

Aplicação do modelo SIR com dinâmica vital no estudo da transmissão da dengue no município de Campinas - SP

Vitor E.G. Barelli¹, Tiago M. Bigardi²,

Felipe S. Minatogau³,

Ilum Escola de Ciência, C. N. Pesquisa em Energia e Materiais, 13.087-548,
Campinas/SP.

Resumo. Neste artigo, é apresentado o estudo sobre a doença dengue e seu impacto no município de Campinas- SP, considerando como a doença e os infectados variam conforme as épocas do ano, devido ao caráter sazonal desta doença. Para este estudo, foram propostas equações diferenciais pelo modelo SIR com dinâmica vital, o qual é amplamente aplicado para previsões do comportamento de epidemias, sendo de grande importância para este estudo. A abordagem realizada para a aplicação do modelo proposto envolveu a simulação computacional do método de Runge-Kutta de 4ª ordem, visando a sua aproximação numérica para que esta seja comparada com dados reais.

Palavras-chave: Arboviroses, modelo SIR, Biomatemática, método de Runge-Kutta.

1. Introdução

A dengue é um tipo de arbovirose, assim como os vírus das doenças *Zika* e *Chikungunya*, transmitidos pelas fêmeas do mosquito *Aedes Aegypti* e, em menor número, pelo *Aedes Albopictus*. Existem 4 sorotipos da dengue, estes são **DENV-1**, **DENV-2**, **DENV-3** e **DENV-4**. Indivíduos infectados com os sorotipos DENV-1 e DENV-2 apresentam sintomas moderados, como febre

¹vitor220072@ilum.cnpem.br

²tiago220053@ilum.cnpem.br

³felipe220067@ilum.cnpem.br

alta (38.5°C para cima), dores musculares, dor de cabeça, manchas vermelhas no corpo e fadiga. Estes sorotipos apresentam uma taxa de mortalidade baixa, de 0,04% para cada 100.000 casos registrados (Organização Pan-Americana de Saúde - OPAS, 2021). O sorotipo DENV-3 apresenta maior risco, pois é conhecido como o sorotipo da dengue grave, um quadro mais agravado da dengue que pode resultar em hemorragias internas por todo o corpo, choque hipovolêmico, e complicações graves nos órgãos (Organização Pan-Americana de Saúde - OPAS, 2021), elevando a taxa de mortalidade da doença para 3% para cada 100.000 casos. Contudo, neste estudo, vamos unir os dados dos 4 sorotipos para analisar melhor a evolução da doença.

No Brasil, assim como nas regiões tropicais de grande parte do planeta, há a ocorrência de epidemias de dengue sazonais, decorrentes do acúmulo de água das chuvas que ocorrem no verão em locais que propiciam a incubação das larvas do mosquito. Um ciclo de incubação da larva leva cerca de 15 dias após o depósito dos ovos pelo mosquito fêmea (Chan e Johansson, 2012), e após sua incubação, o mosquito irá viver e se alimentar por mais 30 dias, período o qual estará suscetível a infecções por arboviroses e de infectar novos indivíduos.

No município de Campinas, no ano de 2022 foram registrados 11.268 casos de infecção por dengue, sendo o coeficiente de incidência 923,6 casos para cada 100 mil habitantes (Secretaria Municipal de Saúde - Campinas, 2023). Assim, fica evidenciado a importância de se realizar estudos que caracterizem o comportamento de infecções por dengue em Campinas. Dessa maneira, o objetivo desse trabalho é a aplicação do modelo epidemiológico Suscetíveis-Infectados-Recuperados (SIR) com dinâmica vital direcionados à incidência e progressão da doença no município de Campinas. Com isso, espera-se obter através deste estudo uma boa aproximação do comportamento da doença pelo modelo proposto via simulações computacionais por métodos numéricos, a fim de se identificar a sazonalidade da incidência de casos, permitindo realizar uma previsão para os próximos anos e possibilitar uma melhor articulação do governo regional para o controle de casos da doença.

Com isso o trabalho busca contribuir nos seguintes pontos;

- Estudar o modelo SIR com dinâmica vital para a Dengue e suas considerações para o município de Campinas - SP;
- Aplicar o modelo SIR com dinâmica vital para a Dengue utilizando métodos numéricos para descrever a epidemia em Campinas - SP;

- Modelar os dados coletados dos casos confirmador de infecção por Dengue em Campinas e comparar com o modelo proposto;
- Produzir um cenário através de observação dos dados para que o modelo proposto se comporte como os dados coletados e seja capaz de realizar previsões para a epidemia de Dengue em Campinas - SP.

2. Metodologia

Este estudo foi realizado no município de Campinas, São Paulo. Campinas surgiu como um bairro rural da Vila de Jundiaí no século XVIII e hoje ocupa uma área de 801km^2 com uma população aproximada de 1,1 milhão de habitantes distribuída por 4 distritos e centenas de bairros, se localizando a cerca de 97km de São Paulo, capital do estado. Campinas é a terceira maior cidade do estado, tendo como principal fonte de renda o setor industrial e o setor de serviços, informações retiradas de Prefeitura de Campinas (2023).

A coleta de dados para alimentar o modelo foram obtidos a partir do *Informe epidemiológico arboviroses da Secretaria Municipal da cidade de Campinas* (Secretaria Municipal de Saúde - Campinas, 2023), e do DataSUS - Ministério da Saúde (2023). Limitamos a análise a um período de 7 anos (2016-2022), com foco nas informações relativas ao número de casos confirmados e recuperados.

Entretanto, ressalta-se que a obtenção desses dados apresentou desafios, pois ao longo da coleta, foi identificado uma significativa lacuna e inconsistências dos dados provenientes dos meios de divulgação citados anteriormente. Dentre tais irregularidades, destacam-se registros de casos de infecção com valores baixos, na casa de dezenas ao longo de um ano completo. Em alguns casos, os dados demográficos do município e das suas regiões se apresentaram incompletos, resultando em uma complexidade a mais à análise.

2.1. Modelo SIR (Susceptíveis-Infetados-Recuperados)

Visando propor um modelo o qual represente as epidemias sazonais de dengue no município de campinas, utilizou-se um modelo que se baseia na relação entre Suscetíveis, Infetados e Recuperados. O modelo SIR foi proposto por Kermack e McKendrick em 1927 (Rocha, 2012; Monich, 2018), e é utilizado na modelagem da transmissão de doenças infecciosas e virais, como, por exemplo,

sarampo e catapora. Ele é um modelo epidemiológico clássico que se baseia na suposição que um indivíduo pode passar sucessivamente por estágios de suscetibilidade, infecção e recuperação, com imunidade permanente (Rocha, 2012).

Nesta dinâmica populacional, podemos dividir a população em três classes (Rosa e Cruza, 2019; Rocha, 2012):

- Classe 1: indivíduos susceptíveis, aqueles que ainda não foram infectados;
- Classe 2: indivíduos infectados, aqueles que tiveram contato com a doença e foram contaminados;
- Classe 3: indivíduos recuperados, aqueles que se recuperaram e adquiriram imunidade.

Além das considerações feitas anteriormente, é importante ressaltar que;

- A propagação da doença é proporcional ao produto da população, (Monich, 2018);
- O número de suscetíveis tende a diminuir a uma taxa de propagação da doença, (Monich, 2018);
- O número de removidos aumenta conforme a recuperação dos infectados, (Monich, 2018);
- A população total é fechada, logo, são desconsideradas as mortes, nascimentos e migrações, (Monich, 2018).

A partir destas ressalvas, pode-se definir as equações diferenciais, que devem ser utilizadas no modelo, é apresentado uma equação para cada variável, equações (2.1) a (2.3);

$$\frac{dS}{dt} = -\frac{\beta}{P}S(t)I(t), \quad (2.1)$$

$$\frac{dI}{dt} = \frac{\beta}{P}S(t)I(t) - \gamma I(t), \quad (2.2)$$

$$\frac{dR}{dt} = \gamma I(t), \quad (2.3)$$

em que

- S é o número de pessoas suscetíveis;
- I é o número de pessoas infectadas;
- R é o número de pessoas recuperadas;
- β é o coeficiente de transmissão;
- γ é a taxa de recuperação dos indivíduos infectados;
- P é a representação da população total do município ou região analisada.

Contudo, o modelo SIR tradicional não representa a totalidade da complexidade da dinâmica de infecção da dengue em uma população, então será utilizado o modelo SIR com dinâmica vital.

2.2. Modelo SIR com dinâmica vital

Visando tornar o modelo proposto mais realístico, estenderemos a modelagem SIR para o modelo SIR com dinâmica vital, pois a inclusão de termos que consideram a taxa de natalidade e mortalidade de população analisada permite uma modelagem mais precisa e realista, o que pode permitir uma comparação entre o modelo e os dados coletados. As EDOs vão ser atualizadas para receber a taxa de nascimento, taxa de morte natural e taxa de morte por infecção, dadas por (2.4)(2.5)(2.6);

$$\frac{dS}{dt} = -\frac{\beta}{P}S(t)I(t) + (\eta - \mu_s)S(t), \quad (2.4)$$

$$\frac{dI}{dt} = \frac{\beta}{P}S(t)I(t) - \gamma I(t) - \mu_i I(t), \quad (2.5)$$

$$\frac{dR}{dt} = \gamma I(t), \quad (2.6)$$

no qual

- η é a taxa de nascimentos dos indivíduos suscetíveis;
- μ_s é a taxa de mortes dos indivíduos suscetíveis;
- μ_i é a taxa de mortes dos indivíduos infectados;

As EDOs foram resolvidas pelo método de Runge-Kutta de 4ª ordem e implementado em linguagem Python com os parâmetros definidos e os resultados obtidos foram plotados através do uso da biblioteca Mathplotlib.

Em seguida, foram realizadas mais simulações para um melhor entendimento do mecanismo da dengue para um estudo mais aprofundado sobre suas dinâmicas e estratégias de contenção no município de Campinas.

2.3. Definição dos valores dos parâmetros

Para tornar a solução numérica do modelo mais precisa e realista é interessante definir os valores iniciais dos parâmetros. Primeiro vamos definir os valores iniciais de S, I, R, P , baseado nos dados dos informes e da prefeitura de Campinas (Secretaria Municipal de Saúde - Campinas, 2023).

- P é a representação da população total do município de Campinas, ou região analisada, no caso do município foi coletado os dados da quantidade de habitantes no período de 2016 a 2022 e feito uma média, o resultado disso é 1.159.357 habitantes, esse resultado foi aproximado para 1.150.000 habitantes, (Prefeitura de Campinas - SP: Sec.Mun. de Assistência Social e Segurança Alimentar, 2016; Governo do Estado de S. Paulo, 2018), mas para facilitar a análise vamos trabalhar em porcentagem, logo $1.150.000 = 100\%$;
- I é o número de pessoas infectadas, logo, pode ser encontrado através da solução: $I = P - (S + R)$, contudo, podemos utilizar os dados dos informes e do DataSUS (Secretaria Municipal de Saúde - Campinas, 2023; DataSUS - Ministério da Saúde, 2023), fizemos uma média dos casos confirmados de infecção do período de 7 anos (2016-2022), aproximadamente 6.830 casos confirmados e colocá-lo em porcentagem, usando a proporção: $\frac{1.150.000}{6.830} = \frac{100\%}{I}$, logo, $I = 0,6\%$. Contudo, como a maioria dos infectados por dengue acaba sendo infectado por um dos sorotipos menos letais e não apresentam sintomas graves, estima-se que esses infectados não procuram atendimento médico, ressalva-se que cerca de 28,5% da população brasileira não procura a ajuda médica até que a doença avance ou até que os sintomas fiquem insuportáveis (Rádio Nacional - Brasília, 2021; G1 - Jornal Hoje, 2014), além de que durante o período de coleta de dados, houve a pandemia de COVID-19, o que pode ter dificultado o acesso à saúde ou complexificado o atendimento, ocasionando em erros de

diagnóstico e/ou o catalogo incorreto de casos confirmados de infecção, (Organização Pan-Americana de Saúde - OPAS, 2022; Silva e Bulgareli, 2023). Considerando tais fatos, é possível concluir que parte dos infectados não seja catalogada como casos de infecção confirmados, logo, através de observação dos dados foi definido que deve-se multiplicar I por 2, para tentar se aproximar do valor real dos infectados, logo, $I = 1,2\%$;

- R é o número de pessoas recuperadas, logo, pode ser encontrado através da solução: $R = P - (S + I)$, contudo, como queremos o valor inicial, o valor de R será igual a 0;
- S : é o número de pessoas suscetíveis, logo, pode ser encontrado através da solução: $S = P - (I + R)$, considerando que só queremos o valor inicial, iremos fazer o cálculo de suscetíveis de janeiro, implicando que $S_j = 98,8\%$.

Agora, baseado nos parâmetros anteriores e na observação do comportamento dos dados, é possível definir valores para os seguintes parâmetros: $\beta, \gamma, \eta, \mu_s e \mu_i$, os valores estimados são;

- β : O valor estimado para o coeficiente de transmissão é 0,13;
- γ : O valor estimado para a taxa de recuperação dos indivíduos infectados é 0,1;
- μ_i : O valor estimado para a taxa de mortes dos indivíduos infectados é 0,2;
- μ_s : O valor estimado para a taxa de mortes dos indivíduos suscetíveis é 0,1;
- η : O valor estimado para a taxa de nascimentos dos indivíduos suscetíveis é 0,1;

3. Resultados

3.1. Sazonalidade da dengue

Segundo a Organização Pan-Americana de Saúde a dengue é uma doença viral transmitida pela fêmea dos mosquitos principalmente *Aedes aegypti* e seus

ciclos de transmissão estão associados aos ciclos reprodutivos dos mosquitos, que ocorrem durante o período chuvoso, que na região Sudeste do Brasil, aonde o município do estudo está localizado, ocorre entre os meses de novembro e março. Em período chuvoso o número de mosquitos aumenta consideravelmente, logo, o número de casos também aumenta, o que é característico da sazonalidade da epidemia. Isso pode ser visto nas figuras 1 e 2.

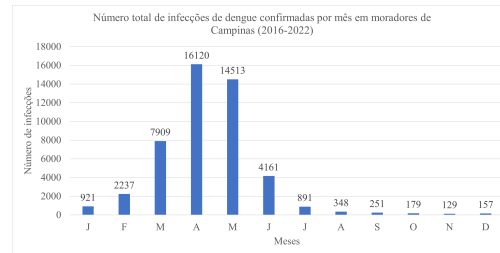


Figura 1: Número de infecções de dengue confirmadas, em Campinas - SP, por mês no período de 2016 a 2022.

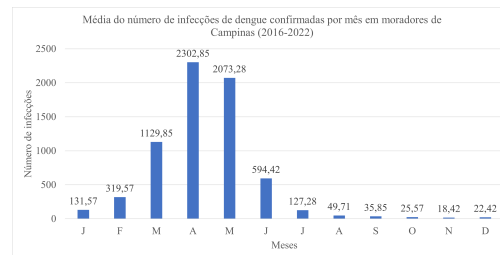
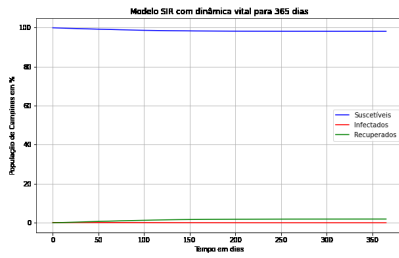


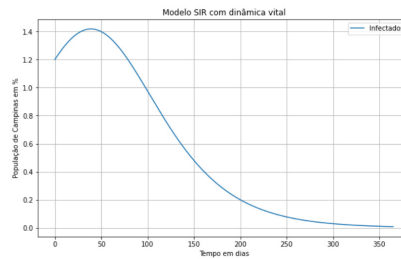
Figura 2: Média do número de infecções de dengue confirmadas, em Campinas - SP, por mês no período de 2016 a 2022.

3.2. Solução numérica do modelo

Para a realização do cálculo do modelo do comportamento epidemiológico, utilizamos o método numérico de Runge-Kutta de 4ª ordem para aproximarmos o comportamento do modelo.



(a) Modelo SIR com dinâmica vital.



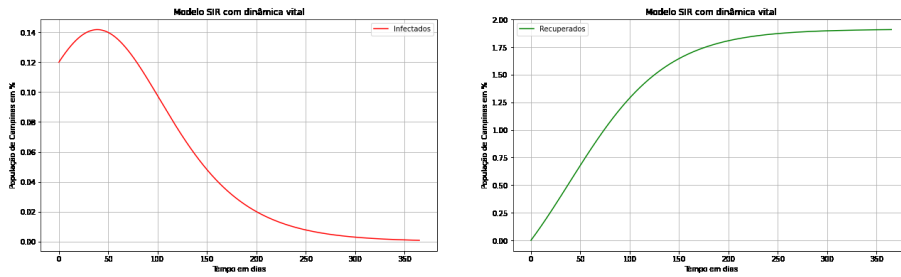
(b) Modelo SIR com dinâmica vital, com apenas os infectados.

Figura 3: Modelo SIR com dinâmica vital.

O gráfico do SIR com a dinâmica vital, figura 3(a), inicialmente parece representar uma dinâmica da transmissão da dengue, entretanto podemos conferir isso melhor na figura 3(b), que apresenta apenas a porcentagem da população que foi infectada, contudo, os parâmetros para a produção desses gráficos foram o somatório dos dados dos informes do período de 7 anos (2016-2022), figura 1.

O ideal para realizar previsões é produzir gráficos com a média dos dados, mas tal média se apresenta inviável para a produção direta de um modelo que seja capaz de realizar previsões, pelo fato de seus valores serem muito baixos em comparação com a população total, P , logo, a partir dos dados das 3 linhas do gráfico do SIR com dinâmica vital, figura 3(a), foram realizadas normalizações nos dados de Infectados e Recuperados, IeR , logo, os dados referentes aos Suscetíveis S foram recalculados usando uma fórmula já informada: $S = P - (I + R)$ para cada ponto. Podemos ver os resultados dos modelos da média dos dados nas figuras 4(a), 4(b), 5 e 6(a).

Vale ressaltar que o dia 0 dos gráficos apresentados é 30 dias antes do último dia do período de chuvas, 1 de abril, pois este é o tempo de vida médio dos mosquitos, que podem infectar uma pessoa, logo, o dia 0 das figuras do modelo seria por volta do dia 1 de março.



(a) Modelo SIR com dinâmica vital, com apenas os infectados, com a média dos dados de 2016 a 2022.

(b) Modelo SIR com dinâmica vital, com apenas os recuperados, com a média dos dados de 2016 a 2022.

Figura 4: Modelo SIR com dinâmica vital, com a média dos dados de 2016 a 2022.

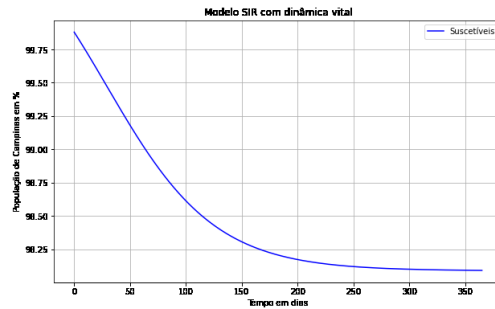
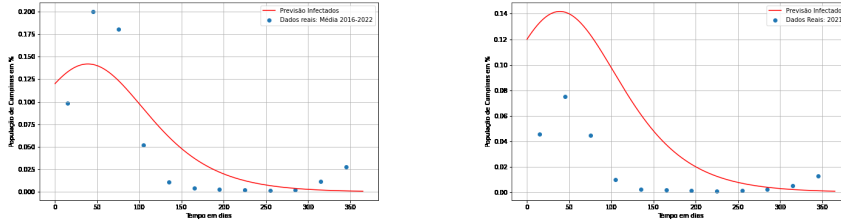


Figura 5: Modelo SIR com dinâmica vital, com apenas os suscetíveis, com a média dos dados de 2016 a 2022.

3.3. Previsão de casos para Campinas

Para adequar o modelo ao caso do município de Campinas, foram implementados os valores de anos anteriores de dados reais epidemiológicos (taxa de transmissão da doença, taxa de recuperação da doença ao longo do tempo e a taxa de mortalidade pela doença) e da população (número de habitantes da cidade, taxa de nascimentos e taxa de mortalidade), logo, temos a representação do modelo baseado na média dos dados com a média dos casos durante os anos do período analisado e a representação do modelo com os dados de casos dos anos de 2021 e 2022, figuras 6(a), 6(b) e 7. Dessa maneira, foi possível estruturar o modelo para aproximarmos uma previsão para o comportamento

epidemiológico de casos de dengue no município de Campinas.



(a) Representação modelo para infectados e a média de casos, no período entre 2016 e 2022.

(b) Representação do modelo para infectados e dados reais, para o ano de 2021.

Figura 6: Representação modelo SIR para infectados.

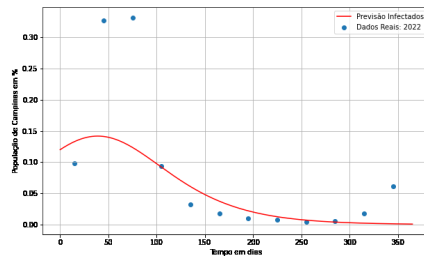


Figura 7: Representação do modelo para infectados, e dados reais, para o ano de 2022.

4. Discussão

É notável a presença de dados reais de caráter *outlier*, ou seja, dados que apresentam comportamento diferente do que o esperado quando em comparação com os demais dados. Isto se deve a um fator importante não considerado em modelos epidemiológicos, o **aquecimento global** (Sociedade Brasileira de Medicina Tropical (SBMT), 2019; Organização Pan-Americana de Saúde - OPAS, 2008). Sabemos que a dengue apresenta um caráter sazonal, sendo que no primeiro semestre do ano, no Brasil, há a maior incidência de casos devido a este período representar a época de chuvas.

Porém, com o aquecimento do planeta, há a desregulação deste equilíbrio de estações, fazendo com que a época de chuva se desloque ou apresente intensidade variável durante os anos e também que o país apresente temperaturas acima da média mesmo fora do período de verão, (Sociedade Brasileira de Medicina Tropical (SBMT), 2019; Organização Pan-Americana de Saúde - OPAS, 2008).

Com isso, há uma maior reprodução e disseminação de mosquitos no país, pois a proliferação desse mosquito depende de água parada, quase sempre proveniente da época de chuva, fazendo com que ocorram casos com frequência elevada mesmo fora do período sazonal característico da doença e/ou aumentando o valor do número de infectados (Sociedade Brasileira de Medicina Tropical (SBMT), 2019; Organização Pan-Americana de Saúde - OPAS, 2008).

5. Conclusões

Neste trabalho, abordamos a transmissão da dengue e seus cenários no município de Campinas através do modelo SIR com a adição da dinâmica vital, que envolve a consideração de mais três taxas no modelo, representando a natalidade e a mortalidade dos indivíduos da população e a mortalidade dos indivíduos infectados. Para isso, foram coletados dados a partir dos informes do município visando o entendimento do comportamento sazonal das epidemias.

As análises foram feitas de forma computacional, aplicando as equações do modelo SIR com dinâmica vital ao método de *Runge Kutta* de 4ª ordem para a obtenção da solução analítica com base nos valores obtidos, envolvendo variações nos parâmetros que representam as taxas relacionadas às variáveis principais do sistema.

As aproximações do modelo conseguiram descrever o comportamento da sazonalidade da dengue, a partir do comparativo com os dados reais. No entanto, nota-se que a modelagem dessa epidemia é algo complexo a ser feito, devido a diversos fatores interferirem no comportamento da doença, fatores estes que podem ser implementados em variações mais complexas do modelo SIR.

A ausência/incoerência de dados epidemiológicos também foi um fator de grande relevância, dificultando com que a adaptação do modelo pudesse ser realizada com maior acurácia e também com que este possa ser comparado com dados confiáveis. Ainda assim, o modelo apresenta viabilidade para aplicações

para previsões do comportamento das epidemias de dengue no futuro.

6. Considerações Finais

Apesar da dengue ser uma doença com caráter sazonal, ainda apresenta grande complexidade, pois seu comportamento envolve diversas variáveis de caráter biológico, como vetores da doença, frequência de picadas por dia e preferência dos vetores por indivíduos específicos, e variáveis de caráter sociológico, como a consideração da migração de indivíduos infectados para outras regiões. Logo, modelos mais complexos que envolvem estes fatores, podem apresentar uma melhor aproximação do comportamento das epidemias, mas estes dependerão da disponibilidade dos dados necessários para as variáveis do modelo.

Ressaltamos a importância da articulação dos órgãos governamentais do município para a disponibilização e averiguação de dados coerentes para a população, permitindo que novos estudos possam ser realizados e assim conferindo avanços no âmbito científico-social para a prevenção e conscientização da população com relação a futuras epidemias.

A implementação do modelo, com o método Runge-Kutta aplicado e a tabela de dados, se encontra disponível no repositório do GitHub dos autores (Minatogau et al., 2023).

Referências

- Chan, M. e Johansson, M. A. (2012). The incubation periods of dengue viruses. *PLOS ONE*, 7(11):1–2.
- DataSUS - Ministério da Saúde (2023). Notificações registradas no sistema de informação de agravos de notificação. Disponível em <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/defctohtm.exe?sinannet/cnv/denguebsp.def> Acesso in: 28/10/2023.
- G1 - Jornal Hoje (2014). Seis em cada dez brasileiros só vão ao médico quando estão doentes. Disponível em <https://g1.globo.com/jornal-hoje/noticia/2014/02/seis-em-cada-dez-brasileiros-so-vao-ao-medico-quando-estao-doentes.html> Acesso in: 12/11/2023.

- Governo do Estado de S. Paulo (2018). Região metropolitana de campinas (rnc). Disponível em https://rnc.pdui.sp.gov.br/?page_id=127 Acesso in: 28/10/2023.
- Minatogau, F. S., Marques, T., e Barelli, V. E. G. (2023). Repositório github: SIR-model-with-vital-dynamics-applied-on-dengue-epidemiology-in-Campinas-Brazil. Disponível em <https://github.com/TiagoMarquesHxH/SIR-Model-with-vital-dynamics-applied-on-dengue-epidemiology-in-Campinas-Brazil.git>, Acesso em: 28/10/2023.
- Monich, J. W. (2018). Modelagem da dinâmica epidemiológica da dengue. Dissertação de Mestrado, IME-USP, São Paulo/SP.
- Organização Pan-Americana de Saúde - OPAS (2008). Mudanças climáticas e ambientais e seus efeitos na saúde: cenários e incertezas para o brasil. Disponível em https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/mudancas_climaticas_ambientais_efeitos.pdf Acesso in: 12/11/2023.
- Organização Pan-Americana de Saúde - OPAS (2021). Dengue - OPAS/OMS. Disponível em <https://www.paho.org/pt/topicos/dengue> Acesso in: 28/10/2023.
- Organização Pan-Americana de Saúde - OPAS (2022). Serviços essenciais de saúde enfrentam interrupções contínuas durante pandemia de covid-19. Disponível em <https://www.paho.org/pt/noticias/7-2-2022-servicos-essenciais-saude-enfrentam-interruptoes-continuas-durante-pandemia-covid>.
- Prefeitura de Campinas (2023). Conheça campinas: Origens. Disponível em <https://www.campinas.sp.gov.br/sobre-campinas/origens.php> Acesso in: 28/10/2023.
- Prefeitura de Campinas - SP: Sec.Mun. de Assitência Social e Segurança Alimentar (2016). Relatório de informações sociais do município de campinas. Disponível em https://smcais-vis.campinas.sp.gov.br/sites/smcais-vis.campinas.sp.gov.br/files/arquivos/relatorio_de_informacoes_sociais_campinas_-_2016_0.pdf Acesso in: 28/10/2023.
- Rádio Nacional - Brasília (2021). 62% dos homens no brasil só vão ao médico após sintoma insuportável. Disponível em

<https://agenciabrasil.ebc.com.br/radioagencia-nacional/saude/audio/2021-10/62-dos-homens-no-brasil-so-vaio-ao-medico-apos-sintoma-insuportavel>, Acesso in: 12/11/2023.

Rocha, D. (2012). Modelos matemáticos aplicados à epidemiologia. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Economia – Universidade do Porto, Porto/PT.

Rosa, L. P. e Cruza, P. A. (2019). Aplicação do modelo sir no estudo da transmissão da dengue no município de gurupi, tocantins. *J. Biotechnology and Biodiversity*, 7(1):231–240.

Secretaria Municipal de Saúde - Campinas (2023). Informe epidemiológico arboviroses. Disponível em https://dengue.campinas.sp.gov.br/sites/dengue.campinas.sp.gov.br/files/boletins_arbovirose/Informe%20Epidemiol%C3%B3gico%20Arboviroses%20Campinas%20SP%20-%202022.pdf Acesso in: 28/10/2023.

Silva, S. G. e Bulgareli, J. V. (2023). Acesso à aps no contexto da pandemia covid-19: Uma revisão de literatura sobre as ações de saúde no mundo. In *4° Seminário Internacional de Economia Política da Saúde*.

Sociedade Brasileira de Medicina Tropical (SBMT) (2019). Relação explosiva: aquecimento global e doenças tropicais. Disponível em <https://sbmt.org.br/relacao-explosiva-aquecimento-global-e-doencas-tropicais/> Acesso in: 12/11/2023.

