

Modelagem da COVID-19 na França

Ezequiel S. D. Santos e Hanna Rodrigues F.

29 de Setembro de 2020

A b s t r a c t

Recently, a growing interest has been dedicated towards COVID-19 and how it works. Here we showed a little bit about COVID-19 in France. Both modeling technique and available works were employed to characterize the pandemic on country. The analysis was performed using the SEIARD Model and, moreover, the death rate and cases were measured and other data.

1 Introdução

No total, tivemos sete tipos diferentes de coronavírus registrados: HCoV-229E, HCoV-OC43, HCoV-NL63, HCoV-HKU1, SARS-COV, MERS-COV e o novo coronavírus [7]. A pandemia, causada pelo novo coronavírus (SARS-CoV-2), mesmo com avanços na medicina para entender o vírus, é um dos maiores problemas de saúde pública dessa era. Mesmo em Setembro, nove meses após o primeiro registro da COVID-19 no mundo – segundo a OMS, registrada em meados de Dezembro de 2019 – a COVID-19 continua em ascensão tendo provocado um total de 26.640.247 casos e 874.963 mortes no mundo [5].

Por ser um vírus com alta capacidade de transmissão, não ter muito conhecimento e um aumento desproporcional em países com desigualdade social, torna mais difícil ter ideias estratégias eficientes. Então, o apoio entre todos os países se torna mais eficaz para o combate do coronavírus.

O referente artigo [9] serviu como base para o estudo, de começo, dos efeitos nas decisões tomadas em relação à covid-19 para o nosso projeto. Além disso, o artigo serviu de inspiração para o estudo no país (França) tendo em vista sua simplicidade e eficácia para entender os dados e o modelo usado. E temos ainda, por exemplo, (que nos ajudou) visto no artigo que mesmo a França sendo um país jovem, e que sua maior taxa de propagação do vírus se dá pela população jovem, percebeu-se uma evidente eficácia nas medidas de enfrentamento da covid-19.

No geral, levamos em consideração a forma como as pessoas lidaram com a quarentena (vendo principalmente seus hábitos). Isto porque suas chances de contaminação aumentam quando não se tem uma rotina saudável para o corpo. Assim foram considerados os dados trabalhados nos artigos [6][1].

Na França, o primeiro caso foi registrado em 24 de Janeiro de 2020 [9]. Desde então, o número de casos só foi aumentando, no qual era um retrato de todos os países. Em 17 de Março, o governo francês decretou Lockdown, e as políticas de restrições foram bem sucedidas, pois o R_0 se tornava menor durante o lockdown na França [10].

Desta forma, a medida em que há diminuição de casos e mortes, o governo francês começa o processo de flexibilização em 11 de Maio de 2020. Porém, o confinamento domiciliar teve um efeito negativo na saúde, tendo em vista que confinamento aumenta o consumo de alimentos perigosos, mais tempo sem fazer atividades físicas, ansiedade e vários outros fatores [6][1]. Somando-se todos esses fatores de flexibilização e agravamento na saúde durante a quarentena, não seria surpresa o aumento no número de casos na França.

Hoje, o número de casos vem crescendo cada vez mais com total de 309.156 casos e 30.686 mortes. Portanto, deve-se perceber que o aumento se dá pelo fato de que a diminuição do confinamento deixa a população mais exposta ao vírus.

2 Metodologia

Desenvolvemos o modelo SEIARD para fazer analisar e modelar a evolução de casos da COVID-19 na França, coletados no site Our World in Data [5]. E temos como objetivo, através deste estudo, fornecer informações relevantes para medidas governamentais que visam a redução e controle da epidemia.

2.1 Hipóteses

- população homogêneamente distribuída;
- $t = t_0 = 1$ em 24/01/2020, primeiro caso registrado;[9]
- $t = t_1 = 54$ em 17/03/2020, início do Lockdown;[10]
- $t = t_2 = 109$ em 11/05/2020, início da flexibilização;[6]

2.2 Modelo

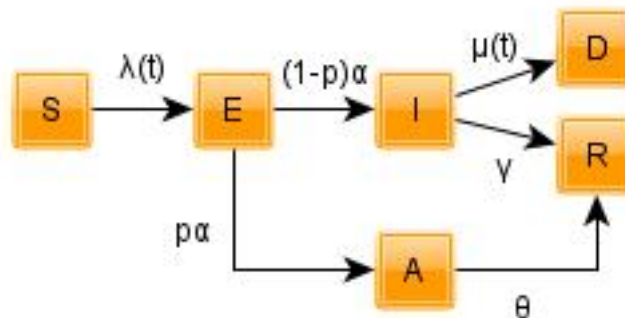
Nós propomos um modelo ajustado do SEIR para entendermos a propagação da COVID-19 na França [8][2][4]. Deste modo, formulamos o modelo SEIARD considerando a população dividida entre as seguintes categorias:

Compartimento	Descrição
sensíveis $S(t)$	não foi exposto
expostos $E(t)$	exposto e não transmitindo
infectado $I(t)$	infectado com sintomas e transmitindo
assintomáticos $A(t)$	infectado sem sintomas e transmitindo
removidos $R(t)$	recuperado
mortos $D(t)$	mortes pelo vírus

Foi acrescentado os compartimentos de assintomáticos e de mortos pelo vírus para uma possível comparação do nosso modelo com os dados reais da evolução dos casos e mortes, respectivamente.

Pois percebe-se que o número de casos notificados subestima o número de pessoas infectadas, dado que os assintomáticos por não desenvolverem sintomas acabam por não serem testados, na maioria das vezes, e não entram nas estatísticas governamentais.

Os compartimentos estão dispostos da seguinte forma:



Com o sistema de Equações diferenciais:

$$\frac{dS}{dt} = -\lambda(t)S(t)I(t)$$

$$\frac{dE}{dt} = \lambda(t)S(t)I(t) - \alpha E(t)$$

$$\frac{dI}{dt} = (1 - p)\alpha E(t) - (\gamma + \mu(t))I(t)$$

$$\frac{dA}{dt} = p\alpha E(t) - \theta A(t)$$

$$\frac{dR}{dt} = \gamma I(t) + \theta A(t)$$

$$\frac{dD}{dt} = \mu(t)I(t)$$

2.3 Parâmetros

Optou-se por fazer a taxa de infecção ao vírus em função do tempo, $\lambda(t)$, devido aos diferentes comportamentos antes (λ_1), durante (λ_2) e depois (λ_3) do período de isolamento social.

$$\lambda(t) = \begin{cases} \lambda_1, t \in (t_0, t_1) \\ \lambda_2, t \in (t_1, t_2) \\ \lambda_3, t \in (t_2, \infty) \end{cases}$$

E optou-se por fazer a taxa de mortalidade pelo vírus em função do tempo, $\mu(t)$, devido a mudança de perfil de suscetíveis na segunda onda (μ_2), com uma concentração maior de jovens, em comparação a primeira (μ_1). [3]

$$\mu(t) = \begin{cases} \mu_1, t \in (t_0, t_2) \\ \mu_2, t \in (t_2, \infty) \end{cases}$$

Parâmetro	Descrição
$\lambda(t)$	taxa de infecção em função do tempo
α	inverso do período de incubação
p	proporção dos expostos que viram assintomáticos
γ	taxa de recuperação dos infectados
θ	taxa de recuperação dos assintomáticos
$\mu(t)$	taxa de mortalidade em função do tempo

3 Resultados

DESENVOLVENDO...

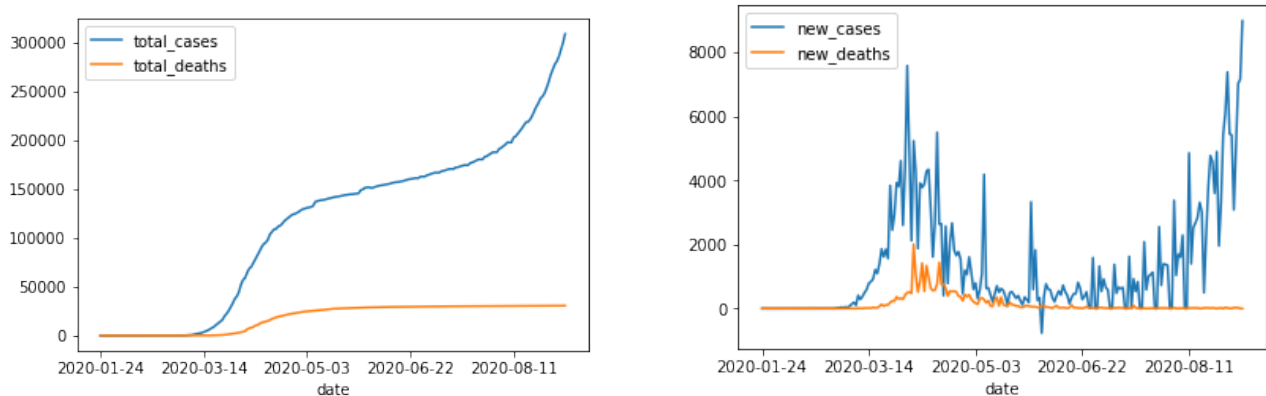


Figura 1: dados coletados em [5]

DESENVOLVENDO...

4 Conclusão

DESENVOLVENDO...

Referências

- [1] Khaled Trabelsi Hamdi Chtourou Omar Boukhris Liwa Masmoudi Bassem Bouaziz Ellen Bentlage Daniella How Mona Ahmed Patrick Müller Notger Müller Asma Aloui Omar Hammouda Laisa Liane Paineiras-Domingos Annemarie Braakman-Jansen Christian Wrede Sofia Bastoni Carlos Soares Pernambuco Leonardo Mataruna Morteza Taheri Khadijeh Irandoust-Aïmen Khacharem Nicola L. Bragazzi Karim Chamari Jordan M. Glenn Nicholas T. Bott Faiez Gargouri Lotfi Chaari Hadj Batatia-Gamal Mohamed Ali Osama Abdelkarim Mohamed Jarraya Kais El Abed Nizar Souissi Lisette Van Gemert-Pijnen Bryan L. Riemann Laurel Riemann Wassim Moalla Jonathan Gómez-Raja Monique Epstein Robbert Sanderman Sebastian V.W. Schulz Achim Jerg Ramzi Al-Horani Taiysir Mansi Mohamed Jmail Fernando Barbosa Fernando Ferreira-Santos Boštjan Šimunic Rado Pišot Andrea Gaggioli Stephen J. Bailey Jürgen M. Steinacker Tarak Driss Anita Hoekelmann On Behalf of the ECLB-COVID19 Consortium Achraf Ammar, Michael Brach. Effects of COVID-19 Home Confinement on Eating Behaviour and Physical Activity: Results of the ECLB-COVID19 International Online Survey. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32481594/>.
- [2] Zeynep Ceylan. Estimation of COVID-19 prevalence in Italy, Spain, and France. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969720323342>.
- [3] CNN. Young people are driving a second, less-deadly surge of Covid-19 cases in Europe. <https://edition.cnn.com/2020/08/13/europe/coronavirus-europe-young-people-cases-spiking-intl/index.html>.

- [4] Marc DHENAIN. ESTIMATION OF COVID-19 CASES IN FRANCE AND IN DIFFERENT COUNTRIES: HOMOGENEISATION BASED ON MORTALITY. <https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2020.04.07.20055913v3>.
- [5] Our World in Data. Coronavirus Pandemic (COVID-19). <https://github.com/owid/covid-19-data>.
- [6] Achraf Amma Hamdi Chtourou Omar Boukhris Khaled Trabelsi Liwa Masmoudi Michael Brach Bassem Bouaziz Ellen Bentlage Daniella How Mona Ahmed Patrick Mueller Notger Mueller Hsen Hsouna Asma Aloui Omar Hammouda Laisa Liane Paineiras-Domingos Annemarie Braakman-Jansen Christian Wrede Sophia Bastoni Carlos Soares Pernambuco Leonardo Jose Mataruna-Dos-Santos Morteza Taheri Khadijeh Irandoust Aïmen Khacharem Nicola L. Bragazzi Jana Strahler Jad Adrian Washif Albina Andreeva Samira C. khoshnami Evangelia Samara Vasiliki Zisi Parasanth Sankar Waseem N. Ahmed Mohamed Romdhani Jan Delhey Stephen J. Bailey Nicholas T. Bott Faiez Gargouri Lotfi Chaari Hadj Batatia Gamal Mohamed Ali Osama Abdelkarim Mohamed Jarraya Kais El Abed Nizar Souissi Lisette Van Gemert-Pijnen Bryan L. Riemann Laurel Riemann Wassim Moalla Jonathan Gómez-Raja Monique Epstein Robbert Sanderma Sebastian Schulz Achim Jerg Ramzi Al-Horani Taiysir Mansi Mohamed Jmail Fernando Barbosa Fernando Ferreira-Santos Boštjan Šimunic Rado Pišot Saša Pišot Andrea Gaggioli Piotr Zmijewski Christian Apfelbacher Jürgen Steinacker Helmi Ben Saad Jordan M. Glenn Karim Chamari Tarak Driss Anita Hoekelmann on behalf of the ECLB-COVID19 Consortium. COVID-19 Home Confinement Negatively Impacts Social Participation and Life Satisfaction: A Worldwide Multicenter Study. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960077920301636>.
- [7] OPAS OMS. Folha informativa COVID-19 - Escritório da OPAS e da OMS no Brasil. <https://www.paho.org/pt/covid19>.
- [8] Duccio Fanelli Francesco Piazza. Analysis and forecast of COVID-19 spreading in China, Italy and France. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960077920301636>.
- [9] Yassoung Silue Alexandra Mailles Christine Campese Anne Simondon Matthieu Mechain Laure Meurice Mathieu Nguyen Clément Bassi Estelle Yamani Sylvie Behillil Sophie Ismael Duc Nguyen Denis Malvy François Xavier Lescure Scarlett Georges Clément Lazarus Anouk Tabai Morgane Stempfelet Vincent Enouf Bruno Coignard Daniel Levy-Bruhl Investigation team Sibylle Bernard Stoecklin, Patrick Rolland. First cases of coronavirus disease 2019 (COVID-19) in France: surveillance, investigations and control measures, January 2020. https://www.eurosurveillance.org/content/10.2807/1560-7917.ES.2020.25.6.2000094#html_fulltext.
- [10] Lionel Roques Etienne Klein Julien Papaix Antoine Sar Samuel Soubeyrand. Effect of a one-month lockdown on the epidemic dynamics of COVID-19 in France. <https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2020.04.21.20074054v1>.