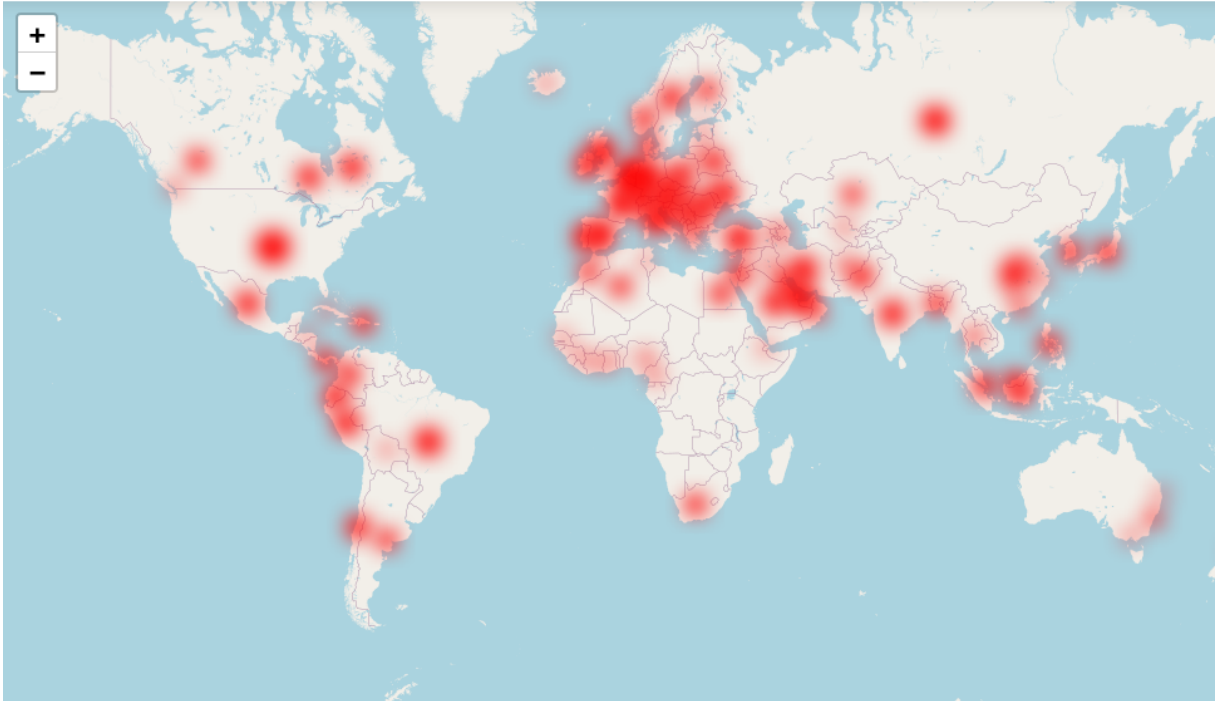
Atualmente, o país com o maior número de casos confirmados são os Estados Unidos:

Figura 4 - Países com mais casos confirmados



A doença tem se espalhado de forma rápida por todo o mundo. Percebe-se que países da Europa, como Espanha, Itália, Reino Unido e Alemanha, concentram grande parte dos casos confirmados.

Figura 5 - Mapa dos países com mais casos confirmados

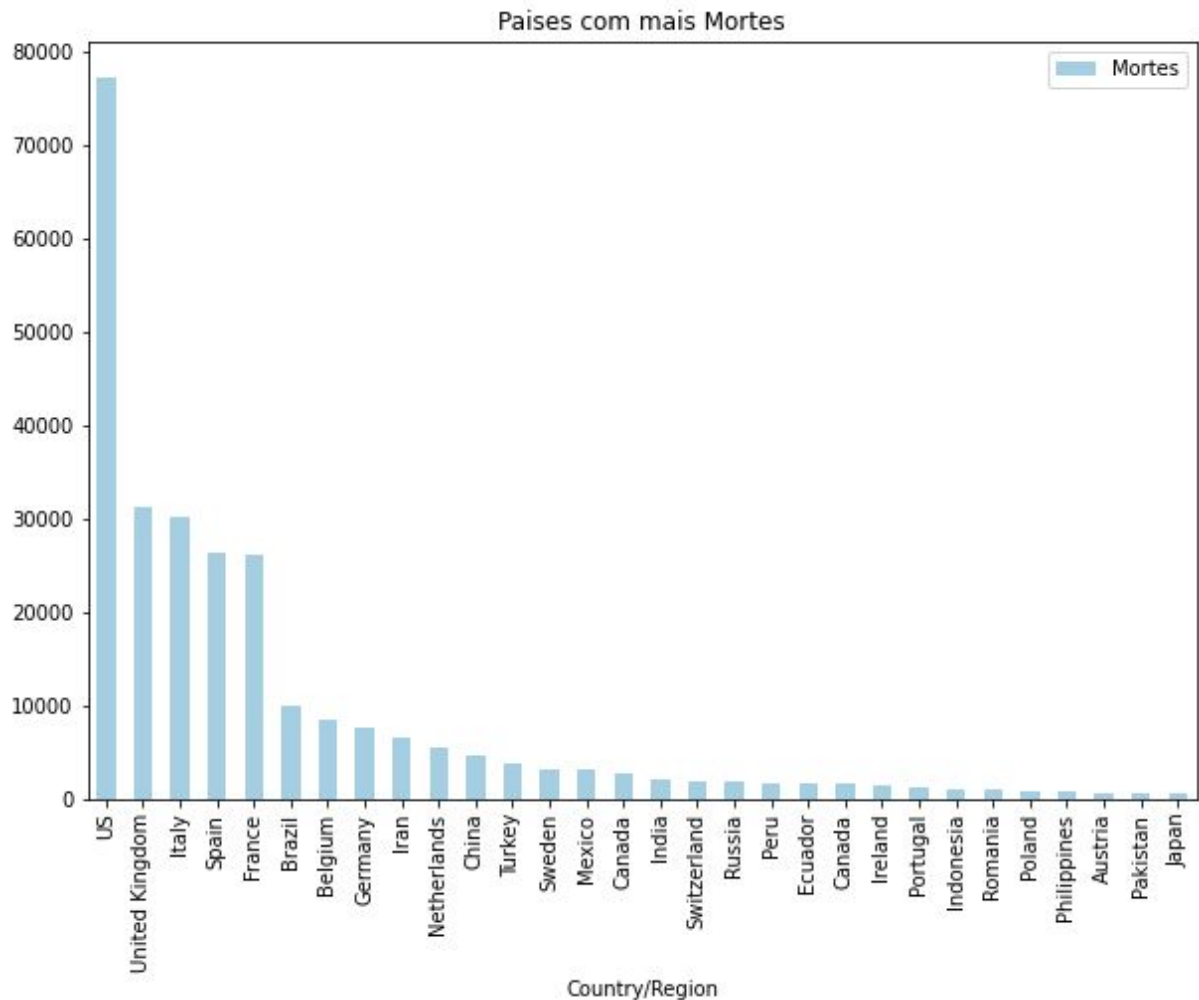


Importante citar a capacidade de se rastrear a doença atualmente. Com o advento da rápida comunicação e troca de informações, pressupõe-se que decisões rápidas podem auxiliar a conter o avanço da doença.

Questiona-se, por exemplo, a razão pela qual alguns países conseguiram conter o avanço da doença em seu início. Da mesma forma, são levantadas suposições em relação ao número de mortes.

Em relação ao número de mortes, os Estados Unidos também concentram o maior número de casos:

Figura 7 - Países com mais mortes

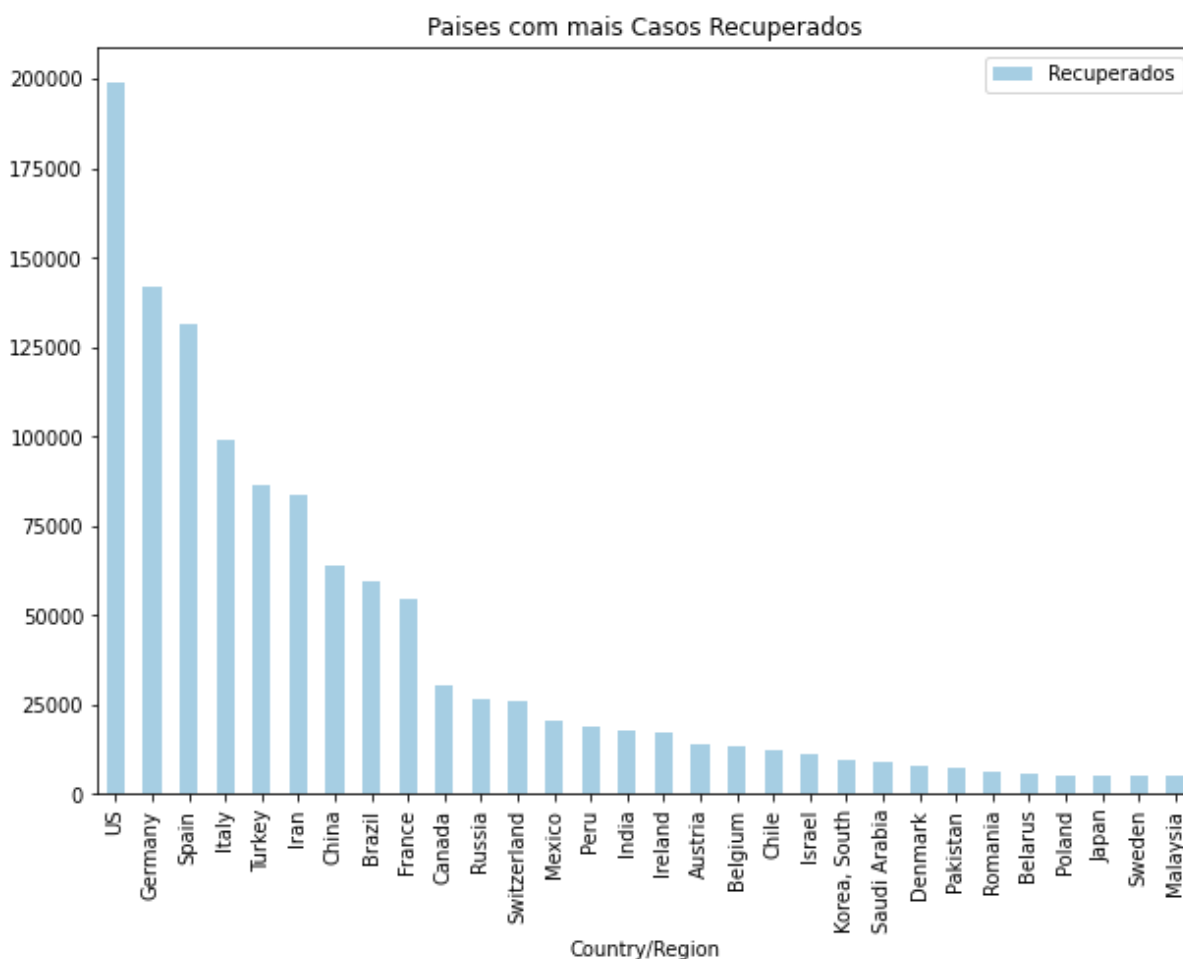


Países desenvolvidos têm enfrentado dificuldades em conter o avanço do número de mortes. Percebe-se que os países com a maior quantidade de óbitos são países desenvolvidos (Estados Unidos, Reino Unido, Itália, Espanha, França).

Questiona-se se o grau de desenvolvimento do país tem relação com o número de casos confirmados e de mortes. Inicia-se, dessa forma, a análise mais aprofundada das informações.

A quantidade de doentes recuperados também tem os Estados Unidos em primeiro lugar. Entretanto, já é possível perceber que países da Europa apresentam grande número de recuperados.

Figura 8 - Países com mais casos recuperados

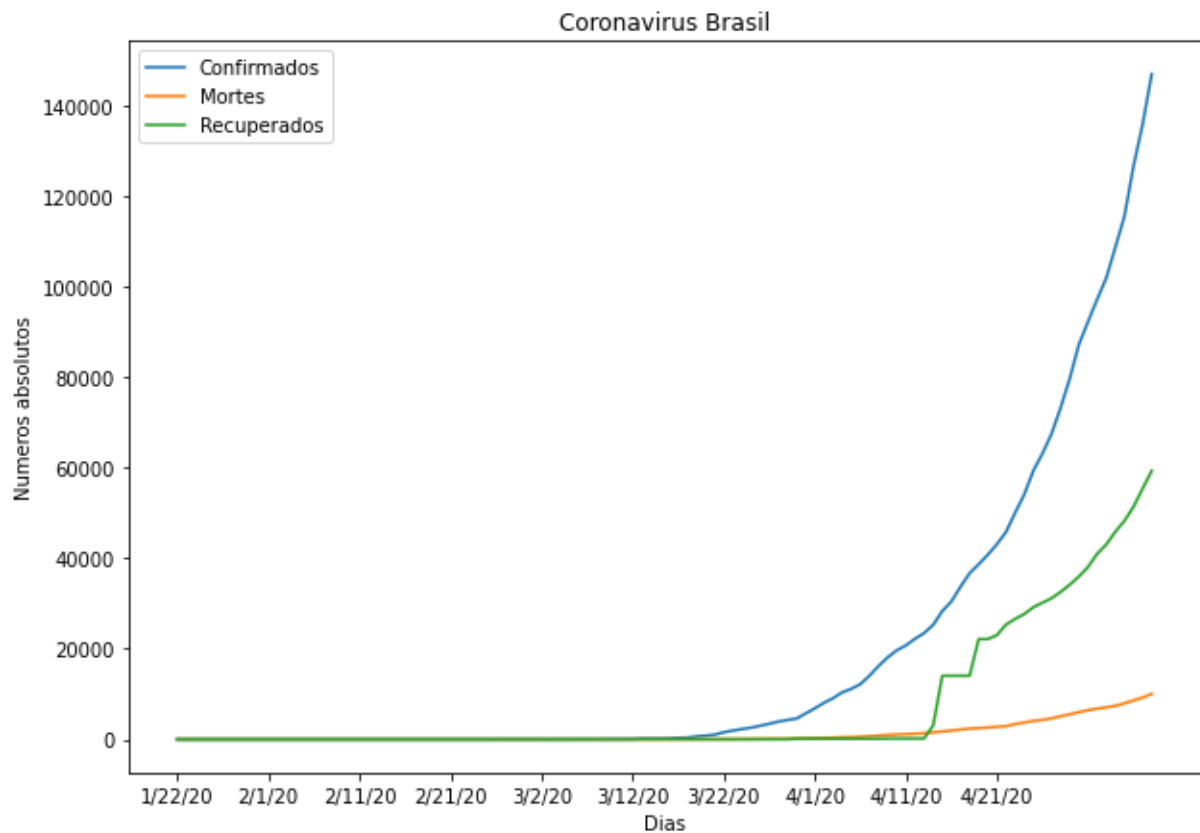


A Alemanha, em especial, destaca-se pela quantidade de casos recuperados. O país apresenta um robusto sistema de saúde, com centenas de leitos disponíveis. Além disso, quantidade elevada de testes, monitoração e tratamento de casos suspeitos, também se mostram iniciativas determinantes (Euronews, 2020). Mesma eficiência tiveram países como Coreia do Sul (The Guardian, 2020) e Japão.

Percebe-se, com o auxílio do gráfico, ser possível extrair informações de países que apresentam indicadores positivos. Respeitando-se as características inerentes de cada país, é importante avaliar como estão sendo conduzidas as políticas públicas, para as devidas providências.

Até o presente momento, os indicadores do Brasil demonstram grande dificuldade em conter o avanço da doença COVID-19:

Figura 9 - Covid-19 no Brasil



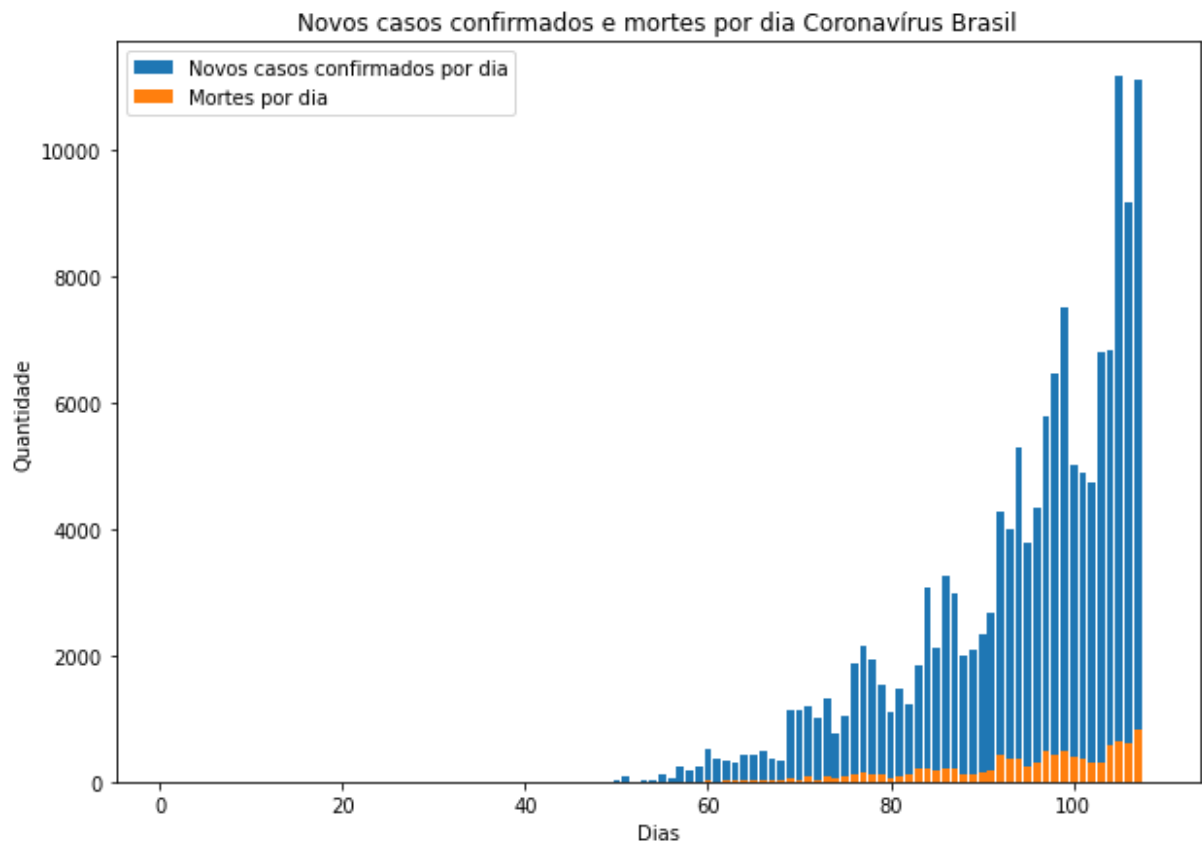
Com aproximadamente 150.000 casos confirmados e 10.000 mortes, o país tem enfrentado situação conturbada. Especula-se, no presente momento, embates político-econômicos, suscitando dúvidas sobre a efetiva capacidade de intervenção do Estado, em suas diferentes alçadas, no enfrentamento à doença.

Muitas foram as medidas tomadas:

- distanciamento social;
- quarentena;
- suspensão das atividades de atendimento ao público;
- flexibilização de regras trabalhistas;
- auxílio governamental.

Entretanto, a análise dos dados compilados por dia reforçam a dificuldade do país em conter o avanço da doença, como é possível verificar-se no gráfico abaixo:

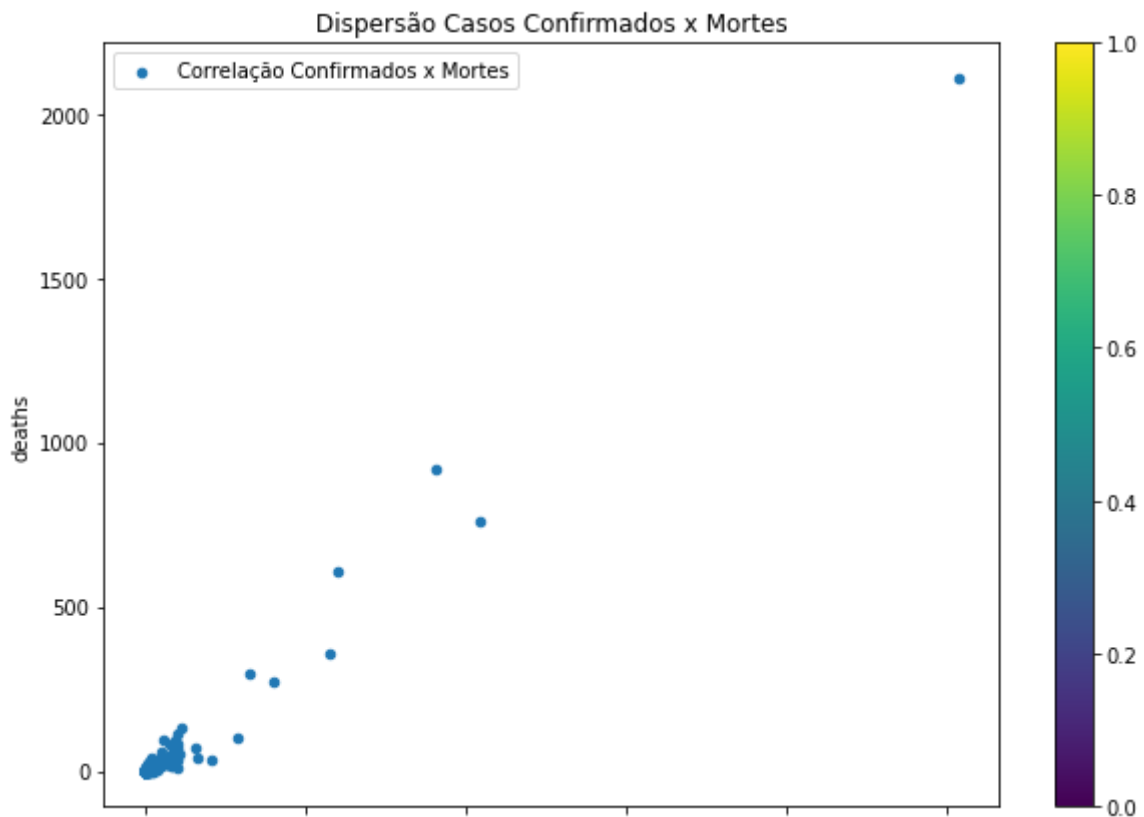
Figura 10 - Novos casos diários Covid-19 no Brasil



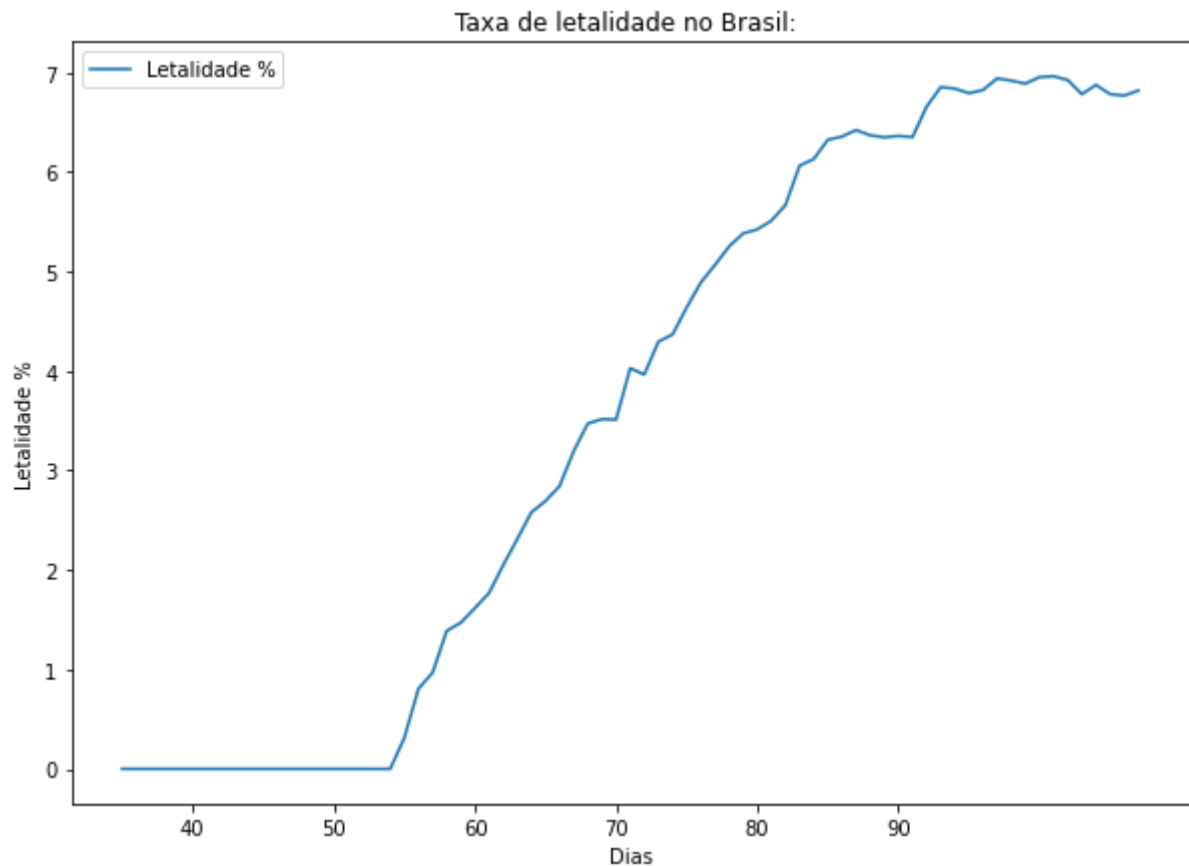
Assim como diversos outros países, o Brasil tem mantido sua curva ascendente de novos casos confirmados. A quantidade de casos diários tem aumentado. O grau de inclinação da curva, até o momento, sem perspectiva de se encontrar um ponto de inflexão, pressupõe a dificuldade do governo em relação à correta abordagem para a doença.

Percebe-se a correlação entre casos confirmados e mortes, conforme verificado na análise de Dataset disponibilizado pelo site Brasil.io:

Figura 11 - Gráfico de dispersão Casos confirmados x Mortes no Brasil



Considerando casos confirmados e mortes, um importante indicador é a letalidade. Representa a proporção de óbitos entre os casos confirmados, sendo um indicativo da gravidade da doença ou agravo na população (FIOCRUZ, 2016).

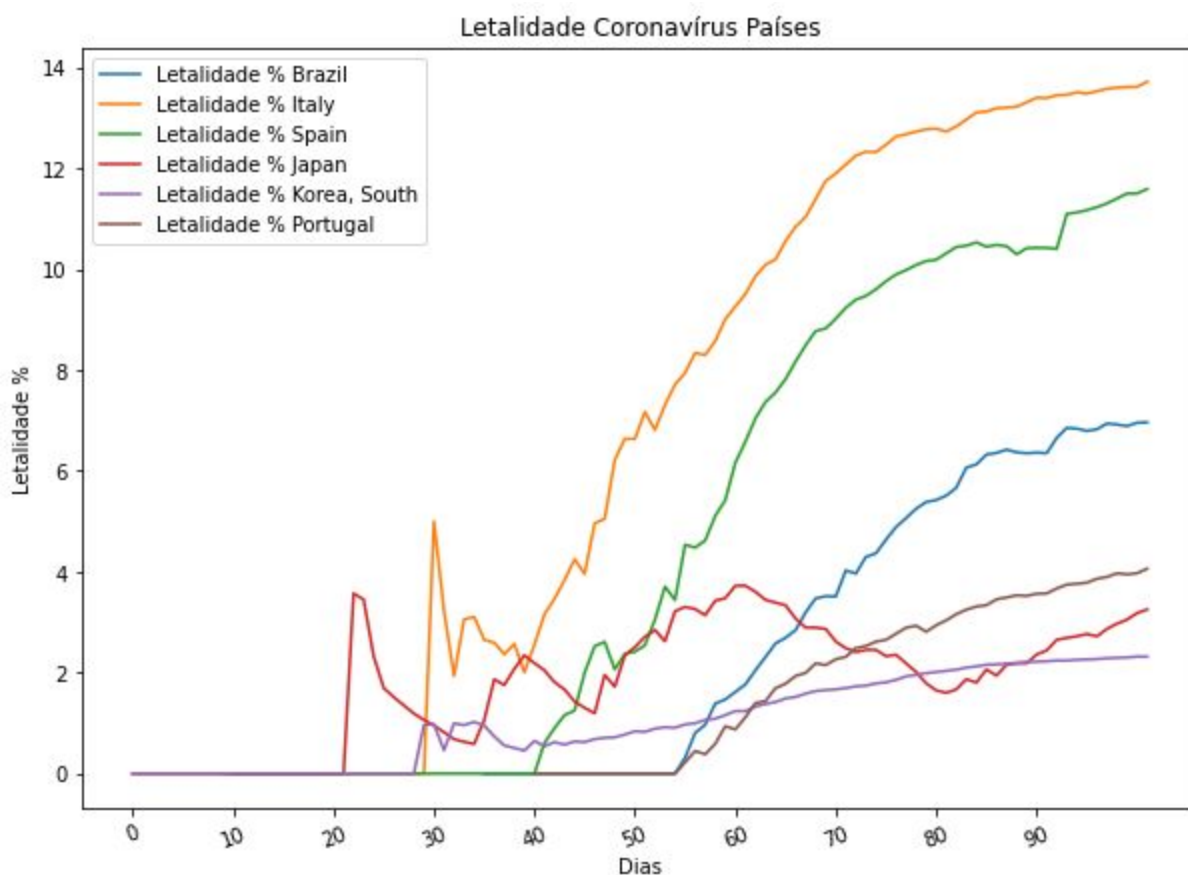
Figura 12 - Letalidade Covid-19 no Brasil

A letalidade no Brasil, calculada baseando-se em dados da Universidade Johns Hopkins, reforça a dificuldade do governo em dar assistência aos doentes. Pressupondo o colapso do sistema de saúde, como percebido em vários países, a tendência é que mais pessoas morram, quando poderiam ter sido salvas.

Considerando a fórmula para cálculo, é esperado que a letalidade diminua. Considerando o contínuo aumento do número de infectados, e o avanço do conhecimento adquirido, países diversos já demonstraram que esse indicador deve ser reduzido.

Comparando-se a letalidade em alguns países, percebe-se a diferença na abordagem em relação à doença:

Figura 13 - Comparação da Letalidade entre países

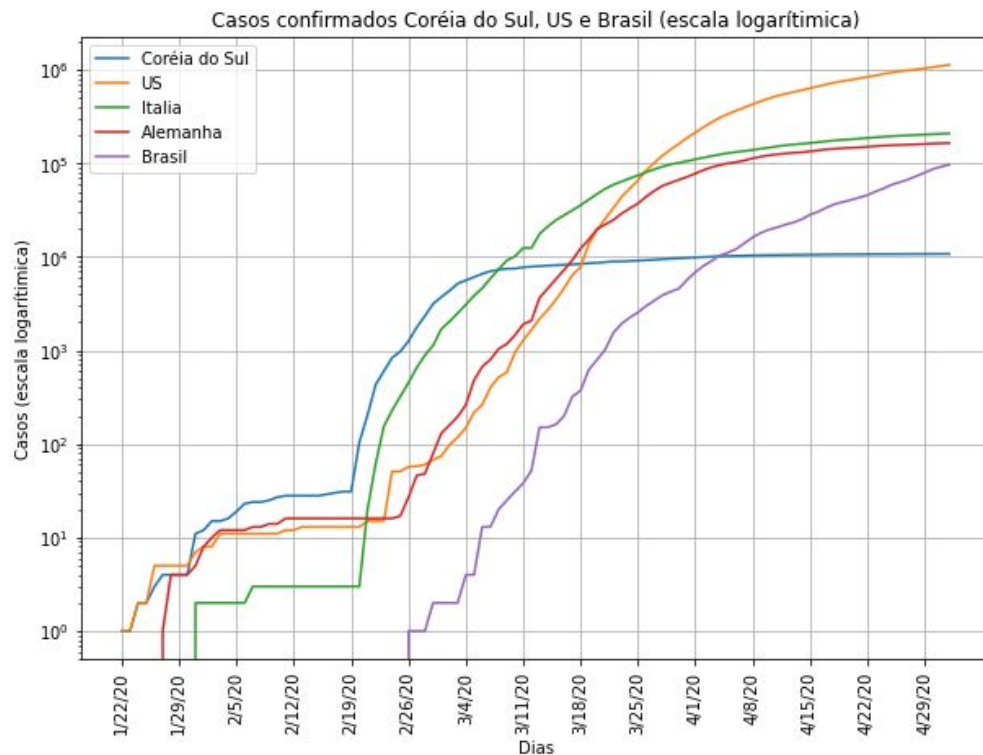


Países asiáticos como Japão e Coreia do Sul, e países como Portugal, têm um índice de letalidade relativamente baixo. Considerando que tais países apresentam população idosa em grande número (EBC, 2019), percebe-se que, por exemplo, até mesmo grupos de risco (no caso, idosos), suscetíveis em maior grau, se inseridos em políticas públicas adequadas, podem ser poupados.

A análise do próximo gráfico, em escala logarítmica, permite visualizar a efetividade das políticas públicas de forma comparada. Alguns países asiáticos consideram a doença controlada.

Coréia do Sul, recentemente, deu início à reabertura de comércios, liberação da quarentena, e retomada de suas atividades.

Figura 14 - Casos confirmados em escala logarítmica



Notadamente, pelo gráfico, percebe-se sua postura pró-ativa, com análise e tomada de decisões no início da pandemia. Foram inúmeras as iniciativas de seu governo:

- testes/diagnósticos massivos;
- monitoração dos casos confirmados, através de tecnologias diversas (*apps* de monitoramento por gps, avisos sobre disponibilidades de vagas em hospitais, conscientização da população);
- conhecimento prévio sobre epidemias (*Middle East respiratory syndrome* (MERS) in 2015).

5. Criação de Modelos de Machine Learning

A abordagem preditiva requer elevado número de parâmetros. Entretanto, seria precipitada a modelagem, em um contexto onde vieses diversos, como a subnotificação por exemplo, impedem a mensuração mínima no atual momento.

Considerando, entretanto, os datasets até o momento disponibilizados, e as diferentes abordagens pelos países, optou-se pela análise matemática, a qual descreve de forma teórica cenários simples, sugerindo tendências.

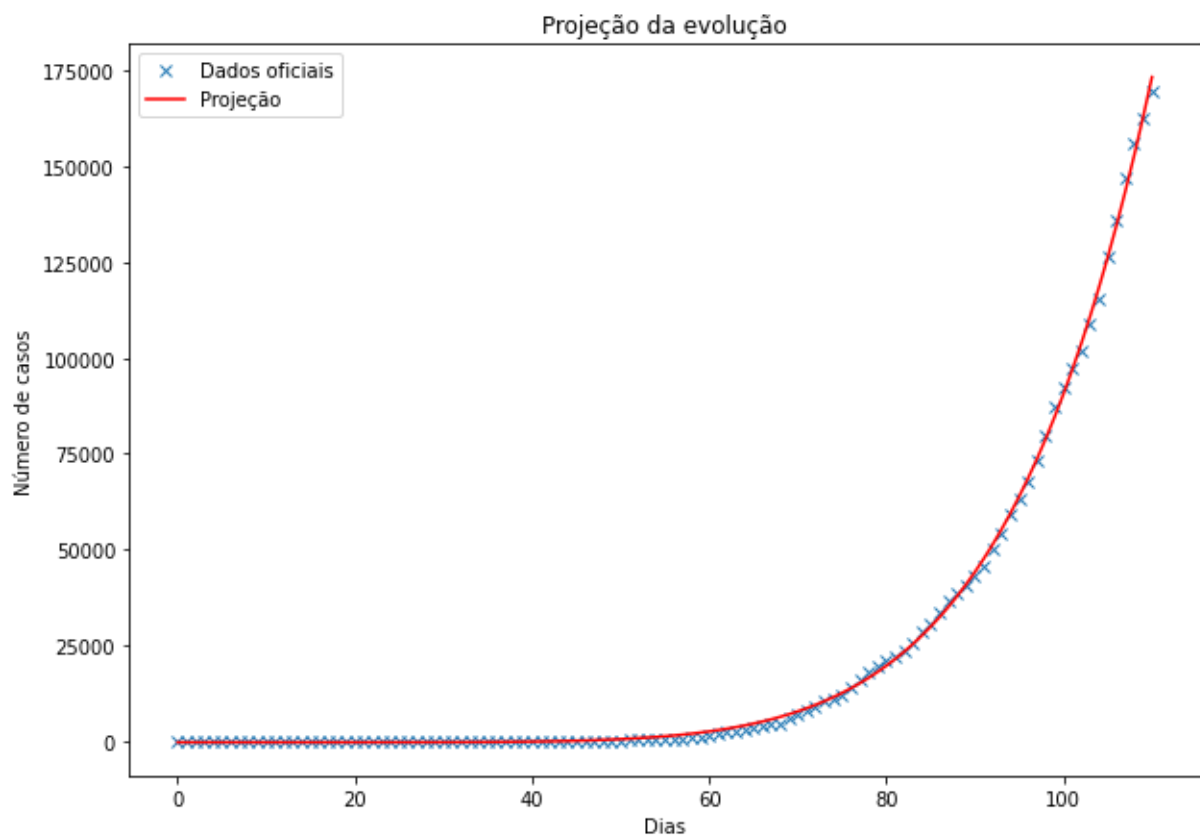
Um método simples é o da aproximação através de regressão não linear, com minimização de erros por mínimos quadrados.

Tal abordagem foi escolhida tendo em vista a situação atual da doença, onde os números de casos confirmados e de mortes são atualizados diariamente, permitindo correções do modelo também diariamente.

É possível ainda a comparação com padrões de crescimento clássicos, modelados por curvas matemáticas simples.

O gráfico abaixo, o qual utiliza dados já consolidados, e tendo como estimativa inicial uma curva simples $f(x) = a \cdot x^b + c$, permite uma boa abordagem:

Figura 15 - Aproximação de curva para o Brasil

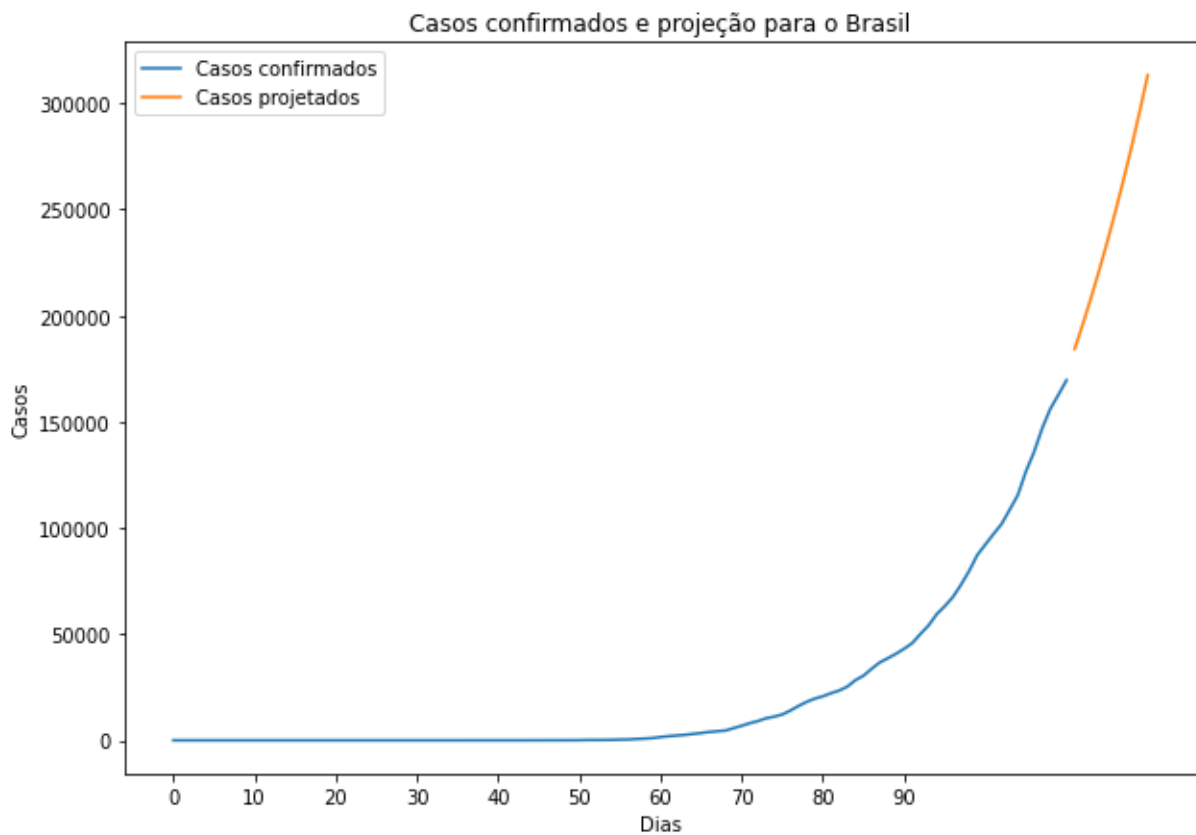


Através do método dos mínimos quadrados, os parâmetros a , b e c encontrados permitem estimar, de forma simplificada, quantidade de casos confirmados para x dias subsequentes.

A função ajustada de acordo com os dados obtidos para o Brasil, baseado no dia 12 de maio de 2020:

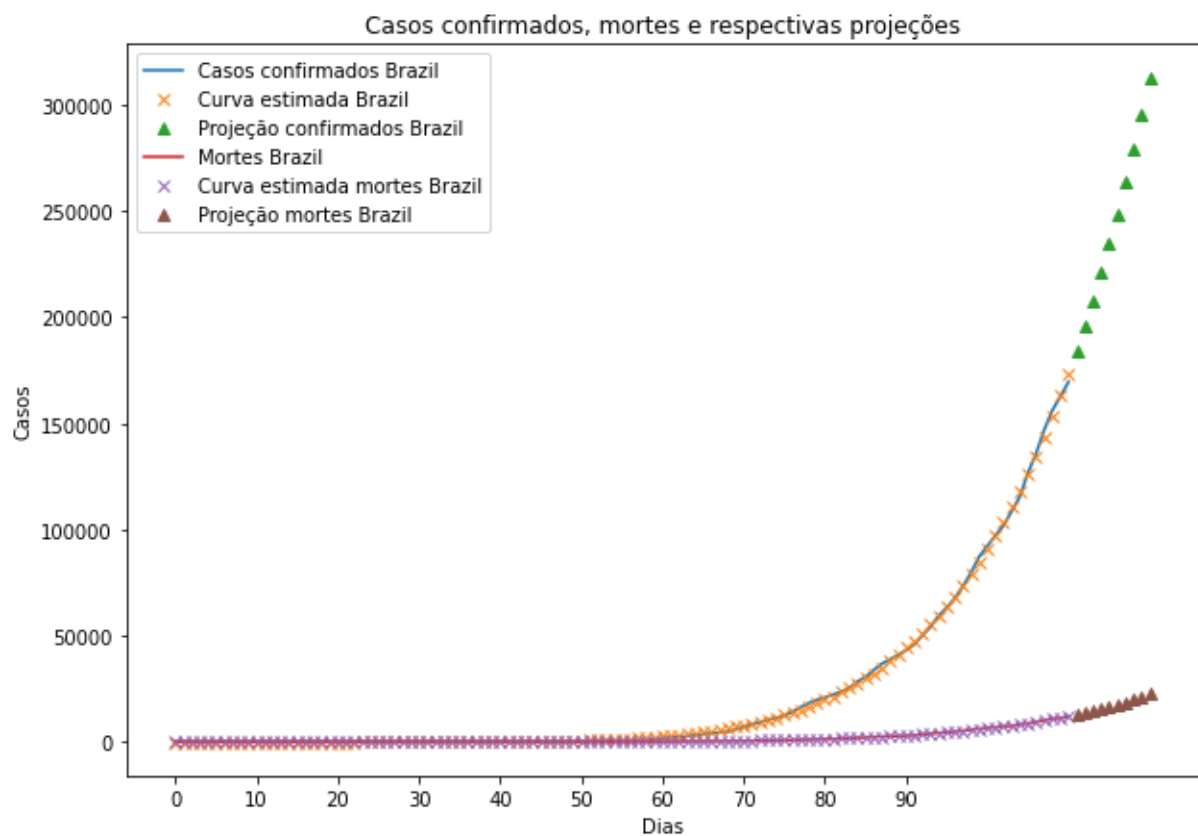
$$\text{Total de casos confirmados} = 2.3640021918570847e-09 * (\text{dia})^6.792463550752736 + -368.1642993815125$$

Figura 16 - Projeção de casos confirmados para o Brasil



Foi implementada uma função que permita visualizar em um mesmo gráfico os dados utilizados para a modelagem (casos confirmados e mortes), bem como a projeção estimada para os 10 dias subsequentes, para qualquer país:

Figura 17 - Projeção de casos confirmados e mortes para o Brasil



Out[32]:

	2020-05-12 00:00:00	2020-05-13 00:00:00	2020-05-14 00:00:00	2020-05-15 00:00:00	2020-05-16 00:00:00	2020-05-17 00:00:00	2020-05-18 00:00:00
Confirmados	184316	195917	208133	220992	234521	248749	263705
Mortes	12820	13665	14556	15496	16489	17535	18637

6. Apresentação dos Resultados

Pela análise das informações disponibilizadas, é possível correlacionar políticas públicas e os resultados obtidos. Percebe-se diversas abordagens e diversos resultados, os quais permitem pressupor um mínimo direcionamento para a correta tomada de decisões.

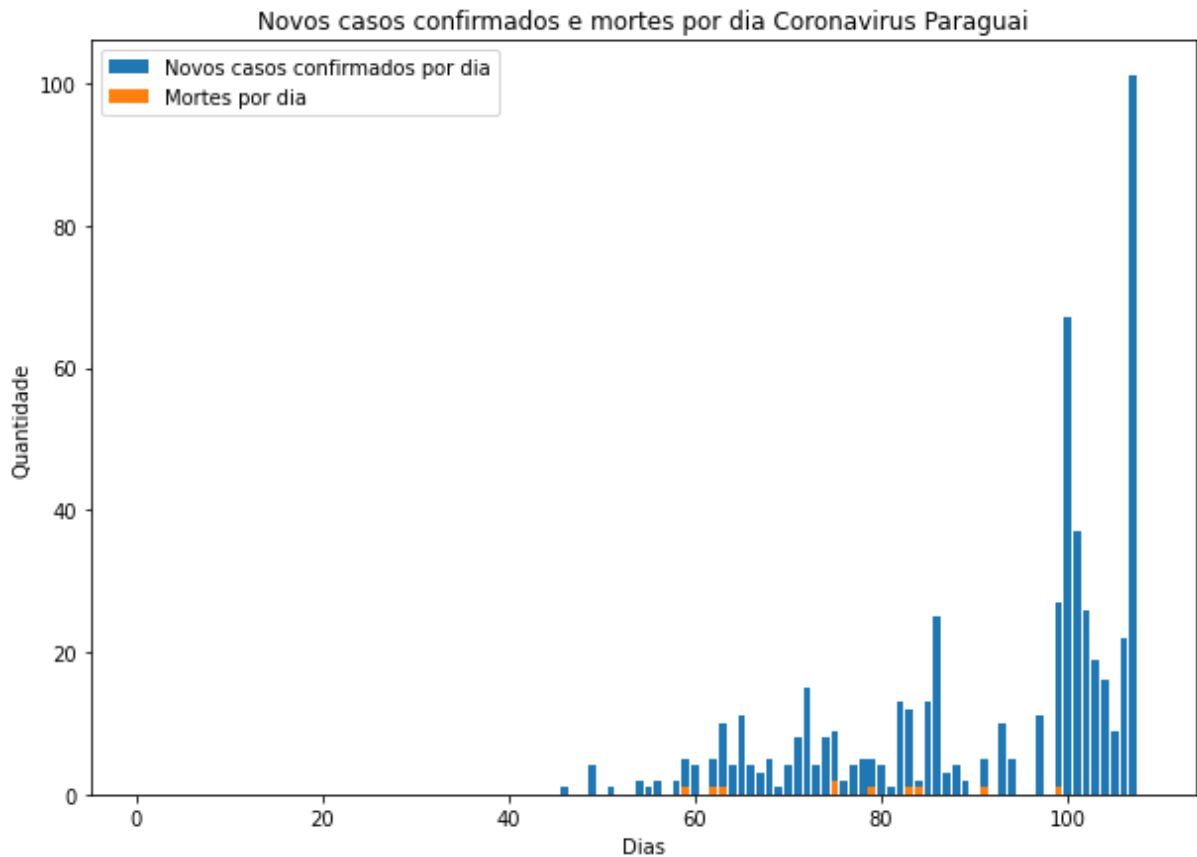
Países desenvolvidos demonstraram relativa capacidade de enfrentamento. Entretanto, não necessariamente o grau de desenvolvimento é fator determinante, como percebido em países da Europa, ou mesmo os Estados Unidos.

Verifica-se, portanto, a necessidade de se entender como tais países desenvolvidos falharam, ou continuam falhando em sua abordagem.

Especula-se, dessa forma, que a dificuldade apresentada por diversos países é fruto de sua dificuldade em aplicar corretamente políticas públicas adequadas, por motivos diversos.

Um exemplo de boa abordagem é o país vizinho Paraguai. A quantidade de casos confirmados, bem como o número de mortes, destoam do esperado para um país considerado subdesenvolvido:

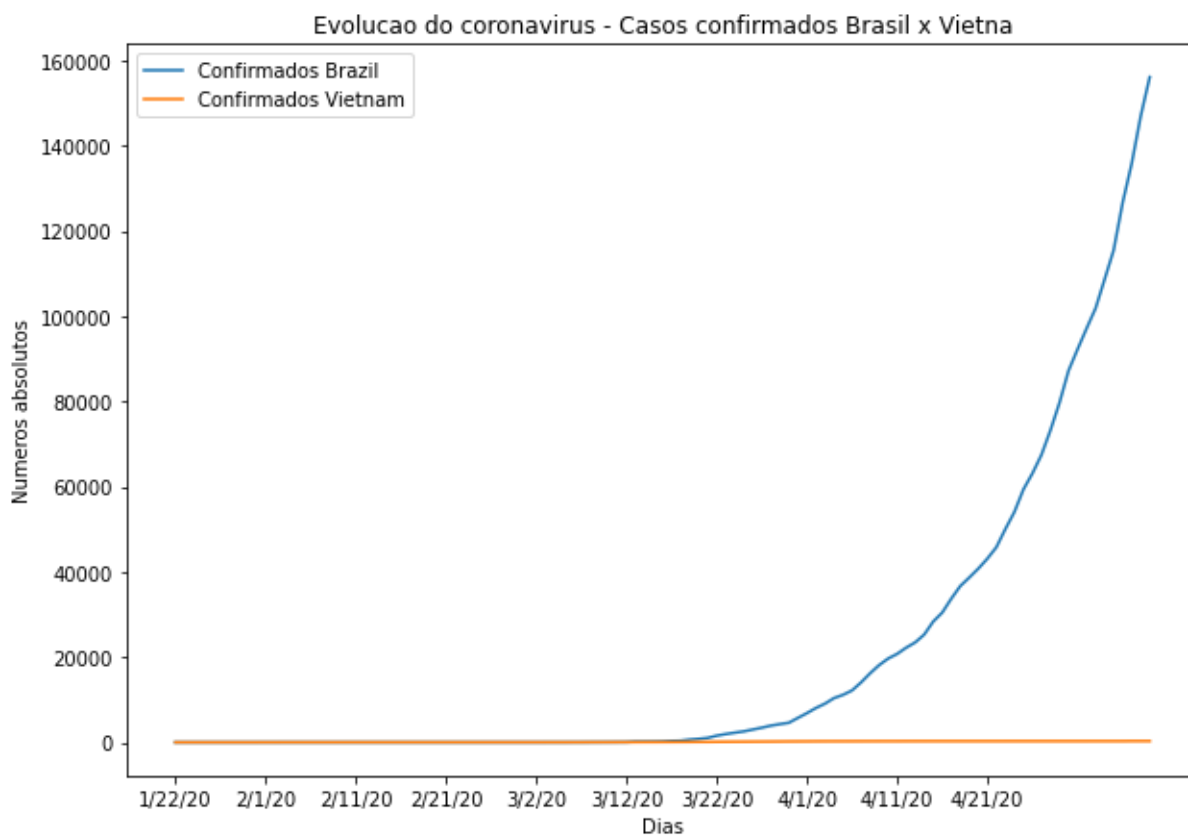
Figura 18 - Casos diários Covid-19 Paraguai



Entretanto, os reduzidos números do país se devem à tomada de decisões drásticas logo no início da pandemia, como a quarentena obrigatória e a paralisação das atividades não essenciais, “antes mesmo das medidas recomendadas pela Organização Mundial de Saúde” (G1, 2020).

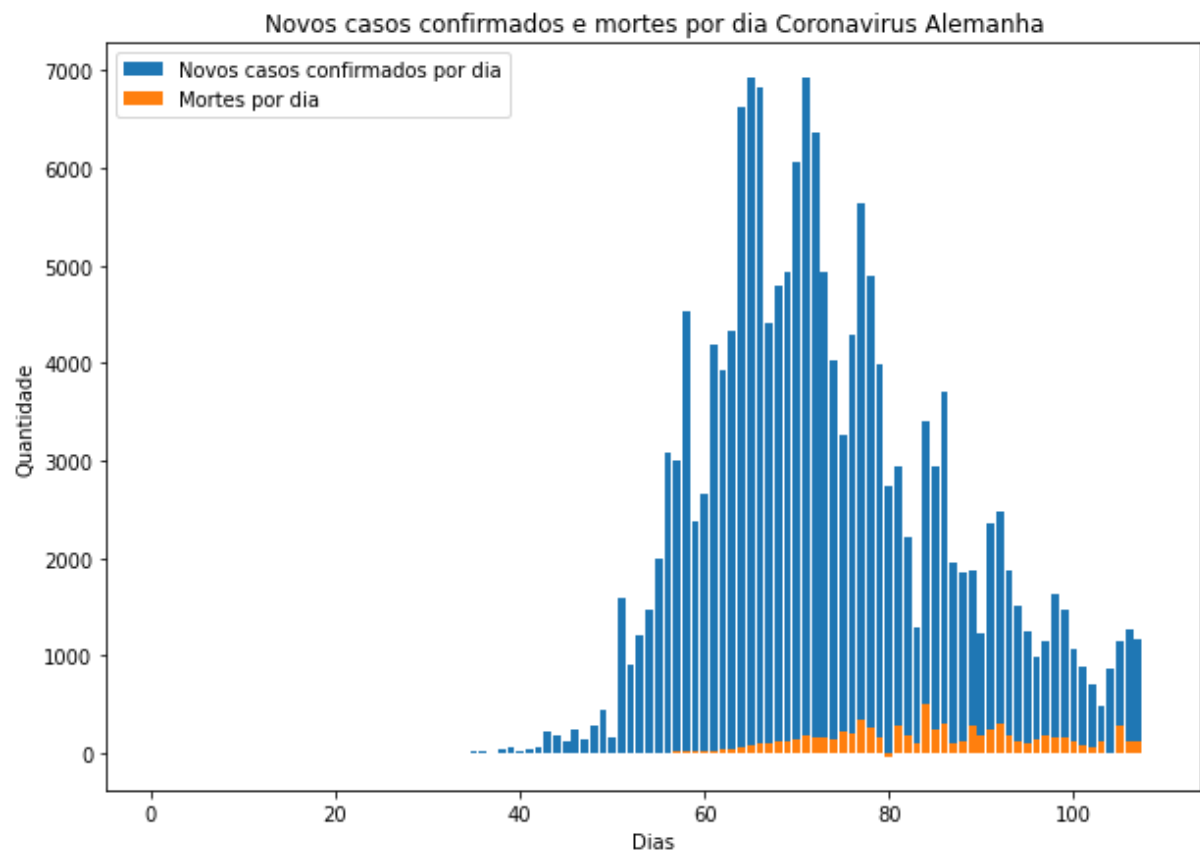
Poder-se-ia questionar o tamanho do país em relação ao Brasil. Mas o Paraguai, com sua população em torno de 7 milhões de habitantes, é apenas um dos países que estão em situação controlada. Como exemplo de país subdesenvolvido, e com população em torno de 95 milhões de habitantes, é possível citar o Vietnã, o qual apresenta menos de 300 casos confirmados até o momento:

Figura 19 - Comparação Covid-19 Brasil x Vietnã



A capacidade de se conduzir políticas públicas adequadas é também verificável em países desenvolvidos. Em meio à situação crítica na Europa, a Alemanha vem reduzindo consideravelmente o número de casos diários:

Figura 20 - Casos confirmados diários Covid-19 Alemanha

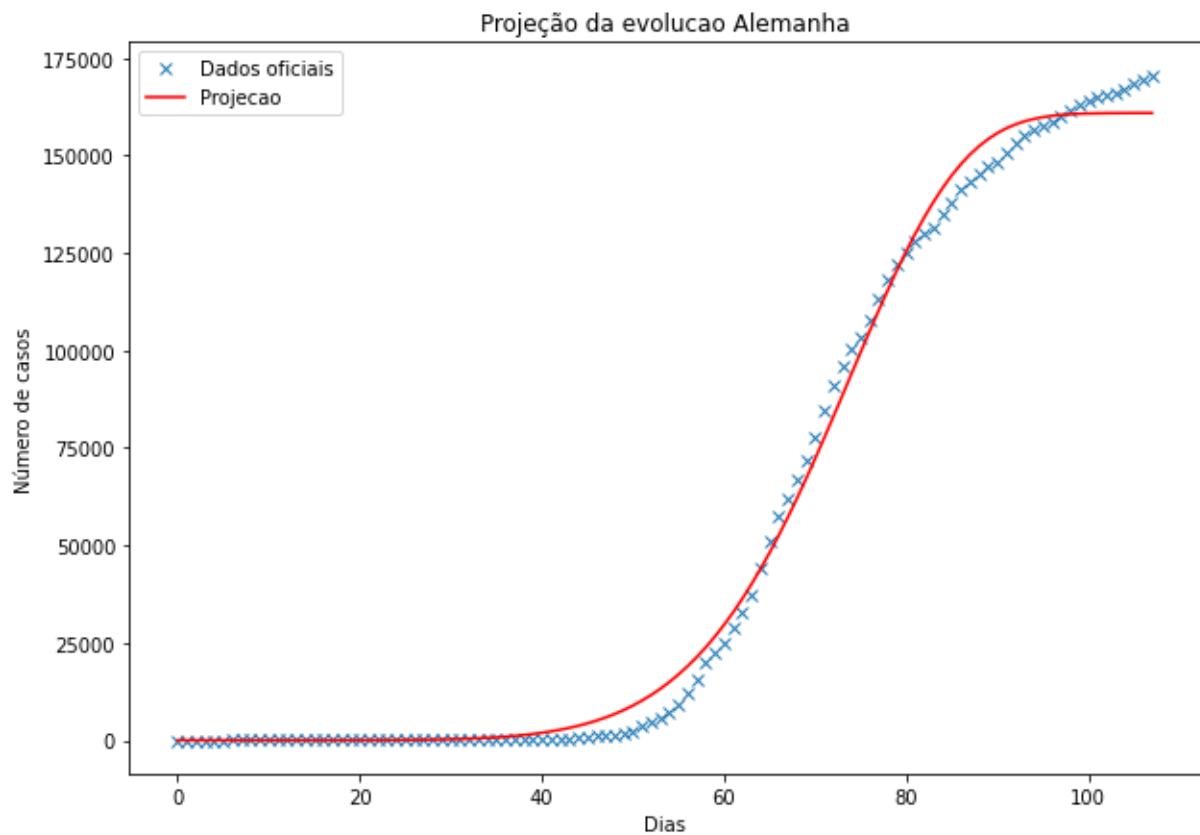


Para a Alemanha ainda, percebe-se a necessidade de nova modelagem da curva utilizada para aproximação, tendo em vista, neste caso, já esboçar-se o ponto de inflexão e o chamado “platô”.

Função ajustada de acordo com os dados obtidos para a Alemanha:

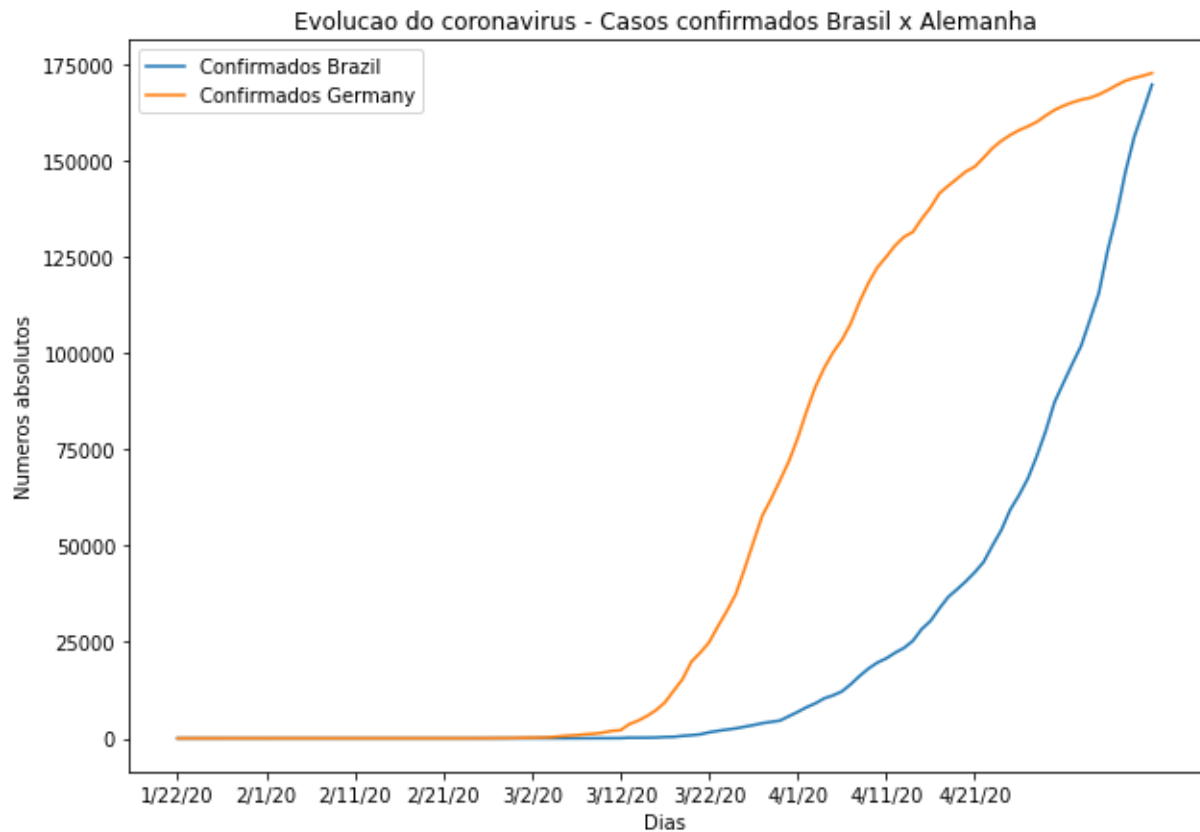
Total de casos confirmados = $160872.0334964495 - e^{*} (- 8.068268695968665e-14 * \text{dia}) ^{6.974192641130747}$

Figura 21 - Curva estimada casos confirmados Covid-19 Alemanha



Comparando-se o Brasil e Alemanha, é preocupante o atraso na obtenção de resultados a contento:

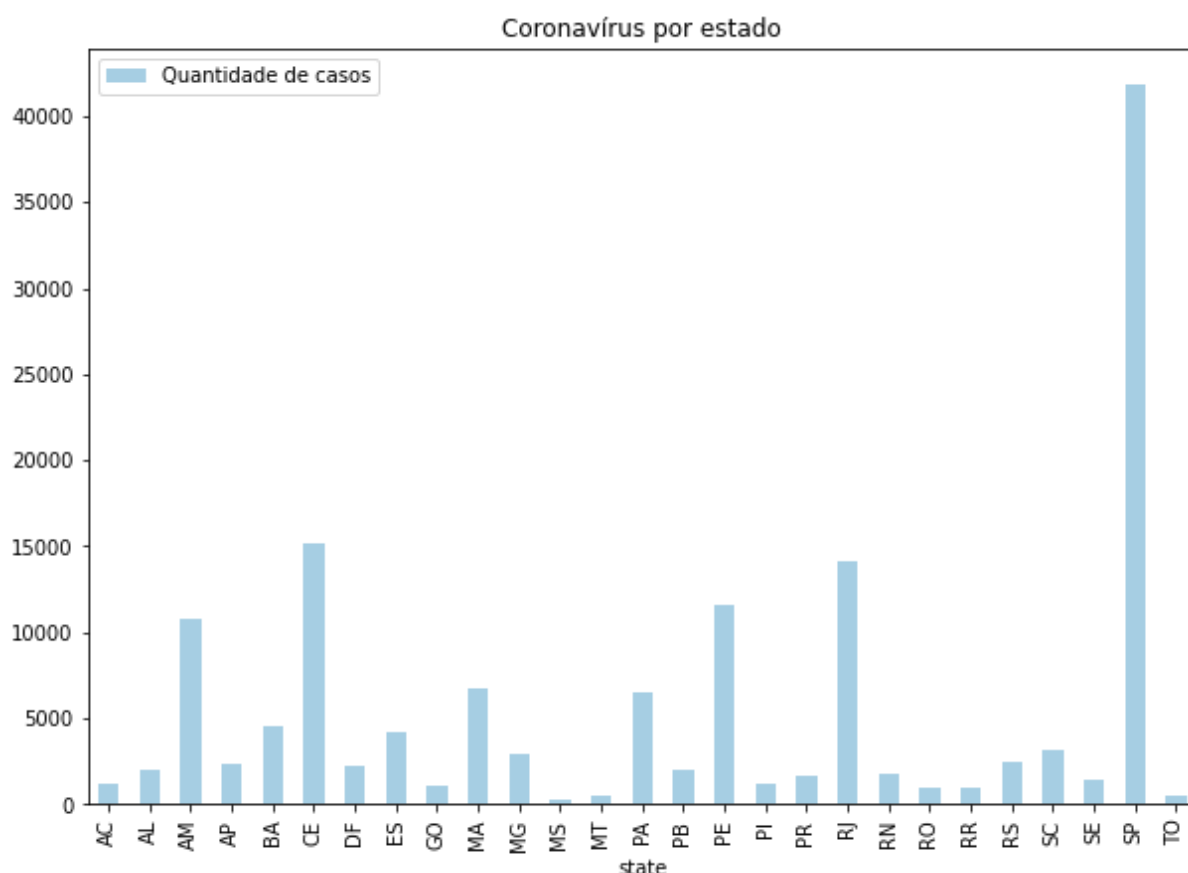
Figura 22 - Comparação casos confirmados Covid-19 Brasil x Alemanha



A quantidade de casos confirmados no Brasil, a princípio, estaria correlacionada ao tamanho da população local, bem como ao acesso às condições mínimas de saúde, a serem garantidas pelo Estado. Entretanto, é preocupante a situação de alguns estados, os quais evidenciam a disparidade no acesso ao mínimo necessário.

O estado do Amazonas, em especial sua capital Manaus, equipara-se em gravidade ao estado de São Paulo, feitas devidas ressalvas, por possuir população muito menor:

Figura 22 - Casos confirmados Covid-19 no Brasil por estados



Importante citar que, apesar da grande quantidade de informações disponíveis, e das inúmeras análises advindas dessas informações, não se pode, de forma arbitrária, atribuir total responsabilidade ao Estado pela situação do COVID-19 no país.

Inúmeros são os critérios os quais embasam a tomada de decisão dos governantes. Em especial, critérios econômicos, com modelos preditivos refinados, podem entrar em conflito com o que é esperado pela sociedade, notadamente quando há mortes.

Ainda, são diversos os problemas enfrentados, em um cenário caótico, onde variáveis que não são totalmente da alçada do Estado impedem a própria

consecução de suas políticas. Como exemplo, cita-se a dependência em relação a outros países (respiradores, matéria-prima, retomada da produção e de sua cadeia), a mutabilidade da doença, a imprevisibilidade do ambiente político, doenças sazonais, entre outros.

Até o momento, poucos países se encontram em situação confortável. No contexto global, continuam sujeitos à turbulência do mercado, de maneira que, mesmo tomadas as melhores medidas possíveis, são inúmeros os problemas a serem enfrentados.

Deve-se, no entanto, levar em consideração os sucessos obtidos pelos diversos países, em especial às providências que independem de parâmetros mais específicos. Neste estudo, verificamos que a tomada rápida de decisões pode ser decisiva, dada a velocidade de propagação da doença.

Espera-se que, neste trabalho, tenha sido possível consolidar conhecimentos adquiridos ao longo do curso. Agradeço à Pontifícia Universidade Católica.

7.Links

Kaggle:

<https://www.kaggle.com/fabiowakisaka/coronavirus-tcc-puc-minas>

Github:

<https://github.com/fabiowakisaka/coronavirustccpuc>

Vídeo:

<https://youtu.be/aefYe8aJoTY>

Datasets Universidade Johns Hopkins:

<https://github.com/CSSEGISandData/COVID-19>

Dataset Brasil.io:

<https://brasil.io/dataset/covid19/caso/>

Datasets IBGE:

<https://servicodados.ibge.gov.br/api/docs/malhas?versao=2>

<https://servicodados.ibge.gov.br/api/docs/localidades>

REFERÊNCIAS

Brasil.io. **COVID-19**, abr 2020. Disponível em:
<<https://brasil.io/dataset/covid19/caso/>> Acesso em: 15 de mar 2020.

Empresa Brasil de Comunicação. **População brasileira passa de 208,4 milhões de pessoas, mostra IBGE**, ago 2018. Disponível em:
<<https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2018-08/populacao-brasileira-passa-de-2084-milhoes-de-pessoas-mostra-ibge>> Acesso em: 22 de mar 2020.

Empresa Brasil de Comunicação. **População de idosos no Japão é a mais alta já registrada**, set 2019. Disponível em:
<<https://agenciabrasil.ebc.com.br/internacional/noticia/2019-09/populacao-de-idosos-no-japao-e-mais-alta-ja-registrada>> Acesso em: 04 de abr 2020.

Euronews. **The EU should learn lessons from Germany's coronavirus protocols so life can return to normal**, abr 2020.
<<https://www.euronews.com/2020/04/08/the-eu-should-learn-lessons-germany-coronavirus-protocols-life-can-return-to-normal-view>> Acesso em: 20 de abr 2020.

Fiocruz. **Epidemiologia e Indicadores de Saúde**, mai 2020. Disponível em:
<http://www.epsjv.fiocruz.br/pdtsp/includes/header_pdf.php?id=266&ext=.pdf&titulo=EPIDEMIOLOGIA> Acesso em: 01 de abr 2020.

G1. **Paraguai já não tem pacientes na UTI por coronavírus**, abr 2020. Disponível em:
<<https://g1.globo.com/mundo/noticia/2020/04/29/paraguai-ja-nao-tem-pacientes-na-uti-por-coronavirus.ghtml>> Acesso em: 05 de mai 2020.

IBGE. **API de serviço de dados**, mar 2020. Disponível em:
<<https://servicodados.ibge.gov.br/api/docs>> Acesso em: 12 de abr 2020.

Mathematical Association of America. **The SIR Model for Spread of Disease - The Differential Equation Model**, mar 2020. Disponível em: <https://www.maa.org/press/periodicals/loci/joma/the-sir-model-for-spread-of-disease-the-differential-equation-model> Acesso em: 15 de mar 2020.

Ministério da Saúde. **Brasil confirma primeiro caso da doença**, mar 2020. Disponível em: <https://www.saude.gov.br/noticias/agencia-saude/46435-brasil-confirma-primeiro-caso-de-novo-coronavirus> Acesso em: 19 de abr. 2020.

Ministério da Saúde. **Sobre a doença**, mar 2020. Disponível em: <https://coronavirus.saude.gov.br/sobre-a-doenca#o-que-e-covid> Acesso em: 19 de abr. 2020.

ROBERTS, Mick; ANDREASEN, Viggo; LLOYD, Alun; PELLIS, Lorenzo. **Nine challenges for deterministic epidemic models**, 2014. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1755436514000553#sec0050> Acesso em: 12 de mar. 2020.

The Guardian. **Why is South Korea beating coronavirus? Its citizens hold the state to account**, abr 2020. Disponível em: <https://www.theguardian.com/commentisfree/2020/apr/11/south-korea-beating-coronavirus-citizens-state-testing> Acesso em: 22 de mar. 2020.

United Nations Population Fund. **World Population Dashboard**, abr 2020. Disponível em: <https://www.unfpa.org/data/world-population-dashboard> Acesso em: 02 de abr. 2020.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **WHO Director-General's opening remarks at the media briefing on COVID-19 - 11 March 2020**, mar 2020. Disponível em:

<<https://www.who.int/dg/speeches/detail/who-director-general-s-opening-remarks-at-the-media-briefing-on-covid-19---11-march-2020>> Acesso em: 19 de abr. 2020.