Modelo SIR aplicado ao Covid-19

Projeto 1 - Cálculo Numérico
Grupo 2

Introdução

- Epidemias e pandemias ao longo da história
- SARS - Cov - 2
- Modelagem matemática
- Modelo SIR

Cidade de Curitiba

- Primeiro caso: 11 de março
- Protocolo de Responsabilidade Sanitária e Social
- Cores e características das bandeiras

PROTOCOLO DE RESPONSABILIDADE SANITÁRIA E SOCIAL

Alerta

Iniciamos com a bandeira amarela que é sinal de alerta constante devido à pandemia e não termos segurança e situação de normalidade. Todos devem estar o tempo todo em alerta e adotando as medidas de precaução largamente anunciadas e orientadas e cumprir todas as orientações do protocolo de responsabilidade sanitária e social.

Saiba mais

Situação atual

Risco moderado

Segundo nível de alerta onde haverá restrições a funcionamento de serviços e do comércio e áreas onde propiciam a aglomeração de pessoas.

Saiba mais

Alto risco

Nível de alerta total (bandeira vermelha) onde haverá a restrição da circulação de pessoas, permitindo o funcionamento apenas dos serviços essenciais.

Saiba mais

https://coronavirus.curitiba.pr.gov.br/

Objetivos

- Interferência da bandeira vigente
- Análise pelo modelo SIR
- Evidência da necessidade de restrições

Modelo SIR

$$\begin{cases} \dfrac{dS}{dt} = -\dfrac{\beta \cdot I \cdot S}{N} \\ \dfrac{dI}{dt} = \dfrac{\beta \cdot I \cdot S}{N} - \gamma \cdot I \\ \dfrac{dR}{dt} = \gamma \cdot I \end{cases}$$

S = suscetíveis

I = infectados

R = recuperados

N = total de habitantes

- Com β sendo a taxa de crescimento da doença
- Com γ sendo a taxa de recuperação

Método de Euler

Problema de Valor Inicial

$$\begin{cases} y' = f(x, y(x)) \\ y(x_0) = y_0 \end{cases}$$

Método de Euler

$$y_{n+1} = y_n + h \cdot f(x_n, y_n)$$

Método de Runge Kutta

Problema de Valor Inicial

$$\begin{cases} y' = f(x, y(x)) \\ y(x_0) = y_0 \end{cases}$$

Método de Runge Kutta

$$\begin{cases} y_{n+1} = y_n + \frac{h}{6} \cdot (k_1 + 2k_2 + 2k_3 + k_4) \\ x_{n+1} = x_n + h \end{cases}$$

onde:

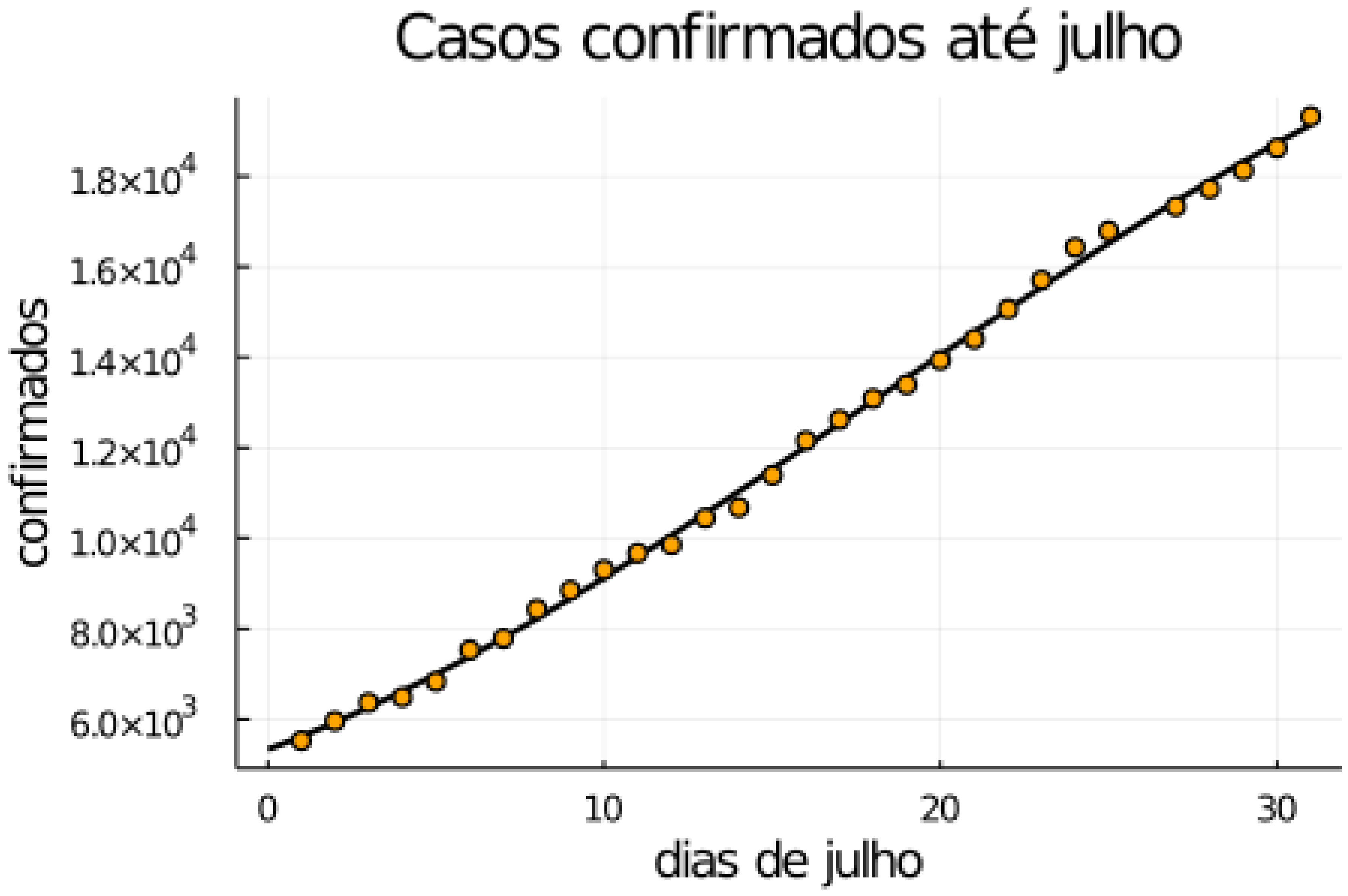
$$k_1 = f(x_n, y_n)$$

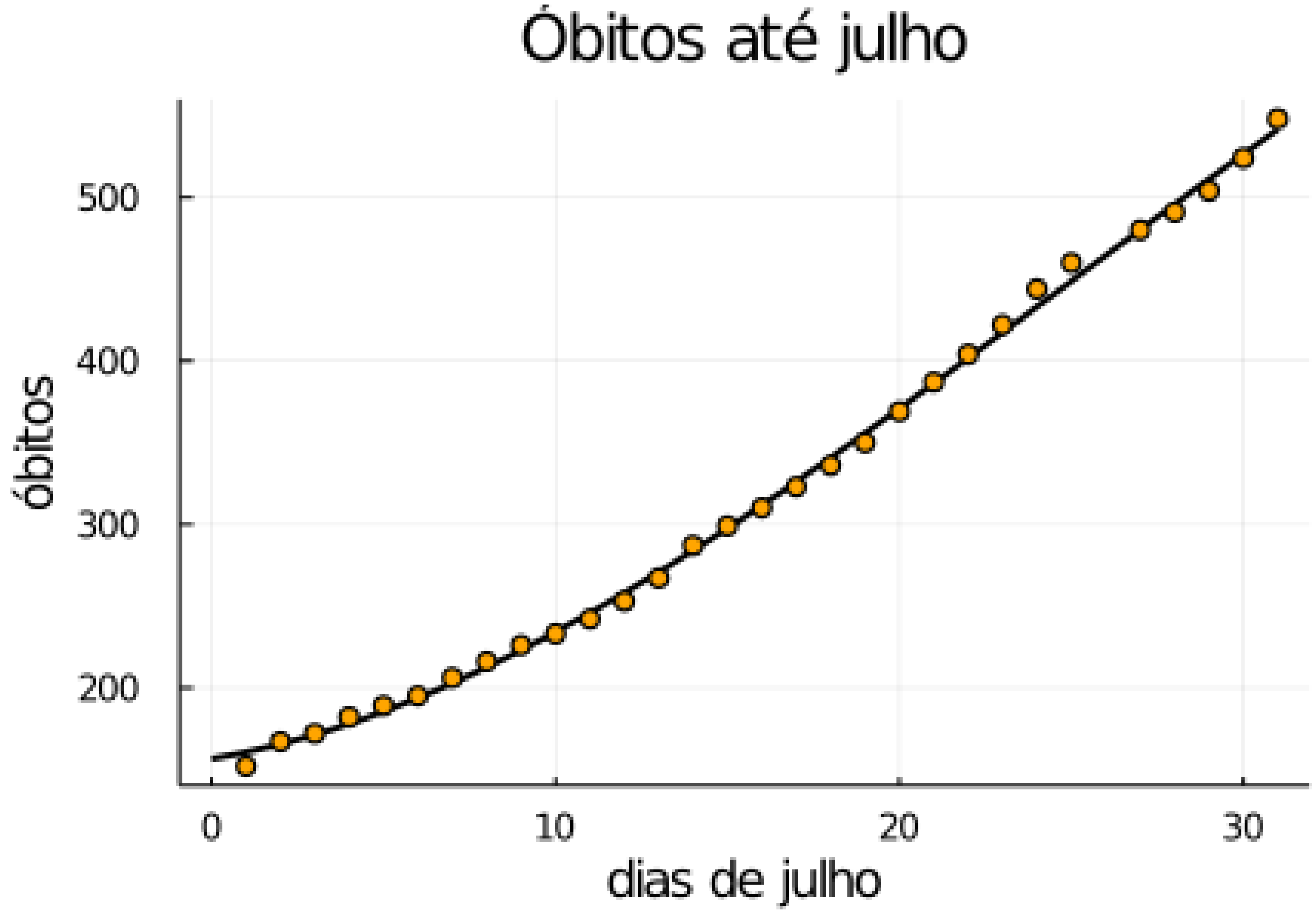
$$k_2 = f\left(x_n + \frac{h}{2}, y_n + \frac{h}{2} \cdot k_1\right)$$

$$k_3 = f\left(x_n + \frac{h}{2}, y_n + \frac{h}{2} \cdot k_2\right)$$

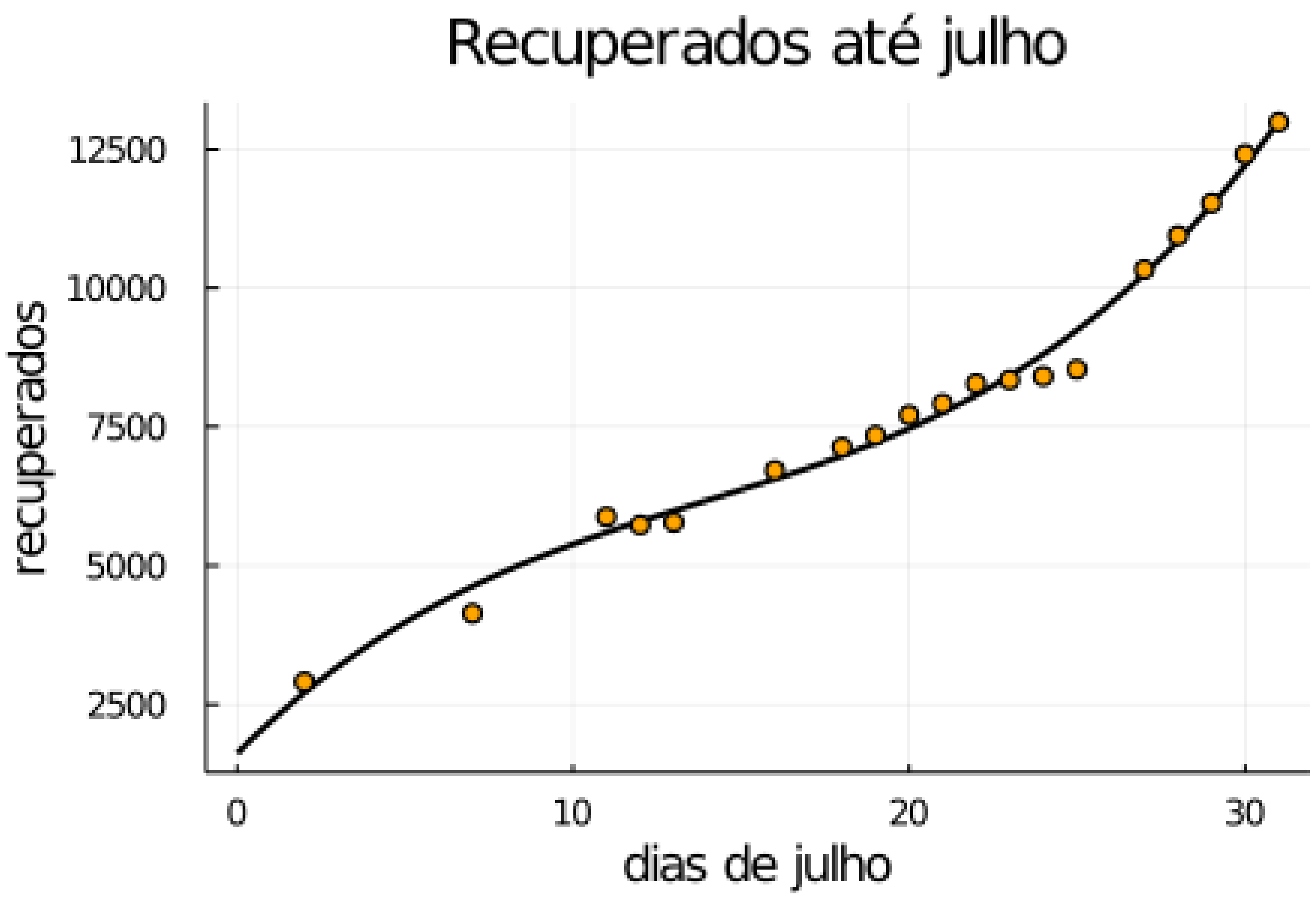
$$k_4 = f(x_n + h, y_n + h \cdot k_3)$$

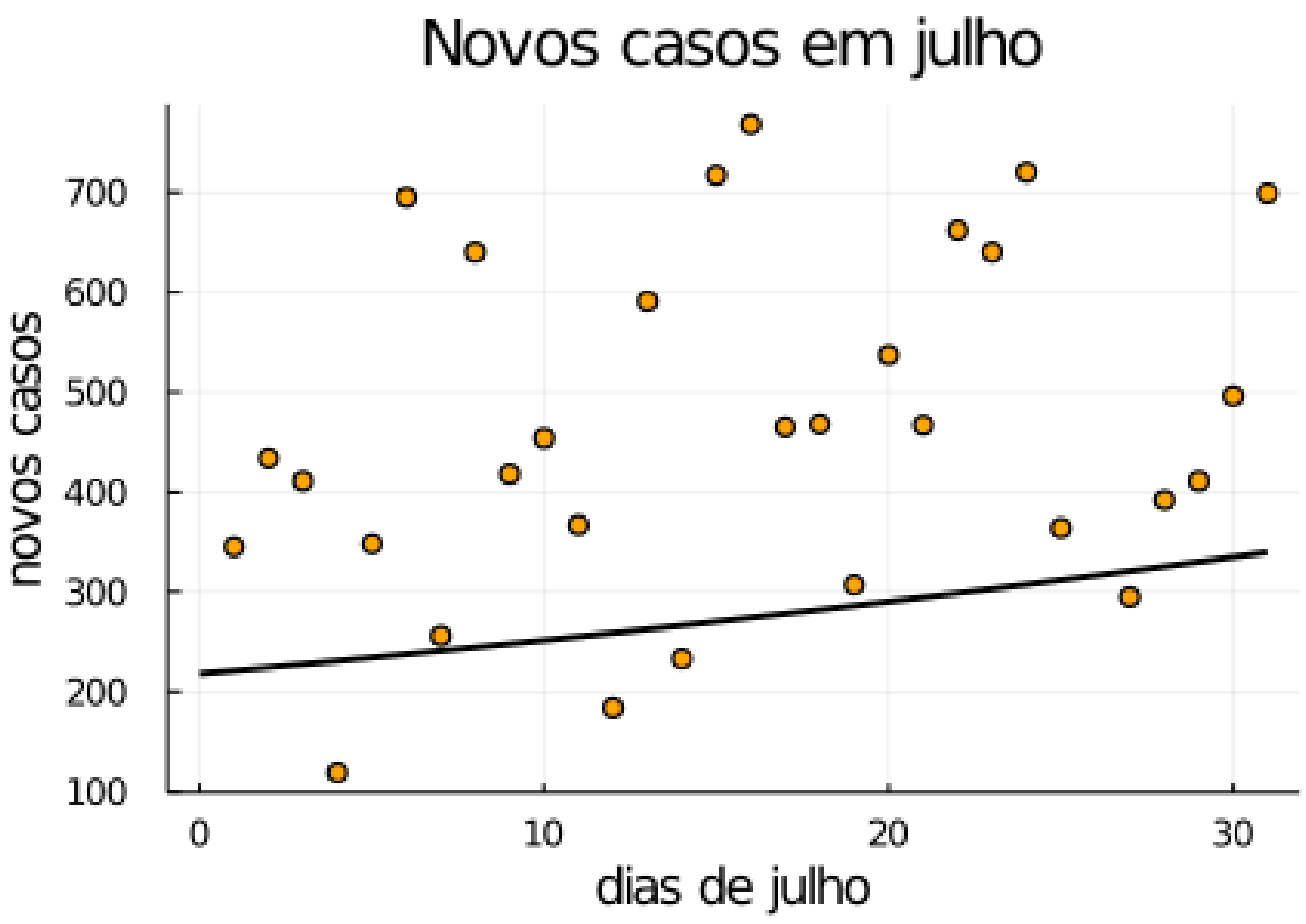
Estudo de Julho



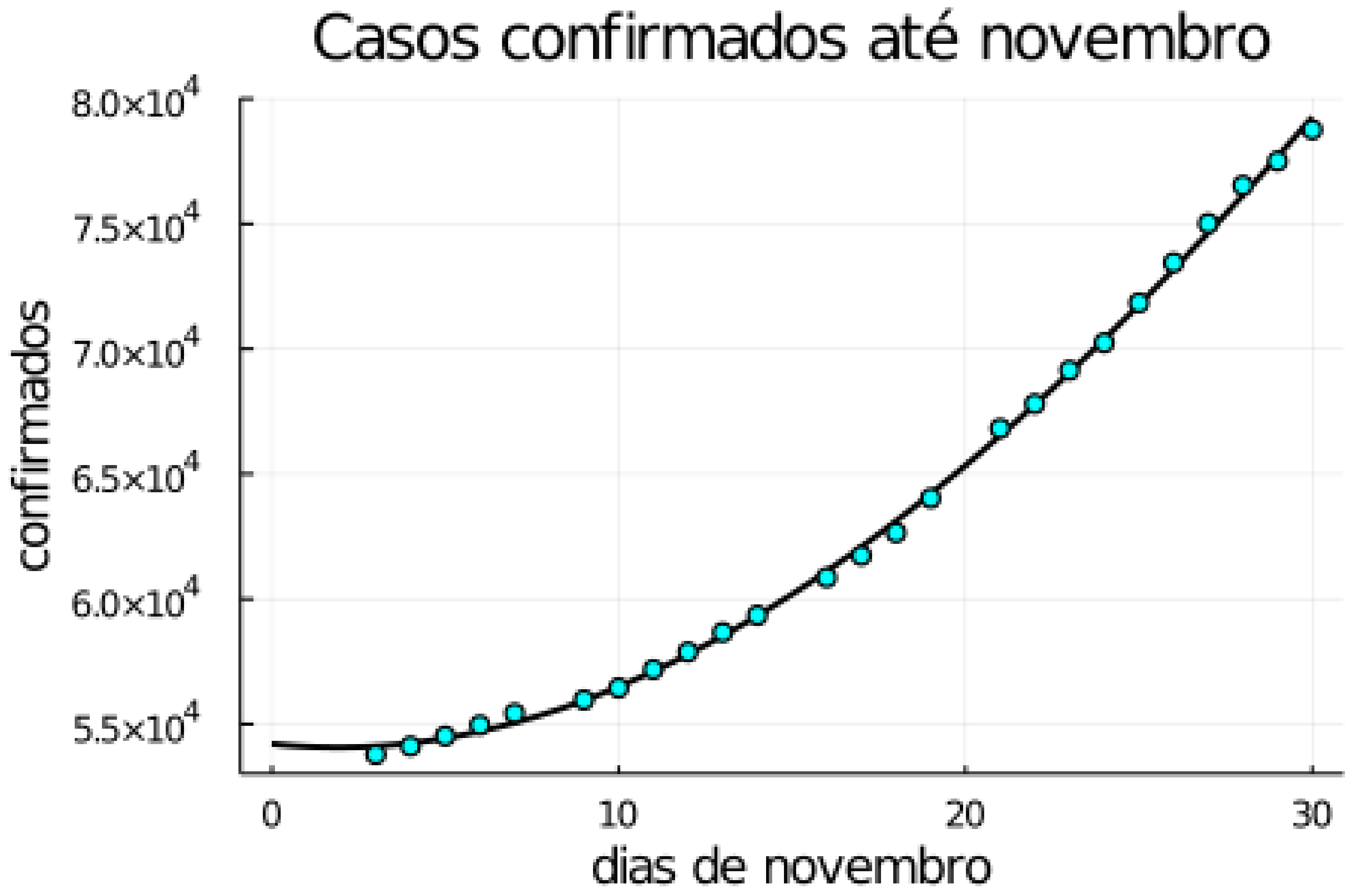


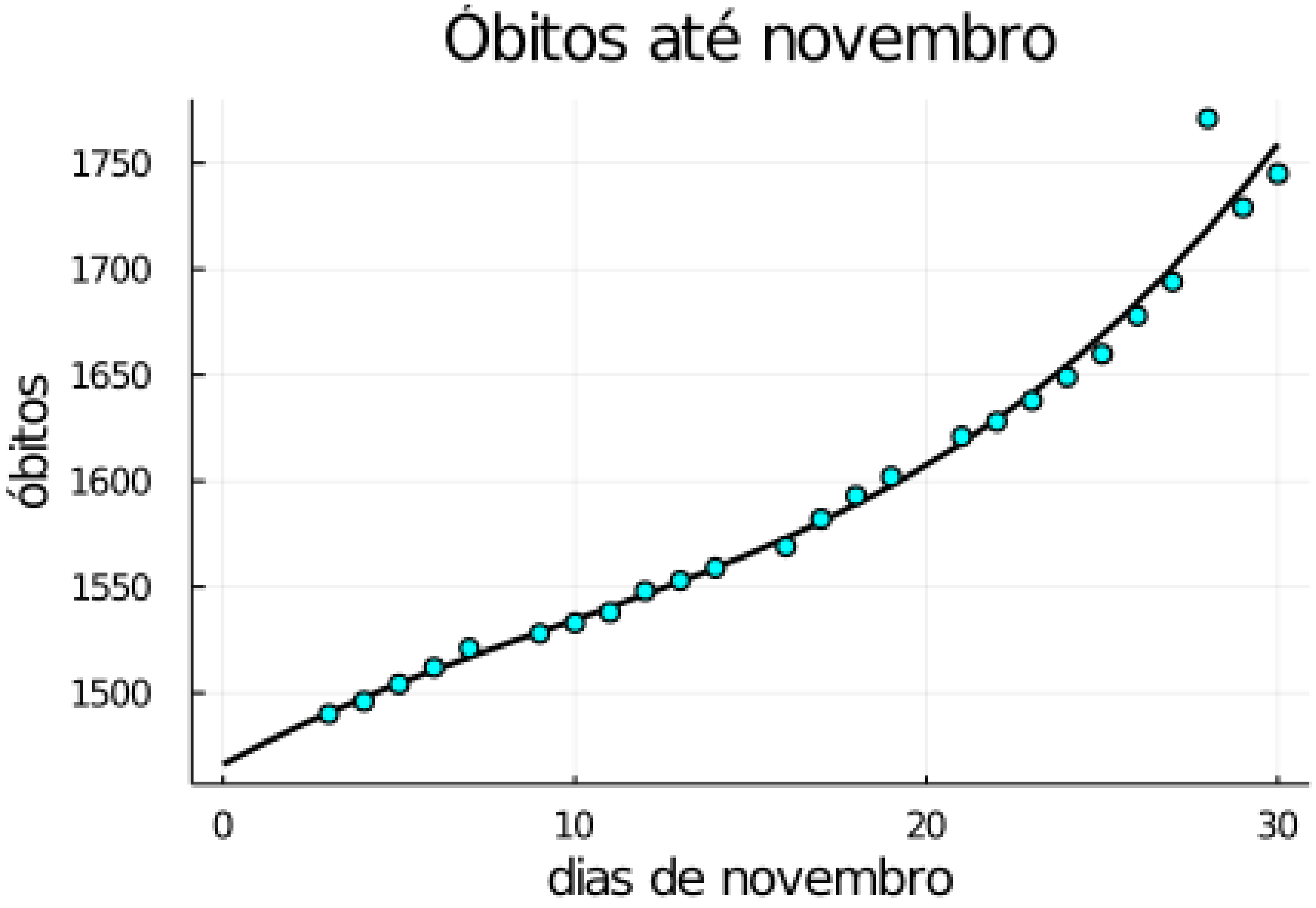
Estudo de Julho



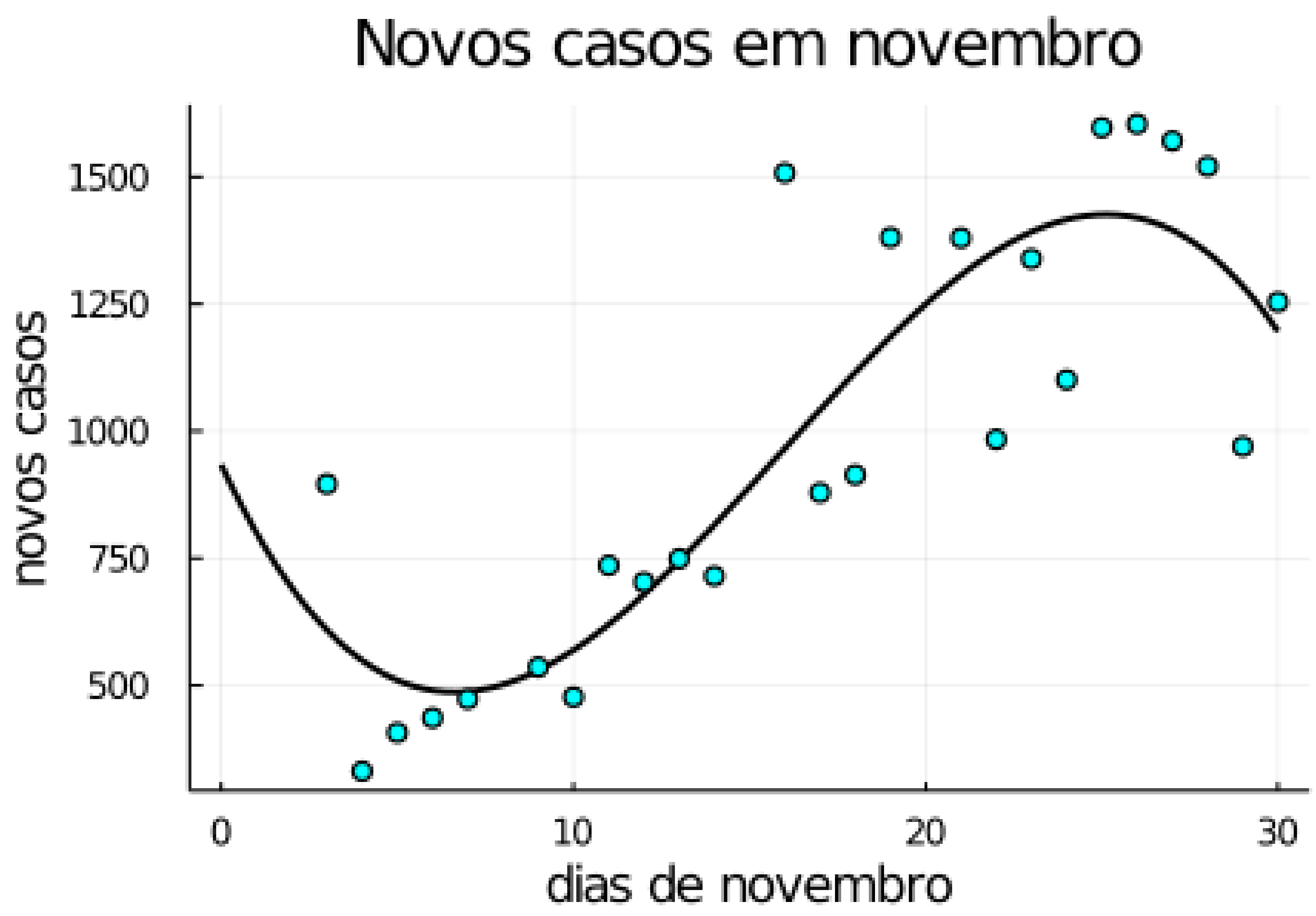


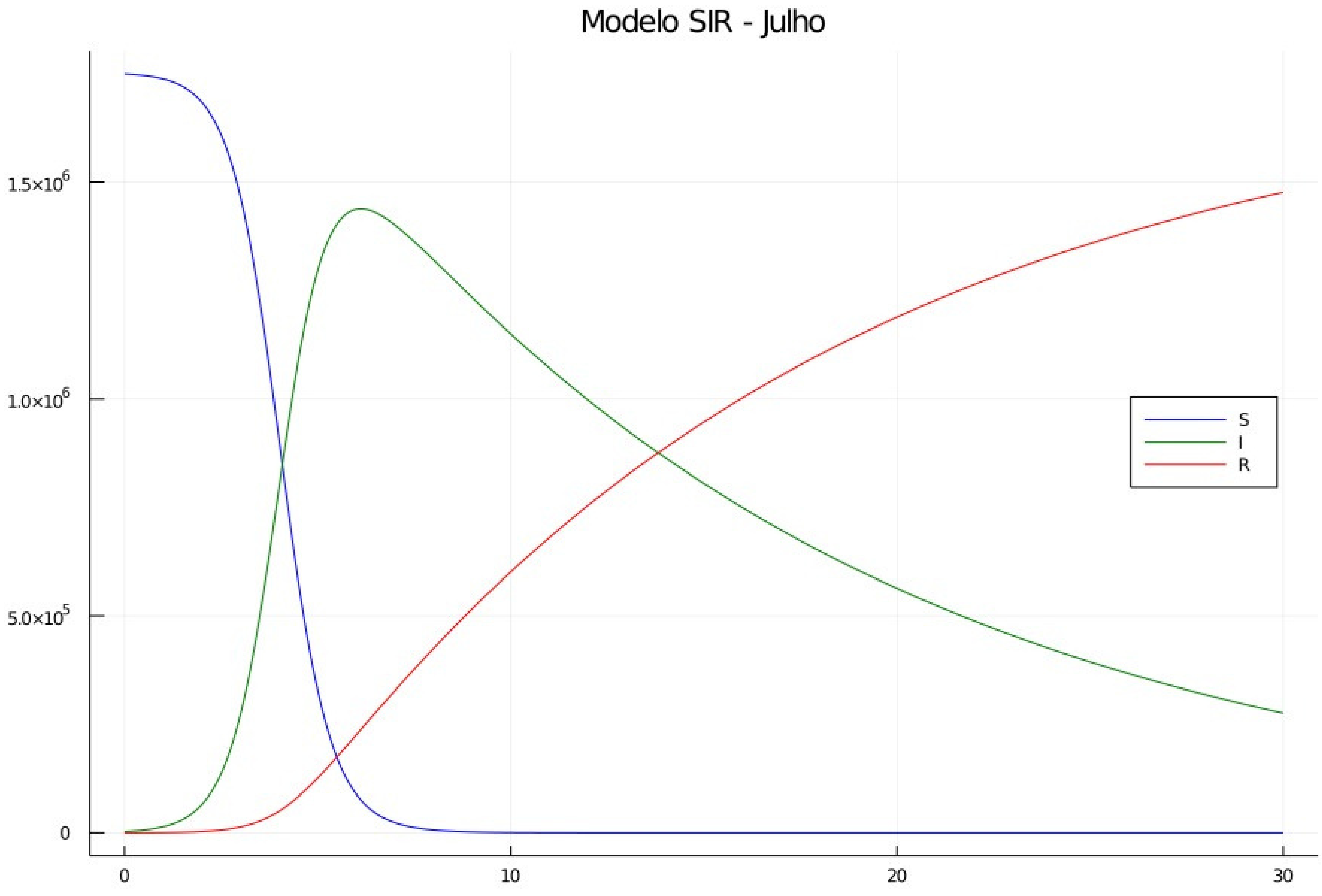
Estudo de Novembro





Estudo de Novembro

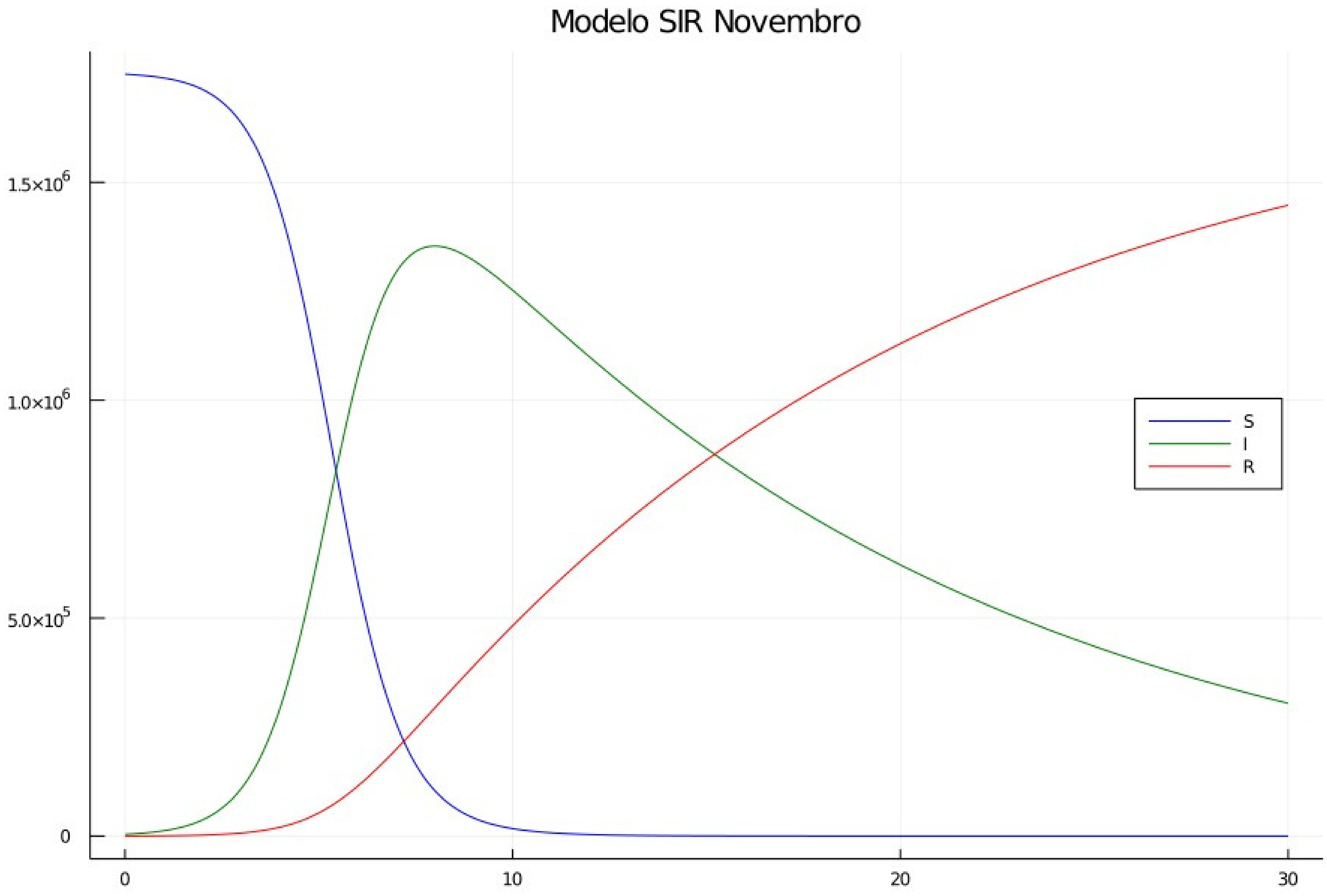




β = 1,65

γ = 1/14

y_0 = 2881



β = 1,20

γ = 1/14

y_0 = 3965

Código

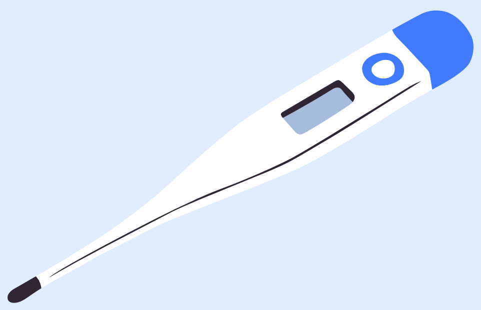
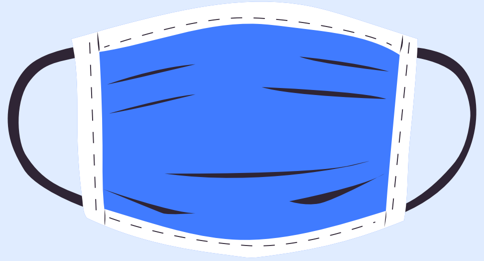
```julia
function metodo_de_euler(x0, y0 :: Vector, f, xN, N)
    h = (xN - x0) / N
    m = length(y0)
    y = zeros(m, N + 1)
    y[:,1] = y0
    x = range(x0, xN, length = N + 1)
    for k = 1:N
        y[:,k+1] = y[:,k] + h * f(x[k], y[:,k])
    end
    return x, y
end
```

```julia
function metodo_runge_kutta(x0, y0 :: Vector, f, xN, N)
    h = (xN - x0) / N
    m = length(y0)
    y = zeros(m, N + 1)
    y[:,1] = y0
    x = range(x0, xN, length=N+1)
    for k = 1:N
        k1 = f(x[k], y[:,k])
        k2 = f(x[k] + 0.5, y[:,k] + h * k1/ 2)
        k3 = f(x[k] + 0.5, y[:,k] + h * k2/ 2)
        k4 = f(x[k+1], y[:,k] + h * k3)
        y[:,k+1] = y[:,k] + h * (k1 + 2k2 + 2k3 + k4) / 6
    end
    return x, y
end
```

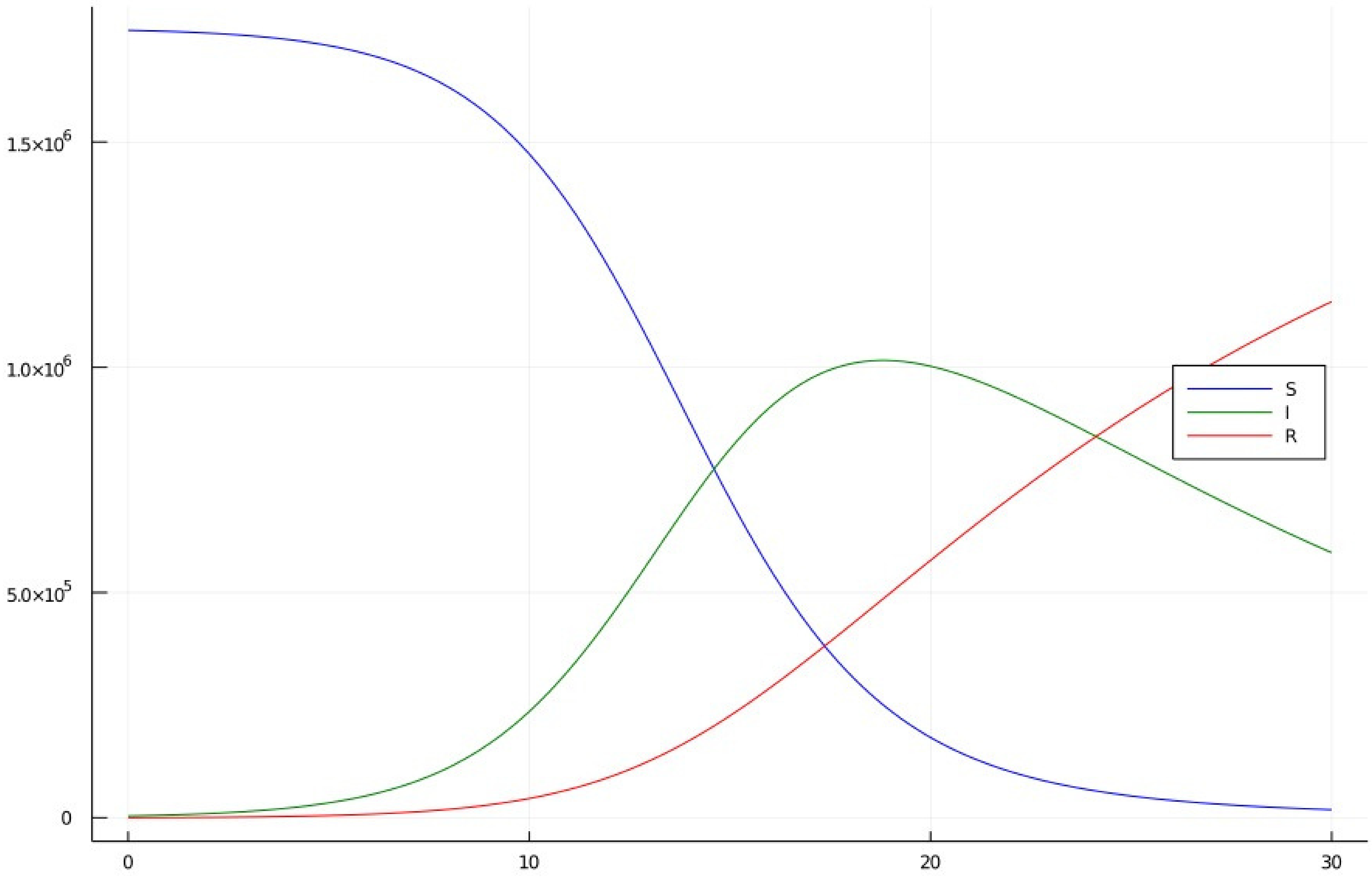
```julia
function sir_novembro(i, metodo)
    # i é o tempo de infecção. Ex.: i=14
    if metodo != :euler && metodo != :runge
        error("insira ':runge' ou ':euler'")
    end
    T = 1_752_000 #Total de habitantes na cidade de Curitiba
    γ = 1/i #Taxa de recuperação
    β = 1.20 #Taxa de crescimento

f(x, y) = [-β / T * y[2] * y[1];
           β / T * y[2] * y[1] - γ * y[2];
           γ * y[2]]


x0 = 0.0 #Onde se inicia, dado pelo tempo
y0 = [T - 3965.0; 3965.0; 0.0] #Onde se inicia, número dos casos
xf = 30.0 #Onde termina, ou seja, o tempo final
N = 1000 #Quantos passos a função dará
```

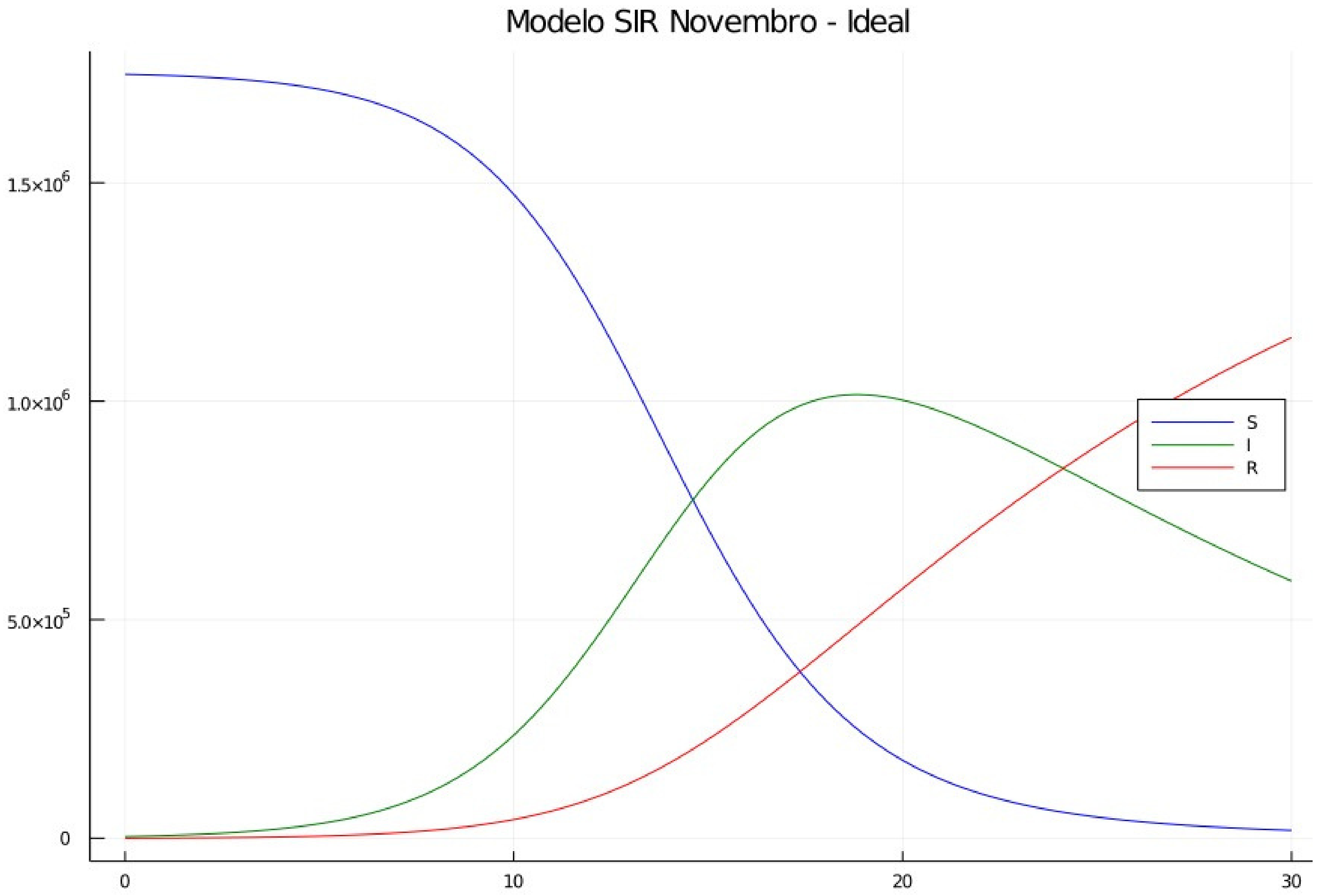
Conclusões

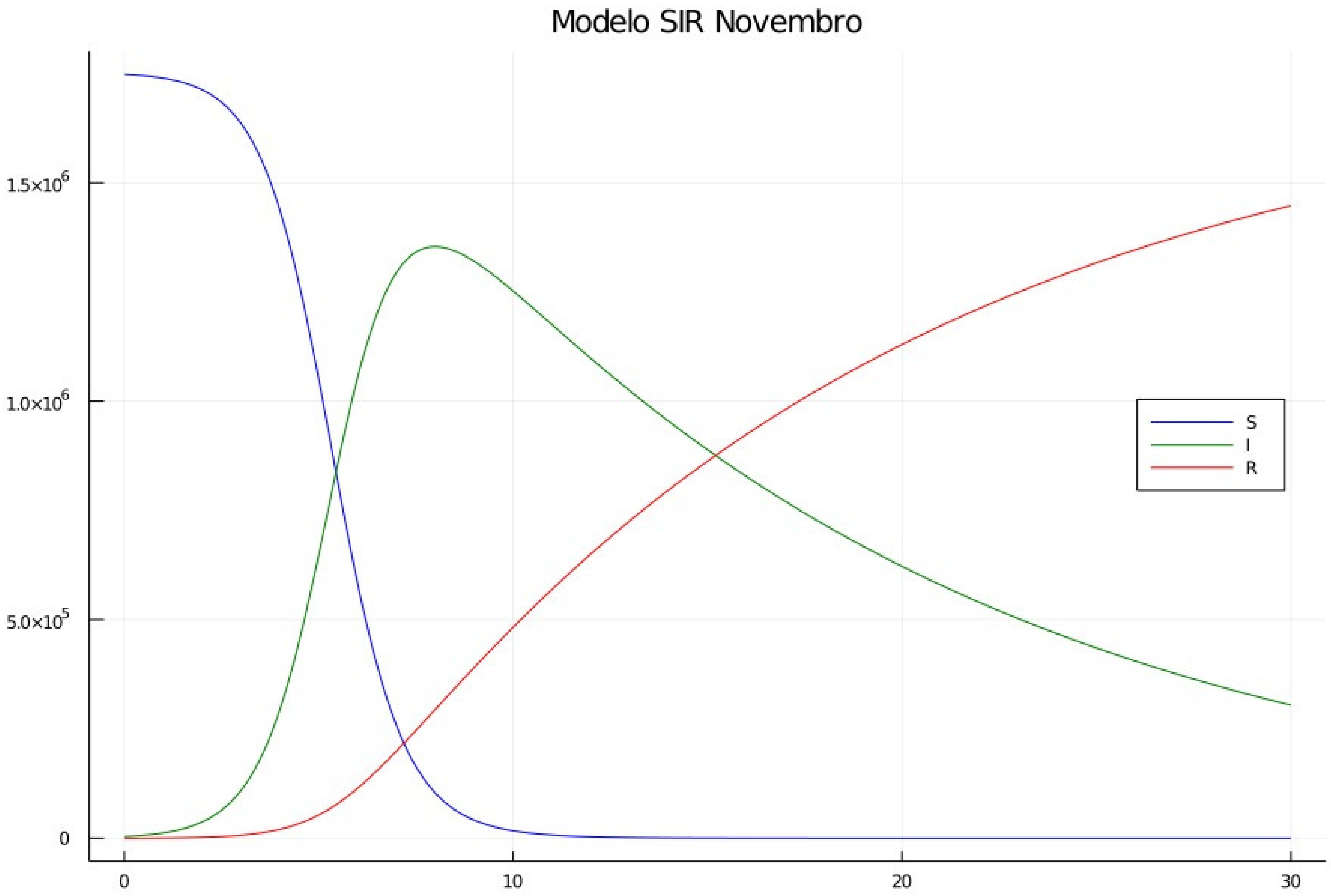
- Comparação com $\beta = 0{,}5$
- Há necessidade de restrições
- Comparação entre bandeiras

Modelo SIR Novembro - Ideal

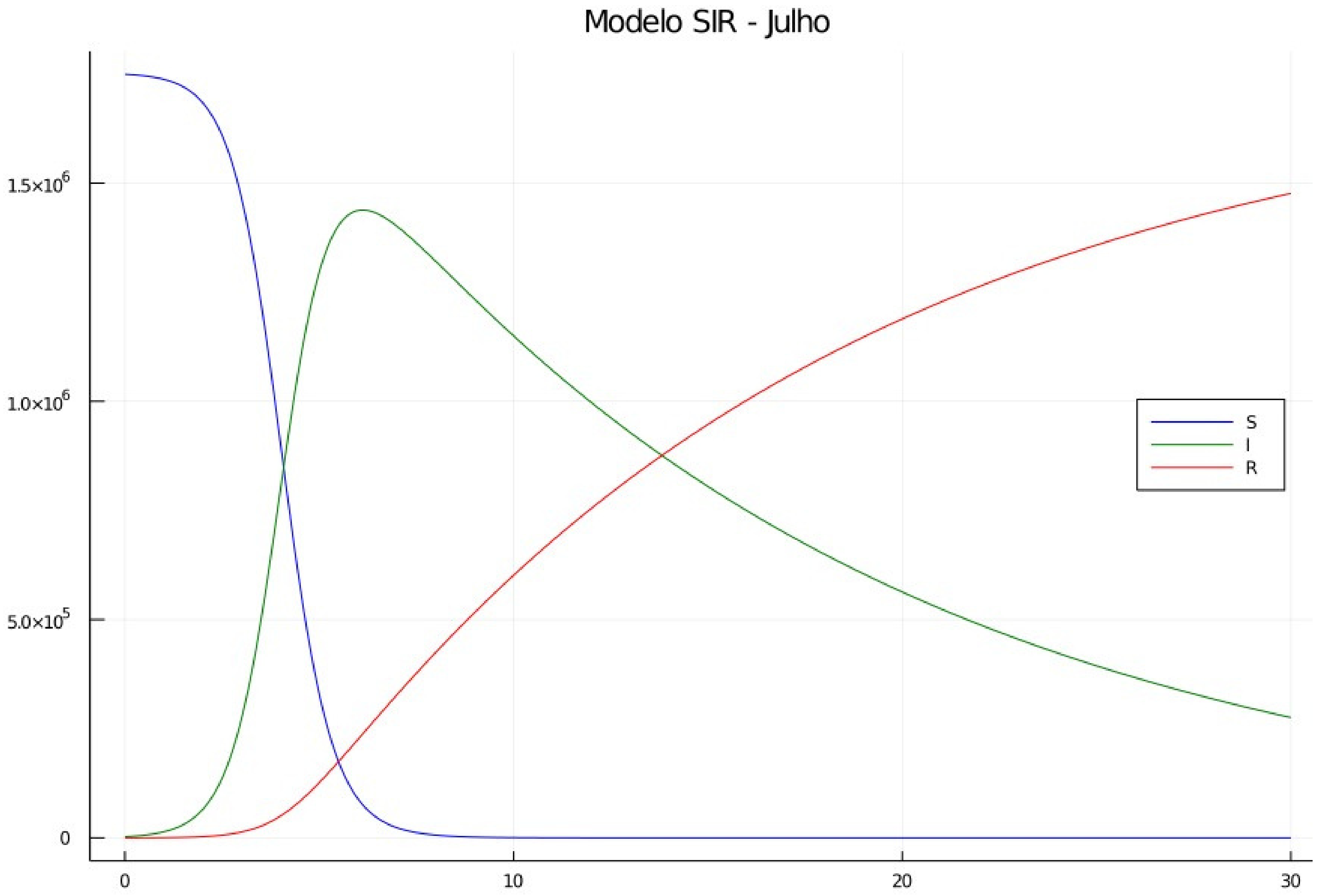


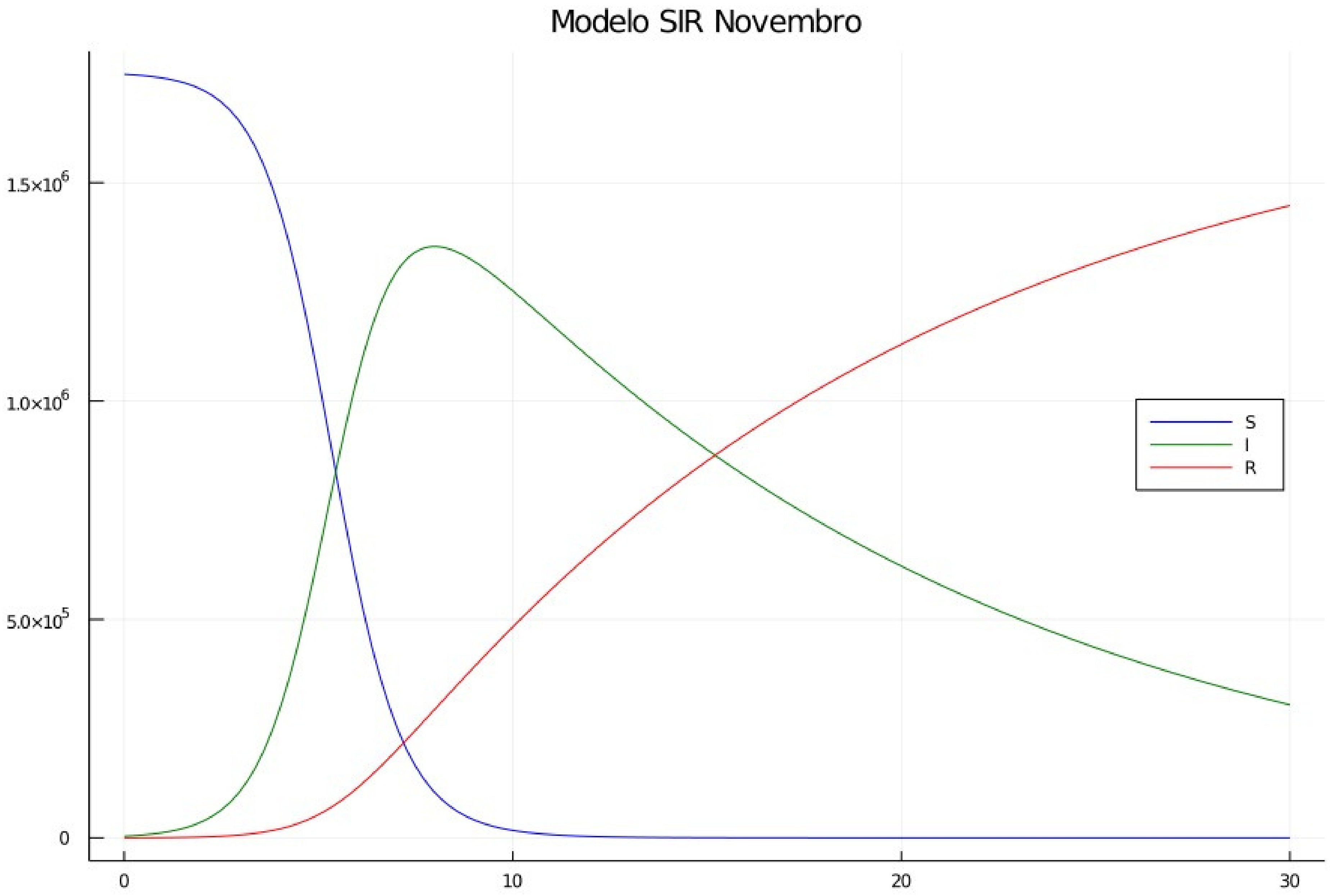

Modelo SIR Novembro - Ideal
1.5×10^6
1.0×10^6
5.0×10^5
0
0
10
20
30
S
I
R


Modelo SIR Novembro
1.5×10^6
1.0×10^6
5.0×10^5
0
0
10
20
30
S
I
R

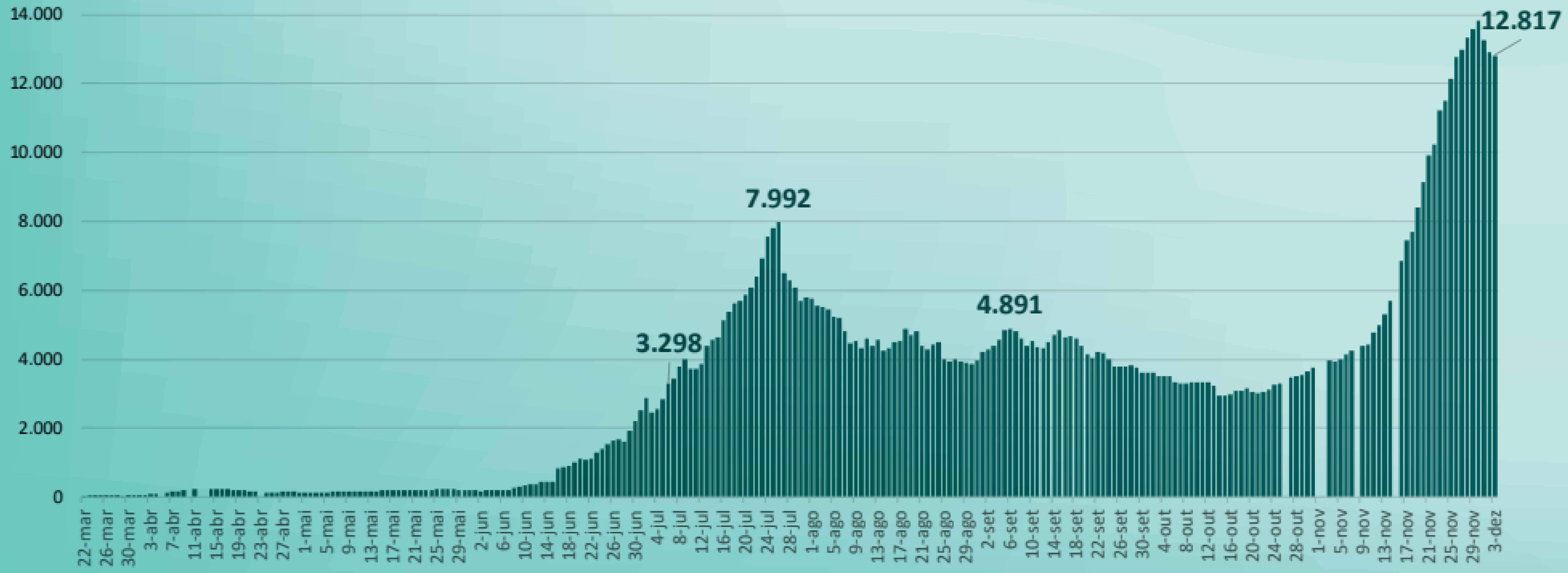
Conclusões

- Comparação com $\beta = 0,5$
- Há necessidade de restrições
- Comparação entre bandeiras


Modelo SIR - Julho
1.5×10^6
1.0×10^6
5.0×10^5
0
0
10
20
30
S
I
R


Modelo SIR Novembro
1.5×10^6
1.0×10^6
5.0×10^5
0
0
10
20
30
S
I
R

Casos ativos diários de COVID-19 em Curitiba (PR), no período de 11/03 até 03/12/2020.



Fontes: SMS/CE/ Monitoramento COVID-19. Dados até 03/12/2020.

Referências

PROTOCOLO DE RESPONSABILIDADE SANITÁRIA E SOCIAL. Curitiba contra o Coronavirus, Prefeitura de Curitiba, Curitiba, 29/11/2020. Disponível em: < https : //coronavirus.curitiba.pr.gov.br/numerosCovid >. Acesso em: 29 de novembro de 2020 e datas anteriores.

MARTINS, Camila Marinelli et al. Modelo Preditivo da ocorrência de Covid-19 em município de médio porte no Brasil (Ponta Grossa - Paraná). Texto Contexto-Enfermagem, v. 29, 2020. Disponível em: < https : //www.scielo.br/scielo.php?pid = S0104 − 07072020000100204script = sci_arttexttlng = pt >. Acesso em: 25 de novembro de 2020.

A Evolução epidêmica do COVID-19 - Modelo SIR. Disponível em:< https : //wp.ufpel. edu.br/fentransporte/2020/04/09/a − evolucao − epidemica − do − covid − 19 − modelo − sir/ > . Acesso em: 25 de novembro de 2020.

Modelos matemáticos serão estratégicos no combate ao coronavírus. Publicado em 11 de Junho de 2020. Disponível em: < https : //www.sbmt.org.br/portal/mathematical − models − will − be − strategic − in − combating − coronavirus/ >. Acesso em: 26 de novembro de 2020.

Referências

GOMES, Sebastião C. P. et al. MODELAGEM DINÂMICA DA COVID-19 COM APLICAÇÃO A ALGUMAS CIDADES BRASILEIRAS. Universidade Federal do Rio Grande, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul. Rio Grande do Sul. Disponível em < *https : //imef.furg.br/images/stories/documentos/2020/artigo2.pdf* >. Acesso em: 26 de novembro de 2020.

R efetivo em Curitiba. Disponível em < *https : //covid19br.github.io/municipios.html?aba = aba3uf = PRmun = Curitibaq = dia* >. Acesso em: 10 de dezembro de 2020.

MONICH, J. W. Modelagem da Dinâmica Epidemiológica da Dengue. 2018. 50 f. Trabalho de Conclusão de Curso, Instituto de Matemática e Estatística, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018. Disponível em: < *https : //maratona.ime.usp.br/ map/tcc/2018/JeniferMonichV1.pdf* >.

< *https : //www2.unifap.br/matematicaead/files/2016/03/Enviar − Ellison − TCC.pdf* >

< *https : //www.ime.unicamp.br/ valle/Teaching/2015/MS211/Aula14.pdf* >

< *https : //planetcalc.com/5992/?language*$_s$*elect = ptthanks = 1* >

Obrigado pela atenção

Se cuidem, fiquem em casa,
higienizem as mãos e usem máscara