ReGeo ISSN: 2177-3246

CALCULADORA DO MODELO SEIRV DO SARAMPO NO SCRATCH

MEASLES SEIRV MODEL CALCULATOR IN SCRATCH

CALCULADORA DEL MODELO SEIRV DEL SARAMPIÓN EN SCRATCH

https://doi.org/10.56238/revgeov17n10-158

Data de submissão: 23/09/2026 **Data de publicação:** 23/10/2026

Silvana Martins Ferreira
Mestre em Modelagem Matemática e Computacional/PPGMMC
Instituição: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ)
E-mail: silvanaufrrj@hotmail.com

RESUMO
O Sarampo é uma doença contagiosa, causada por um vírus do gênero Morbillivirus da família Paramyxoviridae. É transmitido por via respiratória, através das secreções nasais e bucais. Há um risco de se tornar letal, por este motivo, justifica-se a construção de modelagens matemáticas que auxiliem na análise da propagação da doença. A partir disso, foi criada uma calculadora no software Scratch para determinar percentuais de suscetíveis, expostos, infectados, recuperados e vacinados. O programa Octave foi utilizado para a construção dos gráficos de evolução. Serão propostas atividades de simulação com a calculadora que poderão ser utilizadas em sala de aula, com o objetivo de reforçar os conteúdos matemáticos envolvendo porcentagens de uma forma diferenciada. Será possível observar que taxas como de infecção, risco de infecção, recuperação ou de vacinação são importantíssimas para a análise deste problema.

Palavras-chave: Calculadora do Sarampo no Scratch. Modelagem SEIRV do Sarampo. Modelo SEIRV. Sarampo no Scratch.

ABSTRACT
Measles is a contagious disease caused by a virus from the Morbillivirus genus of the Paramyxoviridae family. It is spread through respiratory droplets, via nasal and mouth secretions. There is a risk of it becoming lethal, which is why it makes sense to develop mathematical models to help analyze the spread of the disease. With this in mind, a calculator was created in the Scratch software to determine percentages of susceptible, exposed, infected, recovered, and vaccinated individuals. Octave was used to create the evolution graphs. Simulation activities with the calculator will be proposed that can be used in the classroom, aiming to reinforce math content involving percentages in a different way. It will be possible to see that rates like infection, risk of infection, recovery, or vaccination are very important for analyzing this issue.

Keywords: Measles Calculator in Scratch. SEIRV Modeling of Measles. SEIRV Model. Measles in Scratch.

RESUMEN
El sarampión es una enfermedad contagiosa, causada por un virus del género Morbillivirus de la familia Paramyxoviridae. Se transmite por vía respiratoria, a través de las secreciones nasales y bucales. Existe el riesgo de que se vuelva letal, por este motivo, se justifica la construcción de modelos matemáticos que ayuden en el análisis de la propagación de la enfermedad. A partir de esto, se creó una calculadora en el software Scratch para determinar los porcentajes de susceptibles, expuestos, infectados, recuperados y vacunados. Se utilizó el programa Octave para la construcción de los gráficos

de evolución. Se propondrán actividades de simulación con la calculadora que podrán ser usadas en el aula, con el objetivo de reforzar los contenidos matemáticos relacionados con porcentajes de una manera diferente. Será posible observar que tasas como la de infección, riesgo de infección, recuperación o vacunación son muy importantes para el análisis de este problema.

Palabras clave: Calculadora del Sarampión en Scratch. Modelado SEIRV del Sarampión. Modelo SEIRV. Sarampión en Scratch.

1 INTRODUÇÃO

O sarampo é uma doença altamente contagiosa, de acordo com (Almeida, 2020; Goldani, 2018), sendo causado por um vírus do gênero Morbillivirus da família Paramyxoviridae. O sarampo, segundo (Litvoc; Lopes, 2019), é transmitido por via respiratória, através das secreções nasais e bucais. Há um risco de se tornar letal, principalmente quando se trata de pessoas mais jovens com poucas condições sociais e nutricionais.

Com base em (Perry; Halsey, 2004), alguns dos sintomas são febre alta, tosse, coriza, conjuntivite e irritação na pele com manchas vermelhas. Sendo capaz de afetar múltiplos sistemas no corpo e causar diversas complicações, entre elas: pneumonia, otite média aguda (infecções de ouvido), encefalite aguda, laringotraqueobronquite, diarreia, além de complicações neurológicas e oculares. Apesar dos esforços e das ações tomadas para a eliminação, ou erradicação e a diminuição nas taxas de letalidade e mortalidade do sarampo, a desnutrição, a idade jovem na infecção, aglomerações, deficiência de vitamina A, deficiência imunológica, a falta de cuidados médicos, falta de conscientização ou acesso limitado no recebimento das vacinas, crises políticas, desinformação sobre vacinas e, principalmente, a falta de vacinação, são fatores que contribuem para o surgimento de surtos epidemiológicos e para o aumento de fatalidades.

No Brasil, a profilaxia do sarampo dada em duas doses, está disponível em três apresentações diferentes: dupla viral (sarampo e rubéola), tríplice viral (sarampo, caxumba e rubéola) e tetra viral (sarampo, caxumba, rubéola e catapora) e a escolha adequada da vacina é determinada pelo profissional da saúde, de acordo com a idade ou situação epidemiológica.

A modelagem matemática da propagação do sarampo é fundamental nesse processo de investigação pois permite uma melhor compreensão e análise da situação gerada pela incidência dessa e de outras doenças infecciosas. Segundo Mourão (2020), a modelagem como metodologia de ensino auxilia na construção e assimilação do aprendizado da Matemática, num contexto que rompe com a percepção equivocada de ser uma disciplina apenas de “cálculos” e sem aplicabilidade. De acordo com Rampeloti (2022), na tentativa de romper com as abordagens costumeiras do ensino tradicional, uma metodologia centrada em modelos possibilita aos alunos interagir com o conteúdo de maneira proativa, dando a ele protagonismo e voz, bem como preenchendo de significado o conteúdo aprendido.

A Modelagem possibilita a transformação de problemas do cotidiano em problemas matemáticos, solucionando-os numa leitura que dialoga com a realidade (Bassanezi, 2011). Segundo Quadros (2013), a modelagem é desenvolvida através do estudo da interação entre a população de uma região e o ambiente em que ela vive, resultando numa análise detalhada a respeito da doença.

O modelo que estudamos em Amorim (2020), é do tipo SEIRV e representa um sistema de

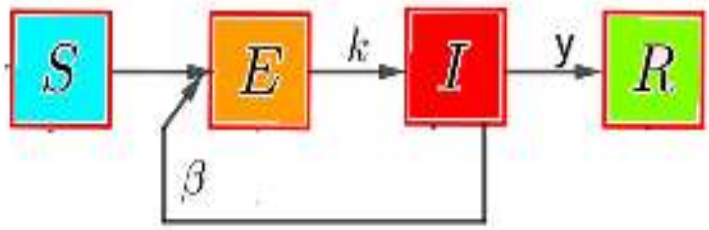
cinco equações diferenciais ordinárias não lineares que pode ser transformado em um sistema de equações de diferenças. As taxas referentes à dinâmica vital são consideradas. Utilizamos o método de Runge- Kutta de primeira ordem. Esse modelo foi escolhido como continuação dos estudos sobre os modelos epidemiológicos básicos.

Com este método analisamos as porcentagens de suscetíveis (S), expostos (E), infectados (I), recuperados (R) e vacinados (V), nas iterações em uma calculadora no software Scratch. Consideramos que dez iterações correspondem a um dia de análise. Para a construção da nossa calculadora recorremos ao Scratch, plataforma utilizada para ensinar a lógica da programação para crianças e adolescentes. Com ele, e possível criar histórias, jogos e animações com scripts feitos com blocos. O nosso objetivo será propor algumas simulações utilizando a calculadora e os gráficos do Octave. Portanto, a nossa abordagem está relacionada a funcionalidade da calculadora criada. A calculadora está disponível online (Ferreira, 2025).

2 MODELO SEIR E SEIRV NA CALCULADORA

Considere o diagrama compartimental do modelo do tipo SEIR (Suscetível-Exposto - Infectado-Recuperado), apresentado na (Figura 1).

Figura 1: Diagrama do modelo SEIR sem dinâmica vital



Fonte: Autora

No modelo SEIR, consideramos a suposição de que uma parcela de indivíduos foi exposta ao vírus, integrando a categoria E. Os expostos são indivíduos que contraíram a doença, mas ainda não são transmissores. O indivíduo suscetível não se torna imediatamente um ser contaminado e transmissor da doença, pois antes de se transformar em um ser infectante, ele é integrado à categoria dos expostos. Quando uma parcela dos expostos se torna infectante, passa a transmitir a doença ao entrar em contato com os suscetíveis.

O indivíduo suscetível contaminado por indivíduo infeccioso, mediante a taxa β, pode não se tornar um agente infeccioso. Isso vai depender do valor da taxa k. Este indivíduo pode não se tornar infectante e continuar na categoria de exposto. O nosso objetivo será provocar uma redução na

categoria dos infectados e como consequência uma diminuição na simulação de propagação do vírus do sarampo. Além disso, na possibilidade de o indivíduo tornar-se infectado, ainda existe uma possibilidade de recuperação y (modelo sem dinâmica vital) ou α (modelo com dinâmica vital).

O Sistema de Equações (1) representa o modelo SEIR.

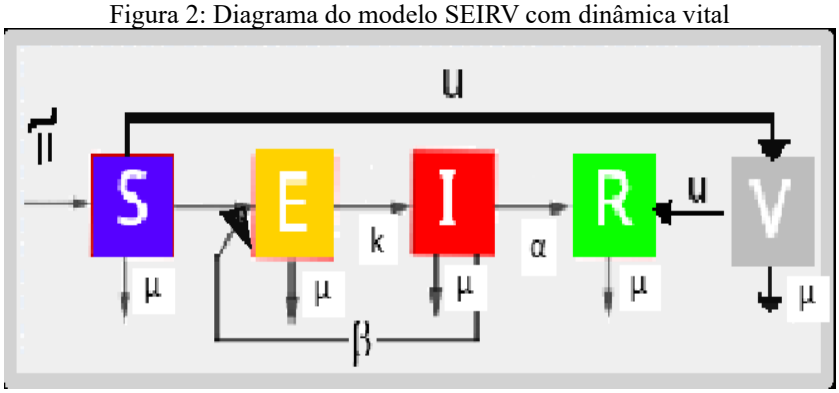
$$\begin{cases} \frac{dS(t)}{dt} = -\beta.S.I \\ \frac{dE(t)}{dt} = \beta.S.I - k.E \\ \frac{dI(t)}{dt} = k.E - \gamma.I \\ \frac{dR(t)}{dt} = \gamma.I. \end{cases} \quad (1)$$

Consideremos uma modificação no modelo SEIR no Sistema de Equações (2), com a inclusão da dinâmica vital através das porcentagens de nascimentos π, sendo adicionadas ao grupo dos suscetíveis e taxa de mortes μ. Denotamos como α a taxa de recuperação que outrora foi atribuída a variável y.

$$\begin{cases} \frac{dS}{dt} = \Pi - \mu S - \beta SI \\ \frac{dE}{dt} = \beta SI - (\mu + k)E \\ \frac{dI}{dt} = kE - (\mu + \alpha)I \\ \frac{dR}{dt} = \alpha I - \mu R \end{cases} \quad (2)$$

Podemos também incluir uma nova classe a dos suscetíveis vacinados V que dependerá de uma taxa de vacinação u. À medida que os suscetíveis são vacinados, eles passam a integrar a classe dos recuperados. Observe o diagrama do modelo SEIRV com suas alterações na (Figura 2).

Figura 2: Diagrama do modelo SEIRV com dinâmica vital



Fonte: Autora

Utilizamos as Equações de Diferenças para a construção dos cálculos no Scratch, através dos métodos de Runge-Kutta. Estes métodos são técnicas numéricas usadas para resolver equações diferenciais ordinárias não lineares. Em análise numérica formam uma família importante de métodos iterativos para a aproximação de resultados e podem ser utilizados no estudo dos modelos epidemiológicos. O método de Runge-Kutta de ordem 1 é denominado como método de Euler, que é a forma mais simples desses métodos. Na (Figura 3) temos um trecho do código utilizado nesses cálculos.

Figura 3: Trecho do código do modelo SEIRV com dinâmica vital

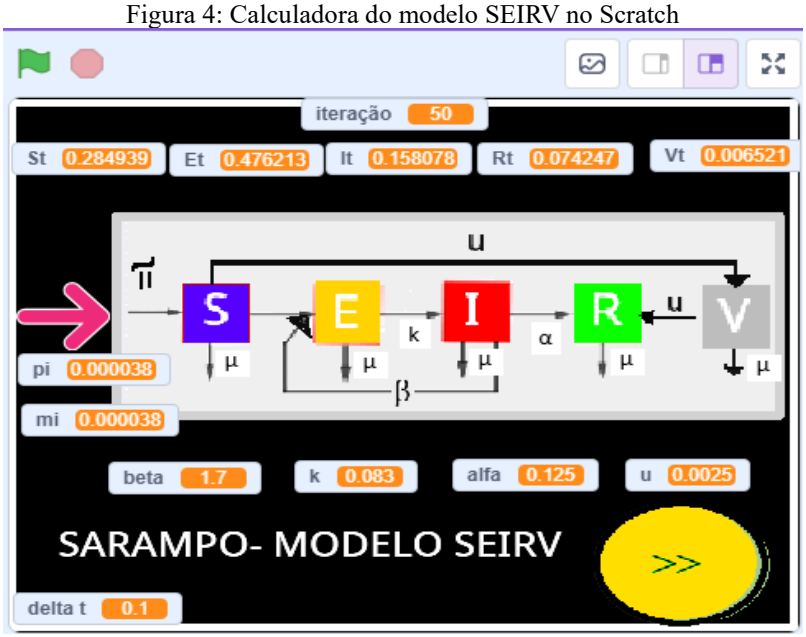


Fonte: Autora

Para inicializarmos a calculadora representada na (Figura 4), basta clicarmos na bandeira verde. Tomamos como exemplo os valores iniciais: 80% de suscetíveis, 10% de expostos e 10% de infectados. Além disso, inicialmente não temos indivíduos recuperados nem vacinados. As taxas de nascimentos e de mortes foram igualadas a 0,000038. Ainda há a possibilidade de alteração nas taxas das categorias S, E, I, R e V e nos parâmetros de inclusão.

Os seguintes valores foram atribuídos para os parâmetros: $\beta = 1,7$; $k = 0,083$; $\alpha = 0,125$ e $u = 0,0025$. Um conjunto de dez iterações representam um dia de disseminação da doença, portanto $\Delta t = 0,1$; ou seja (delta t = 0,1).

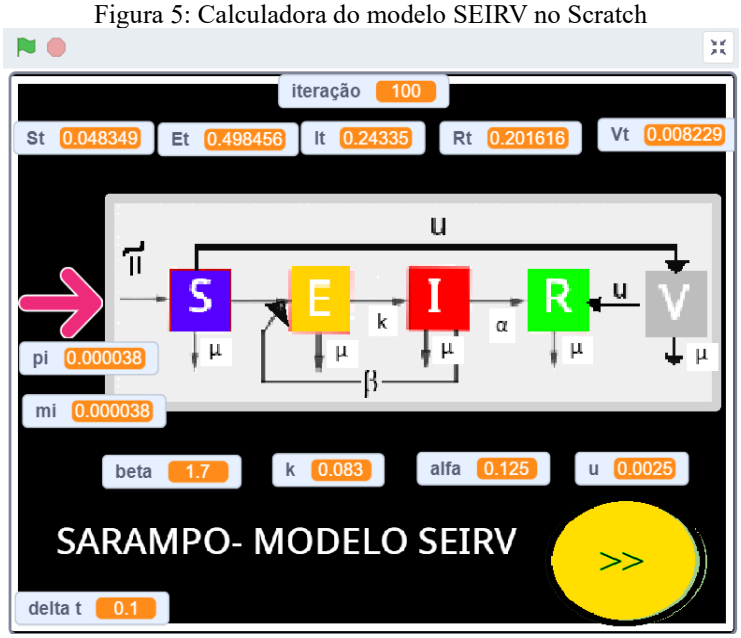
Figura 4: Calculadora do modelo SEIRV no Scratch



Fonte: Autora

Conseguimos então obter as seguintes porcentagens aproximadas após cinco dias: 28,5% de suscetíveis; 47,6% de expostos; 15,8% de infectados; 7,4% de recuperados e 0,65% de vacinados. Com isso, podemos prosseguir calculando as iterações para a quantidade de dias desejada. Na (Figura 5), podemos observar que após 10 dias teremos aproximadamente 4,83% de suscetíveis; 50% de expostos; 24,3% de infectados; 20,2% de recuperados e 0,82% de vacinados.

Figura 5: Calculadora do modelo SEIRV no Scratch

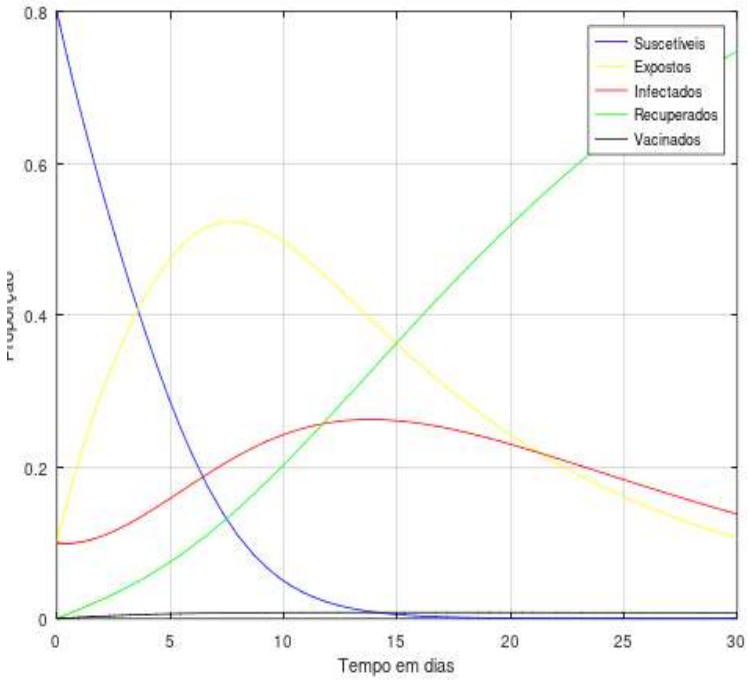


Fonte: Autora

Podemos observar o gráfico obtido no Octave, utilizando-se dos mesmos valores para as

variáveis e parâmetros na (Figura 6).

Figura 6: Gráfico do modelo SEIRV no Octave



Fonte: Autora

Com isso, já podemos analisar o comportamento da propagação no gráfico para quaisquer quantidades de dias.

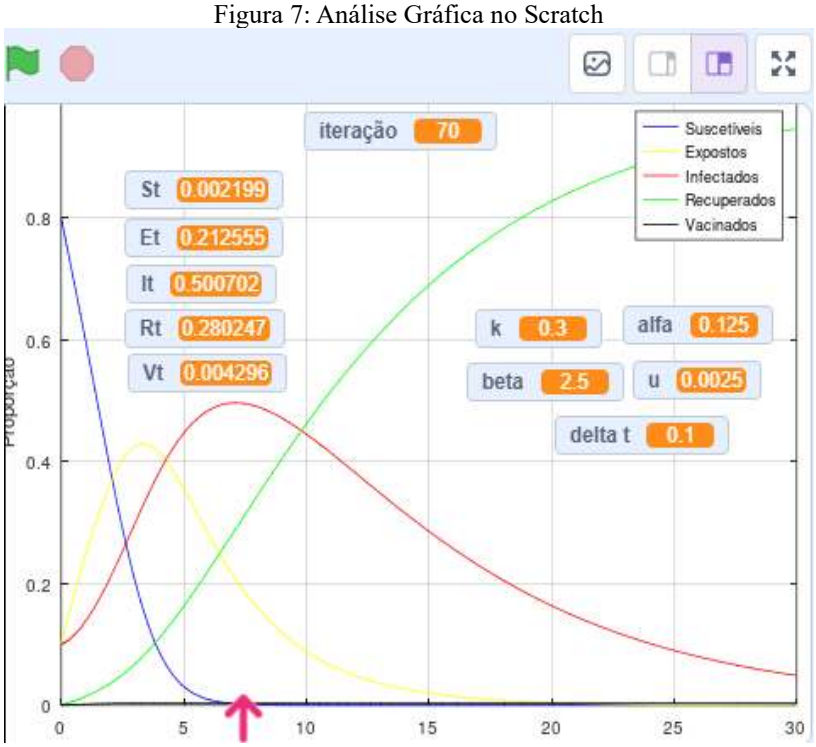
3 PROPOSTA DE ANÁLISE DA EVOLUÇÃO DO SARAMPO

Vamos propor algumas alterações nos parâmetros, a fim de que possamos gerar contextos diferentes: Se aumentarmos a parcela de suscetíveis S, será preciso aumentar a taxa de natalidade π, diminuir a taxa de mortalidade μ ou diminuir a taxa de infecção β. Já os expostos terão suas porcentagens aumentadas se tivermos acréscimos na taxa de infecção β ou se reduzirmos taxa de mortalidade, ou ainda, se diminuirmos a taxa de transição de expostos para infectados k. Ao considerarmos os infectados, quando as taxas de mortalidade ou recuperação diminuem ou a taxa de transição k aumenta, este grupo obtém um crescimento maior. No caso do aumento na taxa de recuperação α ou na redução na taxa de mortalidade μ, os recuperados assumem percentuais maiores. Os vacinados aumentam quando a taxa de mortos diminui ou no caso de a taxa de vacinação aumentar.

As categorias também sofrem influência de outras: a diminuição de infectados provoca aumentos em suscetíveis; os aumentos de suscetíveis e infectados ocasionam acréscimos em expostos; quando os expostos crescem há um crescimento de infectados; os recuperados aumentam quando há um crescimento de infectados.

Suponha que a taxa k passe a ser igual a 0,3 e a taxa β seja igual a 2,5 e os demais parâmetros se mantenham inalterados. Dessa forma, é possível visualizar o valor percentual aproximado das variáveis no gráfico após sete dias: 0,22% de suscetíveis; 21% de expostos; 50% de infectados; 28% de recuperados e 0,43 % de vacinados. Observe o gráfico na (Figura 7) que representa esta situação.

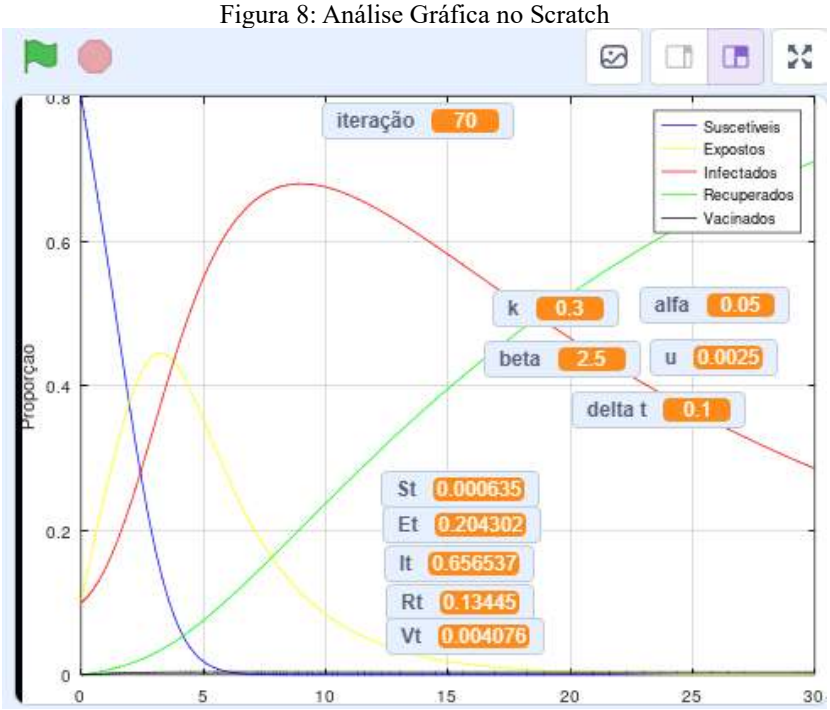
Figura 7: Análise Gráfica no Scratch



Fonte: Autora

Se assumirmos que a taxa de recuperação α é igual a 0,05 (5%), teremos o gráfico exibido na (Figura 8) resultante dessa redução. Podemos observar que após sete dias, obtemos aproximadamente: 65,7% de infectados; 20,4% de expostos e 13,4% de recuperados. O que demonstra que alguma medida precisa ser adotada para diminuir esse crescimento de infectados.

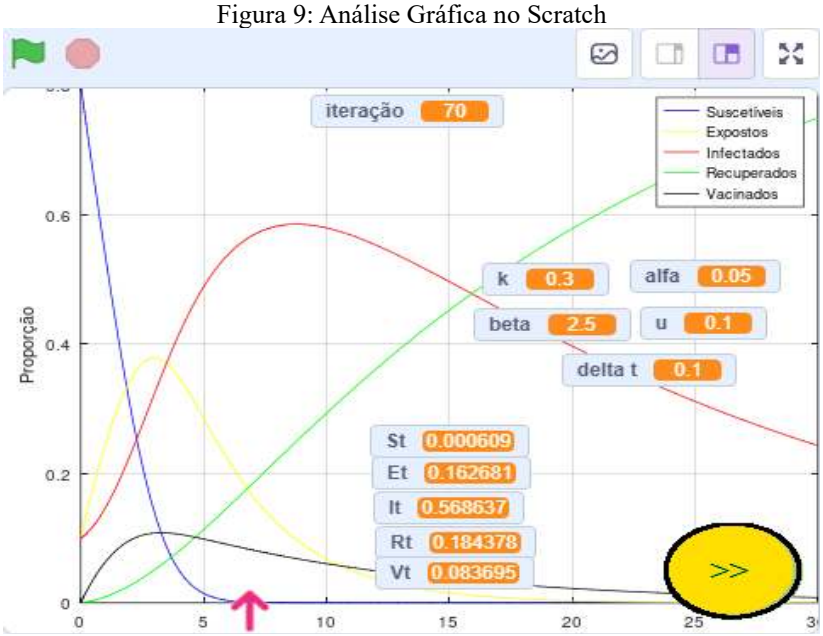
Figura 8: Análise Gráfica no Scratch



Fonte: Autora

Agora, vamos supor que a taxa de vacinação se torne igual a 0,1. Nesse caso, 10% dos suscetíveis serão vacinados. Com base na visualização do gráfico na (Figura 9), obtemos os resultados aproximados para sete dias: 16,3% de expostos; 57% de infectados; 18,4% de recuperados e 8,4% de vacinados. Com isso, podemos concluir que mesmo com uma taxa de recuperação de 5% e um percentual de vacinação de 10%, conseguimos diminuir a parcela de infectados.

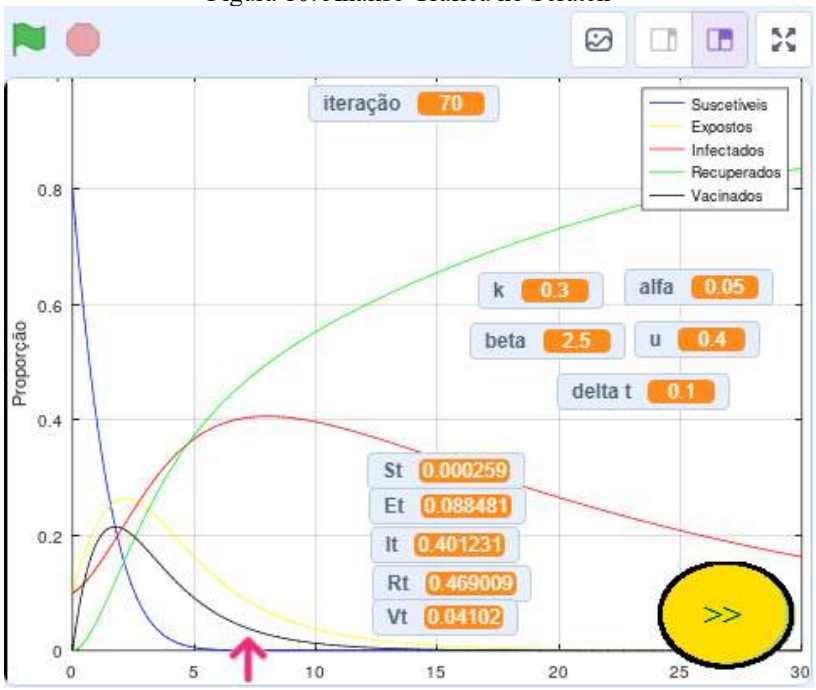
Figura 9: Análise Gráfica no Scratch



Fonte: Autora

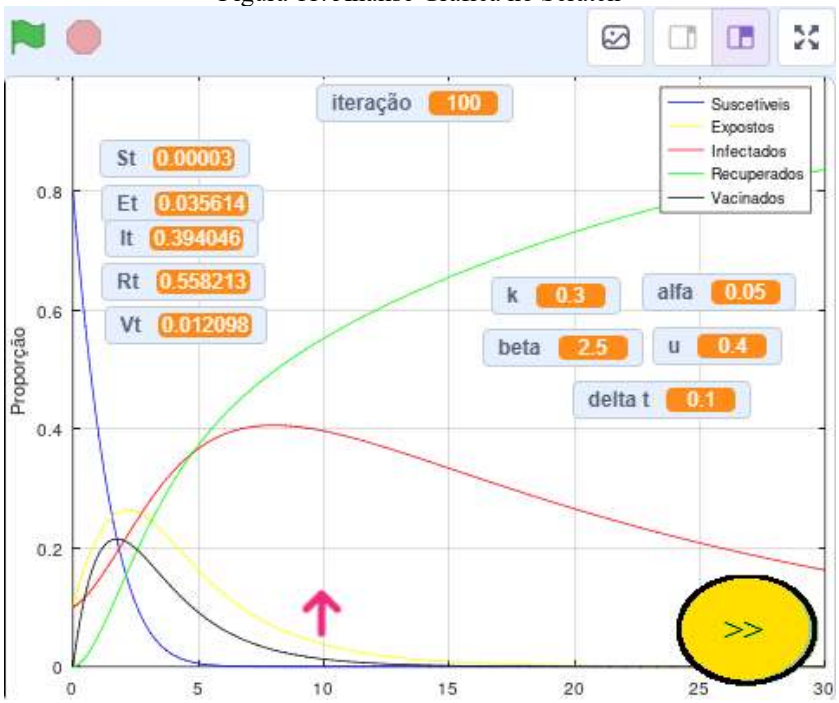
Se aumentarmos ainda mais a taxa de vacinação, a situação tende a melhorar na (Figura 10). Conseguimos 8,8% de expostos; 40% de infectados; 47% de recuperados e 4% de vacinados, aproximadamente. Na (Figura 11) temos os valores percentuais obtidos após 10 dias.

Figura 10: Análise Gráfica no Scratch



Fonte: Autora

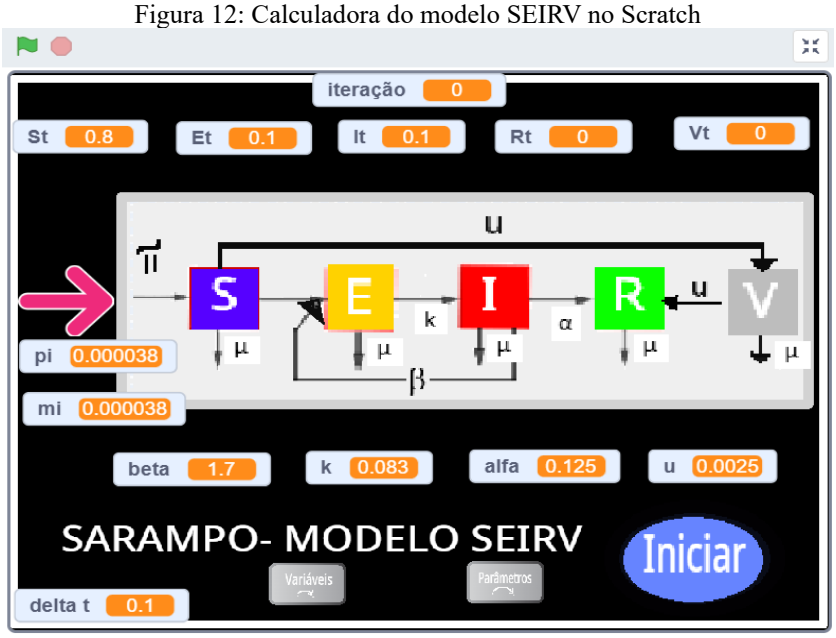
Figura 11: Análise Gráfica no Scratch



Fonte: Autora

Na (Figura 12) temos a inicialização da calculadora onde é possível fazer alterações nos valores dos parâmetros ou das variáveis, clicando nos botões respectivos.

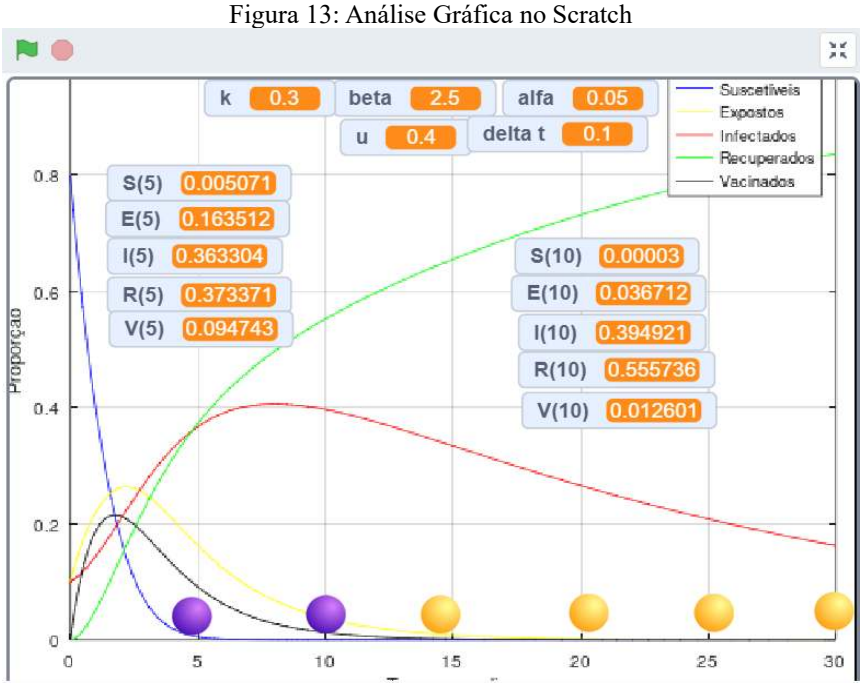
Figura 12: Calculadora do modelo SEIRV no Scratch



Fonte: Autora

Podemos propor algumas atividades envolvendo os gráficos e a calculadora. Vejamos um exemplo da calculadora na (Figura 13), onde calculamos as iterações utilizando os mesmos valores iniciais para as variáveis e os parâmetros k = 0,3; β = 2,5; α = 0,05 e u = 0,4. Determinamos os valores das variáveis para 5 e 10 dias simultaneamente.

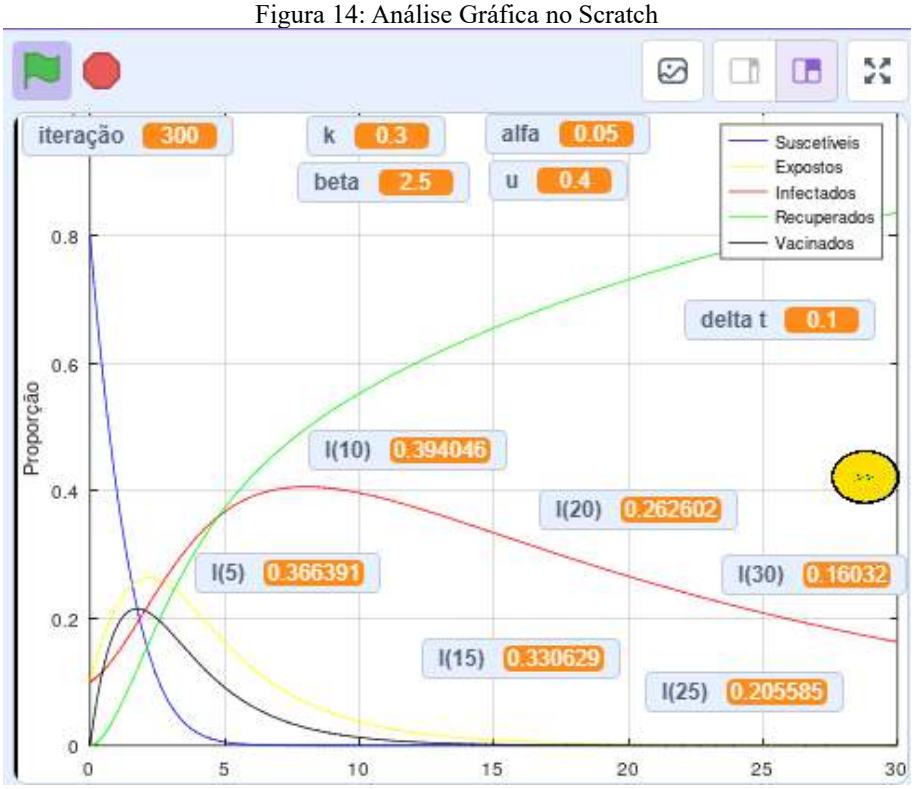
Figura 13: Análise Gráfica no Scratch



Fonte: Autora

Existe a possibilidade de visualizarmos individualmente os valores para cada categoria. Na (Figura 14), podemos analisar o percentual de infectados em 5, 10, 15, 20, 25 e 30 dias, a fim de realizar comparações.

Figura 14: Análise Gráfica no Scratch



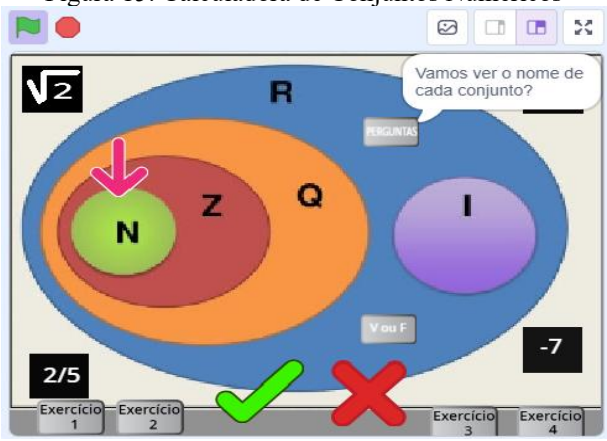
Fonte: Autora

Essas são apenas algumas das possibilidades de aplicação da calculadora no Modelo SEIRV do Sarampo. Deixamos a construção desses gráficos de evolução no próprio Scratch como um desafio para os leitores. Além da tarefa árdua de gerar atividades para sala de aula com base nesses gráficos de evolução ou em outros.

4 ATIVIDADES NO SCRATCH

Para mostrarmos exemplos de atividades no Scratch, selecionamos algumas calculadoras relacionadas com esta situação epidemiológica. Na (Figura 15) temos um programa para o aprendizado de Conjuntos Numéricos. O aluno arrasta o elemento (número) pertencente ao Conjunto dos Números Reais na medida em que aparecem, até a região dos Naturais, Inteiros, Racionais ou Irracionais. O programa informa se a região está correta ou equivocada.

Figura 15: Calculadora de Conjuntos Numéricos



Fonte: Autora

Outro formato está apresentado na (Figura 16), onde o aluno é convidado a responder algumas perguntas sobre funções de primeiro grau, em cartas numeradas sobre uma certa “Festa no Clube”.

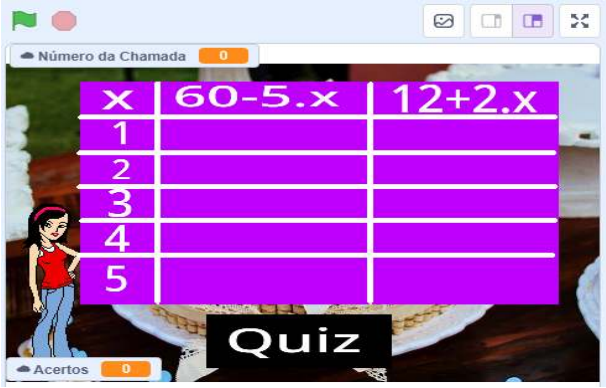
Figura 16: Calculadora Festa no Clube



Fonte: Autora

Uma possibilidade é a construção de uma tabela com os valores das categorias que estudamos. Observe a (Figura 17) que representa uma calculadora onde o aluno preenche os resultados de valores numéricos das duas expressões algébricas para valores distintos da variável x. Já que estamos estudando as Equações de Diferenças, seria interessante reforçar o conteúdo algébrico.

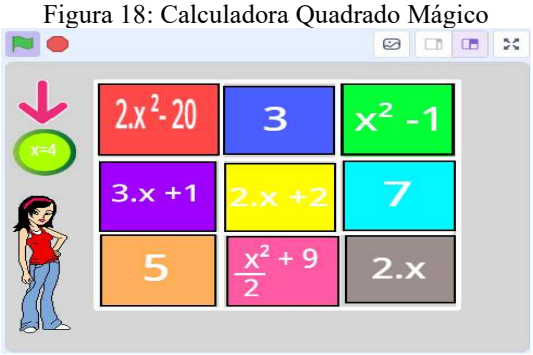
Figura 17: Calculadora da Feliz Doceria



Fonte: Autora

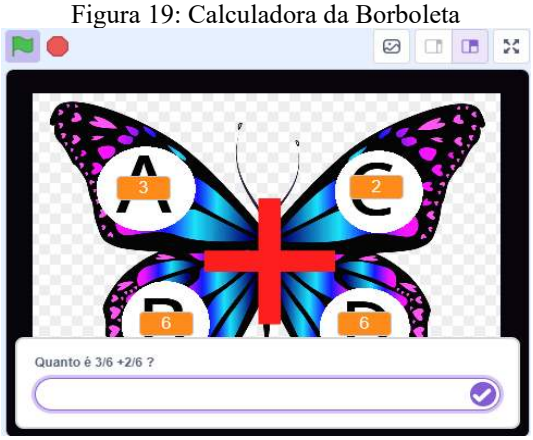
Na (Figura 18) temos uma calculadora representada através do Quadrado Mágico. O desafio é encontrar este quadrado a partir de uma lista de valores para x. Já na (Figura 19), aprendemos a realizar operações básicas com frações. Para analisarmos acréscimos ou decréscimos, calcular as porcentagens de determinado valor e outras situações que possam surgir, precisamos aprender a realizar operações de soma, subtração, multiplicação e divisão de frações.

Figura 18: Calculadora Quadrado Mágico



Fonte: Autora

Figura 19: Calculadora da Borboleta



Fonte: Autora

Como temos que fazer análise de gráficos, precisamos tratar sobre Plano Cartesiano de uma forma bem didática. Observe a (Figura 20) que apresenta uma atividade sobre Plano Cartesiano, onde o aluno deve identificar e responder sobre os pares ordenados (x,y) de cada lugar da cidade de Ruby.

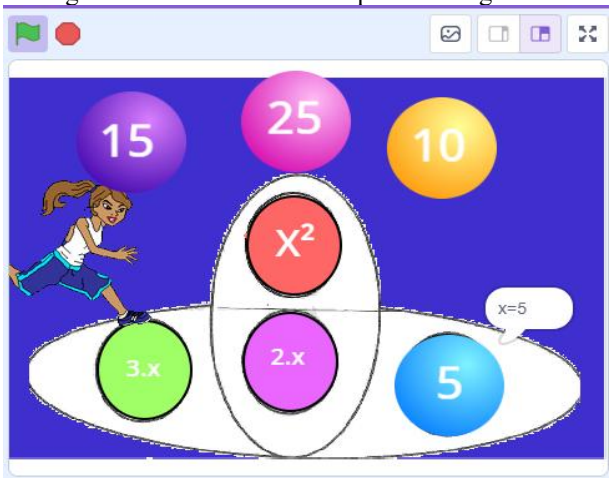
Já na (Figura 21), o aluno arrasta as bolas até a região onde se localiza o valor numérico das expressões algébricas dado o valor da variável x. O programa informa se ele acertou ou errou.

Figura 20: Calculadora Feliz Cidade



Fonte: Autora

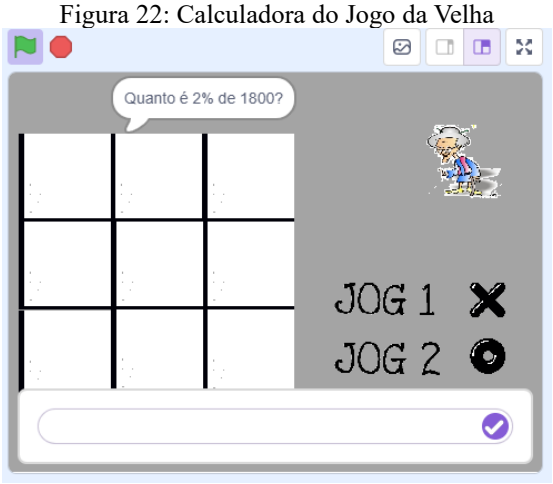
Figura 21: Calculadora de Expressões Algébricas



Fonte: Autora

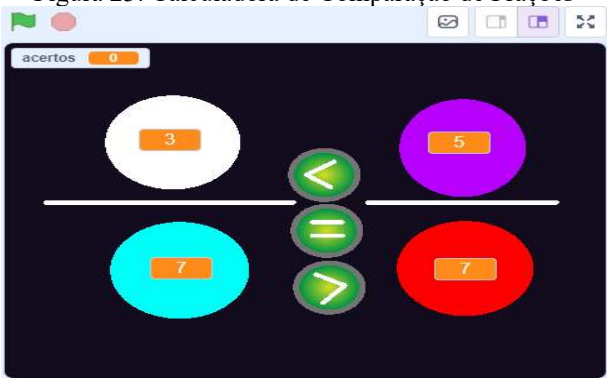
O “jogo da Velha” representado na (Figura 22), envolve algumas perguntas sobre Porcentagem. Para o reforço sobre comparação entre Frações temos uma calculadora na (Figura 23), onde o aluno clica nos botões de maior, menor ou igual. Os acertos são contabilizados pelo programa.

Figura 22: Calculadora do Jogo da Velha



Fonte: Autora

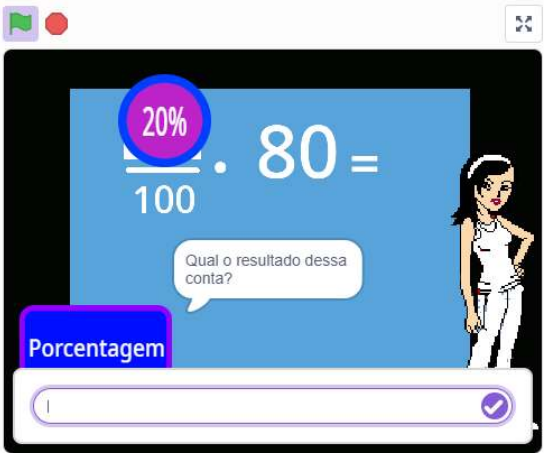
Figura 23: Calculadora de Comparação de Frações



Fonte: Autora

Como proposta para o cálculo de porcentagens, temos a calculadora da “Feliz Idade” na (Figura 24), em que Dona Lucy pede ajuda a Ruby e ao aluno que acessa o programa, a fim de escolher uma porcentagem para retirar de sua idade (80 anos).

Figura 24: Calculadora da Feliz Idade



Fonte: Autora

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Propomos dois tipos de alterações na calculadora: nas variáveis ou nos parâmetros. Aparecem três taxas fundamentais: a taxa de infecção β; a taxa de risco de infecção ou de transição k, provocada por expostos que passam a ser infectantes; a taxa de recuperação y ou α; e a taxa de vacinação u. A proposta é que seja inserida esta abordagem em sala de aula, mostrando como modificações nas variáveis ou nos parâmetros podem afetar a evolução desta doença. Temos dois parâmetros β e k cujos aumentos representam o crescimento de infectados, assim como temos dois parâmetros α e u que podem indicar um retrocesso na evolução da doença.

Após a observação das diferentes categorias envolvidas, fica evidente com base nas simulações presentes em Dias (2020) e as resultantes deste estudo, que a vacinação em massa da população é importante para a erradicação da doença, pois observamos que há um declínio rápido no número de infectados. Portanto, uma taxa de vacinação mais próxima de um, obtida através de mais campanhas, pode ser uma ação para um controle mais eficaz. Porém a vacinação não é a única forma de se diminuir a quantidade de infectados. Precisamos salientar que a possibilidade de recuperação dos infectados é de extrema importância e depende de vários fatores. Por este motivo, cuidar da saúde do indivíduo exposto ou infectado, pode trazer inúmeros benefícios. Até porque estamos tratando de seres infectantes ou contaminados que poderão se tornar infecciosos.

Discussões recentes têm ganhado força no Brasil e no mundo em 2025, especialmente devido ao aumento de casos e à queda na cobertura vacinal. Apesar do aparecimento de outras doenças, não

podemos deixar com que a porcentagem de vacinados diminua. Isso vêm sendo questionado por estudiosos.

6 CONCLUSÃO

Esses estudos tornam-se essenciais na tentativa de prever cenários, analisando a disseminação de doenças infecciosas, e dando subsídios ao governo, para o desenvolvimento de possíveis ações e medidas de controle para conter a propagação de doenças como o sarampo. Esperamos que esta situação-problema possa ser utilizada nas aulas de Matemática para reforço de conteúdos envolvendo: Porcentagens, Regra de três, Operações com Números Racionais, entre outros assuntos. Essa proposta pode ser trabalhada concomitantemente em sala de aula e no laboratório de informática. É interessante discutir os resultados obtidos para as categorias em sala de aula. Além disso, buscamos contribuir para a contextualização da Matemática, através da utilização de um problema real. O assunto chave do estudo é a importância da inclusão da modelagem no ambiente escolar. Essa busca por soluções para situações reais pode trazer inúmeros benefícios para a escola e sociedade. Esperamos que os exemplos dados possam servir de inspiração para os professores.

AGRADECIMENTOS

Á Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio em financiar este trabalho.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Carla Cecília da Costa, et al. Estudo epidemiológico de pacientes infectados por sarampo no brasil/epidemiological study of patients infected by spam in brazil. Brazilian Journal of Health Review, 3(2):1513–1526, 2020.

ALVES, R. G.; OLIVEIRA, M. R. A. de. Modelagem matemática de sistemas epidemiológicos: um modelo SEIR para o sarampo. Revista de Matemática de Ouro Preto, v. 2, p. 70-100, 2021. Disponível em: https://periodicos.ufop.br/rmat/article/view/5148>. Acesso em: 06 jul. 2022.

AMORIM, Magna Pereira. Modelos matemáticos e computacionais da dengue via equações diferenciais ordinárias com estratégias de controle. Universidade Federal Fluminense. 2020.

BASSANEZI, R. C. Equações diferenciais ordinárias: um curso introdutório. Universidade Federal do ABC, 2011.

DIAS, Claudia Mazza, et al. Modelagem matemática para a vacinação contra o sarampo. Investigação, construção e difusão do conhecimento em matemática. Editora Atena, 2020.

FERREIRA, S. M. Calculadora SEIRV para o Sarampo. 2025. https://scratch.mit.edu/projects/1225234840/fullscreen/ . Acesso em: 07 out. 2026.

FERREIRA, S. M. Calculadoras matemáticas no Scratch. 2025. https://scratch.mit.edu/studios/52047384/. Acesso em: 09 out. 2026.

GOLDANI, Luciano Zubaran. Measles outbreak in brazil, 2018. Brazilian Journal of Infectious Diseases, 22(5):359–359, 2018.

HALSEY, Neal Arthur. The clinical significance of measles: a review. The Journal of Infectious Diseases, 189(Supplement_1): S4–S16, 2004.

LITVOC, Marcelo Nóbrega.; LOPES, Max Igor Banks Ferreira. From the measles-free status to the current outbreak in Brasil. Revista da Associação Médica Brasileira, 65(10):1229–1230, 2019. PERRY, Robert Thomas.;

MOURÃO, P. A. M. Simulações matemáticas em estudos epidemiológicos: o modelo sir com estratégias de vacinação como aplicação da modelagem matemática no ensino. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, 2020.

QUADROS, A. S. Modelos epidemiológicos para propagação de informação. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2013.

RAMPELOTI, G. Uma proposta de sequência didática com o uso de modelagem computacional sobre o tema ”doenças contagiosas”para o ensino médio. Universidade Federal de Santa Catarina, 2022.