

Capítulo II – Um Estudo do Número de Casos Confirmados do Coronavírus na Cidade de Curitiba Pr.

Guilherme Henrique Antunes Sanches⁵

Gabriel Bartoczevicz Linhares Papera⁶

Luiz Eduardo do Nascimento⁷

Camila Fogaça de Oliveira⁸

RESUMO

Neste trabalho realizamos um estudo do número de casos confirmados de SARS-CoV-2 na região de Curitiba, no Paraná. Utilizamos de métodos estatísticos com o intuito de realizar a previsão da quantidade máxima de pessoas contaminadas.

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

TÍTULO EM LÍNGUA ESTRANGEIRA

ABSTRACT

In this work, we carried out a study of the number of confirmed cases of SARS-CoV-2 in the region of Curitiba, Paraná. We use statistical methods in order to predict the maximum number of contaminated people.

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

Neste trabalho realizamos uma pesquisa sobre a quantidade de notificações de casos confirmados de SARS-CoV-2 na região de Curitiba, no Paraná. Vamos usar alguns métodos estatísticos para realizar a previsão da quantidade máxima de

⁵ Graduando em Engenharia de Software. E-mail: guilherme.sanches00412766@sesisenaipr.org.br

⁶ Graduando em Engenharia de Software. E-mail: gabriel.linhares@sesisenaipr.org.br

⁷ Graduando em Engenharia de Software. E-mail: luis.nascimento3@sesisenaipr.org.br

⁸ Doutorado em Ensino de Ciências e Educação Matemática. Docente da Faculdade de Tecnologia Senai Londrina. E-mail: camila.oliveira@sistemafiep.org.br

infectados. Os dados que serão usados para os cálculos são coletados do site do Governo Federal, o Painel Coronavírus, durante o ano de 2020.

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

Data	Número de semanas	Semana EPI	Número de casos acumulados
27/03/2020	1	13	0
03/04/2020	2	14	114
10/04/2020	3	15	251
17/04/2020	4	16	335
24/04/2020	5	17	397
01/05/2020	6	18	453
08/05/2020	7	19	514
15/05/2020	8	20	607
22/05/2020	9	21	728
29/05/2020	10	22	921
05/06/2020	11	23	1231
12/06/2020	12	24	1579
19/06/2020	13	25	2253
26/06/2020	14	26	3208
03/07/2020	15	27	5154
10/07/2020	16	28	8431
17/07/2020	17	29	11338
24/07/2020	18	30	14324
31/07/2020	19	31	17810
07/08/2020	20	32	20633
14/08/2020	21	33	23419
21/08/2020	22	34	25559
28/08/2020	23	35	27833
03/09/2020	24	36	30067
10/09/2020	25	37	32077
17/09/2020	26	38	34491
24/09/2020	27	39	36488
01/10/2020	28	40	38216
07/10/2020	29	41	39668
14/10/2020	30	42	39848
20/10/2020	31	43	40193

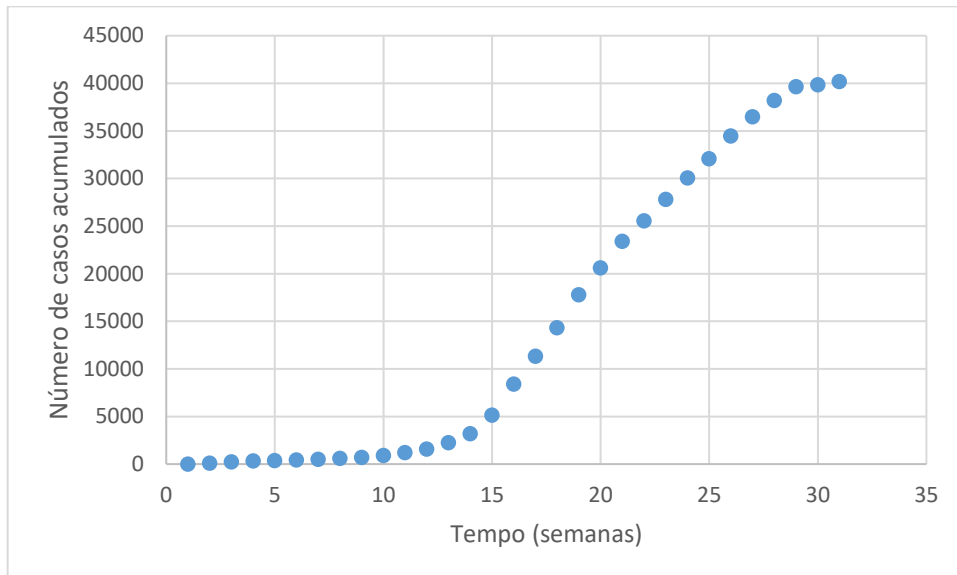
Fonte: CORONAVÍRUS BRASIL. Painel Coronavírus.

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 Curitiba, onde o eixo x representa a semana epidemiológica e o eixo y representa o número de casos confirmados.

Gráfico 1 - Gráfico de Dispersão



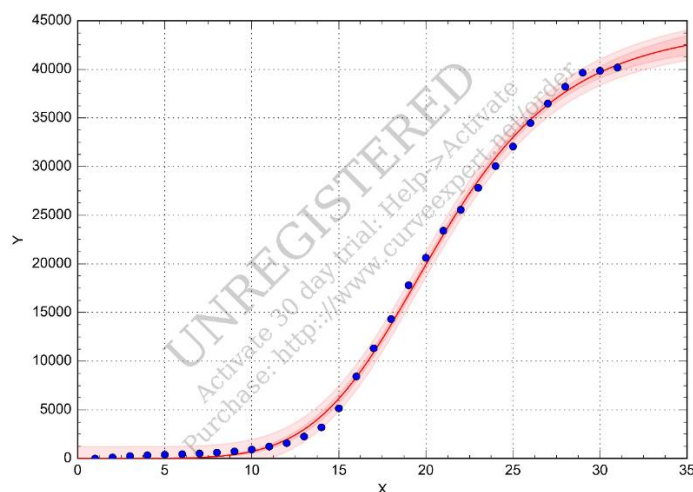
Fonte: Autor (2020).

O Gráfico 1 é crescente, no entanto, esse crescimento é limitado. Podemos notar que a taxa de crescimento do número de casos confirmados diminui entre as semanas 28 e 31.

Crescimento Logístico

De acordo com as informações da Tabela 1, utilizamos o software Curve Expert para determinar uma curva adequada que relaciona o número de casos acumulados pelo Coronavírus e o número de semanas na cidade de (Gráfico 2).

Gráfico 2 - Modelo logístico



Fonte: Autor (2020).

A função Logística demonstra o comportamento da curva, onde ela ainda não atingiu o seu limite. A equação (1) é a representação do comportamento do gráfico (2).

$$y = \left(\frac{44750}{1 + \left(\frac{t}{20,79} \right)^{-5,62}} \right) \quad (1)$$

De acordo com (1), calculamos o limite da equação (2), onde o limite dos casos pode ser de até 44750 casos na cidade de Curitiba.

$$\lim_{x \rightarrow \infty} = \left(\frac{44750}{1 + \left(\frac{t}{20,79} \right)^{-5,62}} \right) \quad (2)$$

Substituindo o valor de y de (1) com o resultado 44749, podemos calcular quando o número de casos acumulados irá atingir o seu ponto máximo, desde que não haja alterações no cenário de pandemia, em aproximadamente, 140 semanas.

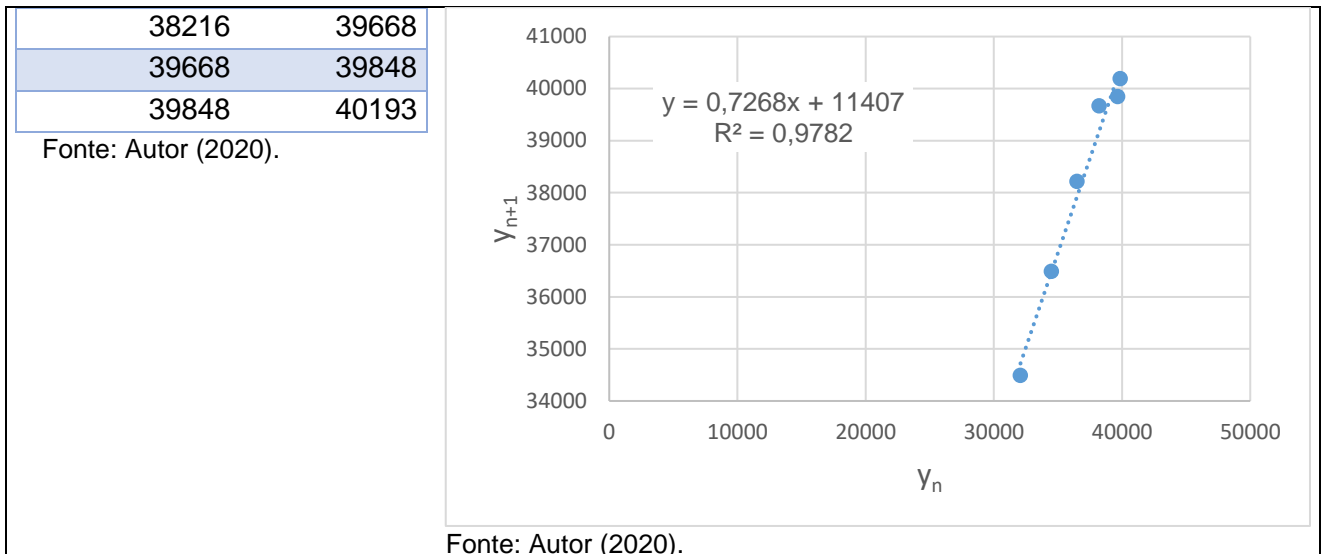
Método de Ford-Walford

Essa sessão do trabalho tem a mesma finalidade de estimar a quantidade máxima de pessoas contaminadas na cidade de Curitiba, mas utilizaremos o método de Ford-Walford.

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 os dados da Tabela 2 foi possível construir o Gráfico 3.

Tabela 2 - Método Ford-Walford		Gráfico 3 - Método Ford-Walford	
y_n	y_{n+1}		
32077	34491		
34491	36488		
36488	38216		



A função $y_{n+1} = 0,7268y_n + 11407$, ajusta esses pontos, com coeficiente de determinação 0,9782. Como o ponto de estabilização $k = y_n \cong y_{n+1}$, temos:

$$k = 0,7268k + 11407$$

$$1k - 0,7268k = 11407$$

$$0,2732k = 11407$$

Portanto, o número máximo de casos confirmados é de $k \cong 41753,29$ 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 $k = 41753,29$ então $Y = \ln \left(\frac{41753,29 - y}{y} \right)$ (Tabela 3).

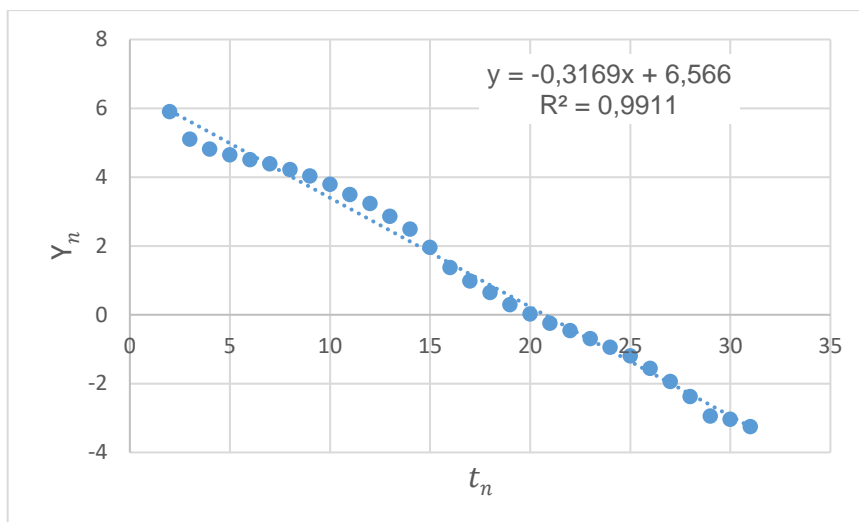
Tabela 3 - Linearização do modelo logístico

t_n	y_n	$Y_n = \ln \left(\frac{41753,29 - y}{y} \right)$
1	0	
2	114	5,9006
3	251	5,1081
4	335	4,8173
5	397	4,6460
6	453	4,5127
7	514	4,3849
8	607	4,2164
9	728	4,0316
10	921	3,7918
11	1231	3,4940
12	1579	3,2364
13	2253	2,8640
14	3208	2,4862
15	5154	1,9603
16	8431	1,3743
17	11338	0,9868
18	14324	0,6497
19	17810	0,2959
20	20633	0,0233
21	23419	-0,2448
22	25559	-0,4563
23	27833	-0,6929
24	30067	-0,9450
25	32077	-1,1985
26	34491	-1,5580
27	36488	-1,9358
28	38216	-2,3799
29	39668	-2,9456
30	39848	-3,0404
31	40193	-3,2488

Fonte: Autor (2020).

A partir da Tabela 3 foi possível construir o gráfico de dispersão 4, sendo possível observar a tendência linear entre t_n e Y_n .

Gráfico 4 - Regressão linear Ford-Walford



Fonte: Autor (2020).

Como $Y_n = -0,3169t_n + 6,566$ e $\ln\left(\frac{41753,29 - y}{y}\right) = at + \ln b$, temos que $a = -0,3169$, $\ln b = 6,566$ e $b = e^{6,566} = 710,52206$. Portanto, o modelo matemático que descreve o número de casos confirmados acumulados utilizando o método de Ford-Walford é descrito por:

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

$$y(t) = \frac{41753,29}{1 + 710,52206e^{-0,3169t}}$$

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

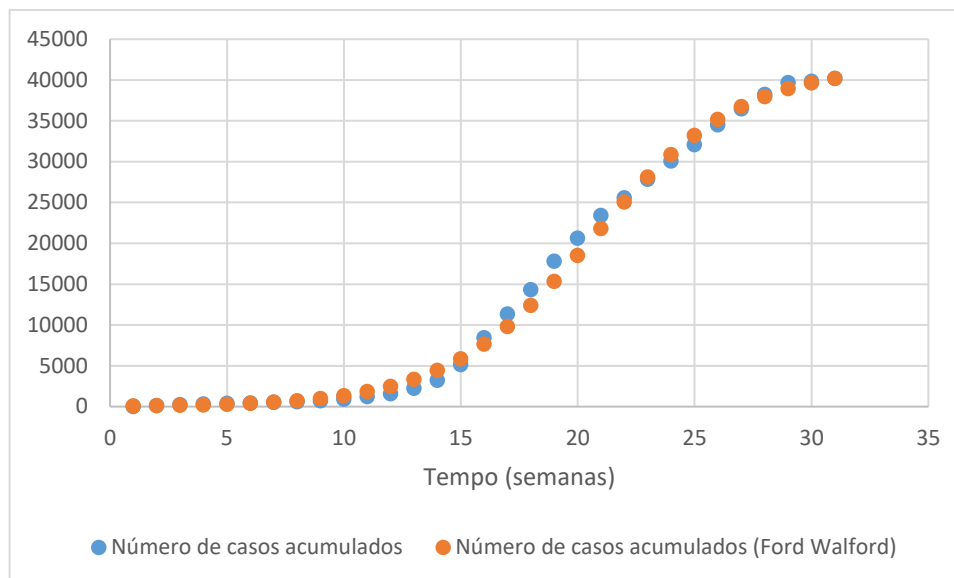
Número de semanas	Número de casos acumulados	Número de casos acumulados (Ford Walford)
1	0	80,52
2	114	110,46
3	251	151,50
4	335	207,71
5	397	284,63
6	453	389,77
7	514	533,24
8	607	728,60

9	728	993,81
10	921	1352,36
11	1231	1834,46
12	1579	2477,87
13	2253	3328,14
14	3208	4437,20
15	5154	5859,50
16	8431	7644,30
17	11338	9823,97
18	14324	12399,20
19	17810	15325,48
20	20633	18506,96
21	23419	21804,00
22	25559	25055,33
23	27833	28108,37
24	30067	30846,20
25	32077	33201,81
26	34491	35157,46
27	36488	36733,50
28	38216	37973,43
29	39668	38930,63
30	39848	39658,79
31	40193	40206,58

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 5 - Regressão linear Ford-Walford



Fonte: Autor (2020).

Com este trabalho concluímos que, usando o método Logístico e Ford-Walford, ambos tiveram resultados parecidos. Se não houver alterações no cenário de pandemia, a curva de casos acumulados vai continuar crescendo lentamente até que haja um valor limitante.

Desde a primeira semana de casos até o dia 20 de outubro de 2020 podemos notar que o limite atual de casos em Curitiba poderá chegar a 44750 segundo o crescimento logístico e até 41753 casos acumulados segundo o método de Ford-Walford.

REFERÊNCIAS

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