

NOTA METODOLÓGICA

PROJEÇÃO DE CASOS CONFIRMADOS DE COVID-19 PARA O PARANÁ E PARA MACRORREGIÕES DE SAÚDE

*Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social (IPARDES),
vinculado à Secretaria do Planejamento e Projetos Estruturantes;
Superintendência de Desempenho Governamental (SDG),
pertencente à Casa Civil do Estado do Paraná.*

30 de Abril de 2020

PROJEÇÃO DE CASOS CONFIRMADOS DE COVID-19 PARA O PARANÁ E PARA MACRORREGIÕES DE SAÚDE

A presente nota expõe os procedimentos aplicados para projeção de casos confirmados de COVID-19 por macrorregião de saúde e para o Paraná como um todo. Os exercícios são de natureza tendencial, proveniente de modelo estatístico, que procura capturar o comportamento histórico dos casos confirmados. Nessa linha, por ser um modelo puramente estatístico, o método difere dos modelos epidemiológicos compartimentais como forma de prever a evolução da epidemia.

As projeções têm como limite o prazo de 14 dias e são feitas a partir dos dados dos Boletins COVID-19 da Secretaria Estadual de Saúde do Paraná (SESA). São estimados quatro modelos, cada um correspondente a uma macrorregião de saúde: leste, oeste, noroeste e norte. A projeção para o estado do Paraná é obtida ao somar o total de cada região. Neste sentido, a abordagem é do tipo *bottom-up*, em que são feitas projeções para as menores unidades geográficas, que determinam a evolução de casos da unidade maior.

MODELO BÁSICO

Com vistas à apreciação da tendência primária da série observada, procede-se à aplicação de um modelo simples de ajuste de série temporal, ainda que desfavorecido pelo período curto de dados disponíveis.

Os modelos ARIMA são, em teoria, a classe mais geral de modelos para prever os valores futuros de uma série temporal estacionária, que caso não apresente essa característica, pode tornar-se estacionária por diferenciação.

Uma série temporal, é dita estacionária se suas propriedades estatísticas forem todas constantes ao longo do tempo. Uma série estacionária **não tem tendência**, suas variações em torno de sua média têm amplitude constante e oscilam de maneira consistente, ou seja, seus padrões de tempo aleatório de curto prazo sempre parecem os mesmos em um sentido estatístico. A série temporal estacionária se desenvolve no tempo aleatoriamente ao redor de uma média constante, refletindo alguma forma de equilíbrio estável. Na prática, a maioria das séries que encontramos apresentam algum tipo de não estacionariedade, no caso do estudo de avanço do Covid 19 no Estado do Paraná, a não estacionariedade está representada pela evidente tendência quadrática.

Um modelo ARIMA não sazonal é classificado como um modelo "ARIMA (p, d, q)", em que:

- **p** é o número de termos autorregressivos,
- **d** é o número de diferenças não sazonais necessárias para a estacionariedade e
- **q** é o número de erros de previsão atrasados na equação de previsão.

O acrônimo **ARIMA**, termo em inglês, significa *Autoregressivo Integrado de Média Móvel*. Os atrasos das séries estacionárias na equação de previsão são chamados de termos "autoregressivos", os atrasos dos erros de previsão são chamados de termos de "média móvel", e uma série temporal que precisa ser diferenciada para ficar estacionária é considerada "integrada" versão de uma série estacionária. Modelos de passeio aleatório e de tendência aleatória, modelos autoregressivos e modelos de suavização exponencial são todos casos especiais dos modelos ARIMA.

Especificamente, um modelo **ARIMA (0,1,0)**, confere a modalidade de *passeio aleatório*. Nesse caso, se a série Y não for estacionária, como é o caso da série de número de casos confirmados do Covid 19 para o Estado

do Paraná, o modelo mais simples possível para a mesma é, de fato, um modelo de passeio aleatório, que pode ser considerado um caso limitante de um modelo AR (1) no qual o coeficiente autoregressivo é igual a 1, isto é, uma série com reversão média infinitamente lenta. A equação de previsão para este modelo pode ser escrita como:

$$\hat{Y}_t - Y_{t-1} = \mu \quad \text{ou equivalente} \quad \hat{Y}_t = \mu + Y_{t-1}$$

A equação de previsão é simplesmente uma equação linear que se refere aos valores passados das séries temporais originais e aos valores passados dos erros.

Além disso, este modelo pode ser ajustado como um modelo de regressão sem interceptação, no qual a primeira diferença de Y é a variável dependente. Como inclui apenas uma diferença não sazonal e um termo constante, é classificado como um "modelo ARIMA (0,1,0) com constante". O modelo de passeio aleatório sem tração seria um modelo ARIMA (0,1,0) sem constante.

No caso das estimativas dos casos de Covid 19 no Paraná, o melhor ajuste foi obtido com o modelo ARIMA(0,1,2). Na tabela abaixo, estão apresentadas as previsões pontuais da expansão do Covid-19, para 14 dias e erros-padrão associados, por macrorregião de saúde, sendo o primeiro dia de previsão o dia 17/04/2020.

TABELA 01 ESTIMATIVA PONTUAL DO MODELO PARA ATÉ 14 DIAS DO NÚMERO TOTAL DE CASOS CONFIRMADOS DE COVID-19 NO ESTADO DO PARANÁ, POR MACROREGIÃO

	Dias a partir de 29/04/2020													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Leste	669	693	716	739	761	784	807	830	854	878	901	926	950	975
Norte	193	200	206	213	220	227	234	241	248	255	263	270	278	285
Noroeste	332	362	392	423	454	486	518	550	583	616	650	683	717	752
Oeste	240	251	263	273	284	295	306	317	329	340	351	363	374	386

TABELA 02 ERRO-PADRÃO DO MODELO PARA ATÉ 14 DIAS DO NÚMERO TOTAL DE CASOS CONFIRMADOS DE COVID-19 NO ESTADO DO PARANÁ, POR MACROREGIÃO

	Dias a partir de 29/04/2020													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Leste	10,4	18,7	26,0	33,0	40,1	47,4	54,9	62,5	70,4	78,6	87,0	95,6	104,4	113,5
Norte	4,6	7,3	9,8	12,4	15,0	17,8	20,6	23,6	26,7	29,9	33,1	36,5	40,0	43,6
Noroeste	7,8	13,0	18,6	24,5	30,8	37,5	44,6	52,1	59,9	68,0	76,5	85,3	94,5	103,9
Oeste	5,1	9,8	12,8	16,1	19,2	22,4	25,6	28,8	32,2	35,6	39,2	42,8	46,4	50,2

A partir do modelo estimado, foram estabelecidos três cenários para acompanhamento dos casos: otimista, tendencial e pessimista. Cada cenário corresponde a um número de erros-padrão distante da estimativa pontual do modelo: -0,5 para o cenário otimista, 1 para o cenário tendencial e 2,5 para o cenário pessimista. Ao aplicar estes critérios, tem-se as seguintes séries projetadas:

TABELA 03 CENÁRIOS PROJETADOS PARA ATÉ 14 DIAS DO NÚMERO TOTAL DE CASOS CONFIRMADOS DE COVID-19, MACRORREGIÃO LESTE

Cenário	Dias a partir de 29/04/2020													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Otimista	654	665	677	689	701	713	725	737	748	760	771	782	793	804
Tendencial	669	693	716	739	761	784	807	830	854	878	901	926	950	975
Pessimista	685	721	755	788	822	855	889	924	960	995	1032	1069	1107	1145

TABELA 04 CENÁRIOS PROJETADOS PARA ATÉ 14 DIAS DO NÚMERO TOTAL DE CASOS CONFIRMADOS DE COVID-19, MACRORREGIÃO NORTE

Cenário	Dias a partir de 29/04/2020													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Otimista	186	189	191	194	197	200	203	205	208	210	213	215	218	220
Tendencial	193	200	206	213	220	227	234	241	248	255	263	270	278	285
Pessimista	200	210	221	231	242	253	264	276	288	300	312	325	338	351

TABELA 05 CENÁRIOS PROJETADOS PARA ATÉ 14 DIAS DO NÚMERO TOTAL DE CASOS CONFIRMADOS DE COVID-19, MACRORREGIÃO NOROESTE

Cenário	Dias a partir de 29/04/2020													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Otimista	320	342	364	386	408	430	451	472	493	514	535	555	576	596
Tendencial	332	362	392	423	454	486	518	550	583	616	650	683	717	752
Pessimista	343	381	420	460	501	542	585	628	673	718	764	811	859	907

TABELA 06 CENÁRIOS PROJETADOS PARA ATÉ 14 DIAS DO NÚMERO TOTAL DE CASOS CONFIRMADOS DE COVID-19, MACRORREGIÃO OESTE

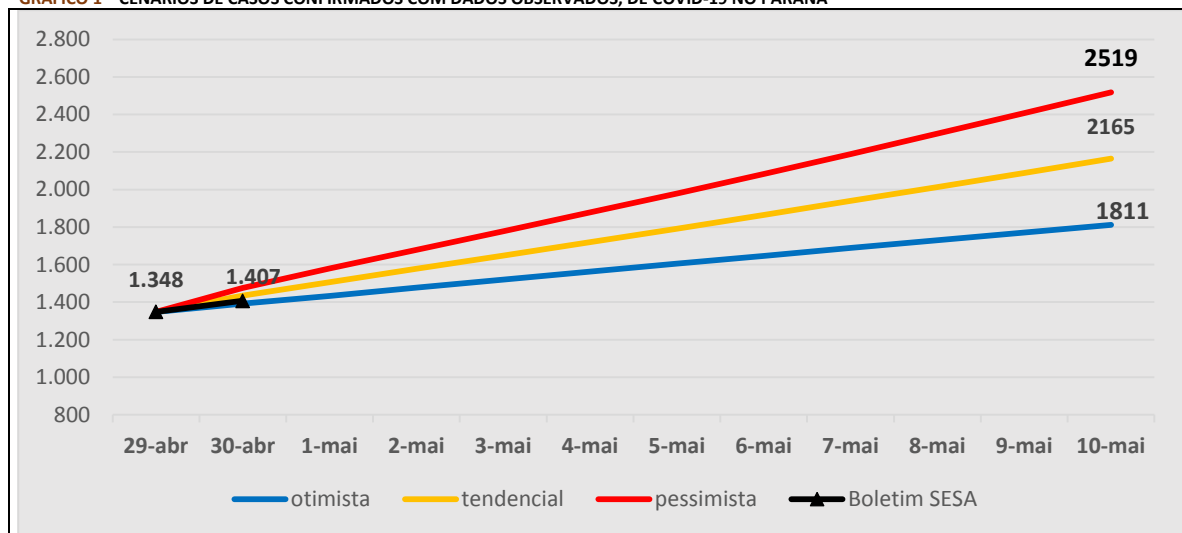
Cenário	Dias a partir de 29/04/2020													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Otimista	233	236	243	249	256	262	268	274	280	286	292	298	304	310
Tendencial	240	251	263	273	284	295	306	317	329	340	351	363	374	386
Pessimista	248	266	282	297	313	329	345	361	377	393	410	427	444	461

TABELA 07 CENÁRIOS PROJETADOS PARA ATÉ 14 DIAS DO NÚMERO TOTAL DE CASOS CONFIRMADOS DE COVID-19, ESTADO DO PARANÁ

Cenário	Dias a partir de 29/04/2020													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Otimista	1392	1432	1476	1519	1562	1604	1647	1688	1730	1771	1811	1851	1891	1931
Tendencial	1434	1506	1577	1648	1720	1792	1865	1939	2013	2089	2165	2242	2319	2397
Pessimista	1476	1579	1678	1777	1877	1979	2083	2189	2297	2407	2519	2632	2747	2864

Os cenários projetados podem ser visualizados nos gráficos abaixo, bem como seu cotejo com a série realizada de casos confirmados, exemplificado no gráfico 1, para o caso do conjunto do Paraná.

GRÁFICO 1 CENÁRIOS DE CASOS CONFIRMADOS COM DADOS OBSERVADOS, DE COVID-19 NO PARANÁ



Conforme mencionado, os exercícios propostos visam ao acompanhamento das tendências de curtíssimo prazo, no que se recomenda maior atenção às trajetórias de 7 dias. As trajetórias de 14 dias servem à indicação dos números que podem eventualmente serem alcançados, em caso de manutenção das taxas de infecção de fato registradas (pelos Boletins SESA).

OBSERVAÇÕES FINAIS

Os procedimentos anteriormente descritos seguem sob permanente avaliação com vistas à sua melhoria. De qualquer modo, considera-se, no momento da elaboração da presente nota técnica, adequados para predições de curtíssimo prazo (7 a 14 dias), em virtude da fase ainda marcada pela ascensão da virose no Estado.