

# UMA PERSPECTIVA MATEMÁTICA DO AVANÇO DO COVID-19 NO RIO GRANDE DO NORTE

*Prof. Augusto Macedo*



**COOPMED-RN**

COMPROMISSO COM A VIDA

*ABRIL 2020*

**1**

**EPIDEMIOLOGIA  
MATEMÁTICA**

## OBJETIVO

mostrar como podemos compreender o avanço de uma epidemia viral a partir de alguns gráficos relativamente simples e que se repetem com padrões bem definidos.

# Teoria de Kermack-McKendrick

A população é dividida em compartimentos que refletem o estado em que os indivíduos se encontram no desenvolvimento da doença.



### SUSCEPTÍVEIS

-----  
pessoas que não pegaram a doença e podem se infectar.



### INFECTADOS

-----  
pessoas que se encontram doentes.



### REMOVIDOS

-----  
pessoas que já se curaram, e que, portanto, têm imunidade ao menos temporária ou foram a óbito.

O número de infectados (I) aumenta, e o número de susceptíveis (S) diminui, à medida em que ocorrem interações entre pessoas do grupo dos infectados e pessoas do grupo dos susceptíveis.

**2**

**MODELOS  
MATEMÁTICOS**

## MODELO SI

No modelo SI, não há recuperação dos indivíduos. Os susceptíveis passam à classe dos infectados pelo contato com indivíduos já infectados não havendo a classe dos removidos. Não é um modelo ideal para descrever o COVID-19



## MODELO SIRS

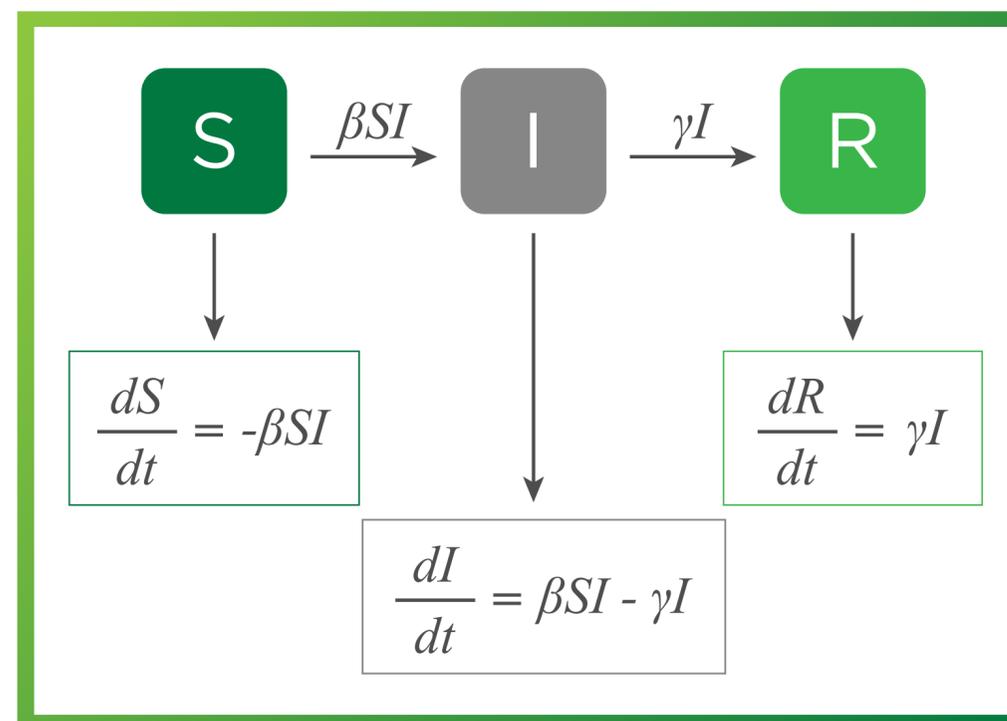
No modelo SIRS, os indivíduos infectados se recuperam, mas não adquirem imunidade ou adquirem apenas temporariamente, portanto, voltam à classe dos susceptíveis.



Não parece em primeira análise ser esse o comportamento do COVID-19, entretanto, é importante o aprofundamento da evolução dessa doença, pois no momento que redigimos esse texto (meados de abril de 2020) a própria OMS – Organização Mundial de Saúde não tinha evidências sobre o comportamento real da classe dos removidos.

## MODELO SIR

No modelo SIR, os infectados recuperam e adquirem imunidade à doença, ou morrem, passando, para a categoria dos removidos.



O termo  $\frac{dS}{dt}$  é a velocidade com que os susceptíveis **S** se transformam em infectados **I**. Essa velocidade depende de 3 fatores:  $\beta$ , **S** e **I**. Como já dizemos, **S** representa o número de susceptíveis e **I** o número de infectados. O parâmetro  $\beta$  é a taxa de infecção, que geralmente é variável no tempo.

## Projeção de infectados e de mortos pelo coronavírus no Rio Grande do Norte

DATA	INFECTADOS	ÓBITOS
06/03/2020	1	0
10/03/2020	3	0
14/03/2020	11	0
19/03/2020	29	0
23/03/2020	70	0
28/03/2020	166	1
01/04/2020	393	2
05/04/2020	924	5
10/04/2020	2.171	12
14/04/2020	5.108	28
19/04/2020	12.030	67
23/04/2020	28.339	157
27/04/2020	66.774	371
02/05/2020	157.354	874
06/05/2020	370.819	2.060
11/05/2020	873.864	4.854
15/05/2020	2.048.587	11.378

Fonte: SESAP/RN

Na planilha da SESAP, no dia 19 de abril de 2020, teríamos 12.030 infectados e 67 mortes. Os números nessa data foram de 531 contaminados e 25 óbitos.

O que aconteceu para que os números tenham ficado tão longe da realidade?

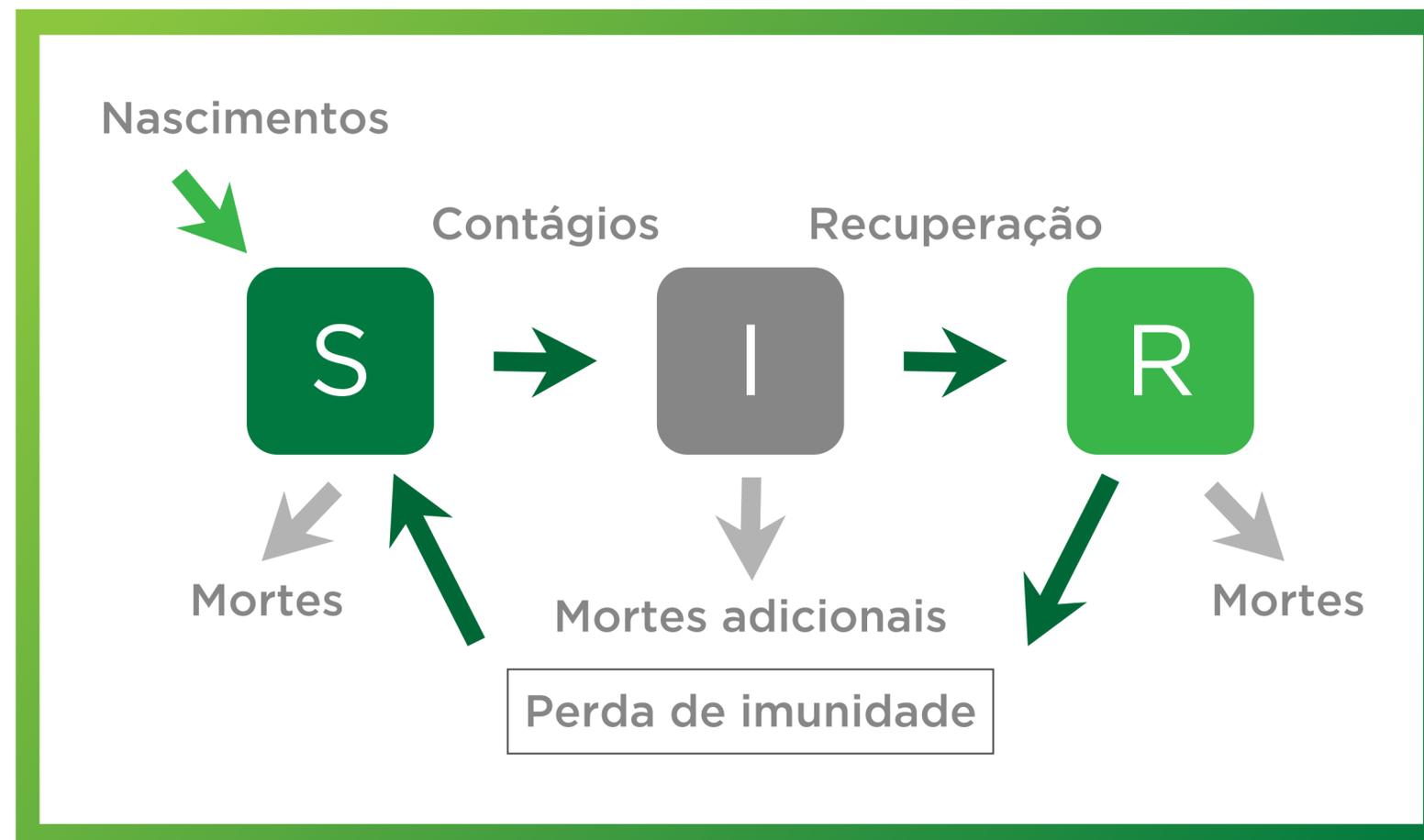
Quem construiu a planilha imaginou, de forma equivocada, que a taxa de infecção se mantém constante no tempo, ou seja, temos um comportamento exponencial permanente, em outras palavras, o número de infectados crescem em uma progressão geométrica (PG) de razão constante.

É fácil perceber que se dividirmos um termo da sequência do número de infectados pelo termo anterior teremos aproximadamente 2,4. Foi isso que o construtor da tabela fez, criou uma PG de razão aproximadamente igual a 2,4. O problema é que a variação do ritmo de infectados, como já comentamos, pode até começar com valores maiores que 2,4, mas ele tenderá a diminuir no decorrer do tempo. No ritmo da planilha, todo o estado estaria infectado antes de 19 de maio, posto que temos menos de 3,5 milhões de habitantes.

DATA	INFECTADOS	RAZÃO
06/03/2020	1	-
10/03/2020	3	3,0
14/03/2020	11	3,7
19/03/2020	29	2,6
23/03/2020	70	2,4
28/03/2020	166	2,4
01/04/2020	393	2,4
05/04/2020	924	2,4
10/04/2020	2.171	2,3
14/04/2020	5.108	2,4
19/04/2020	12.030	2,4
23/04/2020	28.339	2,4
27/04/2020	66.774	2,4
02/05/2020	157.354	2,4
06/05/2020	370.819	2,4
11/05/2020	873.864	2,4
15/05/2020	2.048.587	2,3
19/05/2020	4.711.750	2,3

## ISOLAMENTO SOCIAL

É a tentativa de diminuir o fluxo dos susceptíveis para os infectados. Perceba que esse procedimento reduz o tempo de transição entre esses 2 “compartimentos”, mas não impede necessariamente o contágio.



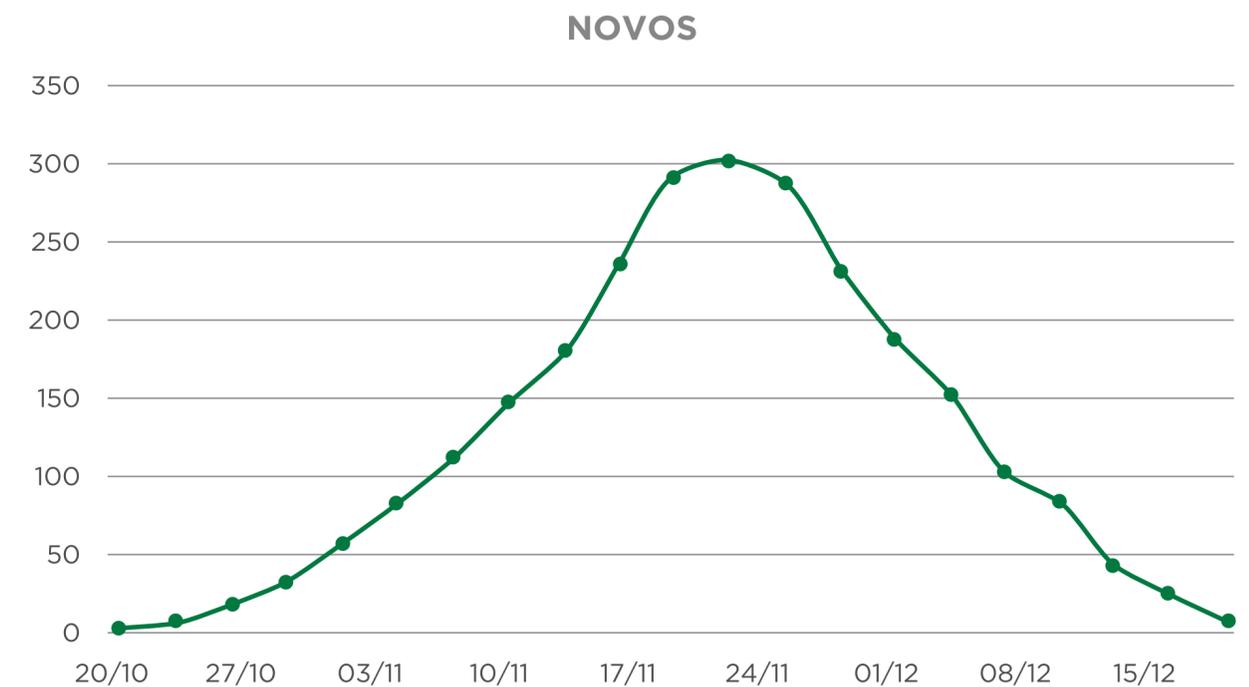
**3**

**COMPORTAMENTO  
GRÁFICO DO AVANÇO  
DE UMA EPIDEMIA VIRAL**

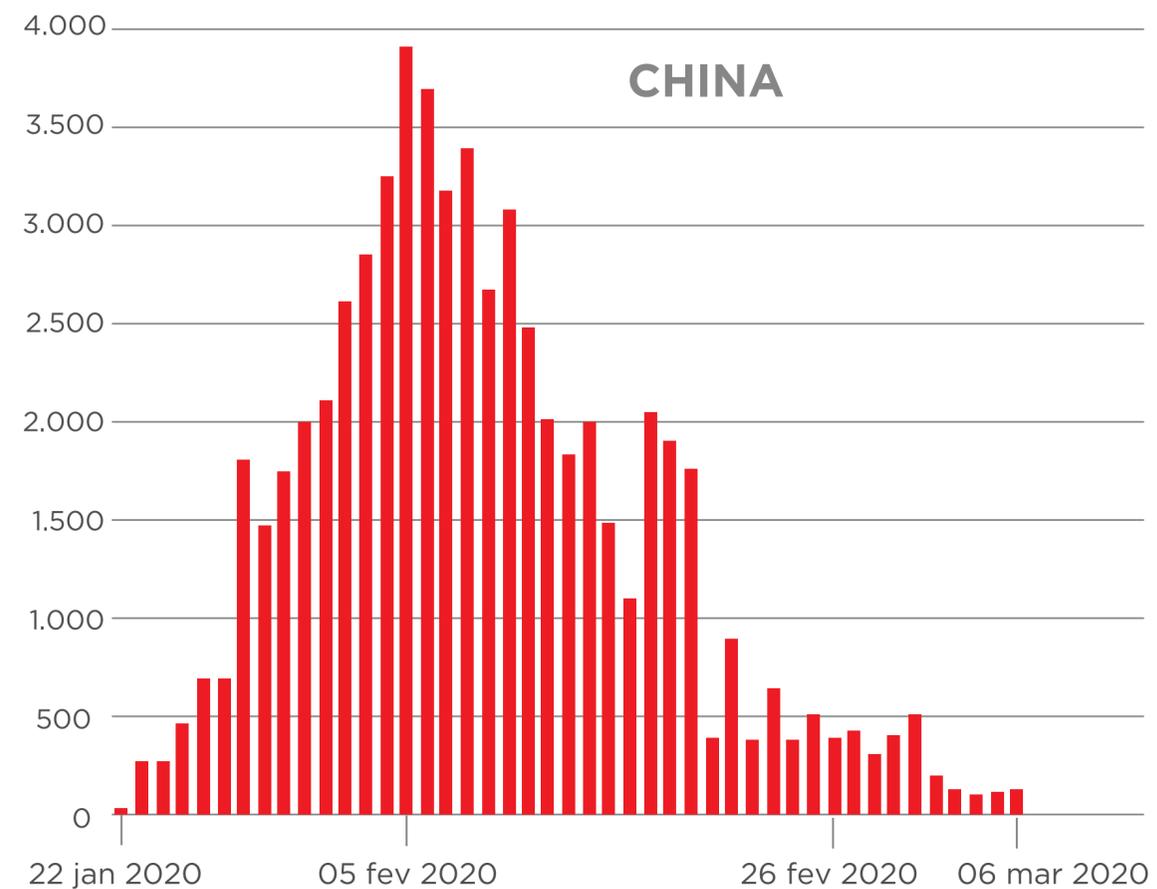
Um aspecto importante na evolução de uma epidemia viral é a impossibilidade de termos um crescimento exponencial permanente. A taxa de infecção começa com um valor pequeno (poucos infectados inicialmente), em seguida cresce com o aumento dos infectados, podendo atingir valores altos, porém, com a diminuição dos susceptíveis, essa taxa diminuirá ao longo do tempo.

A tabela seguinte mostra um ritmo de infecção onde o número de infectados cresce inicialmente, atinge um pico e decresce após esse máximo.

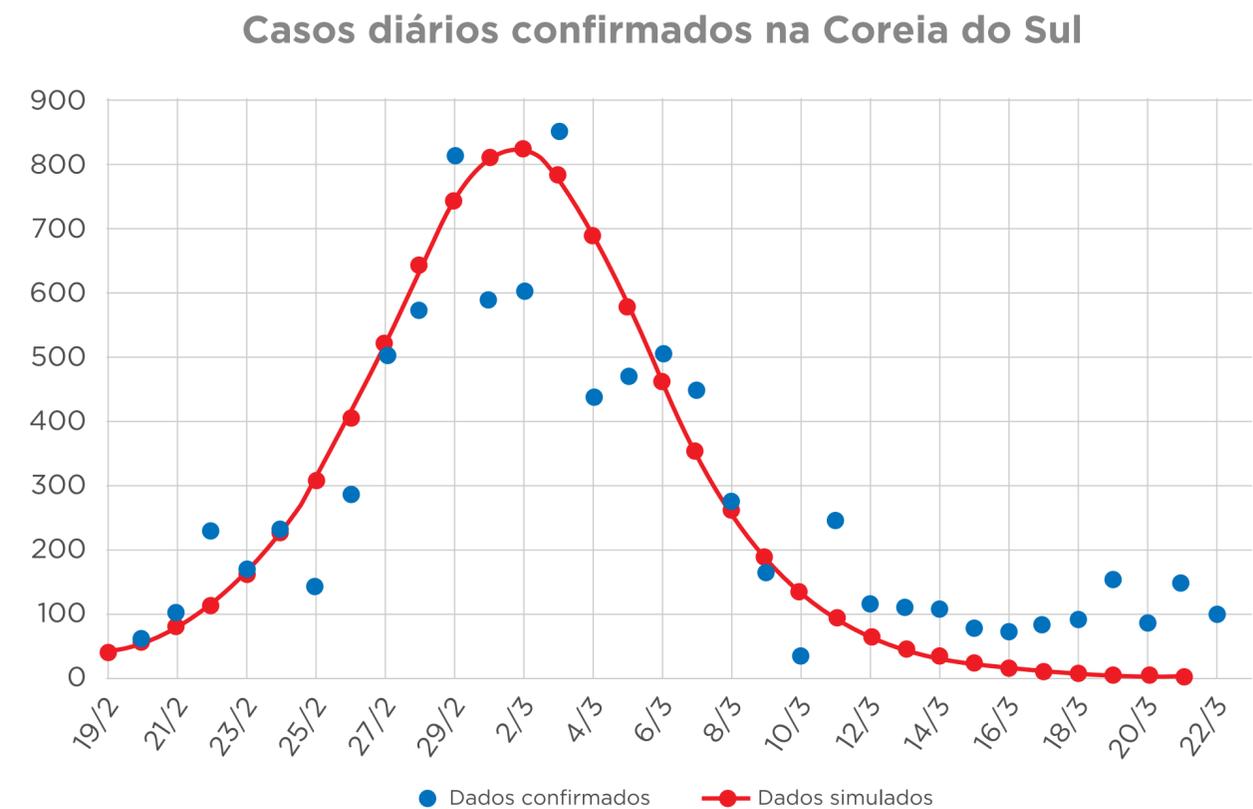
DATA	NOVOS	ACUMULADOS
20/10	1	1
23/10	4	5
26/10	15	20
29/10	30	50
01/11	55	105
04/11	81	186
07/11	110	296
10/11	145	441
13/11	180	621
16/11	235	856
19/11	290	1146
22/11	300	1446
25/11	285	1731
28/11	230	1961
01/12	185	2146
04/12	150	2296
07/12	100	2396
10/12	80	2476
13/12	40	2516
16/12	22	2538
19/12	5	2543



O gráfico abaixo registra o número de casos de contaminação por coronavírus na China de 22 de janeiro de 2020 a 6 de março de 2020. Fica fácil perceber que existe um padrão na distribuição de casos. É possível enxergar um perfil para a curva de distribuição.



No gráfico seguinte, os pontos representam os casos confirmados de infecção por coronavírus na Coreia do Sul entre os dias 19 de fevereiro de 2020 e 22 de março de 2020. Perceba que é possível aproximar uma curva padrão a partir desses registros.



Na curva dos acumulados percebemos duas etapas. Na **fase 1**, a curva vai crescendo, inicialmente de forma lenta para depois crescer mais rapidamente. Isso ocorre porque, no processo de contágio, a taxa de infecção é menor inicialmente (poucos infectados) e vai aumentando com o acréscimo de mais infectados. Não esqueça que isso tem um limite. Os susceptíveis vão diminuindo e conseqüentemente, a taxa de infecção começa a decrescer. Estamos na **fase 2**, onde a curva começa a suavizar.

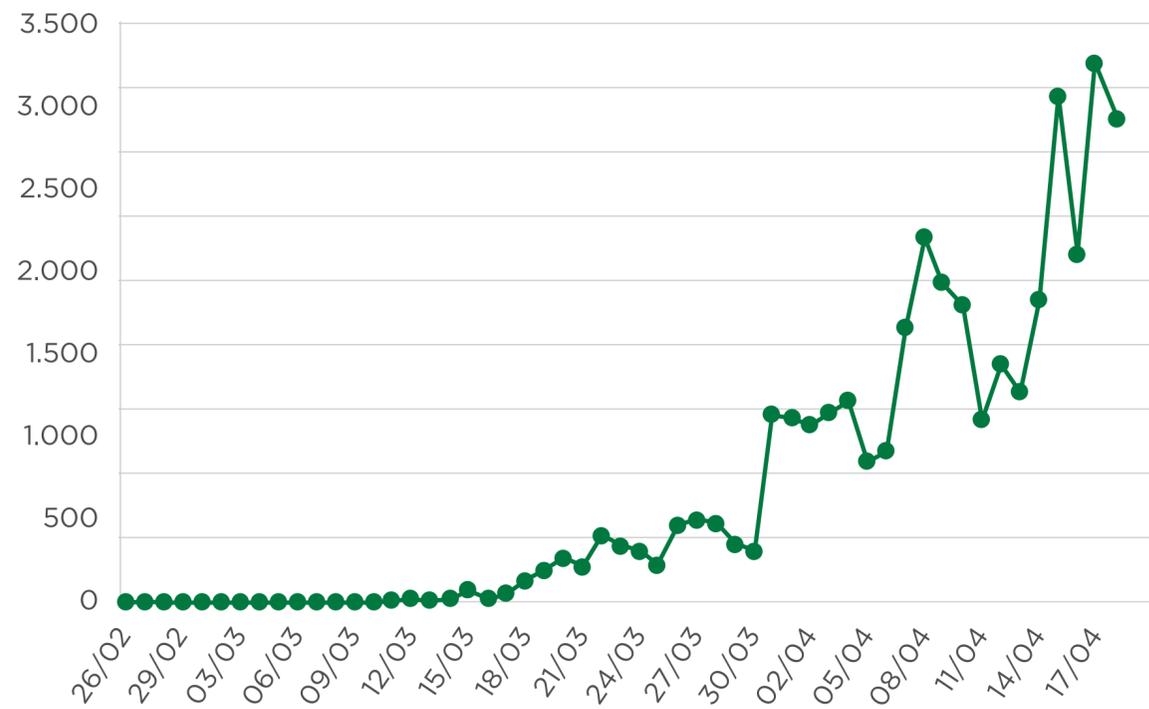
DATA	NOVOS	ACUMULADOS
20/10	1	1
23/10	4	5
26/10	15	20
29/10	30	50
01/11	55	105
04/11	81	186
07/11	110	296
10/11	145	441
13/11	180	621
16/11	235	856
19/11	290	1146
22/11	300	1446
25/11	285	1731
28/11	230	1961
01/12	185	2146
04/12	150	2296
07/12	100	2396
10/12	80	2476
13/12	40	2516
16/12	22	2538
19/12	5	2543



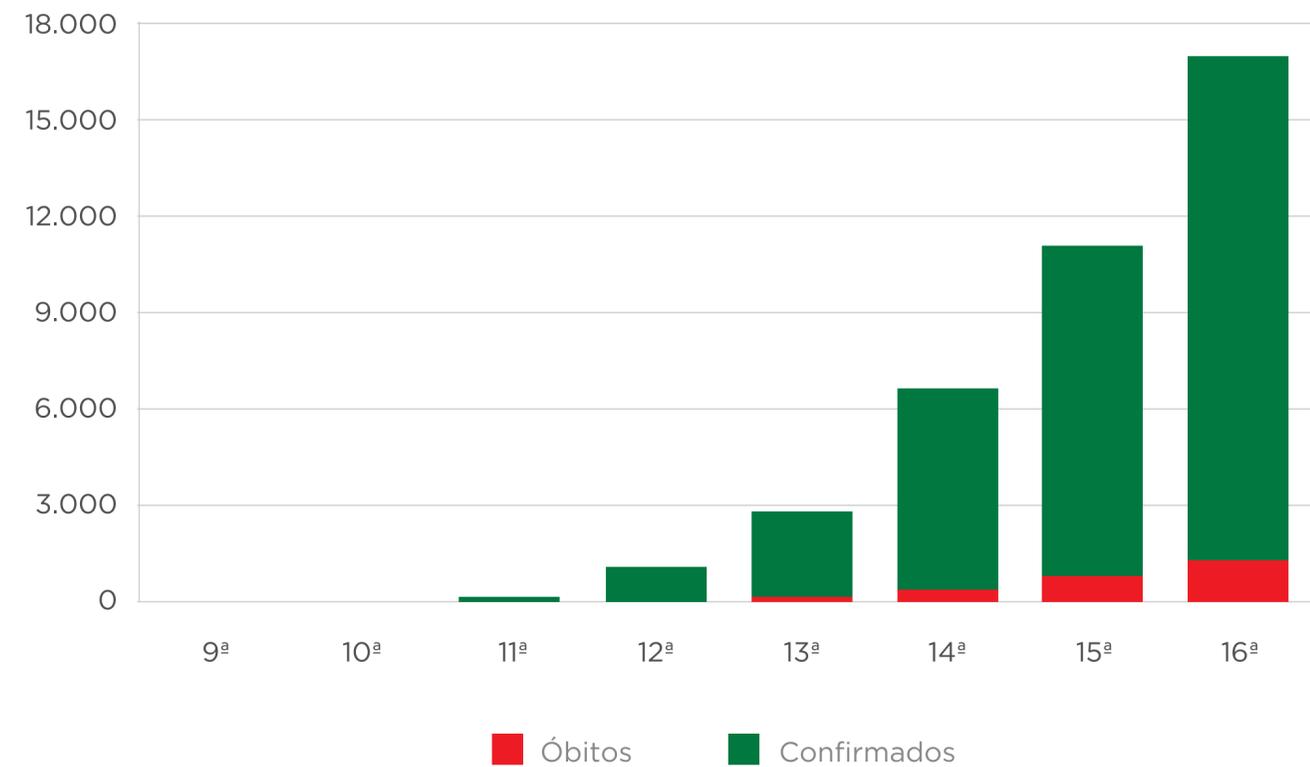
**Preste muita atenção.** Quando a contaminação atinge o pico, o número de infectados continua crescendo (fase 2), porém em um ritmo mais lento, cada vez menor. Logo após o pico ser atingido, podemos ter ainda elevados números de novos contaminados. **Qualquer medida preventiva que por ventura tenha sido adotada, não deverá ser abandonada imediatamente após o pico ser atingido.**

É possível estimar que estamos nitidamente na fase 1. Se concentrarmos os dados, usando a semana como referência de tempo, fica mais nítido ainda o comportamento da fase 1.

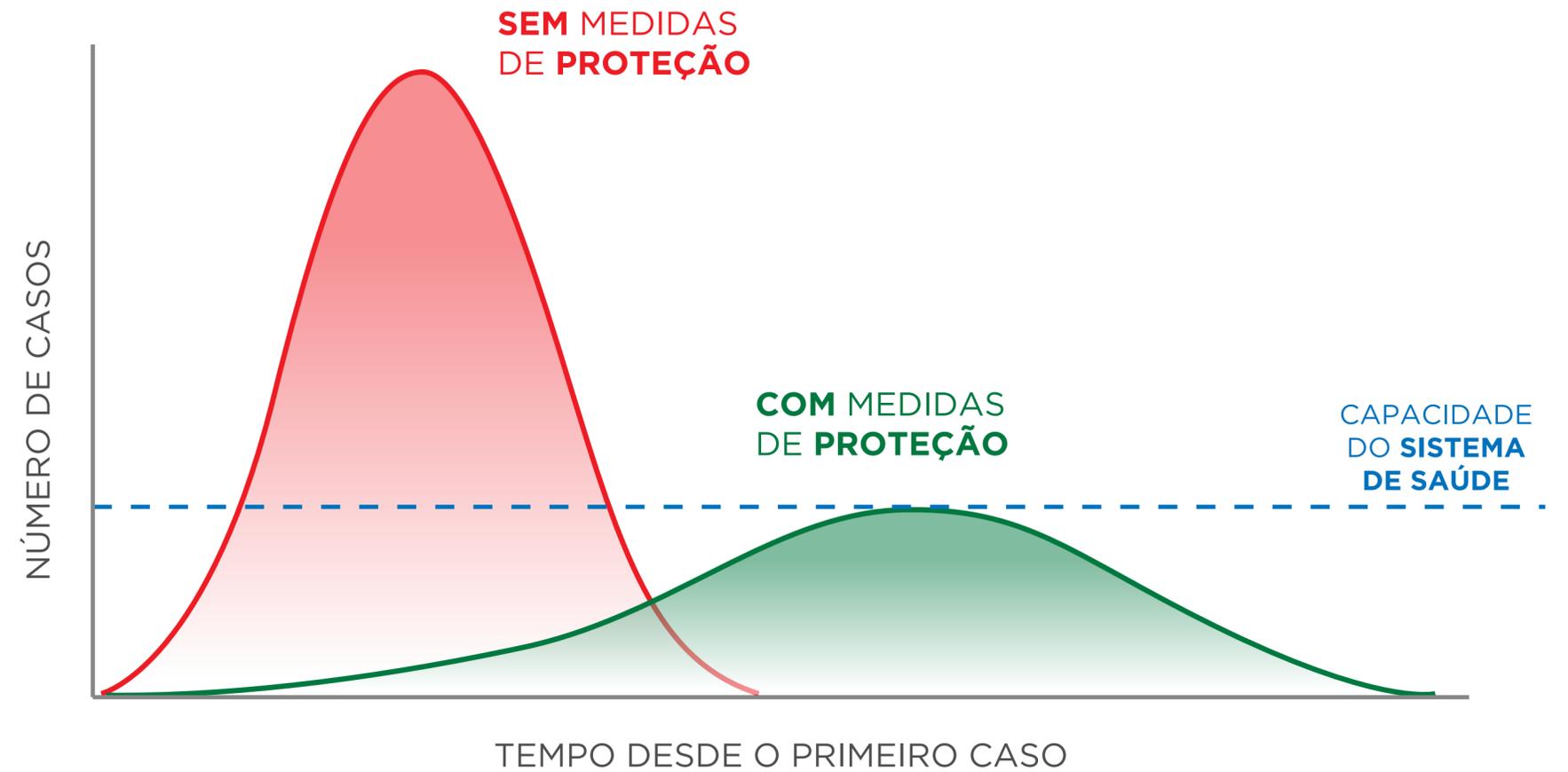
Casos acumulados por dia - Brasil



Casos por semana epidemiológica - Brasil



O **ISOLAMENTO SOCIAL** procura diminuir o pico da epidemia e deslocá-lo no tempo para uma data posterior. Podemos perceber isso no gráfico seguinte.



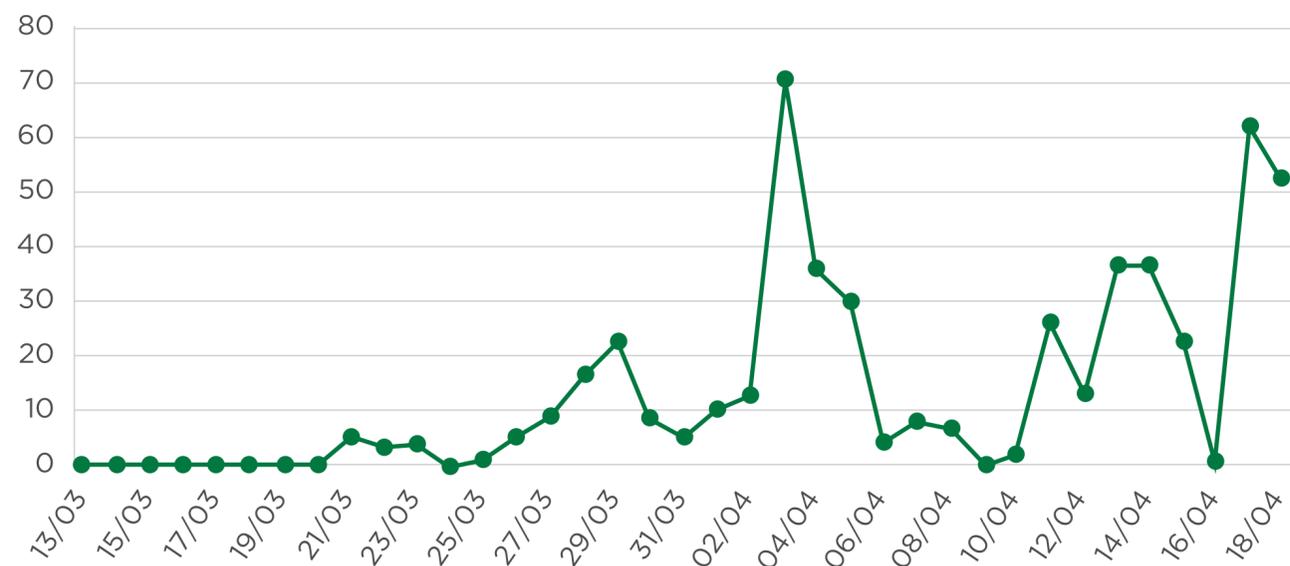
**4**

**DADOS DO AVANÇO  
DO COVID-19 NO  
RIO GRANDE DO NORTE**

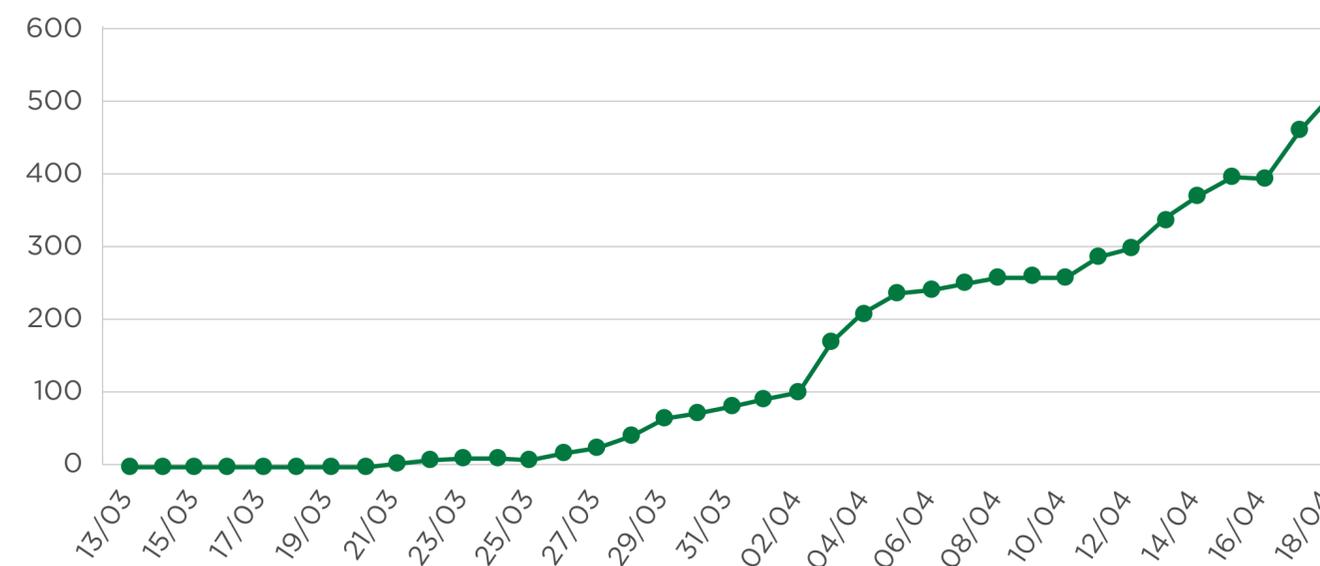
Percebe-se que no gráfico dos novos casos ainda não existe um padrão definido, enquanto no gráfico dos casos acumulados, percebe-se com mais clareza que estamos na fase 1.

A falta de uma política consistente em relação a identificação dos infectados através de testes é claramente um fator impedor de uma análise matemática mais precisa para a epidemia do COVID-19 no Rio Grande do Norte.

Casos Novos



Casos Acumulados



os meses de abril e maio de 2020 registrarão um avanço na contaminação.

**5**

**CONCLUSÕES**

## ATENÇÃO

A pobreza dos dados de campo e a sua irregularidade, fruto provavelmente da dificuldade de realização de testes, traz um imenso problema para a gestão de leitos e a aquisição e uso de insumos.

Em relação a COOPMED-RN é importante alertar:

---

1

para a cobrança aos contratantes de boas condições para a realização do trabalho, principalmente no que se refere aos Equipamentos de Proteção Individual (EPI), haja vista a rápida disseminação desse vírus, especialmente nessa fase inicial (fase 1);

2

para o cuidado com as escalas, principalmente nos meses seguintes (maio, junho e julho) pois a demanda vai aumentar consideravelmente (vamos avançar na fase 1) e teremos alguns profissionais afastados do trabalho por diversos fatores: grupo de risco, contaminação, stress e outras doenças. Prevejo que teremos dias de muita tensão nesses meses.

3

para um rígido acompanhamento das faturas, principalmente de instituições públicas, pois as mesmas terão uma redução de receitas nesse período e essa ajuda federal tem um limite também.



**COOPMED-RN**

COMPROMISSO COM A VIDA

[WWW.COOPMEDRN.ORG.BR](http://WWW.COOPMEDRN.ORG.BR)