

Capítulo I – Um Estudo do Número de Casos Confirmados do Coronavírus na Cidade de Londrina Pr.

Gustavo Vieira Silva¹

Marcia Regina Rodrigues²

Matheus Rossatto Gomes³

Dr(a). Camila Fogaça de Oliveira⁴

RESUMO

A pandemia vem afetando a vida de muitas as pessoas em todo território nacional e mundial. Além de se tratar de uma doença muito séria, a falta de informações consolidadas e a desinformação vêm sendo um dos grandes desafios para os governos municipais, estaduais e federais. Dentre as necessidades para análise das informações sobre a pandemia, está a projeção de avanços da doença utilizando ferramentas/técnicas de probabilidade e estatística consolidadas na literatura para que possam estimar o avanço da doença. Para minimizar o problema da desinformação e atender as reais necessidades da sociedade com relação a propagação do SARS-CoV-2, nosso trabalho consiste em realizar um estudo matemático voltado para análise do impacto do vírus na população da cidade de Londrina – PR.

Palavras-chave: Probabilidade e Estatística. Modelagem matemática. Coronavírus. Curva logística. Método de Ford-Walford.

TÍTULO EM LÍNGUA ESTRANGEIRA

ABSTRACT

The pandemic has affected the lives of many people across national and world territory. In addition to being a very serious disease, the lack of consolidated information and misinformation have been one of the great challenges for municipal, state and federal governments. Among the needs for analyzing information about the pandemic, there is the projection of advances in the disease using probability and statistical tools/techniques consolidated in the literature so that they can estimate the advance

¹ Graduando em Engenharia de Software.

² Graduanda em Engenharia de Software.

³ Graduando em Engenharia de Software.

⁴ Docente Doutora da Faculdade da Indústria Senai Londrina; camila.oliveira@sistemafiep.org.br

of the disease. To minimize the problem of misinformation and meet the real needs of society regarding the spread of SARS-CoV-2, our work consists of carrying out a mathematical study aimed at analyzing the impact of the virus on the population of the city of Londrina - PR.

Key-words: Probability and Statistics. Mathematical modeling. Coronavirus. Logistic curve. Ford-Walford method.

1. INTRODUÇÃO

O Coronavírus 2019 (COVID-19), que surgiu no fim do ano de 2019 como uma epidemia em Wuhan, província da China, foi classificada como uma pandemia e uma emergência de saúde pública internacional pela Organização Mundial da Saúde (OMS) em janeiro de 2020. Se trata de uma doença infecciosa causada por um tipo de vírus conhecido como Sars-COV-2.

Em decorrência da pandemia, toda a comunidade global iniciou estudos para tentar fornecer evidências aos provedores de saúde, governos e pacientes para melhor auxiliar na compreensão e tratamento da infecção, gerando, assim, uma grande quantidade de dados e informações sobre a doença e suas características.

Inúmeras fontes no Brasil estão compartilhando os dados mais recentes sobre a COVID-19. Esses dados são alimentados por rastreadores da doença em todo o país em tempo real. Nessa mesma linha, várias áreas metropolitanas do país estão armazenando e compartilhando informações sobre a infecção.

Desta forma, este projeto está associado a uma aplicação que contém um modelo matemático voltado para análise do impacto do vírus na população da cidade de Londrina. Para realizar tal estudo, foi utilizado uma base de dados oficial do DataSus, disponível no Painel Coronavírus.

Para a análise dos dados, este projeto traz um estudo matemático para a curva da quantidade de indivíduos infectados pelo COVID-19 na cidade Londrina-PR, com o objetivo de prever a quantidade máxima de pessoas infectadas.

Para este estudo é considerado o acumulado semanal de casos confirmados, informados diariamente pelos órgãos oficiais. Adotou-se esse formato de pesquisa semanal para acompanhamento dos casos confirmados para que pequenas

alterações no cenário não venham causar grandes impactos na modelagem dos dados.

O modelo matemático aplicado neste estudo e que melhor representou da evolução de casos acumulados, foi o modelo Logístico, um modelo de regressão que calcula a probabilidade de um dado elemento apresentar como classificação negativa ou positiva, no caso, infectado ou não-infectado.

Ainda, com base nos estudos das aulas de Probabilidade e Estatística, foi utilizado um outro modelo matemático referente à análise da fórmula de dispersão da curva de contágio. O modelo denominado de Ford Walford, o qual consistiu em considerar uma sequência de pontos e gerar uma função por meio do ajuste dos pontos à curva e assim calcular o ponto de estabilização da curva.

Este projeto utiliza a tecnologia de ciência dos dados e uma aplicação Java para desenvolver uma plataforma de monitoramento e análise dos dados do Covid-19 em relação aos casos confirmados, óbitos e, recuperados para a cidade de Londrina. A aplicação também possui a finalidade de manter a comunidade local informada sobre dos avanços da doença na cidade.

2. METODOLOGIA E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Na Tabela 1 encontram-se os dados da quantidade de pessoas infectadas pelo Coronavírus em 2020 na cidade de Londrina-PR. Tais dados estão classificados pelo número de casos acumulados e assim podemos observar o aumento da evolução de casos semanais nesse ano.

Tabela 1 - Casos confirmados acumulados por semana em Londrina - PR

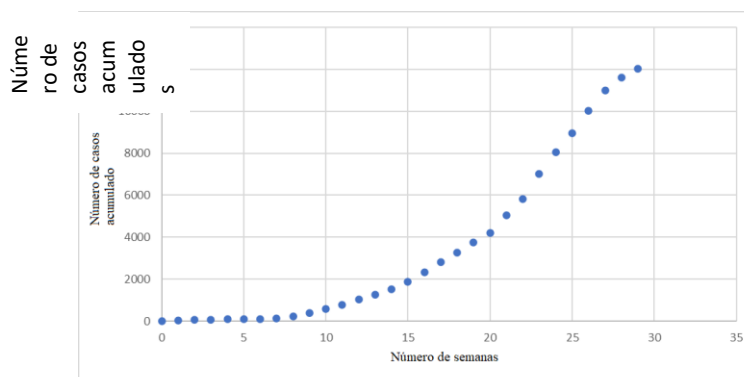
Data	Número de semanas	Número de casos acumulados
27/03/2020	0	0
03/04/2020	1	30
10/04/2020	2	61
17/04/2020	3	78
24/04/2020	4	93
01/05/2020	5	104
08/05/2020	6	110
15/05/2020	7	125
22/05/2020	8	227

29/05/2020	9	375
05/06/2020	10	570
12/06/2020	11	768
19/06/2020	12	1026
26/06/2020	13	1253
03/07/2020	14	1512
10/07/2020	15	1873
17/07/2020	16	2321
24/07/2020	17	2823
31/07/2020	18	3264
07/08/2020	19	3736
14/08/2020	20	4207
21/08/2020	21	5049
28/08/2020	22	5807
04/09/2020	23	7023
11/09/2020	24	8062
18/09/2020	25	8956
25/09/2020	26	10006
02/10/2020	27	11004
09/10/2020	28	11597
16/10/2020	29	12013

Fonte: CORONAVIRUS BRASIL Painel Coronavírus.
Disponível em: <https://covid.saude.gov.br>. Acesso em: 21 out. 2020.

O gráfico de dispersão, construído a partir da Tabela 1, apresenta a relação entre o número de casos acumulados pelo Coronavírus e o número de semanas na cidade de Londrina, sendo possível perceber que os casos começam a surgir significativamente a partir da 10ª semana e apresentam um indício de estabilidade na 29ª semana, indicando assim um possível limitante.

Gráfico 1 - Gráfico de Dispersão



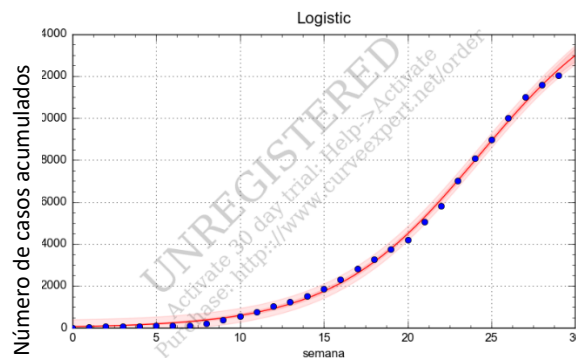
Fonte: Autor (2020).

Número de semanas

Para análise da evolução dos casos acumulados, foi utilizado o software CurveExpert e o modelo matemático que melhor representou os dados foi o Logístico, descrito por:

$$y(t) = \frac{16475}{(1 + 265e^{-0,229t})}$$

Gráfico 2 - Gráfico de dispersão modelo logístico



Fonte: Autor (2020).

Onde: t representa o número de semanas desde o primeiro caso confirmado e y(t) o número de casos confirmados acumulados.

O modelo Logístico prevê que o limite de casos confirmados é de 16.475 pessoas, ou seja,

$$\lim_{x \rightarrow \infty} y = \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{16475}{(1 + 265e^{-0,229t})} = 16475.$$

Pelo Gráfico 2, podemos verificar que curva está crescendo exponencialmente, porém caminha para um limitante no qual ainda é desconhecido. Mas se continuar mantendo a taxa de crescimento da curva decrescente e próximo de zero à medida que aumenta a quantidade de semanas, a cidade de Londrina-PR está se direcionando ao seu limite máximo de casos confirmados do vírus Sars-COV-2. Neste caso, atingirá 16000 casos confirmados em 39 semanas a partir da primeira semana de contágio.

Método de Ford-Walford

Neste método observa-se que próximo ao momento de estabilização do modelo matemático, o número de infectados y_n deverá ter uma variação pequena de uma semana para outra, ou seja, $y_n \cong y_{n+1}$. O método de Ford - Walford consiste em considerar uma sequência de pontos (y_n, y_{n+1}) , realizar o ajuste de pontos por uma função e calcular o ponto de estabilização k .

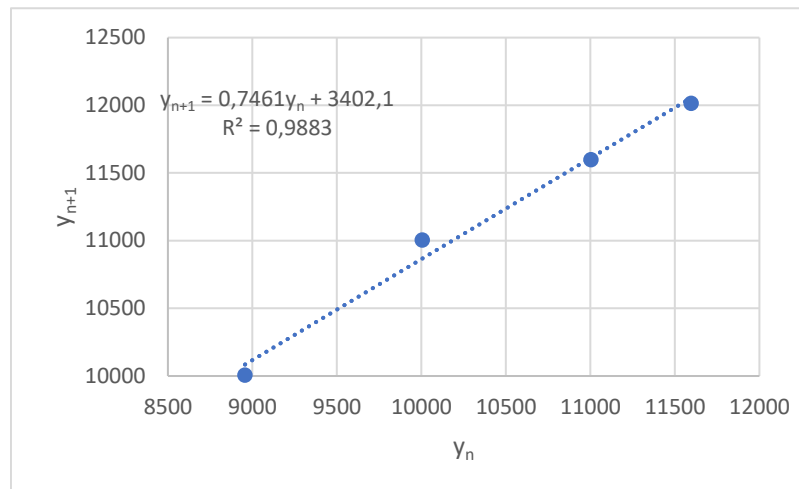
Considerando pontos da Tabela 2 foi possível construir o Gráfico 3.

Tabela 2 - Método Ford Walford

y_n	y_{n+1}
0	30
30	61
61	78
78	93
93	104
104	110
110	125
125	227
227	375
375	570
570	768
768	1026
1026	1253
1253	1512
1512	1873
1873	2321
2321	2823
2823	3264
3264	3736
3736	4207
4207	5049
5049	5807
5807	7023
7023	8062
8062	8956
8956	10006
10006	11004
11004	11597
11597	12013
12013	

Fonte: Autor (2020).

Gráfico 3 - Método Ford-Walford



Fonte: Autor (2020).

A função $y_{n+1} = 0,7461y_n + 3402,1$ ajusta esses pontos, com coeficiente de determinação 0,9883. Como o ponto de estabilização $k = y_n \cong y_{n+1}$, temos:

$$k = 0,7461k + 3402,1$$

$$1k - 0,7461k = 3402,1$$

$$0,2539k = 3402,1$$

Portanto, o número máximo de casos confirmados é de $k \cong 13399$ casos. Para

estimar os valores de a e b , linearizou-se o modelo logístico $y(t) = \frac{k}{1+be^{at}}$. Assim,

$$y + ybe^{at} = k$$

$$ybe^{at} = k - y$$

$$be^{at} = \frac{k - y}{y}$$

$$\ln be^{at} = \ln \left(\frac{k - y}{y} \right)$$

$$\ln b + \ln e^{at} = \ln \left(\frac{k - y}{y} \right)$$

$$\ln b + at = \ln \left(\frac{k - y}{y} \right)$$

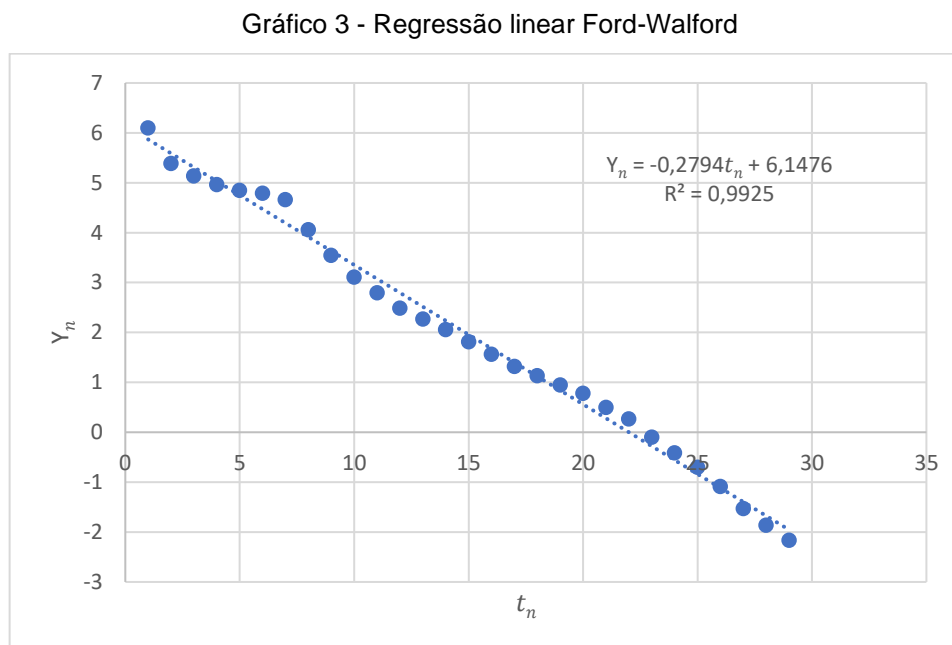
Desse modo, podemos considerar $Y = \ln \left(\frac{k - y}{y} \right)$ e $Y = at + \ln b$. Como $k = 13399$ então $Y = \ln \left(\frac{13399 - y}{y} \right)$ (Tabela 3).

Tabela 3 - Linearização do modelo logístico

t_n	y_n	$Y_n = \ln \left(\frac{13399 - y}{y} \right)$
0	0	
1	30	6,099496491
2	61	5,387498519
3	78	5,14038819
4	93	4,963370847
5	104	4,850752405
6	110	4,794211539
7	125	4,665248776
8	227	4,060898626
9	375	3,547623062
10	570	3,113827151
11	768	2,800119656
12	1026	2,489848932
13	1253	2,271459222
14	1512	2,062012088
15	1873	1,81706393
16	2321	1,562963032
17	2823	1,320787134
18	3264	1,133041343
19	3736	0,950288639
20	4207	0,781583736
21	5049	0,503071335
22	5807	0,268030975
23	7023	-0,096649536
24	8062	-0,412497967
25	8956	-0,700993875
26	10006	-1,081470427
27	11004	-1,524875612
28	11597	-1,861849285
29	12013	-2,159567496

Fonte: Autor (2020).

A partir da Tabela 3 foi possível construir o gráfico de dispersão 3, sendo possível observar a tendência linear entre t_n e Y_n .



Fonte: Autor (2020).

Como $Y_n = -0,2794t_n + 6,1476$ e $\ln\left(\frac{k-y}{y}\right) = at + \ln b$, temos que $a = -0,2794$, $\ln b = 6,1476$ e $b = e^{6,1476} = 467,59381$. Portanto, o modelo matemático que descreve o número de casos confirmados acumulados utilizando o método de Ford-Walford é descrito por:

$$y(t) = \frac{k}{1 + be^{at}}$$

$$y(t) = \frac{13399}{1 + 467,59381e^{-0,2794t}}$$

A Tabela 4 apresenta a comparação dos dados reais com os dados simulados utilizando o método de Ford-Walford.

Tabela 4 - Validação dos resultados utilizando o método de Ford-Walford

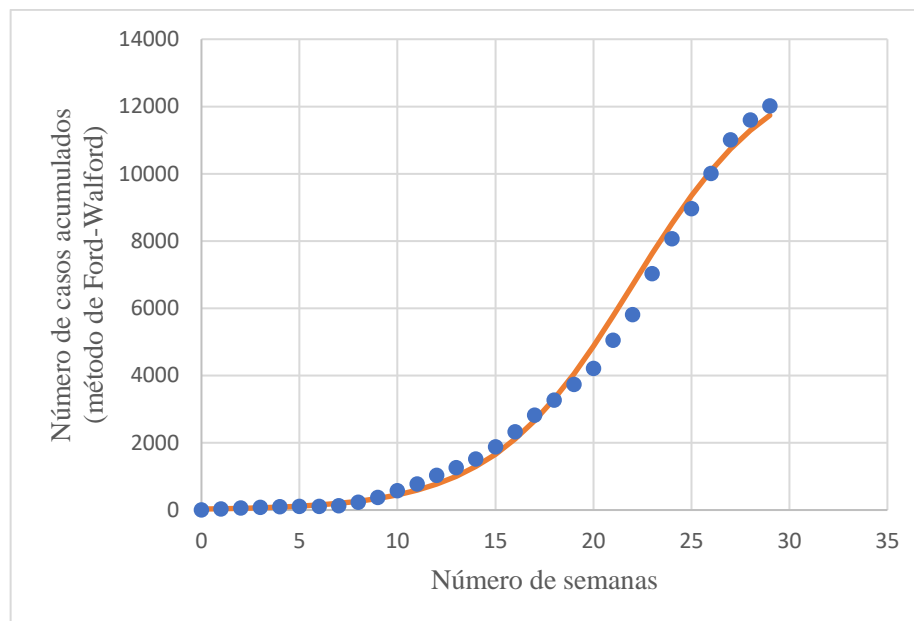
Número de semanas	Número de casos acumulados	Número de casos acumulados (Ford Walford)	Erro %
0	0	28,59406103	-
1	30	37,7849697	26%
2	61	49,91905665	18%

3	78	65,93059894	15%
4	93	87,044357	6%
5	104	114,8613818	10%
6	110	151,4668284	38%
7	125	199,5628994	60%
8	227	262,6284059	16%
9	375	345,1026887	8%
10	570	452,5843932	21%
11	768	592,0229447	23%
12	1026	771,8604121	25%
13	1253	1002,052393	20%
14	1512	1293,860193	14%
15	1873	1659,271567	11%
16	2321	2109,894869	9%
17	2823	2655,218886	6%
18	3264	3300,283428	1%
19	3736	4043,087138	8%
20	4207	4872,412614	16%
21	5049	5766,993193	14%
22	5807	6696,820228	15%
23	7023	7626,750514	9%
24	8062	8521,625382	6%
25	8956	9351,39451	4%
26	10006	10094,73516	1%
27	11004	10740,37303	2%
28	11597	11286,25935	3%
29	12013	11737,40099	2%

Fonte: Autor (2020).

O gráfico de dispersão, construído a partir da Tabela 4, apresenta a relação entre o número de casos acumulados pelo Coronavírus e o número de casos acumulados simulados a partir do método de Ford-Walford.

Gráfico 4 - Regressão linear Ford-Walford



Fonte: Autor (2020).

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos estudos de Probabilidade e Estatística, realizamos uma análise do contágio causado pelo vírus Sars-CoV-2, mais conhecido como COVID-19, na cidade de Londrina – PR, utilizando dois métodos: logístico e Ford Walford. No modelo logístico verificamos que a curva de casos confirmados está crescendo exponencialmente, entretanto caminha em direção a um limitante no qual está previsto para começar por volta da 29ª semana de contágio. Ao estudarmos o método de Ford-Walford vemos que ao se aproximar de um momento de estabilidade no contágio do vírus COVID-19, o número de infectados y_n deverá ter uma variação pequena entre uma semana para outra, sendo assim, $y_n \cong y_{n+1}$. O método de Ford-Walford consiste em considerar uma sequência de pontos pré-estabelecidos (y_n, y_{n+1}) , realizando assim, um ajuste entre tais pontos da função e calculando o ponto em que ocorrerá uma possível estabilização de k .

O modelo matemático aplicado neste estudo e que melhor representou da evolução de casos acumulados, foi o modelo Logístico, devido ao seu ponto de estabilização k . Nesse caso, devemos considerar que há outros fatores que podem alterar o resultado deste estudo, pois, pequenas alterações no cenário da pandemia

causam grandes impactos no modelamento. Deste modo, os resultados deste estudo precisam ser utilizados com bastante cautela.

REFERÊNCIAS

CORONAVIRUS BRASIL. **Painel Coronavírus**. Disponível em:
<<https://covid.saude.gov.br>>. Acesso em: 21 out. 2020.