Revista ARACÊ
ISSN: 2358-2472

MODELO COMPARTIMENTAL PARA TRANSMISSÃO DA LEISHMANIOSE

COMPARTMENTAL MODEL FOR LEISHMANIASIS TRANSMISSION

MODELO COMPARTIMENTAL PARA LA TRANSMISIÓN DE LA LEISHMANIASIS

https://doi.org/10.56238/arev8n1-120

Data de submissão: 22/12/2025 **Data de publicação:** 22/01/2026

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

RESUMO
O tema Leishmaniose associado à modelagem matemática, além de ser uma proposta importante para a análise da evolução da doença, também pode se tornar uma oportunidade de ensino e aprendizagem. A partir do entendimento sobre a dinâmica entre as categorias de seres vivos envolvidos, traçamos um panorama da doença e a sua conexão com a Matemática. O objetivo também será identificar e explorar relações com a Biologia obtidas a partir do desenvolvimento do tema, fazendo associação com as formulações matemáticas e suas aplicações no contexto do ensino. Diante dessa problemática causada por parasitas do gênero Leishmania, buscamos analisar o processo de contaminação envolvendo a transmissão efetuada pelos insetos flebotomíneos e a disseminação entre os hospedeiros: os homens e os cachorros. Para isso, consideramos um diagrama compartimental complexo e um Sistema de Equações Diferenciais Ordinárias não Lineares envolvendo todas as formas de contaminação. Tendo em vista que existe a possibilidade de transformação em um Sistema de Equações de Diferenças, envolvendo as operações básicas, podemos concluir que este tema é adaptável à diferentes contextos. Através de simulações numéricas com dados fictícios para os parâmetros, analisaremos os gráficos quanto aos efeitos causados por mudanças nos dados, podendo assim fazer previsões acerca da evolução da Leishmaniose.

Palavras-chave: Modelo da Leishmaniose. Matemática da Leishmaniose. Modelo Compartimental da Leishmaniose. Modelagem Matemática da Leishmaniose. Compartimentos da Leishmaniose.

ABSTRACT
The topic of Leishmaniasis associated with mathematical modeling, besides being an important proposal for analyzing the evolution of the disease, can also become an opportunity for teaching and learning. Based on the understanding of the dynamics among the categories of living beings involved, we outlined a panorama of the disease and its connection with Mathematics. The goal will also be to identify and explore relationships with Biology obtained from the development of the topic, making connections with mathematical formulations and their applications in the teaching context. In the face of this problem caused by parasites of the genus Leishmania, we aim to analyze the contamination process involving transmission by phlebotomine insects and dissemination among the hosts: humans and dogs. For this, we consider a complex compartmental diagram and a System of Nonlinear Ordinary Differential Equations involving all forms of contamination. Given that there is the possibility of transforming into a System of Difference Equations involving basic operations, we can conclude that this topic is adaptable to different contexts. Through numerical simulations with

Revista ARACÊ
ISSN: 2358-2472

fictitious data for the parameters, we will analyze the graphs regarding the effects caused by changes in the data, thus being able to make predictions about the evolution of Leishmaniasis.

Keywords: Leishmaniasis Model. Mathematics of Leishmaniasis. Compartmental Model of Leishmaniasis. Mathematical Modeling of Leishmaniasis. Compartments of Leishmaniasis.

RESUMEN

El tema Leishmaniasis asociado con la modelación matemática, además de ser una propuesta importante para el análisis de la evolución de la enfermedad, también puede convertirse en una oportunidad de enseñanza y aprendizaje. A partir de la comprensión sobre la dinámica entre las categorías de seres vivos involucrados, trazamos un panorama de la enfermedad y su conexión con las Matemáticas. El objetivo también será identificar y explorar relaciones con la Biología obtenidas a partir del desarrollo del tema, haciendo asociación con las formulaciones matemáticas y sus aplicaciones en el contexto de la enseñanza. Ante esta problemática causada por parásitos del género Leishmania, buscamos analizar el proceso de contagio que involucra la transmisión realizada por los insectos flebótomos y la diseminación entre los anfitriones: los humanos y los perros. Para ello, consideramos un diagrama compartimental complejo y un Sistema de Ecuaciones Diferenciales Ordinarias no Lineales que involucra todas las formas de contagio. Teniendo en cuenta que existe la posibilidad de transformación en un Sistema de Ecuaciones en Diferencias, que involucra las operaciones básicas, podemos concluir que este tema es adaptable a diferentes contextos. A través de simulaciones numéricas con datos ficticios para los parámetros, analizaremos los gráficos en cuanto a los efectos causados por cambios en los datos, pudiendo así hacer predicciones sobre la evolución de la Leishmaniosis.

Palabras clave: Modelo de la Leishmaniasis. Matemática de la Leishmaniasis. Modelo Compartimental de la Leishmaniasis. Modelado Matemático de la Leishmaniasis. Compartimientos de la Leishmaniasis.

1 INTRODUÇÃO

A Modelagem Matemática nos torna capazes de fazer previsões acerca da evolução de uma doença. A Leishmaniose é representada por um modelo onde o cachorro é o hospedeiro definitivo, enquanto o homem é um hospedeiro ocasional. A dinâmica incluirá os hospedeiros vertebrados (o homem e o cão) e o vetor invertebrado (a fêmea do inseto flebotomíneo). A doença é causada por parasitas que são do gênero Leishmania.

A Leishmaniose, segundo Silva (2020), se apresenta de duas formas distintas: a Leishmaniose Visceral e a Leishmaniose Tegumentar ou Cutânea. A transmissão ocorre, quando a fêmea do gênero se alimenta de sangue para desenvolver os seus ovos. De acordo com Rosales e Yang (2006), a forma visceral é fatal quando não é tratada. A muco-cutânea é considerada mutilante e pode chegar a metástases ou lesões incapacitantes e a cutânea afeta a pele e as mucosas, causando feridas e úlceras. Além do caso da cutânea difusa que é uma forma rara e grave, caracterizada por lesões cutâneas extensas e nodulares, sem úlceras típicas.

Esse procedimento de modelar uma situação real como o da Leishmaniose, pode ser utilizado como uma metodologia de ensino e aprendizagem. A ideia é buscarmos conteúdos que estejam intrinsecamente conectados. Segundo Reis (2016, p.40), "percebe-se que os modelos possibilitam a Biologia e a Matemática de se relacionarem em várias situações que representam a vida [...]".

Burak (1992), cita cinco etapas da modelagem com fins didáticos: escolha do tema; pesquisa exploratória; levantamento dos problemas; resolução dos problemas e o desenvolvimento do conteúdo matemático no contexto do tema e análise crítica das soluções. Esse ato de modelar situações, segundo Sá (2012), sintetizando informações, quantificando incertezas e gerando novos conhecimentos, é de extrema importância.

Neste aspecto, Silva Júnior (2008), sintetiza que a Matemática serve de apoio para a Biologia na resolução de situações, ou seja, na pesquisa, na interpretação e na representação de resultados. Ainda ressalta que a Matemática e a Biologia aproximam-se com a construção de modelos capazes de solucionar problemas e interpretar situações, favorecendo ações articuladoras para resolver temas que sejam comuns às duas ciências.

Burak (2010), cita que a confecção experimental de um modelo permite alcançar objetivos tais como: conjecturar, levantar hipóteses, experimentar, refletir, desenvolver a autonomia, a capacidade de buscar novas estratégias e encaminhamentos. De acordo com Reis (2016, p.40), "não há dúvida da necessidade de mostrar para o aluno que a Matemática que é aprendida na escola é a mesma do dia a dia, ou seja, é aquela que utilizamos a todo o momento em situações reais. Desse modo, entende-se que a modelagem seja uma possibilidade de fazer com que o aluno se conscientize

Revista
ARACÊ
ISSN: 2358-2472

disto [...]”.

O modelo SIRS está representado na configuração das categorias de humanos e cachorros no modelo da Leishmaniose, quando tratados isoladamente. Com isso, temos três compartimentos: suscetíveis, infectados e recuperados. Já os insetos, apresentarão somente dois compartimentos o dos suscetíveis e o dos infectados, pois não são capazes de se recuperar da doença.

Rosales e Yang (2006, p.338), esclarecem que:

> [...] o modelo não leva em consideração os períodos de incubação do parasita nem nos hospedeiros, nem no vetor. Assume-se que os hospedeiros vertebrados desenvolvem uma resposta imunológica parcial, porém o vetor flebotomíneo é incapaz de responder imunologicamente. Assim, os vertebrados são capazes de infectar insetos durante o período infeccioso, enquanto os vetores, quando infectados, transmitem o protozoário aos vertebrados durante todo o seu período de vida.

Segundo Luiz (2012, p.40), “no modelo SIRS há indivíduos suscetíveis que adquirem a doença, tornando-se infectados e, após a recuperação, não adquirem imunidade, tornando-se suscetíveis novamente [...]”.

Vieira (2016, p. 29), reforça que:

> [...] a grande diferença entre SIRS e SIR é que, para SIRS, um indivíduo pode perder sua imunidade após a cura da doença. Essa nova característica de reinfecção pode ocorrer de dois modos: ou o indivíduo infectado, ao curar-se, vai direto ao grupo dos suscetíveis, ou o indivíduo infectado, ao curar-se, vai para o grupo dos recuperados, sendo que uma parte deste grupo volta a ser suscetível (modelo SIRS).

A partir desta articulação da Matemática com a Biologia, são elaborados os Sistemas de Equações Diferenciais Ordinárias não Lineares, que possibilitam a solução e interpretação dos problemas originários das doenças. Silva Júnior (2008, p. 15) traz que, “ainda que Biologia e a Matemática situem-se em diferentes campos de estudo separados pela evolução do conhecimento científico, elas guardam entre si possibilidades de ações articuladoras dos seus saberes [...]”. O que confere a este tema grande importância, pois contextualiza um assunto que pode ser adaptado à Educação Básica ou utilizado no Ensino Superior. Isso deve-se à possibilidade da transformação destes Sistemas Diferenciais em Sistemas de Equações de Diferenças. Esses sistemas adaptados requerem o conhecimento das operações básicas, estudadas no Ensino Fundamental ou Médio.

2 MODELO MATEMÁTICO DA LEISHMANIOSE

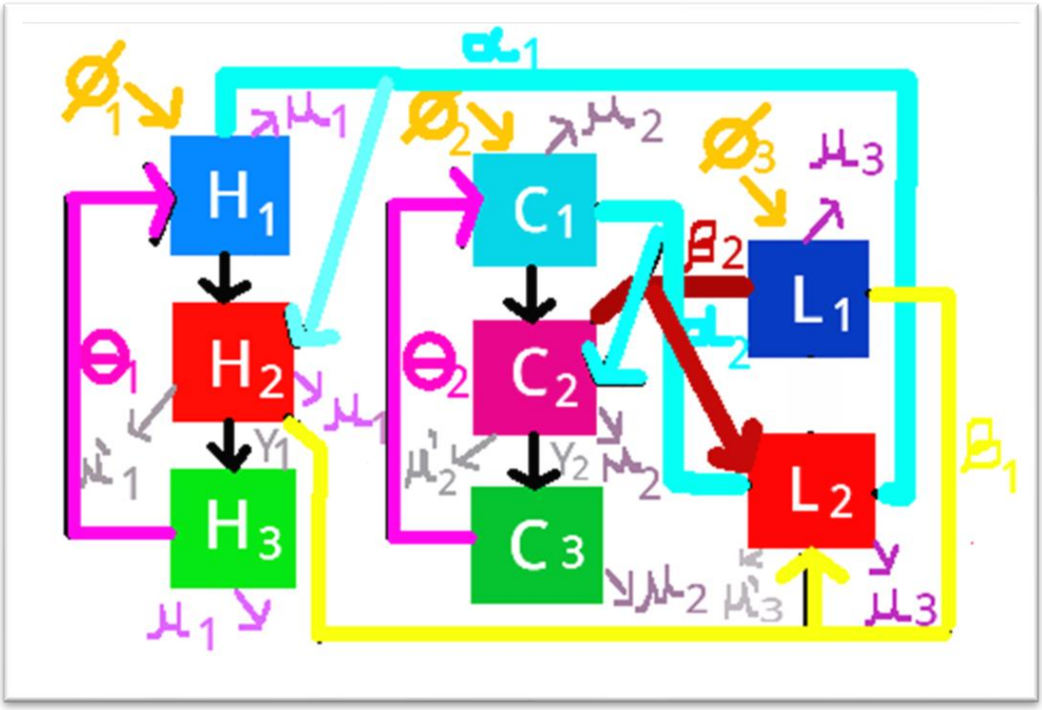
Rosales e Yang (2006, p.338), apresentam as categorias de vertebrados e as categorias de insetos. Esclarecem que o diagrama será composto por três compartimentos de humanos: onde H_1

Revista ARACÊ
ISSN: 2358-2472

representa os suscetíveis, H_2 os infectados e H_3 os recuperados. Com relação aos cães teremos: C_1 como a categoria dos cães suscetíveis, C_2 para os cães infectados e C_3 no caso de cães recuperados. Já a população dos vetores flebotomíneos fica organizada da seguinte forma: L_1 será formada pelos insetos suscetíveis e L_2 pelos insetos infectados. O diagrama compartimental deste modelo da Leishmaniose está representado na (Figura 1).

Podemos perceber que os humanos suscetíveis H_1, quando têm contato com os insetos infectados L_2, tornam-se humanos infectados H_2, e isso ocorre a uma taxa α_1. Analogamente, os cachorros suscetíveis C_1 ao entrarem em contato com os insetos infectados L_2, se convertem em cachorros infectados C_2, a uma taxa α_2. Por contrapartida, os insetos suscetíveis L_1 ao picarem homens infectados H_2, com uma taxa β_1, passam a ser considerados como insetos contaminados L_2. Já os insetos suscetíveis L_1 ao terem contato com o sangue dos cães contaminados C_2, se transformam em insetos contaminados L_2, com uma taxa β_2.

Figura 1. Diagrama Compartimental da Leishmaniose



Fonte: Autora

Considere (phi 1) como a taxa de natalidade dos humanos, (phi 2) dos cães e (phi 3) dos insetos. As mortes nos grupos μ_1, μ_2 e μ_3 são ditas naturais, quando ocorrem por outro motivo que não seja a doença. Quando as mortes ocorrerem por causa da doença a trataremos como μ'. Como o modelo é do tipo SIRS para os humanos e para os cães, então temos uma taxa (teta) de retorno à suscetibilidade e uma taxa de recuperação (gamma).

Revista ARACÊ
ISSN: 2358-2472

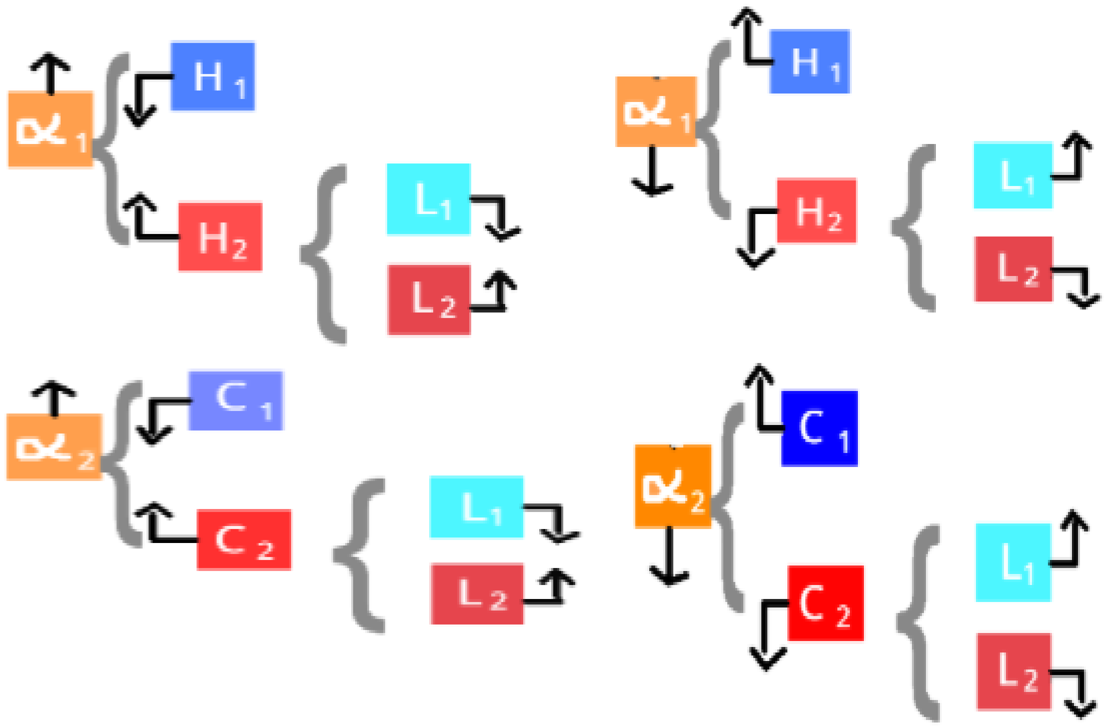
Para determinarmos a taxa de nascimentos, calculamos o somatório das mortes em cada grupo envolvido. Portanto, nesse modelo os nascimentos compensam as mortes. Como geralmente iniciamos o modelo sem recuperados, então o somatório de suscetíveis e infectados nas categorias é sempre 1. Assim, obtemos as Equações (2) marcadas de azul no Sistema (1). Ele é representativo deste modelo envolvendo a interação entre os homens, os cachorros e os insetos. Observe que para facilitar a visualização ocultamos a variável do tempo (t) nas Equações (2) e revelamos no Sistema (1).

$$
\begin{cases}
\dfrac{dH_1(t)}{dt} = \boxed{\mu_1 + \mu_1' H_2(t)} + \theta_1 H_3(t) - [\alpha_1 L_2(t) + \mu_1] H_1(t) \\
\dfrac{dH_2(t)}{dt} = \alpha_1 L_2(t) H_1(t) - (\mu_1 + \mu_1' + \gamma_1) H_2(t) \\
\dfrac{dH_3(t)}{dt} = \gamma_1 H_2(t) - (\mu_1 + \theta_1) H_3(t) \\
\dfrac{dC_1(t)}{dt} = \boxed{\mu_2 + \mu_2' C_2(t)} + \theta_2 C_3(t) - [\alpha_2 L_2(t) + \mu_2] C_1(t) \\
\dfrac{dC_2(t)}{dt} = \alpha_2 L_2(t) C_1(t) - (\mu_2 + \mu_2' + \gamma_2) C_2(t) \\
\dfrac{dC_3(t)}{dt} = \gamma_2 C_2(t) - (\mu_2 + \theta_2) C_3(t) \\
\dfrac{dL_1(t)}{dt} = \boxed{\mu_3 + \mu_3' L_2(t)} - [\mu_3 + \beta_1 H_2(t) + \beta_2 C_2(t)] L_1(t) \\
\dfrac{dL_2(t)}{dt} = [\beta_1 H_2(t) + \beta_2 C_2] L_1(t) - (\mu_3 + \mu_3') L_2(t)
\end{cases}
\qquad (1)
$$

$$
\begin{aligned}
\emptyset_1 &= \mu_1.\ H_1 + \mu_1.\ H_2 + \mu_1'.\ H_2 = \mu_1.\ (H_1 + H_2) + \mu_1'.\ H_2 = \mu_1 + \mu_1'.\ H_2 \\
\emptyset_2 &= \mu_2.\ C_1 + \mu_2.\ C_2 + \mu_2'.\ C_2 = \mu_2.\ (C_1 + C_2) + \mu_2'.\ C_2 = \mu_2 + \mu_2'.\ C_2 \\
\emptyset_3 &= \mu_3.\ L_1 + \mu_3.\ L_2 + \mu_3'.\ L_2 = \mu_3.\ (L_1 + L_2) + \mu_3'.\ L_2 = \mu_3 + \mu_3'.\ L_2
\end{aligned}
\qquad (2)
$$

Observe os efeitos do aumento ↑ ou da diminuição ↓ das taxas de contaminação (Figura 2) e (Figura 3). Ao observarmos o Sistema (1) podemos tirar algumas conclusões. O ideal é tentarmos diminuir com medidas preventivas as taxas de contaminação α_1, α_2, β_1, β_2, pois os suscetíveis (em azul) irão aumentar, enquanto os infectados (em vermelho) e os recuperados (em verde) diminuem.

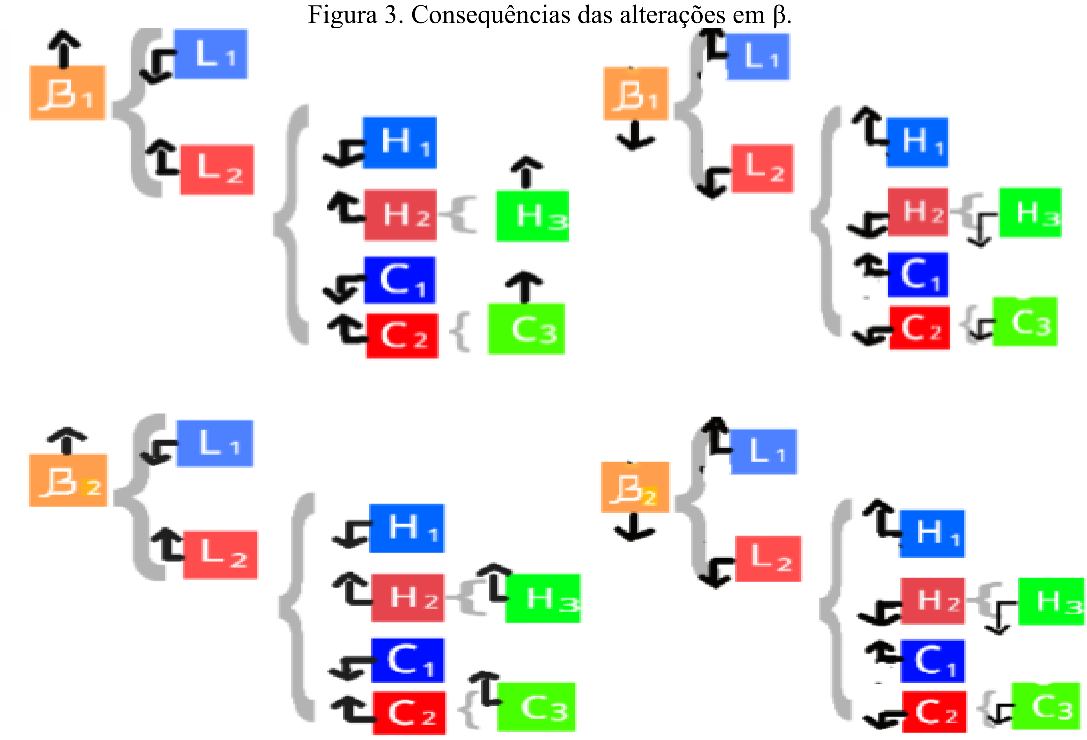
Figura 2. Consequências das alterações em α.



Fonte: Autora

Revista ARACÊ
ISSN: 2358-2472

Figura 3. Consequências das alterações em β.



Fonte: Autora

2.1 SIMULAÇÕES NUMÉRICAS

Consideremos as seguintes condições iniciais em (t=0) para os humanos $H_1(0)=1$, $H_2(0)=0$, $H_3(0)=0$; para os cães $C_1(0)=0{,}98$, $C_2(0)=0{,}02$, $C_3(0)=0$ e para os insetos $L_1(0)=0{,}99$ e $L_2(0)=0{,}01$. Além dos parâmetros escolhidos para a primeira simulação dispostos na (Tabela 1).

Tabela 1. Parâmetros de Simulação

	θ	α	β	μ	μ'	γ
1	0,05	0,9	0,7	0,02	0,075	0,1
2	0,01	0,8	0,6	0,3	0,0037	0,2
3	-	-	-	0,08	0,2	-

Fonte: Autora

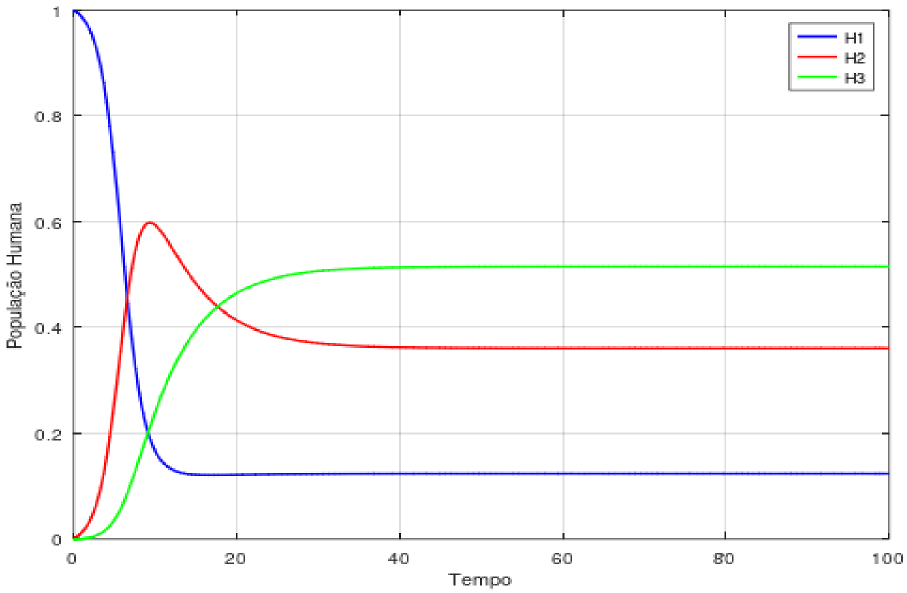
Vejamos o resultado da simulação inicial: As altas taxas de contaminação (α, β) provocaram um crescimento em todos os grupos de infectados:

Nos humanos atingiu uma porcentagem máxima de 60% de infectados, com estabilização em 36% na (Figura 4). Os suscetíveis estabilizaram-se em 13% e os recuperados em 51%. Nos cães a porcentagem máxima de infectados foi de 42% na (Figura 5), com estabilização em 38%. Os cães suscetíveis estabilizaram-se em 38% e os recuperados em 24%. Nos insetos a porcentagem máxima

Revista
ARACÊ
ISSN: 2358-2472

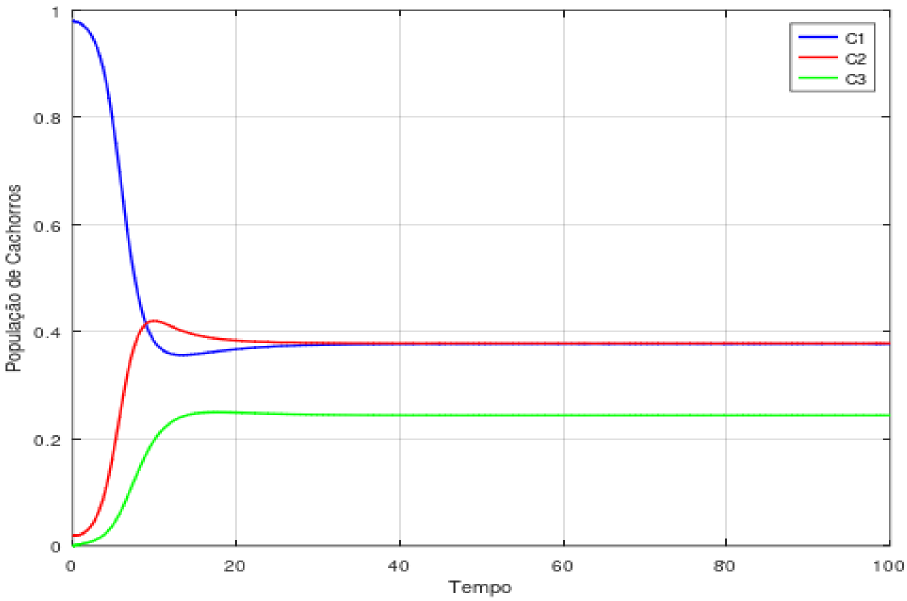
de infectados foi de 70% na (Figura 6), com estabilização em 63%. Os insetos suscetíveis ficaram estabilizados em 37%.

Figura 4. Gráfico da População Humana



Fonte: Autora

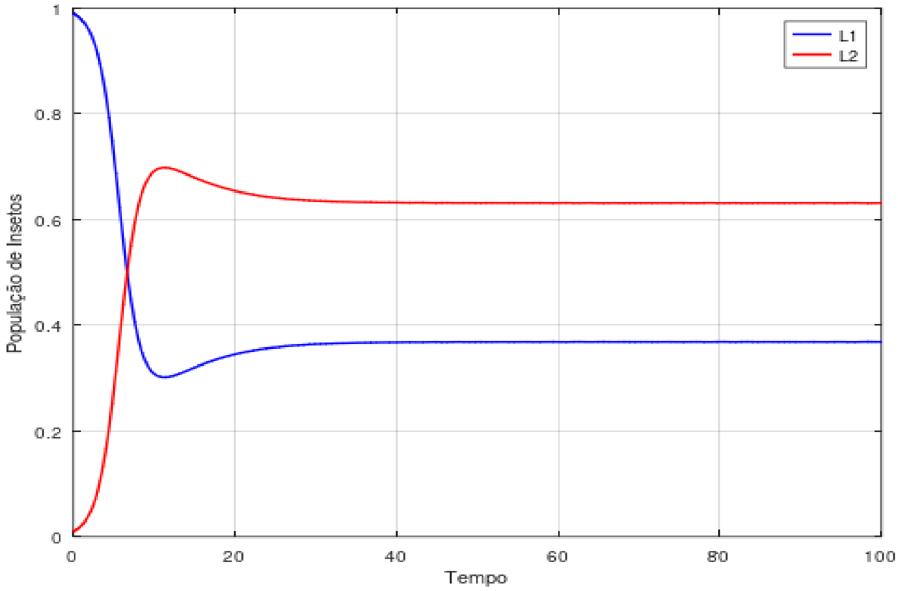
Figura 5. Gráfico da População de Cães



Fonte: Autora

Revista ARACÊ
ISSN: 2358-2472

Figura 6. Gráfico da População de Insetos



Fonte: Autora

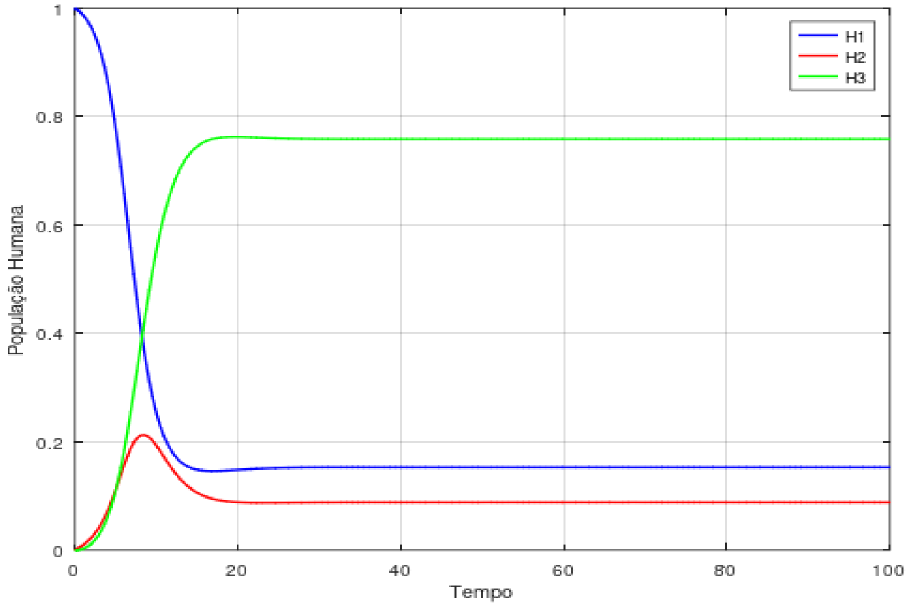
Vamos aumentar as taxas de recuperação do modelo SIR, já que tornamos as taxas de retorno à suscetibilidade (teta) do modelo SIRS bem pequenas. Assumiremos como taxa de recuperação dos humanos y_1= 0,6 e como taxa de recuperação dos cães y_2= 0,3. Precisamos verificar o que acontece na porcentagem máxima de infectados dos humanos e dos cães.

Podemos observar na (Figura 7) que a porcentagem máxima de humanos infectados é de 21%, na (Figura 8) que a porcentagem máxima de cães infectados é de 31% e na (Figura 9), apesar de não existir taxa de recuperação para os insetos, as alterações em H_2 e em C_2, fizeram com que a porcentagem máxima de insetos infectados fosse 51%. O que nos permite concluir que houve uma diminuição na porcentagem máxima de infectados de todas as três populações.

Com isso, as duas primeiras populações aumentaram as porcentagens estabilizantes de recuperados, ficando da seguinte forma: 76% nos humanos, 26 % nos cães.

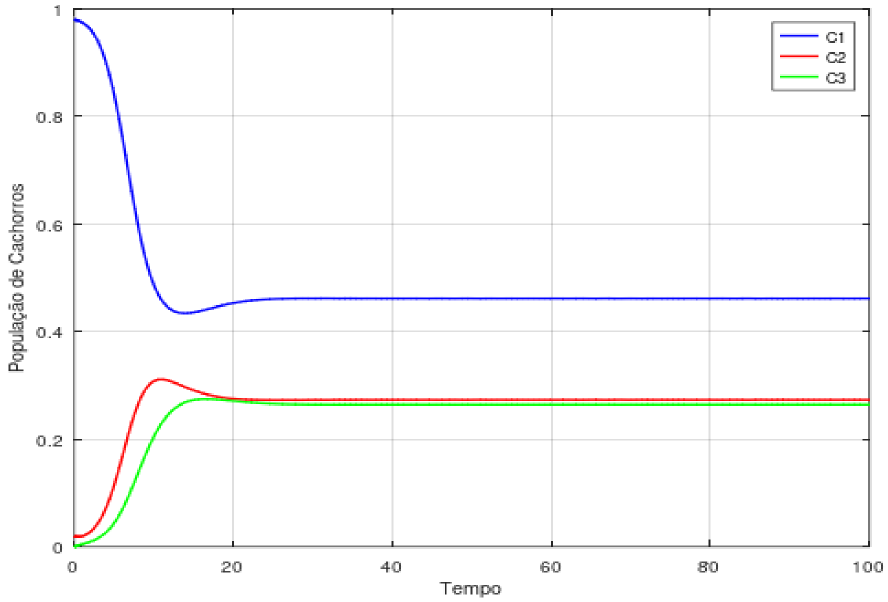
Revista ARACÊ
ISSN: 2358-2472

Figura 7. Gráfico da População Humana



Fonte: Autora

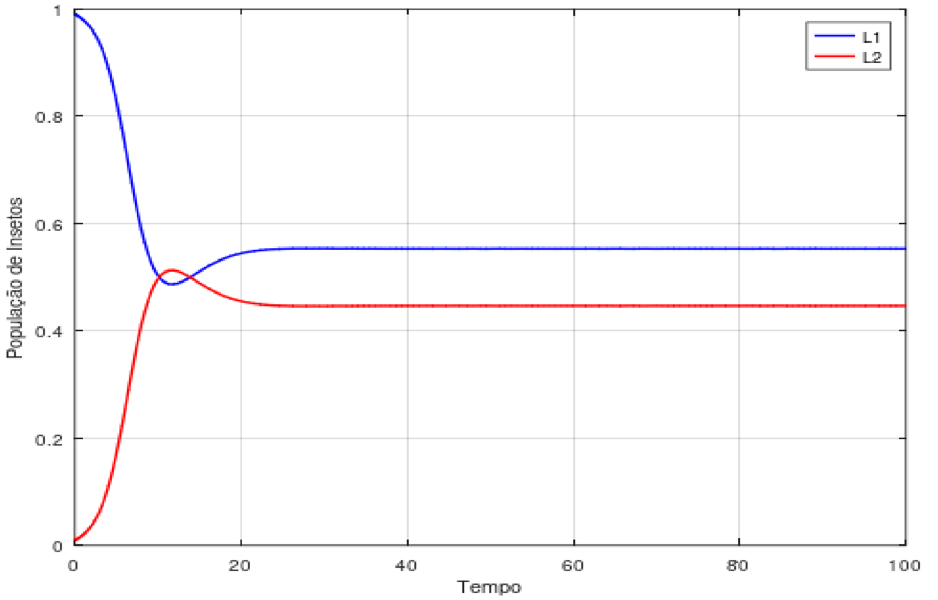
Figura 8. Gráfico da População de Cães



Fonte: Autora

Revista ARACÊ
ISSN: 2358-2472

Figura 9. Gráfico da População de Insetos



Fonte: Autora

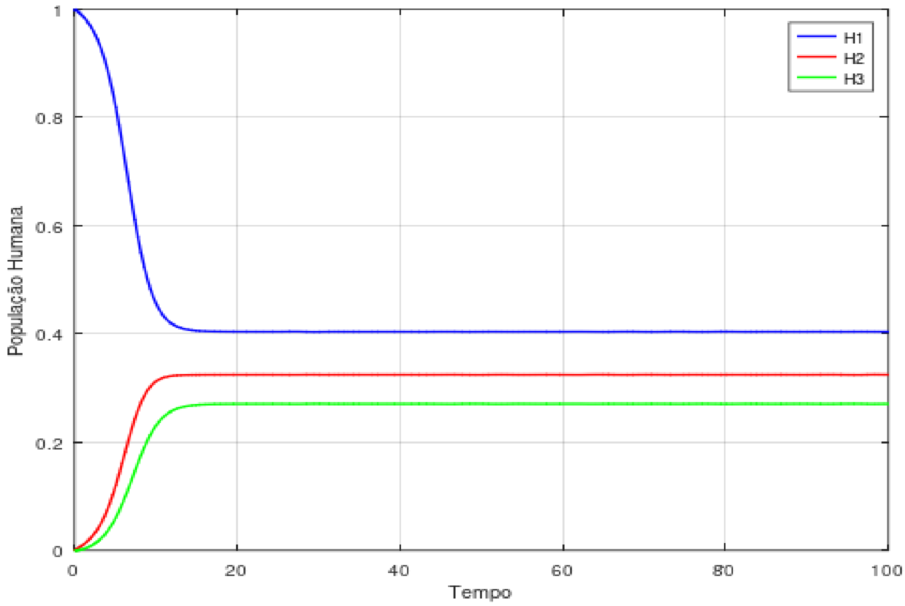
Se continuarmos aumentando as taxas de recuperação, os resultados tendem a melhorar. Só que estamos tratando de um modelo SIRS para Leishmaniose, o que significa que as pessoas recuperadas podem voltar a ser vulneráveis, retornando para o grupo dos suscetíveis. Isso fará aumentar a possibilidade de termos mais elementos da população infectados.

Por isso, se o parâmetro (teta) assumir valores maiores, promoverá esse retorno à suscetibilidade, próprio deste modelo, o que constituí um retrocesso. O ideal é que busquemos formas de tratamento para que o humano ou o cão se recuperem e depois não voltem a desenvolver a doença. O problema do modelo SIRS é que a cura obtida é momentânea para uma parcela da população.

Suponha que a taxa de retorno à suscetibilidade dos humanos seja igual a 0,7 e a dos cães seja 0,5. Com isso, obtemos o gráfico na (Figura 10), onde tivemos uma parcela máxima de 32% no grupo dos humanos infectados, na (Figura 11) alcançamos 38% de cães infectados e na (Figura 12) a porcentagem atingiu o máximo de 62% de insetos infectados e logo se estabilizou neste valor. Com isso, podemos comprovar que se aumentarmos ainda mais a taxa de vulnerabilidade, a situação tende a piorar.

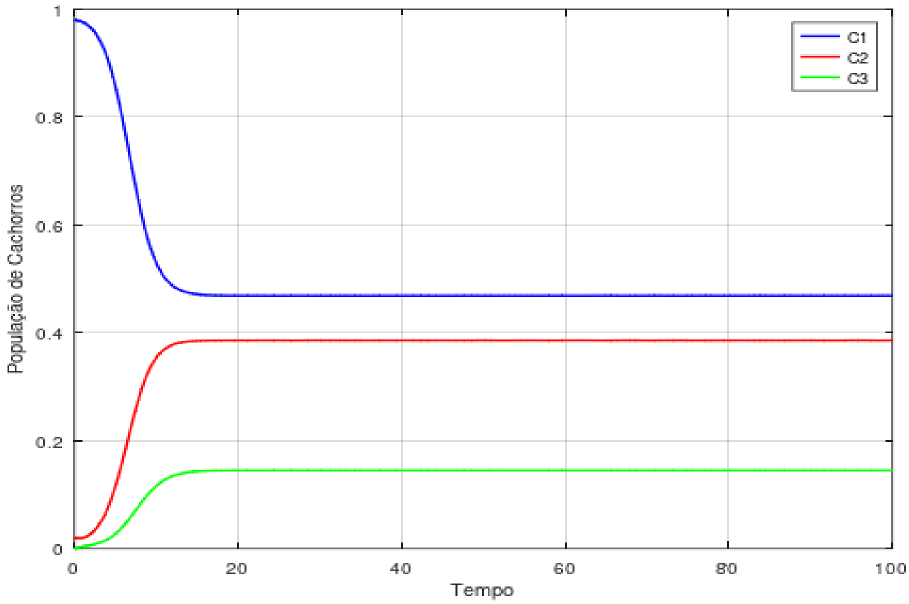
Revista ARACÊ
ISSN: 2358-2472

Figura 10. Gráfico da População Humana



Fonte: Autora

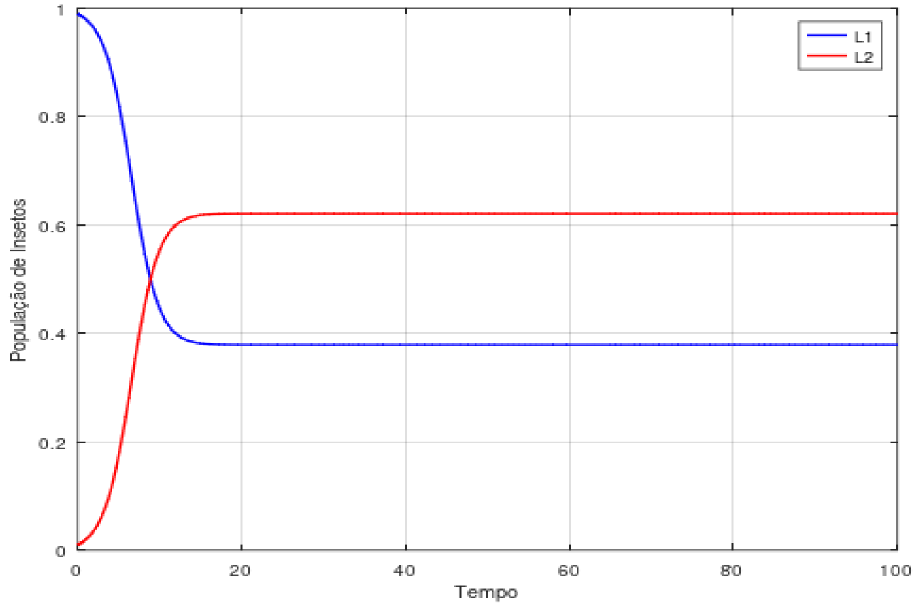
Figura 11. Gráfico da População de Cães



Fonte: Autora

Revista ARACÊ
ISSN: 2358-2472

Figura 12. Gráfico da População de Insetos



Fonte: Autora

3 A INCLUSÃO DE UMA VACINA AO MODELO

No modelo SIRS, como já mencionamos, o indivíduo ou o cão recuperado pode voltar a desenvolver a doença, com isso precisamos de uma intervenção, obtida com a aplicação de uma vacina para estes grupos de suscetíveis. A criação e a implementação da vacina ainda pode ser um desafio. O controle de vetores é importantíssimo, porém outra medida precisa ser considerada. A inclusão da vacinação fará com que os elementos suscetíveis dos dois grupos retornem para o grupo dos recuperados. Utilizando como base o modelo SIRV, construiremos um novo sistema de equações contendo as adaptações com a intervenção de uma vacina.

Com isso, esperamos que o modelo SIRSV consiga diminuir as porcentagens máximas obtidas para os grupos de infectados. Tomemos então a taxa de vacinação (v_1) para o grupo dos suscetíveis humanos e (v_2) para o grupo de cães. Para adaptarmos o sistema devemos subtrair o termo (v_1. H_1) dos suscetíveis humanos e acrescentar no grupo dos recuperados. Analogamente, subtrairemos (v_2. C_1) dos cães suscetíveis e adicionaremos aos recuperados deste grupo.

Partindo da simulação anterior, onde houve uma piora da situação, pois aumentamos a taxa de retorno à suscetibilidade, avançaremos para a incorporação de uma vacina ao modelo. Esperamos que os resultados sejam positivos e consigam atender às expectativas.

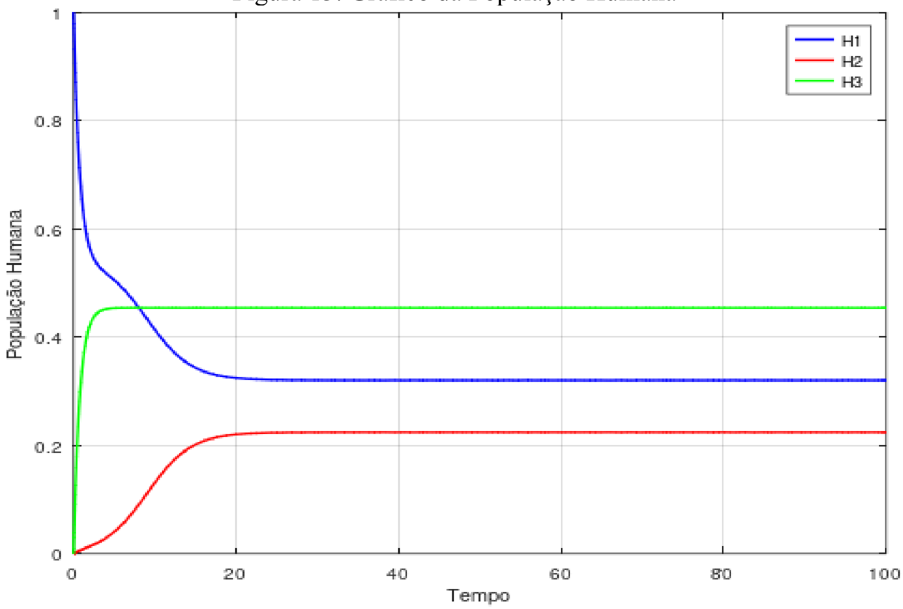
3.1 SIMULAÇÃO NUMÉRICA

Considere (v_1= 0,6 e v_2= 0,4), o que significa que 60% dos suscetíveis humanos foram vacinados e 40% dos cachorros suscetíveis também. Vejamos os resultados obtidos na (Figura 13),

Revista ARACÊ
ISSN: 2358-2472

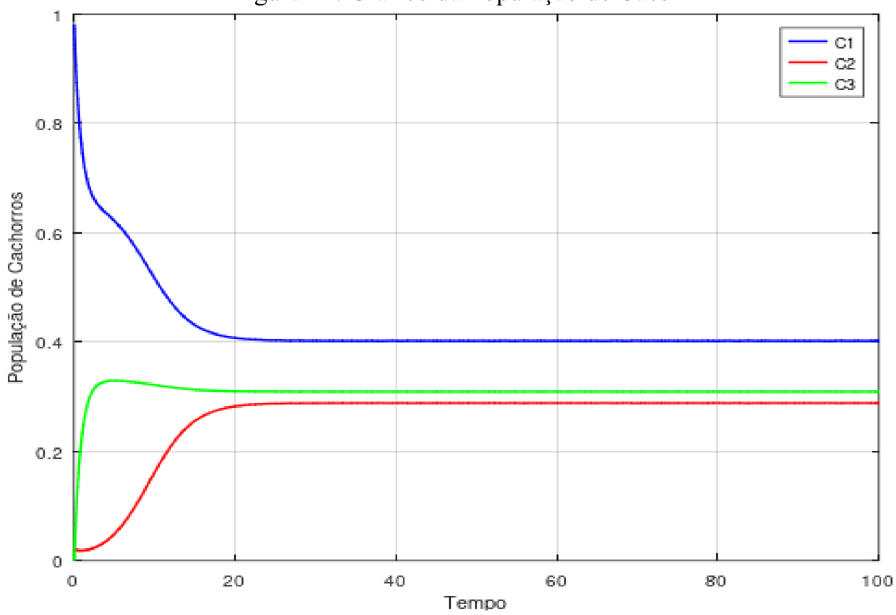
assim como na (Figura 14). Além disso, podemos ter alterações no grupo dos insetos na (Figura 15). Podemos perceber que o valor máximo de infectados humanos foi de 22%, a porcentagem de cães infectados igual a 29% e a dos insetos 54%. Com isso, se a suposta vacina for amplamente divulgada, pode ser que as taxas de vacinação aumentem e a situação melhore ainda mais. Podemos concluir que um modelo SIRS pode ser melhorado com a introdução de uma vacina.

Figura 13. Gráfico da População Humana



Fonte: Autora

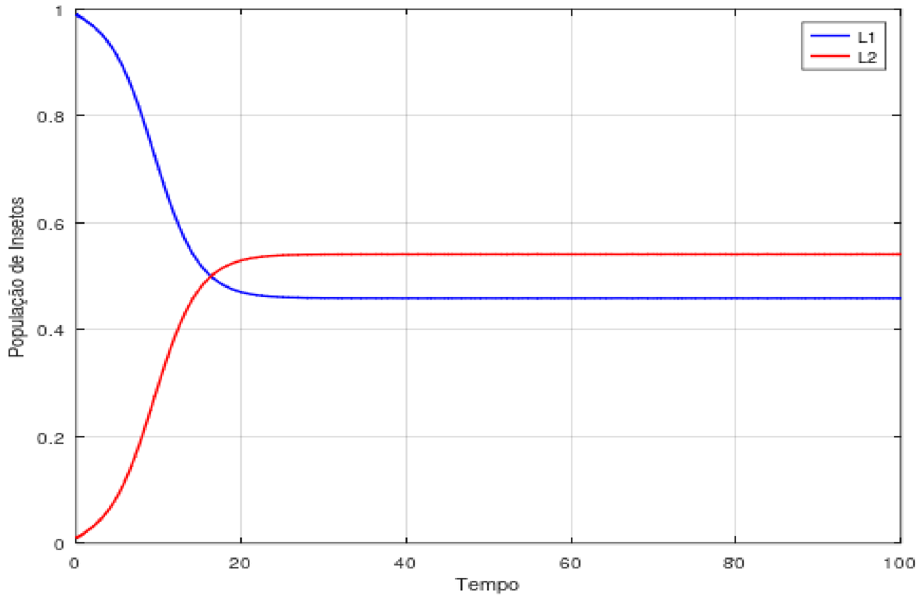
Figura 14. Gráfico da População de Cães



Fonte: Autora

Revista ARACÊ
ISSN: 2358-2472

Figura 15. Gráfico da População de Insetos



Fonte: Autora

4 PROBLEMAS NA INCLUSÃO DO MODELO EM SALA DE AULA

Inserir essa proposta em sala de aula pode representar um grande desafio. Além de ser necessária a preparação prévia do professor. Este tema aborda os modelos Epidemiológicos Básicos que a partir do modelo SI, foram sendo complementados. Com isso, o ideal seria que o professor estudasse os modelos mais simples até ser capaz de aplicar o modelo da Leishmaniose. Isso demanda tempo de estudo, o que pode ser um obstáculo para alguns. O modelo envolve muitos parâmetros e diversos significados. O sistema de equações pode parecer um pouco complexo para os alunos. Por este motivo, o professor deverá explicar o diagrama do modelo, pois facilita o entendimento das entradas e saídas representadas pelas equações.

Dependendo da forma que se ensina, este modelo pode parecer inacessível para os alunos. Além disso, há que se contextualizar a Leishmaniose a fim de criar um ambiente propício, para que o aluno se interesse em resolver o problema dos indivíduos e dos cães infectados. Para obtermos os resultados das iterações e a geração dos gráficos faz-se necessário a utilização de um programa matemático. Nas simulações deste artigo utilizamos o Octave. Estamos cientes de que muitas escolas não possuem laboratórios de informática. Assim, a implementação fica muito complicada, porém o professor pode preparar cópias dos gráficos para os alunos visualizarem.

Rampeloti (2022, p. 60) reforça que,

> [...] embora a resolução de equações complexas seja feita pelo programa, a redução do problema a um estado "tratável" requer um grau mais elevado de habilidade e experiência. Além disso, a exploração do modelo também requer que os alunos sejam capazes de

interpretar gráficos e manipulá-los, habilidade essa que geralmente é relegada ao ensino de matemática, disciplina em que grande parte dos alunos encontra dificuldade.

Existe a possibilidade de mostrar para os alunos a evolução dos modelos: SI, SIS, SIR e SIRV, além dos seus gráficos. Sabendo que o SIRS é um modelo que piora a situação obtida através do SIR e, portanto, pode ser melhorado por meio do SIRSV. A análise dos valores obtidos para as categorias em cada modelo, também pode se tornar uma atividade bem interessante. O mais importante é que os alunos sejam capazes de fazer análises sobre a situação positiva ou negativa dos gráficos e quais intervenções podem ser feitas. A utilização de porcentagens e das operações básicas pode estabelecer uma conexão importante do aluno com o modelo. O professor deve mostrar para o aluno que apesar do modelo possuir oito equações e muitos parâmetros, ele é simples e de fácil percepção.

Analisar os erros dos alunos, simulando os cálculos realizados nas iterações iniciais, pode ser um desafio bem interessante. Não estamos tratando só sobre conhecimentos científicos, mas também sobre uma problemática vivenciada pela população em sala de aula. Com isso, estaremos também "enriquecendo o ambiente escolar", pois além de criarmos um contexto diferenciado de aplicação dos conteúdos, estaremos também, incentivando a busca por novas aplicações da Área de Matemática e suas Tecnologias. Os alunos precisam estar atentos ao que está acontecendo no mundo e na atualidade. Logo uma prática pedagógica que pode ser eficiente é contextualizar o ensino e mostrar a importância da Interdisciplinaridade conjugada à Modelagem Matemática.

5 CONCLUSÃO

Acreditamos que a inserção de situações reais nas aulas de Matemática, vivenciadas pela população, possam gerar uma maior identificação dos alunos protagonistas com os conteúdos escolares. A escola atualmente não tem apenas a função de ensinar conteúdos programados e selecionados para os estudantes, mas antes de tudo, ela tem a função de formar os cidadãos do futuro, em busca de uma nova sociedade.

Ao trabalhar com os temas transversais, o professor como mediador do conhecimento poderá facilitar o entendimento dos estudantes quanto ao conteúdo abordado, fazendo com que a produção do conhecimento em sala de aula, aconteça de forma integrada com os problemas da sociedade, e que a escola possa transformar a realidade na comunidade local. A atuação conjunta dos professores das diferentes áreas é muito importante, porém não tem acontecido com muita frequência nas escolas.

Logo, a matemática não pode ser vista como uma disciplina isolada que serve tão somente, para solucionar problemas envolvendo números e equações, mas uma prática no dia a dia de cada indivíduo. É de suma importância que esta disciplina esteja voltada para a comunidade. Assim, espera-se que o professor de Matemática prepare o indivíduo para se integrar e produzir em sociedade, transmitindo valores e mostrando seus direitos e deveres para sua atuação, mas com o cuidado para que o resultado seja um cidadão crítico, permitindo que o indivíduo realize seu potencial e atinja o máximo de sua capacidade.

AGRADECIMENTOS

Á Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ) e ao meu orientador do PPGMMC, Carlos Andrés Reyna Vera Tudela.

Revista ARACÊ
ISSN: 2358-2472

REFERÊNCIAS

BURAK, Dionísio. Modelagem Matemática: ações e interações no processo de ensino-aprendizagem. Campinas. Tese (Doutorado em Educação). Programa de Pós-Graduação em Educação. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 1992.

BURAK, D. Modelagem Matemática sob um olhar de Educação Matemática e suas implicações para a construção do conhecimento matemático em sala de aula. Revista de Modelagem na educação Matemática, vol 1, nº 1, 2010.

LUIZ, Mônica Helena Ribeiro. Modelos matemáticos em epidemiologia. Universidade Estadual Paulista. 2012.

QUADROS, Alessandra Sena. Modelos epidemiológicos para propagação de informação. Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2013.

RAMPELOTI, Gabriel. Uma proposta de sequência didática com uso de modelagem computacional sobre o tema "doenças contagiosas" para o ensino médio. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Física) da Universidade Federal de Santa Catarina, 2022.

REIS, Erisnaldo Francisco, et al. Modelagem Matemática e Leishmaniose: proposta de ensino e de aprendizagem relacionando Biologia e Matemática. Dissertação (Mestrado). Curso de Ensino de Ciências Exatas, Universidade do Vale do Taquari. UNIVATES, Lajeado, 2016.

ROSALES, J.C., e YANG, H.M. Modelo Matemático Para Descrever Transmissão De Leishmaniose. Trends in Computational and Applied Mathematics, vol. 7, no. 2, p. 337–346, 2006.

SÁ, Vanessa de. Equações da Vida. Unesp Ciência, São Paulo, ed. 28, ano 3, p. 32-35, mar.2012.

SILVA, Bruno Neres. Simulação Numérica de um Modelo de Transmissão da Leishmaniose Visceral em Araguaína-TO. Monografia apresentada ao curso de Licenciatura em Matemática da Universidade Federal do Tocantins, 2020.

SILVA JÚNIOR, Geraldo Bull da. Biologia e matemática: diálogos possíveis no ensino médio. Dissertação de mestrado. Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Programa de Pós-Graduação em Ciências e Matemática. Belo Horizonte, 2008.

VIEIRA, Aline de Oliveira. Estudo sobre modelos matemáticos aplicados à epidemiologia: modelo SIR, SIR com vacinação e SIRS. IFSP. 2016.