

**UMA ANÁLISE DA DINÂMICA DA PANDEMIA DE COVID-19 ATRAVÉS DE
UM MODELO FRACTAL COM DERIVADAS DEFORMADAS**

Lucas Falleiro Munch (lucasmunch@ufrj.br)

José Weberszpil (Josewebe@gmail.com)

A pandemia de COVID-19 apresentou dinâmicas complexas e não lineares que desafiaram os modelos epidemiológicos tradicionais, evidenciando a necessidade de novos arcabouços teóricos. Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi desenvolver e validar um modelo matemático, baseado no formalismo da geometria fractal e do cálculo generalizado, capaz de descrever com maior fidelidade a evolução da pandemia. Buscou-se aplicar uma abordagem de relaxação não linear em tempo fractal para capturar a diversidade de cenários observados globalmente, desde surtos controlados até fases de crescimento prolongado, e fornecer uma interpretação física robusta para os parâmetros do modelo. Para tanto, a metodologia partiu de uma equação fundamental para o número diário de novas infecções, $f(t)$, que foi reescrita na forma da distribuição de Burr Tipo XII para facilitar o ajuste a dados empíricos. Diferentemente de modelos puramente estatísticos, os parâmetros de ajuste se conectam diretamente a propriedades físicas do sistema, como a escala de tempo fractal e o grau de não-linearidade e memória do sistema. A análise teórica incluiu o estudo do comportamento assintótico da função para determinar a condição matemática para a existência de um pico epidêmico, cuja violação implica em crescimento contínuo ou estabilização em platô. O modelo foi então ajustado aos dados da pandemia compilados pela Johns

Hopkins University para o período de 22 de janeiro a 13 de junho de 2020. Os resultados demonstraram a notável capacidade do modelo em capturar as distintas dinâmicas observadas em diferentes nações. Para países como Brasil e México, a condição de pico não foi satisfeita no período, com o modelo prevendo corretamente uma dinâmica de crescimento. Em contraste, para Cuba e Islândia, a condição foi satisfeita, e o ajuste descreveu com precisão um cenário de surto controlado com pico bem definido e decaimento rápido. No caso dos Estados Unidos, o modelo caracterizou a dinâmica por um decaimento muito lento após o pico, um fenômeno conhecido como "cauda longa". A discussão desses resultados validou a abordagem teórica, mostrando que a interpretação física dos parâmetros permitiu compreender as diferenças entre as curvas epidêmicas. Conclui-se que a combinação da geometria fractal com o cálculo generalizado oferece um paradigma poderoso e flexível para a modelagem de sistemas complexos. A aplicação bem-sucedida do formalismo não apenas se ajustou aos dados, mas também forneceu insights sobre a física subjacente ao processo, demonstrando o potencial desta abordagem para futuras investigações em epidemiologia e outras áreas que lidam com fenômenos de naturezas não-lineares.

Palavras-chave: covid-19; geometria fractal; derivadas deformadas; modelagem epidemiológica; sistemas complexos; dinâmica não-linear.