

Nota técnica Covid-19 em algumas regiões do Rio Grande do Norte

Walter Martins Rodrigues – DCME-UFERSA, Antonio Ronaldo Gomes Garcia – DCME-UFERSA, Jennifer do Vale Silva – DCS - UFERSA, Odacir Almeida Neves – DCME-UFERSA,

1 Introdução e Objetivos

O conhecimento mais preciso dos casos da COVID-19, bem como sua dinâmica de propagação local são os principais dados para entendimento e melhor controle da evolução da doença em uma região. Com isso, é possível planejar o atendimento da população e avaliar o impacto de ações de combate à doença, como as medidas de isolamento. Porém, o curso rápido da pandemia e o baixo número de testes realizados no Brasil dificultam a estimativa do real número de casos confirmados, conferindo o problema de subnotificação. Ademais, quando surgiram os primeiros casos de infectados pela COVID-19 no Brasil, adotou-se a tática de testar todos os casos suspeitos e aqueles que tiveram contato com casos confirmados, essa estratégia limitou muito a realização de exames em pessoas possivelmente infectadas. No entanto, a escassez de testes impossibilitou a manutenção deste objetivo. A baixa capacidade de testagem pelo RT-PCR fez com que o Ministério da Saúde (MS) recomendasse que apenas os casos graves fossem testados. Ainda assim, nem todos os casos suspeitos deste grupo estão sendo examinados.

Naturalmente se ocorre um elevado grau de subnotificação pode transmitir uma falsa ideia de controle da doença, esse é um problema que é bastante sutil, diferentes graus de notificação também são observados em outros países do mundo e abrem espaço para a discussão sobre qual é a situação Brasil, de seus estados e polos regiões .

Os resultados, ainda que preliminares, indicam que no Brasil as notificações são de apenas 8,0% (7,8% - 8,1%) dos casos notificados de COVID-19, o trabalho de estimar a quantidade de infectados em algumas regiões do Rio Grande do norte, utilizando como base os números apresentados de 12/03/2020 a 08/04/20. Sabe-se que, em média a taxa de letalidade bruta (5,4%) dos casos formalmente notificados, isto é, a razão entre óbitos e casos. Entretanto, o modelo que estamos trabalhando não foca na questão de óbitos, é voltado para estimar os infectados.

Destaca-se que o objetivo desta nota técnica é analisar a dinâmica de crescimento de casos de pessoas infectadas pela doença COVID-19 em algumas regiões do Rio Grande do Norte, desta forma fornecer aos gestores do estado e dos municípios em questão subsídios para a estimação da real dimensão do número de casos, alertando para a importância da testagem e do fornecimento de dados consistentes.

2 Fundamentos Teóricos

Para a modelagem de doenças infecciosas, normalmente a população é separada em classes, nossa estratégia é trabalhar apenas com as classes: Suscetíveis, Infectados e Recuperados. Na classe de suscetíveis, consideramos os indivíduos sem infecção e que ainda não tiveram contato com o vírus. Após contato com o vírus, o indivíduo que foi exposto rapidamente tem potencial contaminante, tornando-se um indivíduo na classe dos Infectado com o vírus. Nessa situação o indivíduo está infectado e já pode infectar outros indivíduos, passa a ser da classe de infectados até se curar completamente do vírus. Após eliminar o vírus ou morrer, o indivíduo, trabalhamos com o pressuposto que o indivíduo não pode ser novamente contaminado e não tem mais potencial infectante, dada a baixa letalidade da Covid-19, o modelo simplificado que estamos tomando de referência não estima ou mensura mortos, assim a ser da classe de Recuperados tende a ter um número de pessoas próximo a $N - S - I$, onde N é a população total da região que está envolvida no processo de contágio, S é a população suscetível ao contágio e I a população infectada. Usaremos o tradicional modelo SIR, que considera as classes de suscetíveis, infectados e recuperados. Nesse modelo, após um indivíduo ser infectado e se recuperar ou morrer, ele passa à classe de removidos do processo de infecção, não sendo mais suscetível à doença, em nosso caso vamos considerar que o percentual de mortes é baixo em relação a população. Esse modelo é utilizado para doenças em que, após a infecção e recuperação, o indivíduo torna-se imune, ajustando-se à doenças como Rubéola e Sarampo.

Para a Covid-19, estamos supondo que o indivíduo infectado, após se curar, fica imune para aquele vírus que já foi infectado. Para doenças como a Covid-19, que dependem do comportamento epidemiológico do transmissor, existem também modelos que incluem em seu comportamento a dinâmica de contaminação.

A dinâmica do modelo é afetada principalmente por duas coisas: a reprodutividade basal, denotada por R_0 é o número médio de casos secundários causados por um indivíduo infectado inserido em uma população totalmente suscetível, já o tempo de infecção, também chamado de período infeccioso, que é o tempo em que o indivíduo se recupera totalmente do vírus e migra para a classe de removidos. A taxa de recuperação α , é considerada como $\frac{1}{\alpha}$ sobre o tempo de infecção. Nestas condições R_0 pode ser expressa aproximadamente por $R_0 \approx \frac{\beta}{\alpha}$ onde β é uma constante associado a taxa de variação de S , pela expressão $\frac{dS}{dt} = -\frac{\beta}{N}SI$. No caso da Covid-19, por se tratar de uma pandemia, temos que $R_0 > 1$.

Desta forma o modelo é descrito pelas equações diferenciais:

$$\begin{cases} \frac{dS}{dt} = -\beta \frac{S.I}{N} \\ \frac{dI}{dt} = \beta \frac{S.I}{N} - \alpha.I \\ \frac{dR}{dt} = \alpha.I \end{cases} \quad (1)$$

Além disso, supõe-se $N = R + S + I$ é constante durante o processo pandêmico.

O modelo tem a inovação de considerar variações nos parâmetros α e β em função das respostas da população local durante a epidemia, tradicionalmente se considera os parâmetros constantes ao longo do processo, e nesse caso a Figura 1 estima o desenvolvimento da epidemia. Quando os parâmetros são variáveis, o que é bastante coerente com a realidade, naturalmente as variações não são contínuas, ocorrem em faixas de dias, pela reação da comunidade, a Figura 2 representa o processo epidêmico num cenário destes. Assim os parâmetros são descritos por combinação linear de funções características, obtida recursivamente pela identificação.

Inicialmente, tome α_0 e β_0 números reais entre zero e um, tais que $R_0 = \frac{\beta_0}{\alpha_0}$.

Os parâmetros no i –ésimo dia são dados recursivamente por:

$$\beta_i = \frac{S(0).(S(i)-S(i-1))}{S(i-1).I(i-1)} \quad \text{e} \quad \alpha_i = \frac{R(i)-R(i-1)}{I(i-1)}$$

Assim a variação diária dos parâmetros descrevem uma dinâmica de atualização da própria equação. No caso da Covid-19, os parâmetros tende a apontar alterações em faixas contínuas de mais de 13 dias consecutivos. Aumentos contínuos em algum, ou ambos parâmetros promovem uma menor quantidade total de infectados, um pico de infectados menor ocorrendo em um prazo mais longo.

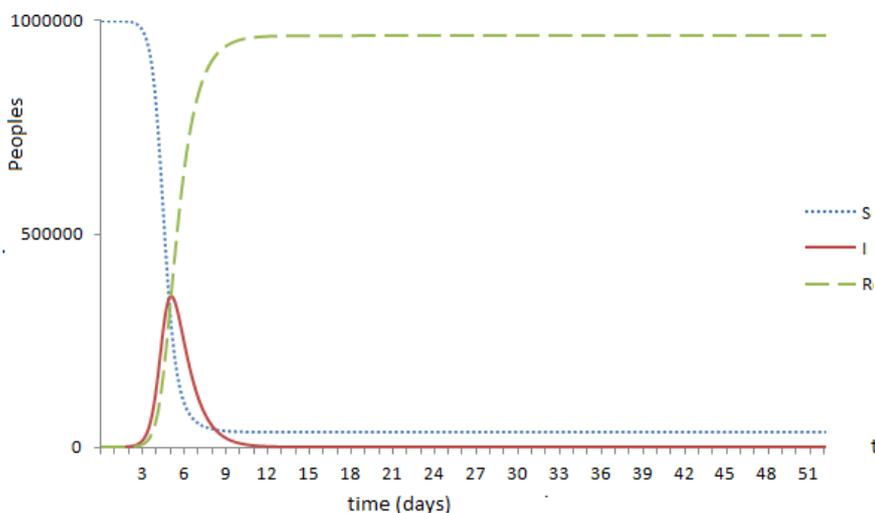


Figura 1: Representação do modelo descrito pelas equações (1) com parâmetros constantes

A Figura 2 representa o modelo relacionado às equações (1), supondo a população constante durante a epidemia, assim impõe limitações para o tamanho da população. Considerando 4 faixas de variações de parâmetros a primeira 18 dias dada por $\{0,2, \dots, 17\}$, a segunda dada por $\{18,19, \dots, 36\}$, a terceira sendo $\{37,38, \dots, 61\}$ e a quarta faixa de dias sendo a etapa final correspondente ao conjunto de dias $\{62,63, \dots, 90\}$.

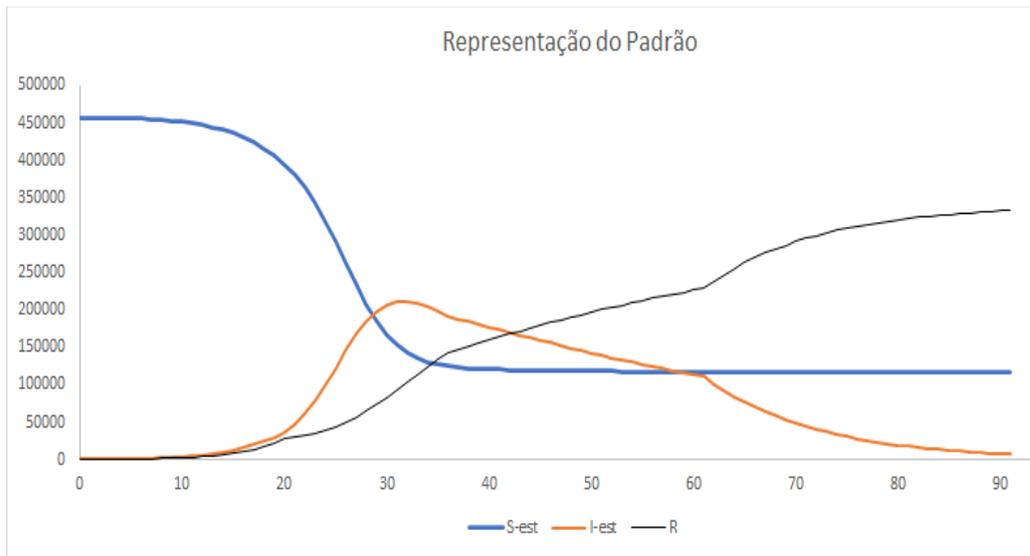


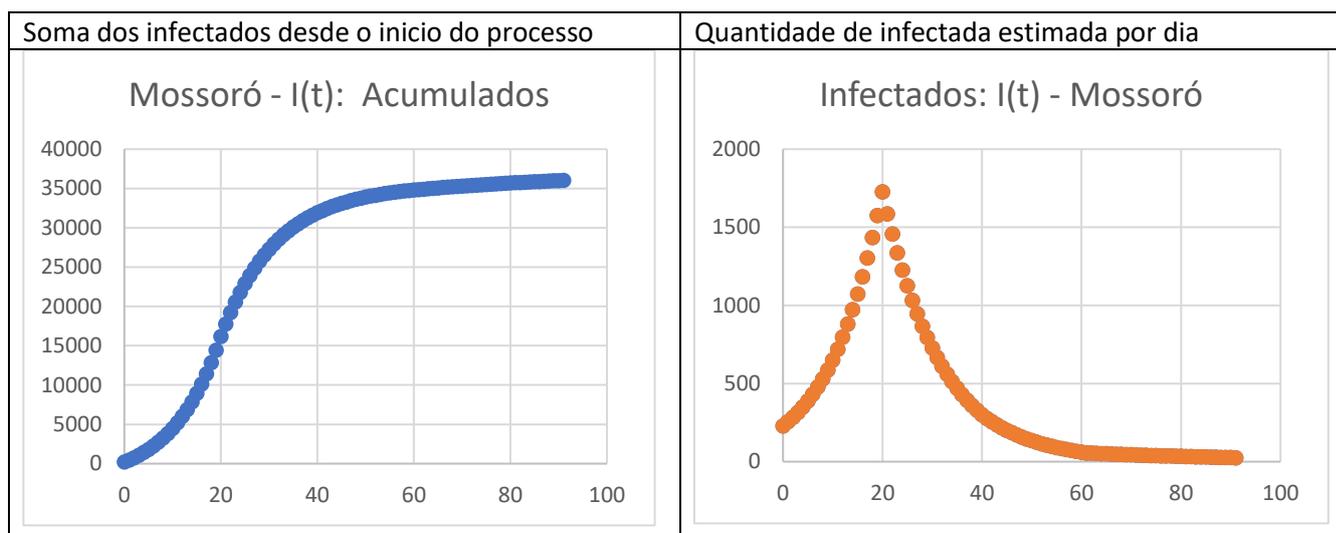
Figura 2: Representação do modelo descrito pela equação (1) com parâmetros variáveis

A proposta é estimar a quantidade da seguinte forma: Após aplicarmos o modelo de simulação de infectados em uma região, usa-se o método dos mínimos quadrados para ajustar uma função sigmoide que melhor se aproxima dos valores acumulados de infectados desde o início considerado / escolhido do processo.

3 Resultados

Com os critérios estabelecidos para estimar a quantidade de pessoas infectadas pela Covid-19 para algumas regiões de saúde do RN.

- 1) A simulação do modelo realizado para a cidade de Mossoró-RN, aponta uma estimativa de 36000 pessoas infectadas na cidade durante o processo epidêmico, estimado em torno de 90 dias.

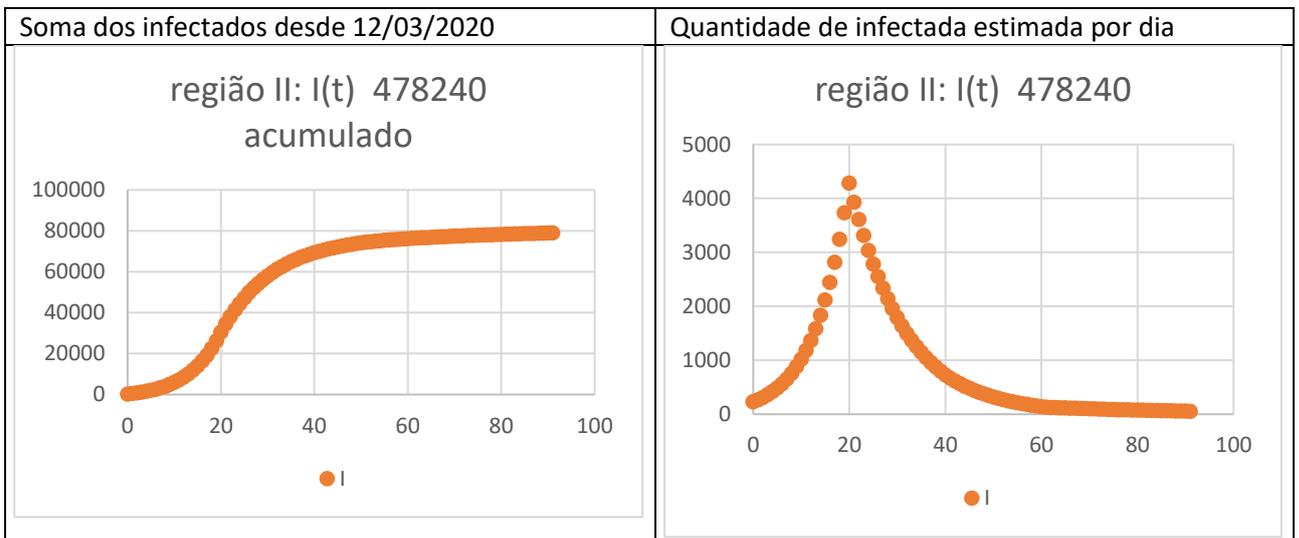


Desta forma os valores diários do total infectado, partido do princípio do dia inicial (zero) sendo 12/03/2020. A função que estima a quantidade de acumulada de infectados em função do tempo:

$$Inf(x) = 20 + \frac{36580}{1 + 1.5e^{-0,317(x-37,2)}}$$

Por exemplo, no vigésimo sétimo dia após início do processo, o modelo estima o valor tomando $x = 27$ logo teríamos cerca de 953 pessoas infectadas em Mossoró desde o dia inicial.

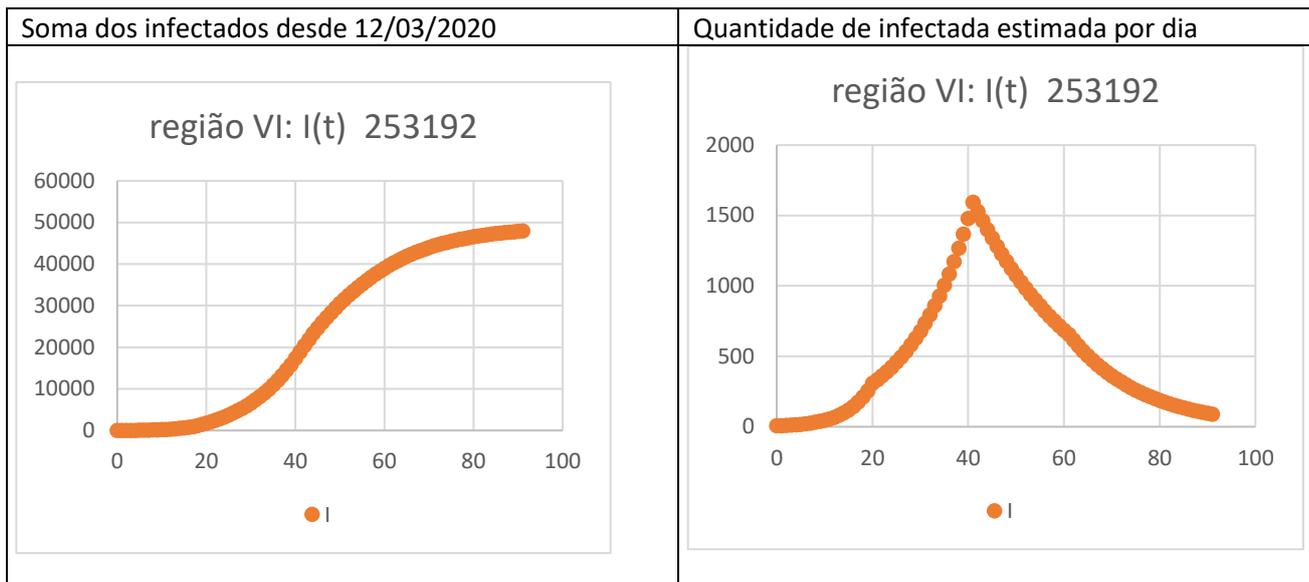
- 2) A 2ª Região de Saúde do Rio Grande do Norte, ou Região II, abrange 14 (quatorze) municípios, a saber: Apodi, Areia Branca, Augusto Severo, Barauna, Caraúbas, Felipe Guerra, Grossos, Governador Dix-Sept Rosado, Janduís, Messias Targino, Mossoró, Serra do Mel, Tibau e Upanema com uma população em torno de 478240 pessoas, aponta uma estimativa de 78988 pessoas infectadas na Região II durante o processo epidêmico, estimado em torno de 90 dias.



Função de estimativa para Região II para o acumulado de infectados em função do tempo

$$Inf(x) = 32,20 + \frac{81017,80}{1 + 1.47e^{-0,297(x-36,81)}}$$

- 3) A VI Região de Saúde do Estado do Rio grande do norte abrange os municípios de Água Nova, Alexandria, Almino Afonso, Antônio Martins, Coronel João Pessoa, Doutor Severiano, Encanto, Francisco Dantas, Frutuoso Gomes, Itaú, João Dias, José da Penha, Lucrécia, Luiz Gomes, Major Sales, Marcelino Vieira, Martins, Olho d'Água dos Borges, Paraná, Patu, Pau dos Ferros, Pilões, Portalegre, Rafael Fernandes, Rafael Godeiro, Riacho da Cruz, Riacho de Santana, Rodolfo Fernandes, São F. do Oeste, São Miguel, Severiano Melo, Tabuleiro Grande, Tenente Ananias, Umarizal e Viçosa e possui uma população de 253.192 pessoas. A simulação do modelo realizado para esta região do estado aponta uma estimativa de 47884 pessoas infectadas na Região VI durante o processo epidêmico, estimado em torno de 90 dias.

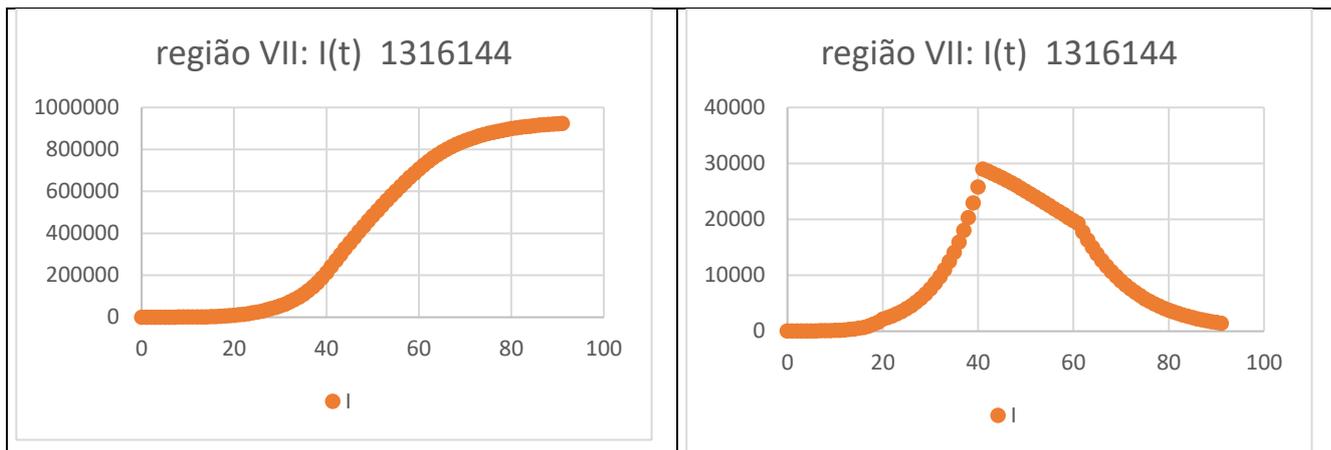


A expressão matemática de estimação de quantidade de infectados na Região VI é dada por:

$$Inf(x) = 26,55 + \frac{34753,45}{1 + 1,437e^{-0,285(x-39,82)}}$$

- 4) A Região VII de saúde do estado do Rio Grande do Norte, envolvendo a capital Natal e a região metropolitana do estado, a Região VII possui uma população em torno de 1357366 pessoas. A simulação do modelo realizado para esta região do estado, aponta uma estimativa de 922093 pessoas infectadas na Região VII durante o processo epidêmico, estimado em torno de 90 dias.

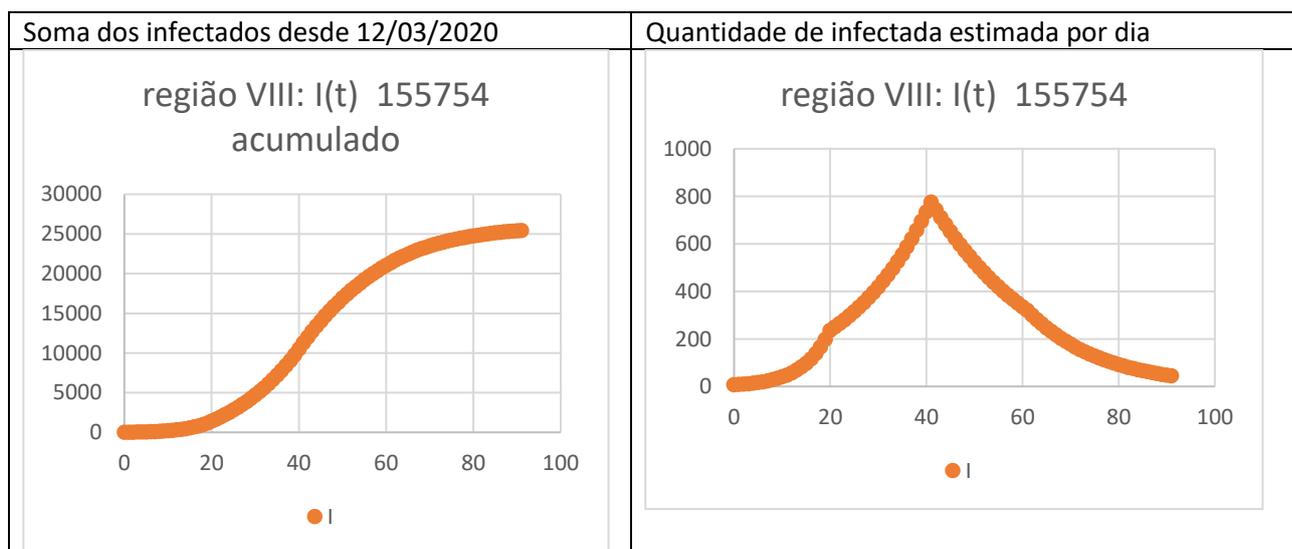
Soma dos infectados desde 12/03/2020	Quantidade de infectada estimada por dia



A expressão de estimativa para a quantidade acumulada de infectados na Região VII é dada pela função:

$$Inf(x) = 24,5 + \frac{99975,5}{1 + 1,478e^{-0,3125(x-33,82)}}$$

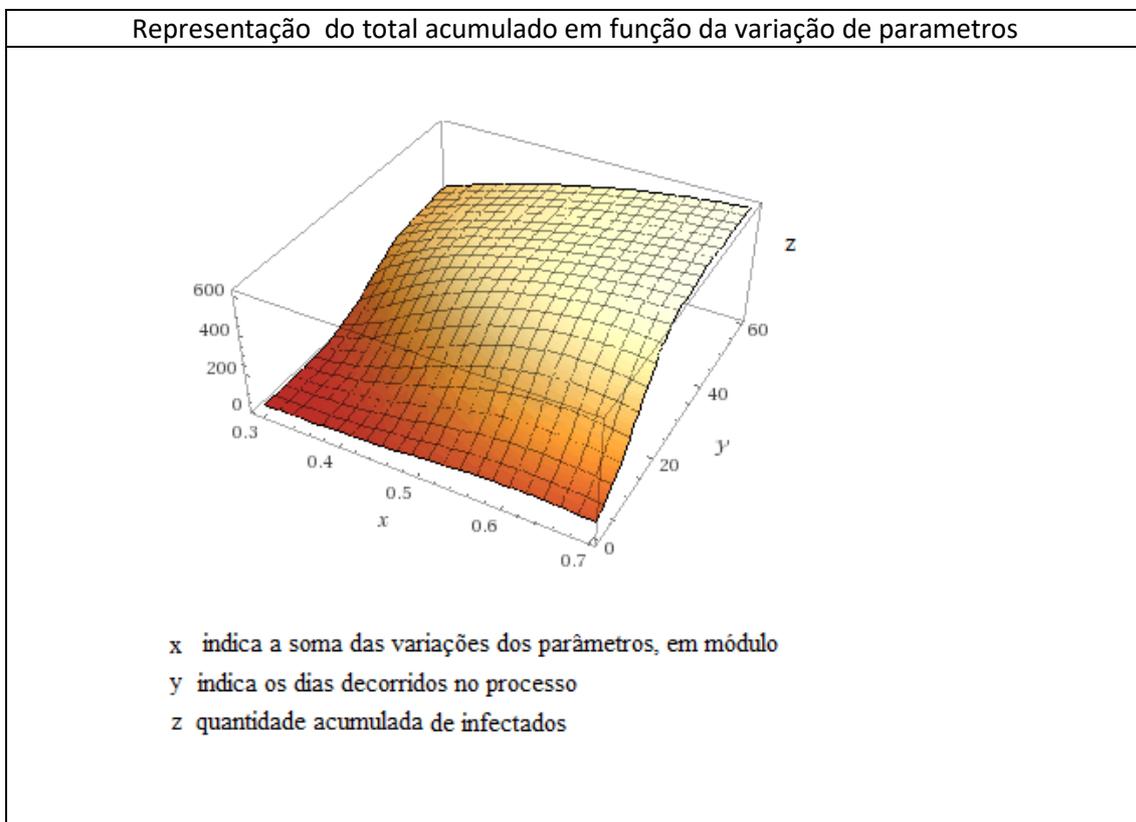
- 5) A VIII Região de Saúde do Estado do Rio grande do norte é composta pelos municípios de Açu, Alto do Rodrigues, Angicos, Carnaubais, Fernando Pedrosa, Ipanguaçu, Itajá, Paraú, Pendências, Porto do Mangue, São Rafael e Triunfo Potiguar e possui uma população 155.754 pessoas. A simulação do modelo realizado para esta região do estado aponta uma estimativa de 25414 pessoas infectadas na Região VII durante o processo epidêmico, estimado em torno de 90 dias.



A Função de estimativa para região VIII é dada por:

$$Inf(x) = 23,75 + \frac{25026,25}{1 + 1,52e^{-0,2775(x-34,91)}}$$

Naturalmente, a reação que a sociedade de cada região tomar, interfere decisivamente nos parâmetros ao longo do processo, o que altera as estimativas. De qualquer forma, é importante que as decisões tenham sempre um embasamento científico de alto nível, a direção apontada por especialistas permite um percurso menos traumática para a sociedade, em um ambiente complexo como este que envolve a realidade de lidar com uma pandemia. O gráfico abaixo ilustra variação da curva de infectados acumulada em função da variação dos parâmetros α e β , que por sua vez alteram em função da real atitude tomada pela comunidade no que diz respeito ao enfrentamento à epidemia.



Na representação acima, é considerado uma faixa de 60 dias, em que o parâmetro α varia entre 0,08 e 0,13. O parâmetro β varia entre 0,28 e 0,71

4 Considerações Finais

Conforme foi observado por Volpe, a situação no estado é bem dispersa, há uma variedade de realidades em todo o estado. A consideração a fazer é que cada estado tem uma evolução diferente do número de casos, por isso, a metodologia aqui aplicada pode gerar distorções pela ausência de série histórica relevante, especialmente nos estados com poucas notificações.

De acordo com Plano de Contingência Nacional para infecção humana pelo novo Coronavírus Covid-19 do ministério da Saúde do Brasil, o país adota a ferramenta de classificação de emergência em três níveis, seguindo a mesma linha utilizada globalmente na preparação e resposta em todo o mundo. Deste modo, recomenda-se que as Secretarias de Saúde dos Municípios, Estados e Governo Federal, bem como serviços de saúde pública ou privada, agências, empresas tomem nota deste plano na elaboração de seus planos de contingência e medidas de resposta. Toda medida deve ser proporcional e restrita aos riscos vigentes. Nesse sentido, é de fundamental importância que as regiões de saúde de cada estado disponha de meios inteligentes para avaliar a dinâmica de espalhamento do vírus de forma mais realista possível.

É importante destacar que o acompanhamento do espalhamento da Covid-19, leve em conta aspectos geográficos e a rotas de conexão intra e extra regional, dado que o vírus é espalhado pelo deslocamento das pessoas e mercadorias. Nesse sentido, é necessário realizar modelos matemáticos, que podem ser feitos com mineração de dados, que busque descritores com modelos matemáticos e geógrafos da saúde, os modos de dispersão (da doença) no Estado do Rio Grande do Norte, e fazer um mapeamento das rotas de dispersão do novo coronavírus, que leva em conta a densidade populacional, o grau de integração por rotas de transporte e à distância dos polos de maior foco do coronavírus já conhecidos. Ampliar a testagem e descentralizar ações de atendimento terá mais eficiências a partir do uso deste tipo de modelagem como elemento estratégico. Ao que percebemos que algumas cidades-polo precisam de um isolamento ainda maior, de forma a reduzir a interiorização desse vírus e a sua dispersão pelo estado.

5 Referências Bibliográficas

EDELSTEIN-KESHET, L.. *Mathematical Models in Biology*. SIAM. (2005)

ESTEVA, L; VARGAS, C. Analysis of a dengue disease transmission model. *Mathematical biosciences*, v. 150, n. 2, p. 131- 151, 1998.

JACÍMOVSKI , J. KEKIĆ , D. A mathematical SIR model for epidemic emergency, *ResearchGate*, 2010.

CHEN, T.M, RUI, J., WANG, Q.P, ZAO, Z.Y., CUI, J.A, YIN, L., A mathematical model for simulating the phase-based transmissibility of a novel Coronavirus, *Research Article*, 2020.

HEETHCOTE, H.W., *The Mathematics infectious diseases*, SIAM, review 42(4): 599-553.

NOORANI, S, SIDE, S A SIR model for spread of dengue fever disease (simulation for South Sulawesi, Indonesia and Selangor, Malaysia), *World Journal of Modelling and Simulation*, Vol. 9, No 2, pp 96-105, 2013.

DIEKMANN, O., HESTERBEEK, A., *Mathematical epidemiology of infectious diseases*. John Wiley, Chichester, 2000

VOLPE, R. A. G. Possíveis cenários do Covid-19 no RN e levantamento de leitos necessários.

Organização Mundial da Saúde. Novas orientações técnicas para o Coronavírus (2019-nCoV). <https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/technical-guidance>

Organização Mundial da Saúde. Novas orientações técnicas para o Coronavírus (2019-nCoV). <https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/technical-guidance>

DIÁRIO OFICIAL DA UNIÃO (2015). Portaria no 1.631. Disponível em: <
<https://portalarquivos.saude.gov.br/images/pdf/2015/outubro/02/ParametrosSUS.pdf> >