PROPOSTAS INTERDISCIPLINARES APLICADAS PARA SALA DE AULA NO ENSINO MÉDIO

Diego Lopes Coriolano
Ricardo Monteiro Rocha
Anderson Ezequiel Silva
David de Paiva Gomes Neto
Douglas Vieira Leite
Fábio Wendell da Graça Nunes
Laurindo Mauricio Menezes Lobão
Luam de Oliveira Santos

EDITORA CONHECIMENTO LIVRE

Diego Lopes Coriolano
Ricardo Monteiro Rocha
Anderson Ezequiel Silva
David de Paiva Gomes Neto
Douglas Vieira Leite
Fábio Wendell da Graça Nunes
Laurindo Mauricio Menezes Lobão
Luam de Oliveira Santos

PROPOSTAS INTERDISCIPLINARES APLICADAS PARA SALA DE AULA NO ENSINO MÉDIO

1ª ed.

Piracanjuba-GO
Editora Conhecimento Livre
Piracanjuba-GO

1ª ed.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Coriolano, Diego Lopes
C788P PROPOSTAS INTERDISCIPLINARES APLICADAS PARA SALA DE AULA NO
ENSINO MÉDIO

/ Diego Lopes Coriolano. Ricardo Monteiro Rocha. Anderson Ezequiel Silva. David de Paiva
Gomes Neto. Douglas Vieira Leite. Fábio Wendell da Graça Nunes. Laurindo Mauricio Menezes
Lobão. Luam de Oliveira Santos. – Piracanjuba-GO

Editora Conhecimento Livre, 2021

42 f.: il

DOI: 10.37423/2021.edcl259

ISBN: 978-65-89145-76-9

Modo de acesso: World Wide Web

Incluir Bibliografia

1. interdisciplinaridade 2. matemática 3. ensino 4. modelos-matemáticos I. Coriolano, Diego Lopes
II. Rocha, Ricardo Monteiro III. Silva, Anderson Ezequiel IV. Gomes Neto, David de Paiva V.
Leite, Douglas Vieira VI. Nunes, Fábio Wendell da Graça VII. Lobão, Laurindo Mauricio Menezes
VIII. Santos, Luam de Oliveira IX. Título

CDU: 370

<https://doi.org/10.37423/2021.edcl259>

**O conteúdo dos artigos e sua correção ortográfica são de responsabilidade exclusiva dos seus
respectivos autores.**

EDITORA CONHECIMENTO LIVRE

Corpo Editorial

Dr. João Luís Ribeiro Ulhôa

Dra. Eyde Cristianne Saraiva-Bonatto

Dr. Anderson Reis de Sousa

MSc. Frederico Celestino Barbosa

MSc. Carlos Eduardo de Oliveira Gontijo

MSc. Plínio Ferreira Pires

Editora Conhecimento Livre

Piracanjuba-GO

2021

10.37423/2021.edcl259

Resumo: Um dos grandes desafios do ensino da matemática na escola contemporânea é romper com o ensino tradicional, em que o professor é apenas um guia ou manual que resolve o “exercício-modelo”. O uso da modelagem matemática como um instrumento de mudança desse processo de rompimento com o ensino tradicional da matemática vem ganhando espaço nas salas de aulas. Por exemplo, o mercúrio é um metal altamente agressivo ao meio ambiente e à saúde humana e pode contaminar aquíferos freáticos, comprometendo a qualidade destes e seu uso posterior como fontes de abastecimento de água e de produção de alimento. Então, usar a modelagem matemática para estimar a quantidade de mercúrio descartada no meio ambiente pode ser um passo inicial para a maior conscientização dos usuários de pilhas e baterias a respeito desse grave problema ambiental. A proposta é que o aluno calcule a quantidade de mercúrio descartada no meio ambiente (considerando que não há o descarte adequado) proveniente das lâmpadas fluorescentes que não estão mais em uso. Os seguintes passos deverão ser propostos pelo professor: revisão bibliográfica sobre o tema, construção de um modelo matemático, levantamento de dados, aplicação do modelo e análise dos resultados. A abordagem interdisciplinar proposta nesse artigo é uma alternativa para a reestruturação de uma vertente pedagógica que trabalha a matemática apenas com os seus formalismos para uma vertente em que tanto o educador como o educando possam desenvolver habilidades como criatividade, capacidade de análise de resultados, criticidade e aplicações na sua vida real.

Palavras-chave: Ensino. Mercúrio. Metodologia. Modelagem. Sustentabilidade.

1.INTRODUÇÃO

Um dos grandes desafios do ensino da matemática na escola contemporânea é romper com o ensino tradicional, em que o professor é apenas um guia ou manual que resolve o “exercício-modelo” e o aluno repete exaustivamente questões similares ao que foi proposto, para um ensino em que o próprio aluno investigue o problema, experimentando novas formas de solução, dando espaço para sua própria intuição, sendo o professor um mediador do conhecimento.

Na atualidade o ensino investigativo está cada vez mais ocupando espaço em sala de aula, em detrimento do ensino tradicional, embora esse último ainda seja o predominante nas escolas de ensino básico. Segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais, o ensino da matemática tinha a seguinte característica:

O ensino proposto fundamentava-se em grandes estruturas que organizam o conhecimento matemático contemporâneo e enfatizava a teoria dos conjuntos, as estruturas algébricas, a topologia etc. Esse movimento provocou, em vários países, inclusive no Brasil, discussões e amplas reformas no currículo de Matemática. No entanto, essas reformas deixaram de considerar um ponto básico

que viria tornar-se seu maior problema: o que se propunha estava fora do alcance dos alunos, em especial daqueles das séries iniciais do ensino fundamental. O ensino passou a ter preocupações excessivas com formalizações, distanciando-se das questões práticas. A linguagem da teoria dos conjuntos, por exemplo, enfatizava o ensino de símbolos e de uma terminologia complexa comprometendo o aprendizado do cálculo aritmético, da Geometria e das medidas. (BRASIL, 1998, pg.19-20).

Nesse ínterim o movimento utilitarista, surgido no início do século XX, começa a ganhar força com a tese que a matemática deveria ser ensinada com base na sua utilidade para a ciência e para a sociedade como um todo. O conceito utilitarista concentrava-se apenas nos aspectos técnicos e seu objetivo era a aplicabilidade da nova didática matemática para o ensino conceitual. Uma das vertentes da educação matemática que desponta nesse cenário é a modelagem matemática. Sendo um tema complexo e sem uma definição única, como destacam Veleda e Almeida (2010), quando afirmam que foram encontradas mais de 50 diferentes definições do conceito citadas em trabalhos publicados na Conferência Nacional sobre Modelagem na Educação Matemática (CNMEM), em 2005 e 2007, podemos nos balizar na definição de Bassanezi (2002). Segundo o autor, modelagem matemática é:

um processo dinâmico utilizado para a obtenção e validação de Modelos Matemáticos. É uma forma de abstração e generalização com a finalidade de previsão de tendências. A Modelagem consiste, essencialmente, na arte de transformar situações da realidade em problemas matemáticos cujas soluções devem ser interpretadas na linguagem usual. (BASSANEZI, 2002)

Esse conceito traz intrínseco um objetivo comum a todas as definições de modelagem matemática, que é o fato de apresentar a modelagem matemática como a solução de algum problema aliado à realidade através de teorias e conceitos matemáticos.

Historicamente foi na revolução industrial que o uso dos modelos matemáticos teve uma ênfase bastante específica dado à necessidade de otimização da produção. Segundo Biembengut (2009), é no final do século XIX que o termo “modelagem matemática” aparece na literatura científica. Na educação matemática, as aplicações da modelagem datam do início do século XX. No Brasil, influenciado pelas ideias de Paulo Freire e Ubiratam D’Ambrósio, a modelagem como instrumento de ensino é evidenciada no início da década de 80.

O uso da modelagem matemática como um instrumento de mudança desse processo de rompimento com o ensino tradicional da matemática vem ganhando espaço nas salas de aulas. Ela aparece como uma forma alternativa de reforçar os conceitos e fundamentos matemáticos apresentados em sala de aula pelo professor, além de estimular um estudo transdisciplinar, uma vez que, na maioria dos casos, o aluno aplica o modelo a uma realidade específica, que muitas vezes abrange outras áreas do conhecimento.

Segundo Kaiser e Sriraman (2006), a modelagem educacional é dividida em duas vertentes: a modelagem didática, que tem como objetivos pedagógicos a estruturação dos processos de aprendizagem e seu desenvolvimento, e a modelagem conceitual, que objetiva a iniciação dos desenvolvimentos de conceitos. De acordo com Burak (1998, 2005), uma atividade de modelagem matemática é composta de cinco etapas: a primeira etapa é a escolha do tema que pode ser sugerido pelo professor ou partir da pesquisa dos próprios alunos; a segunda etapa consiste na pesquisa exploratória, em que professor e aluno buscam dados e informações sobre o tema escolhido; na terceira etapa se dá o levantamento do problema e, já com os dados e informações, o grupo irá elencar o problema pertinente ao tema; na quarta etapa se estabelece a resolução do problema dentro do contexto matemático e, por fim, temos a quinta etapa, em que se tem a análise e crítica dos resultados. Há um norte, segundo o autor, em todas essas etapas, que são o interesse do grupo em realizar a tarefa e a disponibilidade dos dados para a sua realização. Em todo processo o professor deve atuar como um mediador entre os discentes.

Um outro ponto que vale ressaltar é que, embora a Educação Ambiental esteja nos currículos escolares não como uma disciplina isolada, mas como uma extensão dada ao conteúdo geralmente associada à resolução de questões relativas ao meio ambiente, trazer para sala de aula problemas relativos ao

meio ambiente numa disciplina que aparentemente está completamente distante do tema ambiental como a matemática fará com que o aluno reflita sobre a própria questão do que é o conhecimento e quais as relações entre eles. A modelagem matemática é uma ótima oportunidade de relacionar a educação ambiental com a matemática e também com outras áreas do conhecimento.

Neste artigo trabalhou-se com as duas vertentes de Kaiser e Sriraman (2006). Também se respeitou todas as etapas propostas por Burak (1998, 2005). O objetivo do modelo apresentado é que, ao final do exercício, o aluno seja capaz de entender tanto o processo com o uso dos instrumentos matemáticos para criação do modelo, como entender o conceito da modelagem matemática aplicada a uma situação real da questão ambiental, que é o impacto através da contaminação de mercúrio devido ao descarte inadequado de lâmpadas fluorescentes no meio ambiente.

2. O RISCO DO DESCARTE INADEQUADO DO MERCÚRIO NO MEIO AMBIENTE

O desenvolvimento tecnológico na indústria eletroeletrônica tem trazido bastante conforto e benefícios à vida cotidiana. O uso de aparelhos portáteis vem crescendo exponencialmente e junto a esse crescimento um problema que afeta a saúde humana e o meio ambiente o acompanha, já que o descarte inadequado de pilhas e baterias gera resíduos perigosos por conterem metais pesados. O Conselho Nacional do Meio Ambiente, em junho de 1999, regulamentou a fabricação e o descarte de pilhas e baterias, no entanto, a questão ainda é precária em termos de cumprimento da legislação, principalmente nos municípios do interior do Brasil. Grande parte das indústrias tem voltado o olhar para âmbitos sustentáveis utilizando-se da logística reversa. De acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos (estabelecida pela lei 12.305 de 02/08/2010), a logística reversa pode ser definida como instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada. Quanto às lâmpadas, o Ministério do Meio Ambiente e entidades representativas do setor de lâmpadas fluorescentes de vapor de sódio e mercúrio e de luz mista assinaram, em Brasília, em 27/11/14, um acordo setorial que estabelece a logística reversa desses produtos. O acordo prevê responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos e propicia que esses materiais, depois de usados, possam ser reaproveitados.

O mercúrio é um metal altamente agressivo ao meio ambiente e à saúde humana, que pode contaminar aquíferos freáticos, comprometendo a qualidade destes e seu uso posterior como fontes

de abastecimento de água e de produção de alimento. Usar a modelagem matemática para estimar a quantidade de mercúrio descartada no meio ambiente pode ser um passo inicial para a maior conscientização dos usuários de pilhas e baterias para esse grave problema ambiental. A quantidade de mercúrio em uma lâmpada fluorescente pode variar de acordo com o tipo de lâmpada, o fabricante e o ano de fabricação. Dados fornecidos pela NEMA indicam que 0,2%, ou seja, 0,42 mg estão sob a forma de mercúrio elementar, no estado de vapor. Os outros 99,8% (20,958 mg) estão sob a forma de Hg^{2+} , adsorvido sobre a camada fosforosa e o vidro (Raposo, 2001).

A legislação brasileira estabelece como limite de tolerância biológica para o ser humano a taxa de 33 microgramas de mercúrio por grama de creatinina urinária e 0,04 miligramas por metro cúbico de ar no ambiente de trabalho. Os dados indicam que o mercúrio presente em apenas uma lâmpada pode contaminar e afetar seriamente um ser humano. Os efeitos do mercúrio no organismo manifestam-se sob a forma de um quadro agudo, quando inalado em grande quantidade, no qual podem ocorrer lesões pulmonares, renais, do sistema nervoso central, podendo ocasionar inclusive a morte (FOÁ, 1985).

O recorte supramencionado é um tema relevante e aplicável para o desenvolvimento de uma modelagem matemática para que o aluno do Ensino Médio possa desenvolver conceitos e fundamentos da matemática adquiridos em sala de aula. A proposta é que o aluno calcule a quantidade de mercúrio descartada no meio ambiente (considerando que não há o descarte adequado) proveniente das lâmpadas fluorescentes que não estão mais em uso. A modelagem para tal caso envolve conceitos de função exponencial, progressão geométrica e logaritmos, além de elaboração de gráficos. O professor poderá aplicar a tarefa individualmente ou trabalhar com grupos de alunos. Numa primeira etapa ele desenvolverá a modelagem com os alunos e, a partir daí, os discentes irão a campo para coleta de dados e aplicação direta na equação da modelagem.

3. METODOLOGIA

Segundo Marconi e Lakatos (1992), a pesquisa bibliográfica é o levantamento de toda a bibliografia já publicada em forma de livros, revistas, publicações avulsas e imprensa escrita. A sua finalidade é fazer com que o pesquisador entre em contato direto com todo o material escrito sobre um determinado assunto, auxiliando o pesquisador na análise de suas pesquisas ou na manipulação de suas informações. Metodologicamente esse trabalho se baseia num processo misto, uma vez que, além da pesquisa bibliográfica, inclui também a pesquisa aplicada, que é aquela que objetiva o progresso

técnico, a criação de produtos/utilidades para o mercado, a conquista de “know-how” sobre alguma tecnologia já existente e o aumento do valor de produtos por meio da criação de novas funcionalidades.

Os seguintes passos deverão ser propostos pelo professor: inicialmente uma revisão bibliográfica sobre o tema. O professor deverá orientar os alunos para que façam uma revisão dos seguintes tópicos: função exponencial, logaritmos, progressões e séries.

Ainda nessa primeira etapa o aluno deverá pesquisar sobre o mercúrio: o impacto ambiental proveniente do seu uso, o impacto na saúde humana e sua meia vida. Num segundo momento o professor deve conjuntamente com os alunos construir o modelo matemático a que se propõe. Essa etapa deve levar algum tempo e o professor deverá deixar que os alunos tentem em casa encontrar uma solução, ou seja, uma equação geral que responda qual a quantidade de mercúrio depositada no meio ambiente pela sua escola ou pelo seu prédio. A próxima etapa consiste em fazer um levantamento da quantidade total de lâmpadas que se encontram na escola: entrevista com o responsável para saber a quantidade média de lâmpadas fluorescentes utilizadas por mês e qual o destino que lhes é dado. Por conseguinte, os discentes irão aplicar o modelo, podendo ser através de planilha Excel ou similar. Numa última etapa o professor e os alunos devem discutir os resultados e enumerar sugestões para a solução do problema. Segue a modelagem (não deve ser apresentada inicialmente aos alunos).

Considerando a meia vida do mercúrio como de 2 meses e o limite de tolerância biológica, segundo a ABNT NBR10004, como de 33 microgramas de mercúrio por grama de creatina urinária (os alunos deverão encontrar esses valores ou valores próximos em suas revisões bibliográficas). Elabora-se um modelo matemático para o cálculo da quantidade de Hg permanente no meio ambiente da seguinte maneira:

CURVA DE DECAIMENTO DO HG (Fonte: ROCHA, NUNES, SANTOS E LEITE, 2020)

Tempo de meia-vida do mercúrio= 2 meses

$$Q(t) = Q_0 e^{-\lambda t}$$

λ – constante de decaimento

Q_0 – quantidade inicial de mercúrio em mg

Para $t = 2$ meses, temos:

$$Q(2) = Q_0 e^{-2\lambda}$$

Sendo que

$$Q(2) = \frac{1}{2} Q_0$$

Assim:

$$\frac{1}{2} Q_0 = Q_0 e^{-2\lambda}$$

$$\frac{1}{2} = e^{-2\lambda}$$

$$\ln \frac{1}{2} = \ln e^{-2\lambda}$$

$$\ln 1 - \ln 2 = \ln e^{-2\lambda}$$

$$0 - \ln 2 = -2\lambda$$

$$\ln 2 = 2\lambda$$

$$\lambda = \frac{\ln 2}{2}$$

Como, $\ln 2 = 0,693147$, temos:

$$\lambda = \frac{0,693147}{2}$$

$$\lambda = 0,346574$$

Assim:

$$Q(t) = Q_0 e^{-0,347t}$$

Considerando a situação proposta: Quantidade inicial de mercúrio sendo a e quantidade mensal de mercúrio lançada no meio ambiente sendo b, temos:

$$t = 0 \text{ mês}$$

$$Q(0) = Q_0 e^{-0,347(0)}$$

$$Q(0) = Q_0$$

$$Q(0) = a$$

$$t = 1 \text{ mês}$$

$$Q(1) = a e^{-0,347(1)} + b$$

$$t = 2 \text{ meses}$$

$$Q(2) = a e^{-0,347(2)} + b e^{-0,347(1)} + b$$

$$t = 3 \text{ meses}$$

$$Q(3) = a e^{-0,347(3)} + b e^{-0,347(2)} + b e^{-0,347(1)} + b$$

$$t = 4 \text{ meses}$$

$$Q(4) = a e^{-0,347(4)} + b e^{-0,347(3)} + b e^{-0,347(2)} + b e^{-0,347(1)} + b$$

$$t = 5 \text{ meses}$$

$$Q(5) = a e^{-0,347(5)} + b e^{-0,347(4)} + b e^{-0,347(3)} + b e^{-0,347(2)} + b e^{-0,347(1)} + b$$

$t = n$ meses

$$Q(n) = ae^{-0,347(n)} + be^{-0,347(n-1)} + be^{-0,347(n-2)} + be^{-0,347(n-3)} + \dots + be^{-0,347(n-n+1)} + be^{-0,347(n-n)}$$

$$Q(n) = ae^{-0,347(n)} + b(e^{-0,347(n-1)} + e^{-0,347(n-2)} + e^{-0,347(n-3)} + \dots + e^{-0,347(n-n+1)} + e^{-0,347(n-n)})$$

Sendo que

$$(e^{-0,347(n-1)} + e^{-0,347(n-2)} + e^{-0,347(n-3)} + \dots + e^{-0,347(n-n+1)} + e^{-0,347(n-n)})$$

é uma pg de razão:

$$q = e^{0,347} = 1,415$$

Assim, a soma de uma PG finita é dada por

$$S_n = \frac{a_1(1 - q^n)}{1 - q}$$

Temos:

$$e^{-0,347(n-1)} + e^{-0,347(n-2)} + e^{-0,347(n-3)} + \dots + e^{-0,347(n-n+1)} + e^{-0,347(n-n)} = \frac{e^{-0,347(n-1)}(1 - 1,415^n)}{1 - 1,415}$$

$$Q(n) = ae^{-0,347(n)} + b \left(\frac{e^{-0,347(n-1)}(1 - 1,415^n)}{1 - 1,415} \right)$$

$$Q(n) = ae^{-0,347(n)} + b \left(\frac{e^{-0,347(n-1)}(1 - 1,415^n)}{-0,415} \right)$$

$$Q(n) = ae^{-0,347(n)} - \frac{b}{0,415} [e^{-0,347(n-1)}(1 - 1,415^n)]$$

$$Q(n) = ae^{-0,347(n)} - \frac{b}{0,415} [e^{-0,347(n-1)} - 1,415e^{-0,347(n-1)}]$$

$$Q(n) = ae^{-0,347(n)} - \frac{b}{0,415} [e^{-0,347n} \cdot e^1 - 1,415e^{-0,347n} \cdot e^1]$$

Sendo que

$$e^1 = 2,718,$$

temos:

$$Q(n) = ae^{-0,347(n)} - \frac{b}{0,415} [e^{-0,347n}(2,718) - 1,415e^{-0,347n}(2,718)]$$

$$Q(n) = ae^{-0,347(n)} - \frac{(2,718)b}{0,415} [e^{-0,347n} - 1,415e^{-0,347n}]$$

$$Q(n) = ae^{-0,347n} - 6,55b[e^{-0,347n} - 1,415e^{-0,347n}]$$

Chamando e de z

$$e^{-0,347n} = z,$$

temos:

$$Q(n) = az - 6,55b[z - 1,415z]$$

$$Q(n) = az - 6,55bz + 9,27bz$$

$$Q(n) = az + 2,72bz$$

$$Q(t) = e^{-0,347t}(a + 2,72b)$$

A equação do modelo é então:

$$Q(t) = (a + 2,72b)e^{-0,347t}$$

Onde:

- **Q(t)** é a quantidade final de Hg descartada no meio ambiente(mg);

- a é a quantidade inicial de Hg(mg);
- b é quantidade mensal de Hg lançada no meio ambiente(mg);
- **t é o tempo em meses.**

A quantidade inicial (a) será calculada da seguinte forma: considera-se que cada lâmpada fluorescente possui uma quantidade média de Hg igual a 21 mg. Assim, o valor da quantidade inicial (a) será encontrado pela multiplicação do número de lâmpadas do estabelecimento que se quer aplicar o modelo por 21.

Assim considerando:

$$L - \text{número de lâmpadas do estabelecimento ou setor}$$

$$21\text{mg} - \text{quantidade média de Hg de cada lâmpada}$$

Temos:

$$a = 21.L$$

A quantidade mensal de Hg lançada no meio ambiente (b) será calculada pela multiplicação da troca média de lâmpadas mensal por 21.

Assim considerando:

$$M - \text{quantidade mensal de lâmpadas trocadas}$$

Temos:

$$b = 21.M$$

Podemos reescrever a equação do modelo da seguinte forma:

$$Q(t) = e^{-0,347t} [21L + 2,72(21M)]$$

Ou:

$$Q(t) = 21e^{-0,347t}(L + 2,72M)$$

Onde:

- **Q(t)** é a quantidade final de Hg descartada no meio ambiente(mg);
- **t** é o tempo decorrido em meses;
- **L** é número de lâmpadas do estabelecimento ou setor;
- **M** é quantidade mensal de lâmpadas trocadas.

De acordo com a equação descrita acima, o aluno deverá fazer seu levantamento de dados baseado nos valores de **L** e **M**.

Para facilitar a compreensão da aplicação do modelo, ilustraremos uma situação exemplo hipotética.

A figura 1 um apresenta os valores levantados hipoteticamente de um estabelecimento fictício. O Recorte foi criado a partir de uma planilha Excel. Observe que o valor de a (célula C6) é o resultado da multiplicação das células C8 e C10. O valor de b (célula C7) é o resultado da multiplicação das células C9 e C10.

	A	B	C
4			
5			
6	a	quantidade inicial de mercurio (mg)	45864
7	b	quantidade média de Hg descartada no meio ambiente	1911
8	L	lâmpadas utilizadas no instituto	2184
9	M	troca média de lâmpadas mensal	91
10	H	quantidade média de Hg em uma lâmpada(mg)	21
11			

Figura 1: Recorte de Planilha Excel. dados. Fonte: ROCHA, NUNES, SANTOS E LEITE, 2020.

Aplicando a equação na planilha teremos o seguinte resultado (Figura 2), no caso do exemplo para 24 meses.

T(meses)	Q(t)
0	51061,92
1	36090,84
2	25509,2
3	18030,04
4	12743,73
5	9007,333
6	6366,431
7	4499,827
8	3180,502
9	2247,996
10	1588,895
11	1123,04
12	793,7704
13	561,0412
14	396,5469
15	280,2815
16	198,1044
17	140,0213
18	98,96778
19	69,95095
20	49,4417
21	34,94566
22	24,69978
23	17,45794
24	12,33936

Figura 2: Resultados de Q(t) para 24 meses. Fonte: ROCHA, NUNES, SANTOS E LEITE, 2020.

Depois de aplicados os valores na equação e gerado um gráfico em Excel deve-se obter uma curva semelhante à Figura 3 (observa-se que é apenas um exemplo com $a=45864\text{mg}$ e $b=1911\text{ mg}$).

Figura 3: Quantidade estimada de mercúrio descartada no ambiente em relação ao tempo em meses. (Fonte: ROCHA, NUNES, SANTOS E LEITE, 2020)

Observe que no exemplo acima temos aproximadamente 50000 mg (50g) iniciais de mercúrio que contemplam sua totalidade de decomposição a partir do primeiro ano após o descarte. Durante esse primeiro ano teremos essa quantidade contaminando o meio ambiente. Esse ciclo se repete a cada ano se todas as lâmpadas não são descartadas de maneira correta. O valor, embora a primeira observação seja relativamente baixa, contribui de forma direta para a contaminação do solo e consequentemente dos lençóis freáticos.

Para a finalização do trabalho o professor deve pedir aos alunos um relatório detalhado de todo o processo estudado, inclusive incluindo possíveis sugestões para redução do impacto do descarte inadequado das lâmpadas no meio ambiente. É interessante também que os resultados do trabalho sejam expostos para outros alunos da escola, tendo como protagonistas os próprios alunos que participaram do processo. Num nível mais avançado, pode-se expor os resultados a grupos do ensino fundamental com alguma adaptação na linguagem para que seja cognoscível para eles.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A abordagem interdisciplinar proposta nesse artigo é uma alternativa para a reestruturação de uma vertente pedagógica que trabalha a matemática apenas com os seus formalismos para uma vertente

em que tanto o educador como o educando possam desenvolver habilidades como criatividade, capacidade de análise de resultados, criticidade e aplicações na sua vida real. Como exemplo, pode-se trabalhar o tema com vários professores de diversas áreas. O professor de química poderá abordar sobre o elemento químico mercúrio e suas aplicações na indústria. O professor de biologia poderá focar nas consequências ao corpo humano exposto ao mercúrio. O de geografia, na importância econômica do metal e o impacto do seu uso industrial no meio ambiente. O professor de Física poderá trabalhar a eficiência energética e as formas alternativas de uso em substituição às lâmpadas fluorescentes para o uso doméstico e comercial. O professor de Inglês poderá trazer para os alunos manuais de uso de lâmpadas fluorescentes em inglês (já que muitas são importadas) e trabalhar o inglês instrumental. O professor de história trabalhará o início do uso do mercúrio relacionando-o com as revoluções industriais. O professor de português pode auxiliar os alunos na confecção do relatório final. O de sociologia, as relações entre o trabalho e a saúde do trabalhador nas indústrias que utilizam o mercúrio como matéria-prima. O de filosofia, temas como a ética individual com relação à consciência ambiental e o descarte correto das lâmpadas. Enfim, existe uma gama de possibilidades de se trabalhar o tema entrelaçando com quase todas as áreas do conhecimento. Ratificando Luck (2003), pensar a interdisciplinaridade é encontrar uma unidade em meio à diversidade. Quando trabalhamos da forma exemplificada acima, podemos fazer com que o aluno perceba que o conhecimento é único, embora às vezes pareça de maneira dispersa e até antagônica no modelo de partição do saber tão enraizado na escola atual.

Espera-se como resultado pedagógico que o processo traga maior motivação tanto para o professor como para os alunos, pois, segundo Almeida e Dias (2004), o uso da modelagem matemática no contexto de ensino e aprendizagem vai além da ideia utilitarista de aplicar a Matemática para resolver problemas. Não basta apenas preocupar-se com o aprendizado da Matemática em si e saber utilizá-la para resolver problemas cotidianos, é preciso desenvolver no aluno a capacidade de interpretar e agir numa situação social e política estruturada matematicamente. A modelagem matemática é um instrumento atual e pode ser usada para ampliar o interesse do estudante pela disciplina, bem como auxiliar no processo de ensino-aprendizagem. São muitos os desafios para o uso da modelagem em sala de aula, entre eles a própria resistência do docente em se atualizar e resistir às dificuldades iniciais de implementação dessa forma de abordagem da disciplina.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, L. M. W.; DIAS, M. R. Um estudo sobre o uso da Modelagem Matemática como estratégia de ensino e aprendizagem. *Bolema*, ano 17, n. 22, 2004.
- BARBOSA; Jonei Cerqueira. Modelagem Matemática: concepções e experiências de futuros professores. 2001. 253 f. Tese (Doutorado)-Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2001.
- BASSANEZI, R. C.. Ensino-aprendizagem com modelagem matemática: uma nova estratégia. São Paulo: Contexto, 2002.
- BIEMBENGUT, Maria Salett. 30 anos de modelagem na educação brasileira: das propostas primeiras às propostas atuais. Alexandria, 2009.
- BRASIL. Lei Nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências.
- BURAK, D. Formação dos pensamentos algébricos e geométricos: uma experiência com modelagem matemática. *Pró-Mat. – Paraná. Curitiba*, v.1, n.1, p.32-41, 1998.
- BURAK, D. Modelagem Matemática: experiências vividas. *Analecta*, Guarapuava, PR, v. 6, n.2, p.33-48, 2005.
- FOÁ, V. Neurotoxicity of elemental mercury. Occupational aspects. In: Blum, K. & Manzo, L. *Neurotoxicology*. New York, Ed. Marcel Dekker Inc., 1985.
- HERMINIO; Maria Helena G. Barbosa. O processo de escolha dos Temas dos Projetos de Modelagem Matemática. Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências e Ciências Exatas. UNESP-Rio Claro-SP. 139 f. 2009.
- KAISER, G.; SRIRAMAN, B. A global survey of international perspectives on modelling in mathematics education. *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik*, 2006.
- LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. Fundamentos de metodologia científica. 6 ed. São Paulo: Atlas, 2005.
- LUCK, H. Pedagogia interdisciplinar: fundamentos teórico-metodológicos. 11. ed. Petrópolis: Vozes, 2003.
- RAPOSO, C. Contaminação ambiental provocada pelo descarte não controlado de lâmpadas de mercúrio no Brasil. 2001. Tese (Doutorado em Geologia) - Departamento de Geologia, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2001.
- Secretaria da Educação Básica. PCN+-Orientações Educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília. 2008.
- VELEDA, G. G.; ALMEIDA, L. M. W. Diferentes caracterizações de Modelagem Matemática na Educação Matemática: um estudo. In: IV EPMEM – ENCONTRO PARANAENSE DE MODELAGEM EM EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 2010. Anais... Maringá, 2010. 1 CD-ROM.

Resumo: A rápida disseminação do novo coronavírus (COVID-19), relatada inicialmente na cidade de Wuhan, na China, e transmitida rapidamente a todo mundo, tornou-se uma emergência internacional de saúde pública. No Brasil, o número de casos confirmados são 233.511 com 15.668 mortes e 89.672 casos recuperados, em 17 de maio de 2020. Neste trabalho, verificou-se a evolução do COVID-19 nos estados brasileiros de Sergipe, São Paulo, Rio de Janeiro, Ceará e Amazonas. O propósito não é apresentar um modelo matemático para estimar o número de casos e sim analisar a evolução dos infectados e óbitos por coronavírus, no estágio inicial da contaminação, e verificar a correlação com a função exponencial aplicando a interdisciplinaridade como pilar para o aprendizado do aluno. Foram analisados a evolução dos casos confirmados e do número de óbitos causados pelo coronavírus por 81 dias, desde o primeiro caso oficial no Brasil em 26 de fevereiro de 2020 até 16 de maio de 2020. Utilizou-se quatro variações da função exponencial para verificar o melhor ajuste aos dados apresentados. A função exponencial a três parâmetros (apresentou o melhor ajuste na maioria dos Estados analisados com coeficiente de correlação (R^2) superior a 99%). Portanto, espera-se motivar os discentes no ensino da matemática apresentando dados reais que são exibidos no dia a dia. A interdisciplinaridade é uma solução utilizada para apresentar os problemas com várias visões, promovendo a criatividade, educação e organização para melhor entendimento dos fenômenos complexos.

Palavras-chave: corona vírus. COVID-19. Modelos matemáticos. Pandemia. Interdisciplinaridade.

1.INTRODUÇÃO

Na cidade de Wuhan, na China, uma nova e atípica pneumonia viral altamente contagiosa eclodiu em dezembro de 2019. Desde então, foi identificada como um coronavírus zoonótico, semelhante ao Síndrome Respiratória Aguda Grave (SARS) e Síndrome Respiratória do Oriente Médio (MERS) denominado de COVID-19 (LIU, 2020). Em 17 de maio de 2020, 4.664.486 casos confirmados com 312.327 óbitos e 1.708.969 casos recuperados foram relatados em escala global (WHO, 2020).

Já no Brasil, o número de casos confirmados são 233.511 com 15.668 mortes e 89.672 casos recuperados, em 17 de maio de 2020. A Figura 2 apresenta a notificação por unidade federativa do Brasil dos casos de coronavírus confirmados oficialmente.

Figura 2: Números de Casos de pessoas infectadas por COVID-19 nos Estados do Brasil em 17 de maio de 2020 (Fonte: covid.saude.gov.br).

A maioria dos casos exportados internacionalmente, relatados até o momento, têm histórico de viagens a Wuhan. Nos estágios iniciais de um novo surto de doença infecciosa é imprescindível entender a dinâmica da transmissão da infecção. A estimativa de variações na transmissão, ao longo do tempo, fornece informações sobre a situação epidemiológica e identifica se as medidas de controle

do surto estão apresentando efeitos mensuráveis. Análises e estudos podem fornecer previsões sobre crescimento futuro do surto, ajudam a estimar o risco e orientam intervenções alternativas para atenuar a disseminação da doença (KUCHARSKI, 2020).

Acompanhar a evolução dos números de casos de pessoas infectadas pela COVID-19 e estipular os efeitos da disseminação do vírus a longo prazo têm estimulado a proposta de vários modelos dinâmicos e fenomenológicos. No estágio inicial da contaminação, a evolução dos números de infectados é representada pela lei exponencial. Em vários países, inúmeras medidas estão sendo tomadas para conter o avanço da pandemia com a finalidade de retardar a velocidade do crescimento exponencial de infectados, como exemplo pode-se citar a higienização e o isolamento social (CARVALHO-SILVA, 2020).

Por outro lado, em sala de aula, os efeitos imediatos da motivação do aluno consistem em se envolver atividades relacionadas ao processo de aprendizagem e é fundamental levantar possíveis fatores que influenciam de forma positiva a aprendizagem do aluno (OTAVIANO, 2012).

Lessani et al. (2017) acreditam que um método de ensino é essencial para esforço significativo de desenvolvimento e que o papel dos professores é facilitar o pensamento e a aprendizagem dos alunos, motivando-os a apreender.

De acordo com Lavaqui & Batista (2007), a interdisciplinaridade é uma questão que merece atenção especial e se apresenta como objeto de reflexão na educação escolar:

A participação de outras disciplinas, nas mesmas condições que as de ciências naturais e matemática, pode contribuir significativamente para a abrangência e profundidade de uma prática de ensino interdisciplinar. Mas uma vez que nossa análise recairá a respeito da necessidade de uma Educação Científica, delimitaremos nossas discussões sobre as disciplinas que tradicionalmente compõem seu núcleo (LAVAQUI & BATISTA, 2007).

O conhecimento de ciência, tecnologia, engenharia e matemática (STEM) é fundamental para o aluno se tornar um cidadão ativamente engajado e plenamente consciente dos desafios complexos que nossa sociedade enfrenta. A STEM ajuda a explicar e entender o mundo, orientar o desenvolvimento tecnológico e a inovação e planejar o futuro (MAASS, 2019).

Portanto, o objetivo principal deste trabalho é analisar a evolução dos números de casos de pessoas infectadas e óbitos por coronavírus no estágio inicial da contaminação e verificar a correlação com a

função exponencial utilizando a interdisciplinaridade para motivar os alunos no aprendizado da matemática.

2. O MODELO MATEMÁTICO E OS MÉTODOS DE ENSINO

2.1 A FUNÇÃO EXPONENCIAL

Considere uma função da forma $f(x) = a^x$, em que $a > 0$. Essa função é chamada de função exponencial. Podemos tomar três casos diferentes, onde $a = 1$, $0 < a < 1$ e $a > 1$. Se $a = 1$ então $f(x) = 1^x = 1$. Portanto, isso nos fornece a função constante $f(x) = 1$.

Se $a > 1$, verifica-se o comportamento da função crescente. Observe o seguinte exemplo numérico: suponha que $a = 2$.

$$f(x) = 2^x$$

$$f(0) = 2^0 = 1$$

$$f(1) = 2^1 = 2$$

$$f(2) = 2^2 = 4$$

$$f(3) = 2^3 = 8$$

$$f(-1) = 2^{-1} = 1/2^1 = \frac{1}{2}$$

$$f(-2) = 2^{-2} = 1/2^2 = \frac{1}{4}$$

$$f(-3) = 2^{-3} = 1/2^3 = \frac{1}{8}$$

Colocando os resultados da função $f(x) = 2^x$ na Tabela 1, pode-se plotar o gráfico da função, conforme mostra a Figura 3.

x	f(x)
-3	$\frac{1}{8}$
-2	$\frac{1}{4}$
-1	$\frac{1}{2}$
0	1
1	2
2	4
3	8

Tabela 1: Resultados
função $f(x) = 2^x$
(CORIOLANO, 2020)

Figura 3: Gráfico da função $f(x) = 2^x$
(MATHCENTRE, 2009)

Este exemplo demonstra a forma geral para os gráficos das funções da forma $f(x) = a^x$ quando $a > 1$. Porém, ao alterar o valor da “a” percebe-se o qual rápido a função cresce, como mostra Figura 4.

Figura 4: Alteração do valor de “a” ($a > 0$) para a função $f(x) = a^x$. (MATHCENTRE, 2009)

As propriedades importantes dos gráficos dessa função são:

- $f(0) = 1$ para todos os valores de a . Isso ocorre porque $a^0 = 1$ para todos os valores de a .
- $f(1) = a$ para todos os valores de a . Isso ocorre porque $a^1 = a$ para todos os valores de a . Isso ocorre porque
- $f(x) > 0$ para todos os valores de a . Isso ocorre porque $a > 0$ isso implica $a^x > 0$.

Se o valor de “ a ” estiver compreendido entre zero e um, ou seja $0 < a < 1$, percebe-se um comportamento decrescente da função $f(x) = a^x$, segundo a Figura 5 e Tabela 2.

x	f(x)
-3	8
-2	4
-1	2
0	1
1	$\frac{1}{2}$
2	$\frac{1}{4}$
3	$\frac{1}{8}$

Tabela 2: Resultados da função
(AUTORES, 2020)

$$f(x) = \left(\frac{1}{2}\right)^x$$

Figura 5: Gráfico da função
 $f(x) = \left(\frac{1}{2}\right)^x$ (MATHCENTRE, 2009)

O efeito da variação do valor de “ a ” no intervalo compreendido entre $0 < a < 1$ pode ser observado na Figura 6.

Figura 6: Alteração do valor de “a” ($0 < a < 1$) para a função $f(x) = a^x$ (MATHCENTRE, 2009)

Observe que as propriedades da função são as mesmas para $a > 0$. Pode-se notar também que a função

$f(x) = \left(\frac{1}{2}\right)^x = 2^{-x}$ é um reflexo de $f(x) = 2^x$ no eixo da ordenadas, assim como a função

$f(x) = \left(\frac{1}{5}\right)^x = 5^{-x}$ é um reflexo de $f(x) = 5^x$ no eixo da ordenadas. Em geral,

$f(x) = \left(\frac{1}{a}\right)^x$ é reflexo de $f(x) = a^x$ no eixo vertical, como mostra a Figura 7.

Figura 7: Reflexo das funções $f(x) = \left(\frac{1}{a}\right)^x$ e $f(x) = a^x$ (MATHCENTRE, 2009).

Um exemplo particularmente importante da função exponencial surge quando $a = e$. Lembre-se que " e " é uma constante matemática, base dos logaritmos naturais, chamado de número de Euler e seu valor é, aproximadamente, $e = 2,718$.

A função $f(x) = e^x$ é frequentemente chamada de "a função exponencial". Como $e > 1$ e $\frac{1}{e} < 1$, pode-se esboçar os gráficos das funções exponenciais $f(x) = e^x$ e $f(x) = e^{-x} = \left(\frac{1}{e}\right)^x$, apresentados na Figura 8.

Figura 8: Gráfico das funções exponenciais $f(x) = e^x$ e $f(x) = e^{-x} = \left(\frac{1}{e}\right)^x$ (MATHCENTRE, 2009).

2.2 METODOS DE ENSINO

Diferentes métodos de ensino e teorias de aprendizagem têm sido utilizados no sistema educacional em todo o mundo. Esses três métodos de ensino, como o tradicional, resolução de problemas e aprendizado de descoberta, são baseados nas diferentes teorias de aprendizado, como behaviorismo,

cognitivismo e construtivismo. Os métodos de ensino envolvem o uso de teorias de aprendizagem e cada teoria tem diferentes resultados no ensino de matemática (LESSANI, 2017).

Para ter sucesso no ensino de matemática, os professores devem estar cientes de diferentes métodos de ensino, para que possam empregar esse conhecimento como base de suas estratégias de ensino de matemática. Os professores concordaram que o ensino e a aprendizagem da matemática são um processo contínuo pelo qual os alunos devem desenvolver uma sólida compreensão dos conceitos e procedimentos apropriados da matemática em cada nível acadêmico (LESSANI, 2017). Podendo aplicar três métodos de ensino: tradicional (centralizado no professor), resolução de problemas (centralizado no professor e no aluno), aprendizado de descoberta (centralizado no aluno).

Os professores devem dar aos alunos confiança suficiente para descobrir seus problemas de matemática e pensar criticamente para resolvê-los, assim como seus problemas de vida.

2.2.1 MÉTODO TRADICIONAL

De acordo com Ormord (1995) o método tradicional é baseado na teoria da aprendizagem do behaviorismo. Behaviorista refere-se às teorias de aprendizagem que enfatizam a mudança de comportamento resultante das associações de estímulo-resposta. Ele afirma que a aprendizagem é uma mudança de comportamento devido à experiência.

Segundo Stonewater (2005), em uma aula de matemática usando o método tradicional, o professor revisa o material e a lição de casa anteriores e, em seguida, demonstra a solução de problemas de baixo nível, seguida pelo trabalho de assento imitando a demonstração do professor.

Essa abordagem pedagógica de colocar o foco principal no professor como transmissor de conhecimento (isto é, ensinar por contar) é representativa da teoria behaviorista (HACKMAN, 2004). O método comum de ensino de matemática usando o método tradicional é centrado no professor e a palestra é a situação dominante.

2.2.2 SOLUÇÃO DE PROBLEMAS

De acordo com Tamizi & Bayat (2012) a solução de problemas é um elemento significativo da educação matemática. Este método é baseado na teoria da aprendizagem cognitiva. De fato, a resolução de problemas em matemática ajuda os alunos a desenvolver uma ampla gama de estruturas matemáticas complexas e a obter a capacidade de resolver vários problemas da vida real.

Portanto, com essa ferramenta os alunos terão a capacidade de desenvolver a capacidade para solução de problemas matemáticos que estão a seu alcance. Desta forma, os alunos adquirem capacidade de expandir e gerenciar seus conhecimentos acerca de conceitos e procedimentos matemáticos mas também ampliar a visão que têm dos problemas.

Segundo Taplin (2011) a solução de problemas ajuda as pessoas a se adaptarem a mudanças e problemas inesperados em suas carreiras e outros aspectos de suas vidas. A solução de problemas está além das dimensões do ensino de matemática, para que os alunos experimentem a influência da matemática no mundo ao seu redor.

2.2.3 APLICAÇÕES PRÁTICAS

Da Silva *et al.* (2019) avaliaram a eficiência das metodologias ativas de aprendizagem baseada em projetos e jogos, aplicadas ao ensino de funções matemáticas. Os autores destacam que as metodologias propostas podem ser usadas como uma maneira diferenciada de estimular o aprendizado dos alunos e que é necessário iniciar os alunos nos conceitos de raciocínio lógico e capacidade de trabalhar em grupo através de metodologias ativas e de uma maneira divertida. Para isso, os autores propuseram dois momentos: no primeiro, os alunos produziram jogos matemáticos que lhes permitiram aprender de maneira prática o conteúdo das funções; em um segundo momento, os alunos usaram a metodologia dos Jogos para aprender sobre as funções. Com o uso desses recursos, pretende-se que o aluno aprenda a compartilhar as ideias e experiências com o outro. Esses tipos de atividades fornecem ao aluno um ambiente em que ele é motivado a buscar novas aprendizagens que o fazem gostar de aprender.

Kulikova & Knysh (2019) exploraram o problema de desenvolver competências matemáticas aplicadas a estudantes de uma faculdade de economia sob as condições da economia digital. Os autores destacam que o ensino de disciplinas matemáticas pode intencionalmente desenvolver as competências de alguns alunos. Maneiras passivas, ativas e interativas de ensinar matemática e seus aspectos aplicados criam condições para o desenvolvimento de competências intelectuais. A economia digital contemporânea requer a integração da modelagem matemática e computacional em um universo para resolver tarefas complexas de produção. Atualmente, os alunos são desafiados a criar modelos abstratos de processos e fenômenos reais. A tarefa pedagógica é encontrar as formas de desenvolver competências matemáticas aplicadas necessárias para uma adaptação bem-sucedida no espaço da informação e da tecnologia.

2.3 INTERDICPLINARIDADE NO ENSINO DA MATEMÁTICA

Vários grupos de empregadores alegam que as escolas não estão dando atenção adequada às compreensões e habilidades necessárias para o sucesso fora da escola.

Pesquisas sugerem que, embora os profissionais das áreas relacionadas à matemática utilizem o aprendizado escolar, eles o fazem de maneira flexível e criativa, diferentemente da maneira como experimentaram a matemática em seus dias de escola (GAINSBURG, 2006; HAMILTON, 2007; ZAWOJEWSKI & MCCARTHY, 2007). Além disso, foi indicado que esses profissionais se valem de conhecimentos interdisciplinares na solução de problemas e na comunicação de suas descobertas.

Os problemas que enfrentamos em nosso mundo estão se tornando cada vez mais complexos. De fato, nosso mundo está repleto de complexidade. Empresas financeiras, sistemas de educação e saúde, a *World Wide Web*, o corpo humano e nossas próprias famílias são exemplos de sistemas complexos. Complexidade - o estudo de sistemas de componentes interconectados, cujo comportamento não pode ser explicado apenas pelas propriedades de suas partes, mas pelo comportamento que decorre de sua interconectividade - é um campo que levou a avanços metodológicos científicos significativos (SABELLI, 2006). Uma apreciação e compreensão do mundo como sistemas complexos interligados é fundamental para tomar decisões efetivas sobre a vida de alguém como indivíduo e como membro da comunidade (LESH, 2006).

De acordo com Lesh & Zawojewski (2007), um dos muitos desafios que os educadores enfrentam é como envolver os alunos na autêntica solução de problemas envolvendo sistemas complexos em um contexto interdisciplinar. Uma abordagem é através da modelagem matemática envolvendo ciclos de construção, avaliação e revisão de modelos, que são fundamentais para a compreensão matemática e científica e para a prática profissional de matemáticos e cientistas.

3. METODOLOGIA

Será adotado como base de dados, para a coleta dos números de casos de pessoal infectadas com COVID-19 nos estados do Brasil no dia 17 de maio de 2020. Os modelos matemáticos que serão testados para ajustar as curvas, de casos confirmados e números de óbitos por coronavírus, são representados na Tabela 3.

Descrição do Modelo	Modelo
Exponencial Geral	$f(x) = a^x$
Exponencial um parâmetro	$f(x) = e^{bx}$
Exponencial dois parâmetros	$f(x) = c \cdot e^{bx}$
Exponencial três parâmetros	$f(x) = d + c \cdot e^{bx}$

Tabela 3: Modelos matemáticos utilizados para ajustar as curvas de casos de COVID-19 no Brasil (CORIOLANO, 2020).

Para o ajuste dos modelos matemáticos aos dados experimentais foi utilizado o software OriginPro 8.0®. Realizou-se a análise de regressão não linear.

O desempenho dos modelos foi analisado a partir do coeficiente de determinação (R^2), representado através da Equação ((1) (BARBOSA, 2016):

$$R^2 = 1 - \frac{SQE}{SQE_r} \quad (1)$$

em que SQE (soma total dos desvios quadráticos entre os dados experimentais e os valores computados pelo modelo considerado) e SQEr (soma total dos quadrados dos resíduos entre os dados experimentais e a média) são definidos como:

$$SQE = \sum_{i=1}^n (y_i^{exp} - y_i^{cal})^2 \quad (2)$$

Onde:

y_i^{exp} é o valor observado pelo modelo;

y_i^{cal} é o valor calculado pelo modelo.

$$SQE_r = \sum_{i=1}^n (\bar{y} - y_i^{cal})^2 \quad (3)$$

$$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i^{cal}}{n}$$

Onde a média ($\bar{y}$) é definida como:

Portanto, o R^2 determina o quanto o modelo matemático consegue explicar os valores observados, podendo variar de 0 a 1, sendo que quanto mais próximo da unidade o modelo melhor se ajusta aos dados experimentais.

Foram utilizados os dados dos estados de Sergipe (por ser o local da realização deste trabalho), Ceará, Amazonas, São Paulo, Rio de Janeiro por representarem o maior número de casos confirmados.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O Estado de Sergipe apresenta 3.135 casos confirmados com 53 óbitos. A Figura 9 apresenta o modelo matemático dos casos e números de óbitos por COVID-19 em Sergipe.

Figura 9: Casos confirmados e números de óbitos por COVID-19 no Estado de Sergipe (CORIOLANO, 2020).

A Tabela 4 apresenta o resultado dos ajustes dos modelos descritos na metodologia, a magnitude das constantes e coeficientes de determinação (R^2) que compõem os modelos matemáticos para os dados de casos confirmados e números de óbitos por COVID-19 no Estado de Sergipe.

Casos confirmados de Coronavírus em Sergipe					
Modelos matemáticos	Constantes e Coeficientes				Parâmetro
	a	b	c	d	R2 (%)
Exponencial Geral	0,129	--	--	--	99,17
Exponencial um parâmetro	--	1,138	--	--	99,24
Exponencial dois parâmetros	--	1,762	0,119	--	99,34
Exponencial três parâmetros	--	2,103	0,117	-22,110	99,37

Óbitos por Coronavírus em Sergipe					
Modelos matemáticos	Constantes e Coeficientes				Parâmetros
	a	b	c	d	R2 (%)
Exponencial Geral	0,061	--	--	--	94,34
Exponencial um parâmetro	--	1,063	--	--	94,34
Exponencial dois parâmetros	--	0,221	0,088	--	99,26
Exponencial três parâmetros	--	0,210	0,088	0,127	99,25

Tabela 4: Parâmetros estatísticos e valores das constantes e coeficientes dos modelos matemáticos de casos confirmados e números de óbitos por COVID-19 no Estado de Sergipe (CORIOLANO, 2020)

Verifica-se que os modelos matemáticos para os casos confirmados de coronavírus no Estado de Sergipe apresentam R^2 superior a 99% e o modelo a três parâmetros apresentou o melhor ajuste aos dados. Já os modelos para o número de óbitos por coronavírus em Sergipe apresentaram dois valores (geral e um parâmetro) com coeficiente de determinação abaixo de 95%, por outro lado os modelos com dois e três parâmetros apresentaram um R^2 de 99,26% e 99,25%, respectivamente.

Portanto, o caso confirmado por COVID-19 em Sergipe pode ser representado pela seguinte equação:

$$f(x) = -22,110 + 2,103 \cdot e^{0,117x}$$

e o número de óbitos pelo vírus é representado pelo modelo com dois parâmetros e apresentado na equação abaixo:

$$f(x) = 0,221 \cdot e^{0,088x}$$

Seguindo metodologia similar, a Figura 10 representa os casos confirmados de coronavírus nos estados de São Paulo, Rio de Janeiro, Ceará e Amazonas.

Figura 10: Casos confirmados de coronavírus no Estados de São Paulo, Rio de Janeiro, Ceará e Amazonas (CORIOLANO, 2020).

Os modelos matemáticos que melhor se ajustou aos dados dos casos confirmados de COVID-19 nos estados de São Paulo, Rio de Janeiro, Ceará e Amazonas foram exponencial três parâmetros, três parâmetros, três parâmetros e dois parâmetros, respectivamente.

A Tabela 5 apresenta as equações que representam os modelos matemáticos dos estados com maiores casos confirmados de coronavírus no Brasil.

Estado	Modelo	Equação
São Paulo	Três Parâmetros	$f(x) = -2692 + 1103.e^{0,050x}$
Rio de Janeiro	Três Parâmetros	$f(x) = -905 + 335.e^{0,053x}$
Ceará	Três Parâmetros	$f(x) = -374 + 84,33.e^{0,070x}$
Amazonas	Dois Parâmetros	$f(x) = 21,55.e^{0,085x}$

Tabela 5: Equações e Modelos matemáticos que melhor representam os casos confirmados de coronavírus nos estados de São Paulo, Rio de Janeiro, Ceará e Amazonas (CORIOLANO, 2020).

Por fim, encontrou-se os modelos matemáticos para o número de óbitos por COVID-19 nos estados de São Paulo, Rio de Janeiro, Ceará e Amazonas conforme apresenta a Figura 11.

Figura 11: Números de óbitos por coronavírus no Estados de São Paulo, Rio de Janeiro, Ceará e Amazonas (CORIOLANO,2020)

Os modelos matemáticos que melhor se ajustou aos dados dos números de óbitos por COVID-19 nos estados de São Paulo, Rio de Janeiro, Ceara e Amazonas foram exponencial dois parâmetros, três parâmetros, três parâmetros e três parâmetros, respectivamente.

A Tabela 6 apresenta as equações exponenciais que representa o número de óbitos por coronavírus nos estados de São Paulo, Rio de Janeiro, Ceara e Amazonas. Todos os modelos apresentaram um R^2 superior a 99%, que demonstra uma boa aderência aos dados.

Estado	Modelo	Equação
São Paulo	Dois Parâmetros	$f(x) = 45,13 \cdot e^{1,060x}$
Rio de Janeiro	Três Parâmetros	$f(x) = -44,31 + 9,71 \cdot e^{0,069x}$
Ceará	Três Parâmetros	$f(x) = -31,01 + 4,21 \cdot e^{0,074x}$
Amazonas	Três Parâmetros	$f(x) = -28,67 + 3,81 \cdot e^{0,074x}$

Tabela 6: Equações e Modelos matemáticos que melhor representam o número de óbitos por coronavírus nos estados de São Paulo, Rio de Janeiro, Ceará e Amazonas (CORIOLANO, 2020)

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Abordagens interdisciplinares têm sido amplamente utilizadas em estudos de criatividade, educação e organizações para ajudar a entender fenômenos complexos e promover a criatividade. No entanto, a implementação de tais abordagens apresenta desafios para comunicação, gerenciamento de conflitos, avaliação, liderança e gerenciamento. Portanto, mais estudos devem ser realizados para examinar a relação entre interdisciplinaridade na matemática, sendo necessárias mais práticas para ajudar a melhorar o gerenciamento da diversidade, criatividade e inovação.

É possível apresentar ao aluno a função exponencial utilizando dados do dia a dia, abordando a interdisciplinaridade como forma de motivação dos discentes para o aprendizado da matemática.

O modelo matemático que mais se ajustou aos dados dos casos confirmados e números de óbitos foi

o exponencial a três parâmetros $(f(x) = d + c \cdot e^{bx})$, Todos os resultados apresentaram um

coeficiente de correlação (R^2) superior a 99%, tal resultado comprova que a função exponencial pode ser utilizada como modelo matemático na fase inicial da infecção da população por coronavírus.

Observa-se que esses surtos são desafios em vários domínios e exigem a cooperação de especialistas de vários campos. A cooperação cria inovação, a inovação aumenta a significância, a significância resulta em impactos e os impactos mudam os paradigmas da vida.

6.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARBOSA, Thaís Alves; LOBATO, Fran Sérgio. Determinação da cinética de secagem de produtos alimentícios usando algoritmos genéticos. *Revista de Agricultura Neotropical*, v. 3, n. 3, p. 28-37, 2016.

CARVALHO-SILVA, V. H. (2020). Quando a Epidemiologia Encontra a Moderna Fenomenologia de Cinética Química: Efeito das Estratégias de Controle de Difusão da Pandemia Causada pela COVID-19. *Revista Processos Químicos*, 14(27), 1-4.

DA SILVA, Neimar Juliano Albano; GARCIA, Roberta Veloso; ROMÃO, Estaner Claro. Mathematics laboratory: teaching functions with the use of PBL methodologies and games. *International Journal of Scientific Research And Education*, v. 7, n. 9, 2019.

GAINSBURG, J. The mathematical modeling of structural engineers. *Mathematical Thinking and Learning*, 8(1), 3–36, 2006.

HACKMANN, Donald G. Constructivism and block scheduling: Making the connection. *Phi Delta Kappan*, v. 85, n. 9, p. 697-702, 2004.

HAMILTON, E. What changes are needed in the kind of problem solving situations where mathematical thinking is needed beyond school Mahwah: Lawrence Erlbaum, 2007.

HERMANOWICZ, Slav W. Forecasting the Wuhan coronavirus (2019-nCoV) epidemics using a simple (simplistic) model. *MedRxiv*, 2020.

KUCHARSKI, A. J., RUSSELL, T. W., DIAMOND, C., LIU, Y., EDMUNDS, J., FUNK, S., ... & DAVIES, N. (2020). Early dynamics of transmission and control of COVID-19: a mathematical modelling study. *The lancet infectious diseases*.

KULIKOVA, Olga V.; KNYSH, Alla A. Shaping Applied Mathematical Competences of College Students Using Information Technology. 2019.

LAVAQUI, Vanderlei; BATISTA, Irinéa de Lourdes. Interdisciplinaridade em ensino de ciências e de matemática no ensino médio. *Ciência & Educação (Bauru)*, v. 13, n. 3, p. 399-420, 2007.

LESH, R. Modeling students modeling abilities: the teaching and learning of complex systems in education. *Journal of the Learning Sciences*, 15(1), 45–52, 2006.

LESH, R., & ZAWOJEWSKI, J. S. Problem solving and modeling, 2007.

LESSANI, A., YUN, A. S. M., & BAKAR, K. B. A. (2017). Comparison of new mathematics teaching methods with traditional method. *PEOPLE: International Journal of Social Sciences*, 3(2).

LESSANI, Abdolreza; YUN, Aida Suraya Md; BAKAR, Kamariah Bt Abu. Comparison of new mathematics teaching methods with traditional method. *PEOPLE: International Journal of Social Sciences*, v. 3, n. 2, 2017.

LIU, Y., GAYLE, A. A., WILDER-SMITH, A., & ROCKLÖV, J. (2020). The reproductive number of COVID-19 is higher compared to SARS coronavirus. *Journal of travel medicine*.

MAASS, K., DOORMAN, M., JONKER, V., & WIJERS, M. (2019). Promoting active citizenship in mathematics teaching. *ZDM*, 51(6), 991-1003.

ORMORD, J. E. *Human Learning*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, Inc, 1995.

OTAVIANO, A. B. N., ALENCAR, E. M. L. S. D., & FUKUDA, C. C. (2012). Estímulo à criatividade por professores de Matemática e motivação do aluno. *Psicologia Escolar e Educacional*, 16(1), 61-69.

RETNAWATI, Heri et al. TEACHERS' DIFFICULTIES AND STRATEGIES IN PHYSICS TEACHING AND LEARNING THAT APPLYING MATHEMATICS. *Journal of Baltic Science Education*, v. 17, n. 1, 2018.

SABELLI, N. H. Complexity, technology, science, and education. *Journal of the Learning Sciences*, 15(1), 5–9, 2006.

STONEWATER, Jerry K. Inquiry teaching and learning: The best math class study. *School Science and Mathematics*, v. 105, n. 1, p. 36-47, 2005.

TAPLIN, Margaret. *Mathematics through problem solving*. Retrieved December, v. 1, p. 2006, 2006.

TARMIZI, Rohani Ahmad; BAYAT, Sahar. Collaborative problem-based learning in mathematics: A cognitive load perspective. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, v. 32, p. 344-350, 2012.

WHO, World Health Organization. Coronavirus disease (COVID-2019) situation reports. Disponível em: <https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/situation-reports/>. Acessado em 24 de abril de 2020.

ZAWOJEWSKI, J., & MCCARTHY, L. Numeracy in practice. *Principal Leadership*, 7(5), 32–38, 2007.