



UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL
CAMPUS CHAPECÓ
PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM MATEMÁTICA EM REDE
NACIONAL - PROFMAT

KAREN DAIANA BATTISTI

PROBLEMAS BIOLÓGICOS E A MATEMÁTICA: UMA PROPOSTA
INTERDISCIPLINAR PARA A EDUCAÇÃO BÁSICA

CHAPECÓ
2021

KAREN DAIANA BATTISTI

**PROBLEMAS BIOLÓGICOS E A MATEMÁTICA: UMA PROPOSTA
INTERDISCIPLINAR PARA A EDUCAÇÃO BÁSICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional, da Universidade Federal da Fronteira Sul – UFFS como requisito para obtenção do título de Mestre em Matemática sob a orientação do Prof. Dra. Divane Marcon.

CHAPECÓ

2021

Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS

Battisti, Karen Daiana

Problemas Biológicos e a Matemática: uma proposta interdisciplinar para a Educação Básica / Karen Daiana Battisti. -- 2021.

101 f.:il.

Orientadora: Doutora Divane Marcon

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal da Fronteira Sul, Programa de Pós-Graduação Profissional em Matemática em Rede Nacional, Chapecó, SC, 2021.

1. Interdisciplinaridade. 2. Matemática. 3. Biologia. 4. Educação Básica. I. Marcon, Divane, orient. II. Universidade Federal da Fronteira Sul. III. Título.



KAREN DAIANA BATTISTI

**PROBLEMAS BIOLÓGICOS E A MATEMÁTICA: UMA PROPOSTA
INTERDISCIPLINAR PARA A EDUCAÇÃO BÁSICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional da Universidade Federal da Fronteira Sul – UFFS, para obtenção do título de Mestre em Matemática.

Orientador (a): Profa. Dra. Divane Marcon

Aprovado em: 28/10/2021

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Divane Marcon - UFFS

Profa. Dra. Kênia Cristina Pereira Silva- IFSP

Profa. Dra. Janice Teresinha Reichert – UFFS

Chapecó/SC, Outubro de 2021

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a meu Deus, pela graça da vida, por sempre cuidar de mim, me protegendo, abençoando e guiando meu caminho.

Agradeço a minha orientadora professora Divane Marcon, pela disponibilidade em me orientar, pelas horas de conversa, troca de ideias, incentivo e momentos de instrução.

Agradeço aos meus pais Anacleto e Rita Battisti, minhas irmãs Lilian, Letícia e Kedina, e ao meu noivo Aleksandro Vani, pelo incentivo, motivação, compreensão e suporte nos momentos em que precisei.

Agradeço também aos meus colegas e professores do PROFMAT – Campus Chapecó, pelos momentos incríveis que passamos juntos.

A matemática é o alfabeto com o qual Deus escreveu o universo.

Galileu Galilei

RESUMO

A grande demanda de diferentes especializações advindas da revolução industrial do século XIX resultou na fragmentação do sistema de ensino, contribuindo significativamente para a visão de que cada disciplina do currículo escolar deveria ser trabalhada de forma isolada. Nos dias atuais, com a mudança dessa visão do ensino, expressa nos documentos que regulamentam o currículo no Brasil, um dos desafios é trabalhar os conteúdos das disciplinas de forma integrada, rompendo com a compartimentação das disciplinas através do trabalho interdisciplinar. Levando isso em consideração, o foco desta dissertação é apresentar problemas biológicos onde podemos aplicar a Matemática da Educação Básica e o objetivo é identificar a opinião de um grupo de 20 professores de Matemática a respeito da possibilidade de utilização de alguns desses problemas em suas aulas, ou seja, se do ponto de vista deles é viável a aplicação dessas atividades com seus alunos, e identificar possíveis aspectos positivos ou desafios da interdisciplinaridade entre Biologia e Matemática. Para a consulta aos professores foram selecionados cinco problemas, a saber, Decomposição do Lixo; Covid-19; Crescimento de Peixes; Métodos de determinação do crescimento microbiano e Cruzamento Genético, esses problemas foram selecionados por abordarem questões ambientais e sanitárias de grande importância social, ou por envolverem reflexões curiosas e interessantes. A pesquisa classifica-se como uma pesquisa de campo, qualitativa, que foi aplicada por meio de questionários sequenciais. Os dados e informações obtidas foram analisados conforme a metodologia da análise textual discursiva, e os resultados apontaram para a validação dos problemas biológicos como problemas interdisciplinares aplicáveis aos alunos, pelo grupo de professores, que consideraram os problemas atrativos para os alunos e facilitadores do processo de ensino e aprendizagem.

Palavras-chave: Problemas biológicos. Modelos matemáticos. Interdisciplinaridade. Professores de Matemática.

ABSTRACT

The big demand for different specializations that came with the industrial revolution in the 19th century resulted in the fragmentation of the teaching system, significantly contributing for the vision that each subject of the school curriculum should be worked in an isolated way. Nowadays with the change of this view of teaching, expressed in the documents that regulate the curriculum in Brazil, one of the challenges is to work the contents of the subjects in an integrated way, breaking the compartmentation of disciplines through interdisciplinary work. Taking this into account, the focus of this dissertation is to present biological problems where we can apply the mathematics of basic education and the objective is to identify the opinion of a group of 20 teachers about the possibility of using some of these biological problems in their classes, that is, if from their point of view, the application of these activities is feasible with their students, and identify possible positive aspects or challenges of interdisciplinarity between biological and mathematics. For the consultation of the teachers, five problems were selected: garbage decomposition, covid-19, fish growth, methods of determining microbial growth and genetic crossing, these problems were selected for addressing environmental and health issues of great social importance, or by involving curious and interesting reflections. The research is classified as field research, qualitative, that was applied through sequential questionnaires. The data and information obtained were analyzed according to the methodology of discursive textual analysis, and the results pointed to the validation of biological problems as interdisciplinary problems applicable to students, by the group of teachers, who found the problems attractive for students and facilitators the process of teaching and learning.

Key-words: Biological problems. Mathematical models. Interdisciplinarity. Math teachers.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Ilustração do processo de contaminação do vírus da COVID-19.....	32
Figura 2 – Ilustração do método diluição seriada.....	40
Figura 3 – Escala de pH.....	50
Figura 4 – Comportamento da função que dá a temperatura de um corpo num instante t	54
Figura 5 – Divisão celular por mitose.....	60
Figura 6 – Divisão celular, processo de três mitoses.....	61
Figura 7 – Desenvolvimento embrionário humano.....	61
Figura 8 – Mapa conceitual da estruturação dos passos da análise textual discursiva.....	66

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Número de contaminados por Covid-19 em função do tempo.....	32
Tabela 2 – Número de contaminados por Covid-19 em função do tempo $f(t)$	33
Tabela 3 – Tempo estimado de decomposição do lixo.....	35
Tabela 4 – Presença de chifres no cruzamento genético de um bode sem chifres com três cabras.....	42
Tabela 5 – Quantidade de medicação na corrente sanguínea.....	43
Tabela 6 – Número de bactérias em função do tempo.....	44
Tabela 7 – Número de bactérias em função do tempo $f(t)$	45
Tabela 8 – Divisão celular em função do tempo.....	62

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	13
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	21
4 PROBLEMAS BIOLÓGICOS.....	31
4.1 COVID-19	31
4.2 DECOMPOSIÇÃO DO LIXO	35
4.3 CRESCIMENTO DE PEIXES (TILÁPIA).....	36
4.4 MÉTODOS DE DETERMINAÇÃO DO CRESCIMENTO MICROBIANO.....	38
4.5 CRUZAMENTO GENÉTICO	41
4.6 ABSORÇÃO DE DROGAS/REMÉDIO	42
4.7 CRESCIMENTO BACTERIANO	44
4.8 DESINTEGRAÇÃO RADIOATIVA	46
4.9 CRESCIMENTO/DINÂMICA POPULACIONAL	47
4.10 PH (POTENCIAL HIDROGENIÔNICO)	49
4.11 RESFRIAMENTO DE UM CORPO – DIFUSÃO DE CALOR	53
4.12 CONTROLE BIOLÓGICO DE INSETOS	55
4.13 DIVISÃO CELULAR	59
5 PROCESSO METODOLÓGICO	64
6 APLICAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS.....	67
6.1 SOBRE O PRIMEIRO QUESTIONÁRIO	67
6.2 SOBRE O SEGUNDO QUESTIONÁRIO	70
6.2.1 Concepção de interdisciplinaridade dos professores participantes	70
6.2.2 Validação dos problemas por parte dos professores como problemas	
interdisciplinares	74
6.2.3 Benefícios ou pontos positivos da interdisciplinaridade entre Biologia e	
Matemática.....	84
6.2.4 Desafios da interdisciplinaridade.....	87
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	90
APÊNDICE A.....	97
APÊNDICE B.....	99

1 INTRODUÇÃO

Com o objetivo de contribuir com o rompimento da visão de que as disciplinas devem ser trabalhadas separadamente uma das outras, e mostrar a importância do trabalho interdisciplinar entre Biologia e Matemática, o foco desta dissertação é apresentar treze problemas biológicos onde podemos aplicar a Matemática da Educação Básica e o objetivo é responder o seguinte problema: Quais as possíveis contribuições ou desafios no trabalho de problemas biológicos associados a conteúdos de Matemática de forma interdisciplinar? Além de identificar aspectos que apontem pontos positivos da interdisciplinaridade entre Biologia e Matemática, e os desafios que podem surgir nesse processo. Essas informações foram obtidas através da aplicação de questionários á professores de Matemática do Ensino Fundamental e Médio.

A utilização de modelos matemáticos e o processo de modelagem matemática em sala de aula têm trazido ótimos resultados. De acordo com Marques “quando se relaciona a Matemática com questões do cotidiano, proporciona-se melhor compreensão da disciplina, já que a aprendizagem passa a ser desenvolvida pela relação entre a teoria e a prática” (2019, p.54).

A proposta de trabalhar as disciplinas de modo interligado, para superar a fragmentação do ensino é o objetivo da interdisciplinaridade. De acordo com Japiassu:

Trata-se de um gigantesco, mas indispensável esforço que muitos pesquisadores realizam para superar o estatuto da fixidez das disciplinas e para fazê-las convergir pelo estabelecimento de elos e de pontes entre os problemas que elas colocam (JAPIASSU, 1976, p.52).

A proposta deste trabalho fundamenta-se nas teorias de interdisciplinaridade, modelagem matemática, e a regulamentação dos conteúdos, habilidades e competências a serem desenvolvidas na Educação Básica. A pesquisa foi aplicada a um grupo de professores de Matemática que responderam à rodadas de questionários, e estes por sua vez, foram analisados pela metodologia da análise textual discursiva.

Optou-se por aplicar questionários em rodadas, para evitar sobrecarregar e desmotivar os professores participantes da pesquisa, pois o momento atual do mundo é de enfrentamento

a pandemia de coronavírus. As consequências desta pandemia vêm trazendo desgaste físico, emocional e psicológico a grande parte dos profissionais de ensino, que há mais de um ano estão se adaptando, inovando, aprendendo, e se dedicando muito para manter a qualidade do ensino no Brasil.

Além dos problemas biológicos apresentados nos questionários, segue para quem possa interessar no corpo desta dissertação, outros problemas que relacionam o conhecimento biológico e o matemático, com sugestões de questões para trabalhar os conteúdos e ideias que podem ser abordadas em sala de aula, além de algumas reflexões pertinentes aos assuntos.

Esta dissertação está organizada do seguinte modo, no capítulo 2 é apresentada a fundamentação teórica, na qual encontram-se os conceitos de modelagem matemática e interdisciplinaridade, e também a importância da utilização dessas teorias que estão expressas nas diretrizes que regulamentam a Educação Básica no Brasil. No capítulo 3 está a revisão bibliográfica, onde descreve-se vários trabalhos com aspectos em comum com a presente pesquisa. No capítulo 4 estão descritos os 13 problemas biológicos elaborados ao longo deste trabalho. O capítulo 5 apresenta o processo metodológico, descrevendo os passos da pesquisa e os métodos utilizados para a coleta e análise dos dados. No capítulo 6 descreve-se a aplicação dos dois questionários e a análise das informações obtidas, e para finalizar, o capítulo 7 explicita as considerações finais.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo, serão abordadas as teorias que embasam e fundamentam esta dissertação, como as concepções de modelos matemáticos e modelagem matemática de Rodney Bassanezi e Jonei Barbosa; da área de interdisciplinaridade e da educação nomes como Hilton Japiassu e Edgar Morin. Além disso, este trabalho leva em consideração a legislação para o currículo do sistema educacional como os Parâmetros Curriculares Nacionais e a Base Nacional Comum Curricular.

Ao se trabalhar com a interdisciplinaridade tem-se a pretensão de romper com o isolamento e a fragmentação dos conteúdos, atitude considerada necessária principalmente depois da revolução industrial do século XIX. Refletindo diretamente na organização dos sistemas de ensino da época e que permeiam até hoje, a Revolução Industrial do século XIX exigiu uma demanda histórica de diferentes especializações, o que resultou numa fragmentação do ensino, ou seja, separou os conhecimentos em diferentes áreas, tratadas nas escolas atuais como disciplinas. Segundo Japiassu:

O número de especializações exageradas e a rapidez do desenvolvimento de cada uma culminam numa fragmentação crescente do horizonte epistemológico. O saber chegou a tal ponto de esmigalhamento, que a exigência interdisciplinar mais parece, em nossos dias, a manifestação de um lamentável estado de carência (1976, p.30).

No que se refere à Matemática e a interdisciplinaridade, Japiassu (1976, p.90) diz que “A Matemática aparece como um instrumento privilegiado da interdisciplinaridade, pois proporciona um aparelho de organização dos conceitos e das estruturas”.

Em sua obra “A cabeça bem feita”, Morin coloca suas ideias que vem de acordo com Japiassu, quando diz que:

os desenvolvimentos disciplinares das ciências não só trouxeram as vantagens da divisão do trabalho, mas também os inconvenientes da superespecialização, do confinamento e do despedaçamento do saber. Não só produziram o conhecimento e a elucidação, mas também a ignorância e a cegueira (MORIN, 2003, p.15).

Neste cenário, Morin acrescenta:

Devemos, pois, pensar o problema do ensino, considerando, por um lado, os efeitos cada vez mais graves da compartimentação dos saberes e da incapacidade de articulá-los, uns aos outros; por outro lado, considerando que a aptidão para contextualizar e integrar é uma qualidade fundamental da mente humana, que precisa ser desenvolvida, e não atrofiada (2003, p.16).

A interdisciplinaridade se apresenta hoje como uma oposição sistemática a um tipo tradicional de organização do saber, o que pode ser visto como um convite para lutar contra a multiplicação desordenada das especialidades e das linguagens particulares das ciências. Com isso, a interdisciplinaridade se define e se elabora por uma crítica das fronteiras das disciplinas e de sua compartimentação (JAPIASSU, 1976).

A biomatemática faz parte da interdisciplinaridade estrutural, que segundo Japiassu (1976, p.81) “Ao entrar num processo iterativo, duas ou mais disciplinas ingressam, ao mesmo tempo, num diálogo em pé de igualdade”. Onde não há supremacia de uma sobre as demais, as relações são recíprocas e o enriquecimento é mútuo. Este tipo de interdisciplinaridade é onde há “uma combinação das disciplinas, correspondendo ao estudo de novos campos de problemas, cuja solução exige a convergência de várias disciplinas, tendo em vista levar a efeito uma ação informada e eficaz” (JAPIASSU, 1976 p. 82).

Para Japiassu (1976) a interdisciplinaridade é mais do que um conceito teórico, pois cada vez mais parece impor-se como uma prática. Aparecendo primeiramente como prática individual, uma atitude de espírito composta por curiosidade, abertura, de desejo do profissional de enriquecer-se com novos enfoques, de gosto pelas combinações de diferentes perspectivas e de convicção, levando ao desejo de superar os caminhos já batidos. Na prática individual, a interdisciplinaridade não pode ser aprendida, apenas exercida. Em segundo lugar, o autor fala da interdisciplinaridade como prática coletiva e não mais individual, no nível de pesquisa, onde se faz necessária uma iteração aberta a diálogos, e de reconhecimento daquilo que lhe falta, que podem ou devem receber de outros profissionais envolvidos na equipe.

Para que se evidencie propriamente dita a metodologia interdisciplinar, Japiassu (1976) destaca que é necessário um confronto da totalidade das disciplinas cooperantes, “no qual cada uma se arrisca e se modifica pela outra, evidencia-se então uma prospectiva da

totalidade das disciplinas em colaboração, e o problema da comunicação se converte numa metodologia propriamente interdisciplinar”(p. 119).

De acordo com Tomaz e David:

A interdisciplinaridade poderia ser alcançada quando os conhecimentos de várias disciplinas são utilizados para resolver um problema ou compreender um determinado fenômeno sob diferentes pontos de vista (2018, p. 16).

A necessidade de trabalho interdisciplinar na educação está explícita também nas diretrizes elaboradas pelo governo federal que orientam a educação no Brasil. Como este trabalho é voltado para a Educação Básica, mais especificamente para o Ensino Fundamental - Anos Finais e Ensino Médio salienta-se o que dizem os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) do Ensino Fundamental e Médio e a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) sobre interdisciplinaridade e aspectos ligados a esse conceito.

Vale destacar que o interdisciplinar está presente nos PCN desde os anos iniciais. Como podemos ver nos PCN (1997) de 1ª a 4ª série de Matemática, na seção dos temas transversais, mais especificamente sobre meio ambiente, o documento coloca que “a compreensão das questões ambientais pressupõe um trabalho interdisciplinar em que a Matemática está inserida” (p.27). Também neste documento, é mencionado o caráter abstrato que a Matemática apresenta, mas que apesar disso, seus conceitos e resultados tem origem no mundo real e muitas aplicações se encontram em outras ciências (BRASIL, 1997).

A Matemática é um instrumental de relevância para diferentes áreas do conhecimento, por ser utilizada como ferramenta de estudos, pesquisas, tanto ligados às ciências da natureza como às ciências sociais. Essa potencialidade do conhecimento matemático deve ser explorada, da forma mais ampla possível, no Ensino Fundamental (BRASIL, 1997). Entretanto, para isso

É importante que a Matemática desempenhe, equilibrada e indissociavelmente, seu papel na formação de capacidades intelectuais, na estruturação do pensamento, na agilização do raciocínio dedutivo do aluno, na sua aplicação a problemas, situações da vida cotidiana e atividades do mundo do trabalho e no apoio à construção de conhecimentos em outras áreas curriculares (BRASIL, 1997, p.25).

Essa preocupação na formação dos adolescentes e jovens para a vida adulta se estende aos PCN do Ensino Médio, no qual se chegou a um novo perfil para o currículo, o qual busca “dar significado ao conhecimento escolar, mediante a contextualização; evitar a compartimentalização, mediante a interdisciplinaridade; e incentivar o raciocínio e a capacidade de aprender” (BRASIL, 2000, p.4). O currículo que tínhamos foi reorganizado em áreas de conhecimento, “com o objetivo de facilitar o desenvolvimento dos conteúdos, numa perspectiva de interdisciplinaridade e contextualização” (BRASIL, 2000, p.7). Essas áreas são Linguagens, Códigos e suas Tecnologias, Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias e Ciências Humanas e suas Tecnologias.

A BNCC e os PCN tem papéis complementares para garantir as aprendizagens essenciais definidas para cada etapa da Educação Básica. No que se refere à área da Matemática e suas tecnologias no Ensino Médio, a BNCC coloca como uma das competências específicas:

Utilizar estratégias, conceitos e procedimentos matemáticos para interpretar situações em diversos contextos, sejam atividades cotidianas, sejam fatos das Ciências da Natureza e Humanas, ou ainda questões econômicas ou tecnológicas, divulgados por diferentes meios, de modo a consolidar uma formação científica geral (BRASIL, 2018, p.524).

Neste sentido, pode-se dizer que há ligação entre os objetivos da interdisciplinaridade com o que a BNCC propõem quando coloca as competências a serem desenvolvidas, pois o ato interdisciplinar objetiva, assim como a BNCC, interpretar situações em diversos contextos, em diversas disciplinas, buscando uma formação completa ao cidadão.

Na perspectiva escolar, para os PCN:

A interdisciplinaridade não tem a pretensão de criar novas disciplinas ou saberes, mas de utilizar os conhecimentos de várias disciplinas para resolver um problema concreto ou compreender um determinado fenômeno sob diferentes pontos de vista. Em suma, a interdisciplinaridade tem uma função instrumental. Trata-se de recorrer a um saber diretamente útil e utilizável para responder às questões e aos problemas sociais contemporâneos (BRASIL, 2000, p.21).

Deste modo, a interdisciplinaridade deve ser compreendida a partir de relações por meio de prática escolar, que estabeleçam interconexões e passagens entre os conhecimentos

através de relações de complementaridade, convergência ou divergência. Pois a integração dos diferentes conhecimentos pode criar as condições necessárias para uma aprendizagem motivadora, na medida em que ofereça maior liberdade aos professores e alunos para a seleção de conteúdos mais diretamente relacionados aos assuntos ou problemas que dizem respeito à vida da comunidade (BRASIL, 2000).

O estudo do meio ambiente também faz parte da Biologia, e o decreto nº 4.281 de 25 de Junho de 2002 regulamenta a Política Nacional de Educação Ambiental, a qual deve ser executada pelas instituições educacionais públicas e privadas dos sistemas de ensino. De acordo com o decreto 4.281 no seu artigo quinto:

Art. 5º Na inclusão da Educação Ambiental em todos os níveis e modalidades de ensino, recomenda-se como referência os Parâmetros e as Diretrizes Curriculares Nacionais, observando-se:
I - a integração da educação ambiental às disciplinas de modo transversal, contínuo e permanente; e
II - a adequação dos programas já vigentes de formação continuada de educadores. (BRASIL, 2002).

Também, de acordo com este decreto, para ser cumprido o que ele estabelece, deverão ser criados, mantidos e implementados, programas de educação ambiental integrados a todos os níveis e modalidades de ensino (BRASIL, 2002). Neste sentido, esta dissertação trás em alguns dos problemas biológicos, a possibilidade do estudo de problemas e temas ambientais de importante relevância, ofertando um caminho para trazer para as aulas de Matemática, reflexões que contribuem para a educação ambiental.

A linha de modelagem matemática utilizada neste trabalho segue os princípios de Rodney Carlos Bassanezi, e também considera algumas concepções de Jonei Barbosa, o qual afirma que “Modelagem, para mim, é um ambiente de aprendizagem no qual os alunos são convidados a problematizar e investigar, por meio da Matemática, situações com referência na realidade” (BARBOSA, 2004, p.3).

No seu livro “Ensino-aprendizagem com modelagem matemática” publicado em 2002, Bassanezi tem como objetivo principal levar o leitor a gostar mais de Matemática, mas além disso, mostrar com exemplos representativos, como o método de modelagem matemática pode ser aplicado em várias situações de ensino e aprendizagem, com a intenção de estimular

alunos e professores de Matemática a desenvolverem suas próprias habilidades como modeladores.

Bassanezi (2002, p.15) afirma que “para o desenvolvimento de um novo modelo de educação menos alienado e mais comprometido com as realidades dos indivíduos e sociedades, necessitamos lançar mão de instrumentos matemáticos interrelacionados a outras áreas do conhecimento humano”. Percebe-se aqui, na forma de pensamento do autor, aspectos que vem ao encontro com o que diz as teorias de interdisciplinaridade. Pois, segundo Japiassu (1976, p. 74) “a interdisciplinaridade caracteriza-se pela intensidade das trocas entre especialidades e pelo grau de interação real das disciplinas no interior de um mesmo projeto de pesquisa”. Deste modo, percebe-se a necessidade de união entre as diferentes áreas do conhecimento, no nosso caso entre a Matemática e as outras disciplinas, para inovar os processos de ensino, abrir caminhos, e superar o pensar fragmentado das disciplinas.

De acordo com Bassanezi:

Nessa nova forma de encarar a matemática, a modelagem – que pode ser tomada tanto como um método científico de pesquisa quanto como uma estratégia de ensino-aprendizagem – tem se mostrado muito eficaz. *A modelagem matemática* consiste na arte de transformar problemas da realidade em problemas matemáticos e resolvê-los interpretando suas soluções na linguagem do mundo real (2002, p.16).

Entretanto, deve-se levar em consideração que “A modelagem é eficiente a partir do momento que nos conscientizamos que estamos sempre trabalhando com *aproximações* da realidade, ou seja, que estamos elaborando sobre representações de um sistema ou parte dele” (Bassanezi 2002, p.24).

Para Bassanezi (2002) a modelagem matemática é um processo onde deve-se seguir as seguintes etapas:

Experimentação: É a etapa onde se processa a obtenção de dados.

Abstração: É o processo que leva a formulação dos Modelos Matemáticos.

Resolução: Aqui, se resolve o problema na linguagem Matemática.

Validação: Etapa onde verifica-se se a solução Matemática é solução do problema original.

Modificação: Caso a solução Matemática não é solução do problema original, reformula-se o modelo e recomeça as etapas.

Utilizando a modelagem matemática, é possível contribuir para a solução de problemas em diversas áreas do conhecimento. Neste sentido, Bassanezi afirma que:

As ciências biológicas, apoiadas inicialmente nos paradigmas da Física e nas analogias consequentes, foram ficando cada vez mais matematizadas. Nesta área a matemática tem servido de base para modelar, por exemplo, os mecanismos que controlam a dinâmica de populações, a epidemiologia, a ecologia, a neurologia, a genética e os processos fisiológicos (2002, p.19).

Além disso, buscando mostrar o valor da Biomatemática, Bassanezi conclui que “a Biomatemática procura analisar a estrutura do sistema de maneira global, tentando preservar as características biológicas essenciais” (2002, p.23). Também, de acordo com Bassanezi:

A complexidade dos fenômenos biológicos que poderia ser a causa do desinteresse de matematização desta ciência, ao contrário, tem cada vez mais adeptos, mesmo porque a Biomatemática se tornou uma fonte fértil para o desenvolvimento da própria Matemática (2002, p.34).

Jonei Barbosa, na perspectiva de que “as atividades de modelagem podem contribuir para desafiar a ideologia da certeza e colocar lentes críticas sobre as aplicações da Matemática” (BARBOSA, 2004, p.2), acredita que:

Modelagem pode potencializar a intervenção das pessoas nos debates e nas tomadas de decisões sociais que envolvem aplicações da matemática, o que me parece ser uma contribuição para alargar as possibilidades de construção e consolidação de sociedades democráticas (BARBOSA, 2004, p.2).

De fato, essa ideia vem ao encontro com o que diz a BNCC (2018), pois é função da escola formar cidadãos críticos e reflexivos, com autonomia para tomar decisões, serem proativos para identificar os dados de uma situação e buscar soluções. Em sua primeira competência de Matemática para o Ensino Médio, a BNCC regulamenta que a formação dos estudantes deve prepará-los para:

Utilizar estratégias, conceitos e procedimentos matemáticos para interpretar situações em diversos contextos, sejam atividades cotidianas, sejam fatos das Ciências da Natureza e Humanas, ou ainda questões econômicas ou tecnológicas, divulgados por diferentes meios, de modo a consolidar uma formação científica geral (BRASIL, 2018, p.525).

Considerando os aspectos anteriores, a modelagem matemática é uma forma de trabalho interdisciplinar.

Neste trabalho, destacam-se treze problemas biológicos que podem motivar os professores a seguir esse caminho do interdisciplinar, fazendo uso da Biologia e da Matemática como parceiras, pois juntas essas disciplinas são capazes de resolver diversos problemas da realidade que fazem parte da vida dos alunos e professores, direta ou indiretamente.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nesta seção, serão citados e comentados trabalhos científicos entre eles artigos, livros e dissertações, que apresentam em sua composição aspectos em comum com o tema modelagem e interdisciplinaridade. Na busca dessas publicações, consultou-se a base de dados da CAPES, a plataforma Scielo, site de revistas como a Bolema e Revemat, além do repositório de algumas universidades. Os filtros para a consulta foram: “Biologia e Matemática”, e “interdisciplinaridade entre Biologia e Matemática”. A busca ocorreu em dois períodos, em Agosto de 2020 no processo de escrita do projeto da dissertação, e em Abril de 2021 no período de escrita do presente capítulo. Foram considerados todos os trabalhos encontrados, independente do ano de publicação. No total foram encontrados 11 trabalhos os quais seguem descritos na sequência.

Em seu artigo denominado “Biologia e matemática dialogando no ensino médio?”, Silva Júnior e Gazire (2009) buscam aspectos em que ocorre a articulação entre Biologia e Matemática, e em que medida essas relações contribuem para o ensino dessas disciplinas. Sendo assim, os autores colocam que:

Biologia e matemática situam-se em diferentes campos de estudo separados pela evolução do conhecimento científico, mas guardam entre si possibilidades de se articular. (...) A biologia e a matemática têm formas de tratar questões da própria área e a relação entre elas se dá, a princípio, pela segunda servir de apoio à primeira na interpretação e na representação dos resultados. As duas disciplinas aproximam-se na elaboração de modelos, o que pode favorecer a articulação de saberes no tratamento de temas momentaneamente comuns a elas (p. 19).

Ou seja, a relação entre essas disciplinas se dá pela Matemática estar presente na Biologia, podendo ser utilizada para descrever fenômenos biológicos e até mesmo resolver problemas de Biologia. O objetivo de relacionar essas duas disciplinas é tentar facilitar a compreensão e a descrição dos fenômenos. Para Silva Júnior e Gazire (2009, p.22) “Essa relação é complexa e a articulação entre as duas disciplinas não ocorre apenas para encadear conteúdos ou associar significados, mas também visa compartilhar e enriquecer o ensino de saberes de dois campos científicos”.

Silva Júnior e Gazire (2009) deixam como contribuição uma tabela que relaciona temas da Biologia com temas da Matemática, e afirma que é positiva para o ensino de

Biologia e de Matemática a relação entre essas duas disciplinas, exemplificando a articulação entre elas na descrição de um fenômeno biológico.

Em sua famosa obra “Equações Diferenciais com Aplicações” de 1988, Rodney Carlos Bassanezi e Wilson Castro Ferreira Jr. discorrem sobre modelos matemáticos e equações diferenciais. No que se refere à modelo matemático os autores afirmam que:

A obtenção do modelo matemático pressupõe, por assim dizer, a existência de um dicionário que interpreta sem ambiguidades os símbolos e operações de uma teoria matemática em termos de linguagem utilizada na descrição do problema estudado, e vice-versa. Com isto transpõe-se o problema para a matemática onde será tratado pelas teorias e técnicas próprias desta Ciência; pela mesma via de interpretação, no sentido contrário, obtém-se o resultado dos estudos na linguagem original do problema (1988, p. 4).

Ainda, Bassanezi e Ferreira Jr. (1988) colocam que, o objetivo de todo matemático aplicado que estuda um problema é de construir um modelo dentro de uma teoria Matemática já desenvolvida e amplamente estudada, que facilite a obtenção de resultados. Afinal, a sua missão deve ser resolver o problema em questão da maneira mais simples possível, e não complicá-lo desnecessariamente.

Além dos conteúdos de equações diferenciais, no decorrer deste livro os autores apresentam modelos matemáticos que modelam e resolvem problemas de outras áreas de ensino, inclusive Biologia, em exemplos de situações aplicáveis.

Em sua dissertação de mestrado intitulada “Modelagem matemática a partir do desenvolvimento de experimentos práticos para o estudo de funções”, Patricia Presotto Rodrigues Marques (2019) desenvolve sua pesquisa através da aplicação de uma proposta de modelagem matemática para o estudo de funções a partir de dois experimentos relacionados a problemas habitualmente discutidos nas disciplinas de Física e Química, seu campo de aplicação da proposta foram turmas do 1º ano do Ensino Médio. Embora esta pesquisa não trate de Biologia e Matemática, destaca-se por ser uma pesquisa que envolve Modelagem Matemática e Interdisciplinaridade, desenvolvida por uma pesquisadora deste programa de Mestrado Profissional, neste mesmo pólo.

Nos aspectos que evidenciam contribuições da modelagem matemática e da interdisciplinaridade na aprendizagem, Marques conclui a respeito dos alunos alvo da pesquisa que:

Quando questionados sobre a importância de relacionar os conteúdos matemáticos trabalhados em sala de aula com o dia a dia, 96,5 % dos alunos do Ensino Médio, que participaram desta pesquisa, destacaram que é importante que ocorra essa relação, pois, segundo eles, quando essa relação ocorre, fica mais fácil entender o conteúdo, estimula-se o raciocínio lógico, e a compreensão da disciplina se torna mais simples (MARQUES, P., 2019, p. 54).

Também, Marques (P., 2019, p. 67) diz que “Durante a análise, foram identificados elementos que sugerem que o uso da metodologia da modelagem matemática contribuiu com a aprendizagem dos alunos”. E nas considerações finais, Marques (P., 2019) destaca o potencial de trabalhos interdisciplinares em projetos de modelagem matemática, mesmo não tendo explorado com muita profundidade em seu trabalho as questões interdisciplinares que modelos matemáticos podem proporcionar, afirma que “quando se desenvolve um trabalho interdisciplinar, as disciplinas deixam de ser tratadas de forma isolada, sendo que os conteúdos das diversas disciplinas do currículo escolar acabam ligando-se um ao outro” (p. 68).

Com o objetivo de identificar e explorar relações entre Biologia e Matemática existentes no tema leishmaniose, Strohschoen, Reis e Quartieri (2016) desenvolveram um estudo de caso com alunos do 2º Ano do Ensino Médio. Para isso, tomando como recurso metodológico a modelagem matemática, os autores desenvolveram atividades pedagógicas para contribuir para a aprendizagem dos alunos no estudo da leishmaniose.

Segundo os autores, não há dúvida da necessidade de mostrar para o aluno que a Matemática que é aprendida na escola é a mesma Matemática do dia a dia, que utilizamos a todo o momento em situações reais. Assim, “entende-se que a modelagem seja uma possibilidade de fazer com que o aluno se conscientize disto” (STROHSCHOEN; REIS; QUARTIERI, 2016, p.180).

O estudo sobre a ocorrência da leishmaniose se limitou ao município onde a pesquisa foi desenvolvida. Os alunos levantaram as informações por meio de uma conversa com agentes do Setor de Zoonoses da Secretaria Municipal de Saúde do município, e a partir desses dados as atividades foram desenvolvidas.

De acordo com Strohschoen, Reis e Quartieri, após observar o comportamento da turma, “fica a ideia de que os alunos buscam dinamismo nas aulas e que quando o assunto é do interesse deles, criam expectativas para as atividades futuras” (2016, p.184). E, além disso,

acreditam que “quando o docente deixa de ocupar um lugar de mero transmissor de conhecimentos para ocupar o lugar de quem promove a construção do saber houve mudança na compreensão do papel do ser professor” (2016, p.190).

Após o desenvolvimento das atividades, Strohschoen, Reis e Quartieri afirmam que “os alunos estabeleceram relações entre a Biologia e a Matemática” (2016, p.190). Também inferem que:

a utilização da Modelagem Matemática nos processos de ensino e de aprendizagem acerca da Leishmaniose no Ensino Médio possibilita o estabelecimento de uma relação relevante entre Biologia e Matemática. Que esta relação tem implicações importantes como: trabalhar com tema de importância para os alunos; relacionar o tema com o cotidiano do aluno; ter participação ativa dos alunos; fazer utilização de conhecimentos matemáticos; refletir a prática docente; motivar-se e motivar os alunos. (STROHSCHOEN; REIS; QUARTIERI, 2016, p.191).

Nota-se a partir disso, que os resultados desta pesquisa de Strohschoen, Reis e Quartieri (2016) a respeito da leishmaniose foram positivos, e que enriqueceu o trabalho do professor e o conhecimento dos alunos.

Tendo consciência de que a interdisciplinaridade possibilita uma reflexão aprofundada, crítica e benéfica para o processo de ensino e aprendizagem. E que o tópico herança biológica faz parte dos conteúdos estudados na disciplina de Biologia, mas que, seu estudo requer o auxílio de vários conceitos de Matemática, Carneiro e Silva (2017) desenvolveram uma pesquisa com professores de Matemática e Biologia, que buscou responder as seguintes questões: “a interdisciplinaridade está sendo utilizada de forma sistemática no estudo da hereditariedade nas escolas públicas da rede estadual do município de Senhor do Bonfim? Quais são as dificuldades encontradas pelos docentes para a efetivação dessa prática?” (CARNEIRO; SILVA, 2017, p.33). A coleta de dados se deu por um questionário, e o modelo da pesquisa foi do tipo pesquisa-ação.

Nos resultados que seguem da pesquisa, os autores afirmam que a interdisciplinaridade depende basicamente de uma atitude “nela a colaboração entre as disciplinas conduz a uma interação, a uma reunião de ideias individuais em que se tenta captar uma ideia geral de um ponto de vista global ao tema em estudo” (CARNEIRO; SILVA, 2017, p. 37). Sendo assim, para a efetivação da interdisciplinaridade é fundamental que existam momentos de diálogo entre os profissionais das diferentes áreas, possibilitando o planejamento das atividades inerentes ao trabalho pedagógico (CARNEIRO; SILVA, 2017).

Como resposta aos questionamentos feitos ao grupo de professores, Carneiro e Silva (2017) concluem que a maioria dos professores não adotam procedimentos interdisciplinares no estudo da hereditariedade. E que as principais dificuldades apontadas pelos docentes para a realização de atividades interdisciplinares entre Biologia e Matemática foram:

falta de tempo disponível para planejar e executar as atividades; ausência de referências teóricas sobre o tema interdisciplinaridade para auxiliar o planejamento; desconhecimento de exemplos práticos de como fazer atividades interdisciplinares; escassez de recursos; deficiência na formação e falta de interação com os professores de outras áreas. Sendo esta última a mais abordada (CARNEIRO; SILVA, 2017, p.39).

Os resultados também mostraram dificuldades nas resoluções de problemas no contexto da herança biológica, tanto por parte dos professores de Biologia quanto de Matemática. Estas dificuldades encontradas pelos professores pressupõem uma prática pedagógica isolada das ideias e conceitos de outras disciplinas, que resulta num ensino fragmentado dos conceitos relacionados à hereditariedade (CARNEIRO; SILVA, 2017).

Em sua dissertação de mestrado, Miranda (2007) desenvolveu uma pesquisa com a finalidade analisar as concepções de interdisciplinaridade presentes nos discursos e nas práticas de professores ao longo da construção de um projeto interdisciplinar em uma escola pública de Ensino Médio. A meta do projeto foi contribuir para que o grupo de professores participante do estudo superasse a visão simplista, mecânica e descontextualizada das disciplinas.

Os professores que participaram da pesquisa de Miranda (2007) foram consultados ao início do projeto sobre suas concepções de interdisciplinaridade, e em seus discursos demonstraram dificuldade em entender o significado da palavra interdisciplinaridade. Também segundo Miranda “Na opinião dos professores, ela parece estar restrita apenas às chamadas “áreas afins”, sendo exercida apenas por professores “muito criativos”, como os de Ciências e Matemática” (2007, p.69).

Entretanto, no decorrer do projeto, Miranda (2007) afirma que foi possível notar que as práticas e os discursos dos professores foram mudando, e que a insegurança e medos iniciais se transformaram em entusiasmo e em uma visão compartilhada de dificuldades e acertos. Além disso, Miranda salienta que “a medida que os resultados positivos com os

alunos foram surgindo, a engajamento no grupo também foi aumentando” e acrescenta “com o decorrer do trabalho, o grupo foi sentindo que interdisciplinaridade é uma *atitude*, não um *conceito*” (2007, p.77).

Carlos, Sierra e Souza (2010) propuseram em seu artigo “El crecimiento poblacional: una propuesta pedagógica para abordar Biología, Matemáticas y TICS”, uma atividade pedagógica interdisciplinar explorando o tema: Crescimento populacional de Sagüis da espécie *Callithrix Jacchus*, desenvolvendo nesta atividade análise dos modelos de Malthus, Verhulst, e algumas questões ambientais e conceitos de ecologia relacionados ao assunto.

Nesta atividade interdisciplinar proposta por Carlos, Sierra e Souza (2010), eles sugerem que o professor inicie a atividade levando os alunos para visitarem o habitat natural onde vive uma população da espécie em investigação, neste caso uma população de Sagüis. A finalidade foi de obter dados suficientes para discutir como os modelos de crescimento de Malthus e Verhulst-Pearl poderiam ser aplicados para simular o crescimento populacional desta espécie. Depois deste trabalho em campo, a sugestão é de que a atividade prossiga em sala de aula, com a formulação de problemas, elaboração de modelos, utilização do Software Geogebra para a análise das funções, e reflexões relevantes sobre o tema, como, por exemplo, discutir a importância do estudo do crescimento populacional nas ações de preservação de espécies e políticas de desenvolvimento humano (CARLOS; SIERRA; SOUZA, 2010).

Bridi et al. (2010) em seu artigo “El uso de actividad de laboratorio de biología para la enseñanza de matemática en los años iniciales: una estrategia interdisciplinaria de enseñanza y aprendizaje” descreve a aplicação de uma proposta metodológica que articula Biologia e Matemática em duas turmas do 4º ano do Ensino Fundamental. As atividades foram práticas no laboratório de Ciências, utilizando o protocolo descrito por Babich et al. (1997) para analisar a cebola através do teste *Allium Cepa*, que é um bioindicador de citotoxicidade e genotoxicidade. Os dados obtidos neste experimento foram utilizados para o estudo de frações, medidas e gráficos.

Antes da realização dos experimentos, foi aplicado um questionário (pré-teste) para os alunos responderem com base no seu conhecimento prévio sobre frações e gráficos. Depois, com a realização dos experimentos os alunos coletaram os dados, realizaram as atividades propostas e ao final das atividades receberam o mesmo questionário que lhes foi dado inicialmente (pós-teste), mas agora eles tinham o conhecimento da prática para ajudá-los a responder (BRIDI et al., 2010).

As respostas do pós-teste indicaram melhora no conhecimento dos estudantes, pois o número de acertos cresceu consideravelmente. Além disso, os autores destacam que a atividade em laboratório despertou muito o interesse dos alunos, e recomendam o uso do teste *Allium cepa* como uma ferramenta para o ensino de Matemática nos anos iniciais (BRIDI et al., 2010).

Pereira et al. (2011) desenvolveram uma pesquisa que buscou identificar nas questões de Biologia das provas do ENEM de 1998 a 2009, conceitos de Biologia que se articulam a conceitos matemáticos, sendo necessária a compreensão de ambos para a resolução das questões. Neste sentido, estão presentes aspectos interdisciplinares e contextualizados da Matemática com a Biologia no Ensino Médio.

Para isso, foram analisadas 12 provas do ENEM identificando as questões com articulação entre Biologia e Matemática, organizando os dados obtidos em gráficos e tabelas. Com base na análise feita sob os resultados das questões, os autores colocam:

Esta pesquisa nos apresentou que os conceitos da Matemática que são colocados com maior frequência nas avaliações são: leitura e interpretação de tabelas e gráficos, porcentagem, razão e proporção. Nesta perspectiva, parece-nos claro que a comunicação entre professores de Biologia e de Matemática seria um excelente passo para uma melhor compreensão dos processos biológicos e, conseqüentemente, um melhor aproveitamento dos estudantes (PEREIRA et al. 2011,p.5).

Além disso, no decorrer da pesquisa identificaram-se várias questões de Matemática que apresentavam contexto de Biologia, mesmo que a aplicação de conceitos matemáticos seria o suficiente para resolvê-las, o contexto apresentado leva os estudantes a relembrar conceitos biológicos (PEREIRA et al. 2011).

Também concluem que:

Em 10 anos de ENEM (1998 a 2009), 33,33% das questões utilizadas foram de Biologia, o que corresponde a 210 questões. Dentre estas, 49 (23,33%) fazem interface com a matemática e, destas, 32 (65,31%) utilizam apenas gráficos e/ou tabelas para serem resolvidas (PEREIRA et al. 2011, p.7).

Com base nestas informações, Pereira et al. (2011) concluem que a comunicação entre professores de Biologia e Matemática seria um excelente passo para melhor compreensão dos processos biológicos e, conseqüentemente, um melhor aproveitamento dos estudantes.

Rizzon, Marchioro e Giovannini (2019) elaboraram e aplicaram uma proposta de ensino, por eles denominada Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) sobre trigonometria direcionada ao nono ano do Ensino Fundamental, relacionando assuntos da atualidade com o cotidiano da sala de aula. Nesta proposta, fundamentada na Teoria de Aprendizagem Significativa, são envolvidas as disciplinas de Matemática, Biologia, Geografia e Língua portuguesa, sendo, portanto, uma proposta interdisciplinar.

Em Rizzon, Marchioro e Giovannini (2019), podemos destacar que a parte que envolve Matemática apresenta situação problema de como medir alturas inacessíveis, a História da Matemática e a origem do teodolito. E de Biologia foi responder o problema: A diversidade e a origem das árvores podem ser fatores que colaboram para a queda de árvores?.

Após desenvolver a proposta de ensino, Rizzon, Marchioro e Giovannini concluem que:

Os principais benefícios da utilização de estratégias pedagógicas que envolvem ações interdisciplinares e UEPS são: o engajamento dos alunos como agentes responsáveis pela construção do próprio conhecimento, aprendizagem significativa e duradoura além da relação das atividades entre diferentes conteúdos e disciplina (2019, p.6).

Para Rizzon, Marchioro e Giovannini (2019), a Unidade Potencialmente Significativa elaborada por eles só seria validada caso houvesse indícios de aprendizagem significativa, que ao final do processo, conforme citação acima, os autores afirmam que aconteceu.

Em seu artigo “Uma introdução à biomatemática: a importância da transdisciplinaridade entre Biologia e Matemática”, Sampaio e Silva (2012) reconhecem que não é comum ver biólogos utilizando números e fazendo cálculos, nem matemáticos que passam horas admirando a natureza, e que a distância entre essas disciplinas até existe, mas estão longe de ser distintas. Sampaio e Silva (2012, p.3) afirmam que “um número cada vez maior de perguntas do mundo biológico está encontrando respostas no universo matemático”, e acrescentam que “a Matemática tem sido indispensável para o desenvolvimento da Biologia em muitos de seus campos, incluindo a medicina, bioquímica, pecuária, farmácia, química orgânica, ecologia, zoologia, entre outros” (2012, p.3).

De acordo com Sampaio e Silva (2012, p.4) “Biomatemática é a utilização de modelos matemáticos no estudo de problemas biológicos, bem como métodos matemáticos inspirados em processos biológicos”. Ou seja, é uma disciplina que combina os usos simultâneos das ciências biológicas e da Matemática.

No decorrer do artigo, os autores apresentam uma tabela construída por eles que mostra exemplos de como a Matemática vem se originando na Biologia e vice-versa. E a partir disso afirmam:

Vendo como vários matemáticos criaram conceitos e ferramentas importantes para o desenvolvimento da Biologia nota-se a importância de se fazer a intersecção dessas duas disciplinas desde o ensino básico para que além de saber onde usar os conceitos matemáticos em ciências biológicas os alunos saibam o porquê e tenham conhecimento crítico das aplicações Matemáticas.

[...] Esta integralização de disciplinas é fundamental para o desenvolvimento cognitivo dos discentes, fazer relação com outras ciências e com o cotidiano chama a atenção deles, traz interesse e, com o ENEM (Exame Nacional do Ensino Médio) como principal porta de entrada para o ensino superior, torna-os mais aptos a passar num vestibular (SAMPAIO; SILVA, 2012, p.6).

Além dessas contribuições, os autores apresentam conteúdos matemáticos que podem ser trabalhados a partir da Biologia no Ensino Médio, como função exponencial ligada ao crescimento de determinados seres vivos microscópicos, equações e sistemas lineares associados a quantidade de um remédio que um paciente tem que tomar, sendo que há relação entre dosagem do medicamento e peso, a sequência de Fibonacci presente na quantidade de pétalas de alguns tipos de flores, etc.

No que se refere aos benefícios do estudo integrado de Matemática com Biologia, Sampaio e Silva (2012) colocam que a interdisciplinaridade é um dos grandes desafios, mas que ensinar Matemática mostrando suas aplicações no cotidiano e em outras áreas do conhecimento, permite ao aluno fazer conexões entre as matérias, possibilitando uma maior reprodução e produção de conhecimento.

O foco desta dissertação está na proposta de problemas biológicos cuja solução usa-se a Matemática para alcançá-la, e leva em consideração a relevância e eficiência que a modelagem matemática tem apresentado, para a interdisciplinaridade. Essas relações ocorrerem através da apresentação de treze problemas biológicos que envolvem Matemática básica. Cinco destes problemas foram escolhidos para que um grupo de 20 professores de Matemática manifestassem sua opinião a respeito dos problemas, comentando a viabilidade

de aplicá-los em suas aulas de modo interdisciplinar. Os treze problemas com sugestões de questões e reflexões ficarão no corpo desta dissertação a disposição dos interessados em buscar problemas que relacionam o conhecimento biológico e o matemático.

4 PROBLEMAS BIOLÓGICOS

Neste capítulo estão os 13 problemas biológicos elaborados, com a descrição do fenômeno biológico presente e também de algumas situações matemáticas e reflexões que podem ser trabalhadas a partir da situação exposta. Esses problemas são resultados de muito diálogo entre as pesquisadoras, que definiram primeiramente os temas de cada problema, e em seguida desenvolveram cada situação, buscando informações em livros, artigos, sites e profissionais da área de biologia de contato pessoal.

Para a consulta ao grupo de professores, fazer a análise de 13 problemas tornaria a pesquisa extremamente longa e desgastante a todos os envolvidos. Sendo assim, levando em consideração a importância ambiental, sanitária, ou por envolverem reflexões curiosas e interessantes, foram escolhidos apenas 5 desses problemas: Covid-19; Decomposição do Lixo; Crescimento de Peixes; Métodos de determinação do crescimento microbiano e Cruzamento Genético.

As descrições dos problemas seguem abaixo, sendo os 5 primeiros os problemas elencados para a pesquisa com professores.

4.1 COVID-19

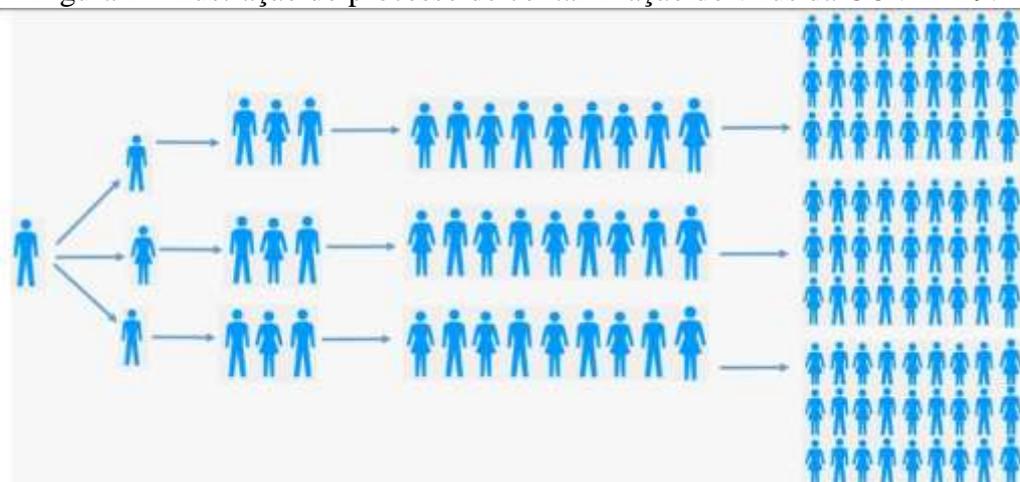
A COVID-19 é uma doença causada pelo coronavírus, com alta taxa de contágio. Os coronavírus (CoVs) são vírus esféricos, com diâmetro entre 60 a 140 nanômetros (nm), apresentando na superfície partículas com picos distintos de 9 a 12 nm; isso dá aos vírions a aparência de uma coroa solar (GALVÃO; SILVA, 2020).

A origem certa da doença ainda está sob investigação, porém estudiosos já afirmaram que o vírus teve origem natural, sendo extremamente parecido (96% de semelhança) com outro coronavírus isolado de um morcego da espécie *Rhinolophus affinis*. Entretanto, é muito provável que a transmissão para humanos não se fez diretamente de morcegos, mas sim por espécies intermediárias que têm muitas interações (em número) com humanos. Alguns estudos sugerem que espécies diferentes de vírus recombinaram-se nos hospedeiros intermediários, dando origem às novas formas patogênicas. De toda forma, a caça e o consumo de animais silvestres está quase certamente na origem destas doenças (PINTO, 2020).

Desde 2020 o mundo enfrenta uma pandemia de COVID-19, causada pelo SARS-CoV-2. O vírus apresenta um período de incubação assintomático que pode variar de 2 a 14 dias. Durante esse período, ocorre a produção de partículas virais que podem facilmente ser transmitidas para um novo hospedeiro suscetível. Estima-se que cada indivíduo infectado tenha potencial de disseminar a doença para mais duas ou três pessoas, além disso, cerca de 80% dos casos de infecção por SARS-CoV-2 são assintomáticos (PESSOA, 2020).

O número de vítimas é altíssimo. Existe vacina, entretanto o processo de imunização está muito lento. Suponha que não há políticas de contenção para o avanço da doença e que 1 pessoa contamina 3 pessoas em 1 dia. Veja na ilustração:

Figura 1 – Ilustração do processo de contaminação do vírus da COVID-19.



Fonte: Internet (Canal Deutsche Welle, Alemanha) (s.d)

Com base nisso, conseguimos montar a seguinte tabela de contaminação:

Tabela 1 – Número de contaminados por Covid-19 em função do tempo

Período (em dias)	Número de novos contaminados	Total de pessoas que já foram contaminadas
0	1	1
1	3	4
2	9	13
3	27	40
4	81	121
5	243	364
...

Fonte: As autoras

É possível observar que o número de infectados cresce muito rápido, e que em pouco tempo toda a população do planeta será contaminada caso não houver algo que impeça esta disseminação.

O número de novos contaminados por dia pode ser representado pela função exponencial:

$$f(t) = 3^t, \text{ com } t \in \mathbb{N}.$$

Veja a Tabela 2:

Tabela 2 - Número de contaminados por Covid-19 em função do tempo $f(t)$

Período (t)	Novos contaminados = $f(t)$	Total de pessoas que já foram contaminadas
t = 0	$f(0) = 3^0 = 1$	1
t = 1	$f(1) = 3^1 = 3$	4
t = 2	$f(2) = 3^2 = 9$	13
t = 3	$f(3) = 3^3 = 27$	40
t = 4	$f(4) = 3^4 = 81$	121
...

Fonte: As autoras

O mecanismo de transmissão de pessoa para pessoa através de gotículas e fômites tornou-se o principal modo de difusão do vírus. Na transmissão por gotículas, o vírus é liberado nas secreções respiratórias quando uma pessoa infectada tosse, espirra ou fala. Essas gotículas podem infectar outras pessoas se fizerem contato direto com as membranas mucosas. A infecção também pode ocorrer tocando uma superfície contaminada e em seguida os olhos, nariz ou boca. Gotículas normalmente não viajam mais de dois metros e não permanecem suspensas no ar. Entretanto, os aerossóis, que são partículas muito pequenas, podem chegar até 30 metros de distância. Acredita-se que os pacientes são mais contagiosos quando estão sintomáticos (GALVÃO, 2020).

Entre estratégias de prevenção a doenças infecciosas como a COVID-19, a higiene das mãos com água corrente e sabão ou mesmo o uso de preparações alcoólicas a 70% ajudam a quebrar a cadeia de transmissão do vírus.

Atividades sugeridas:

1. Quais outros métodos podem ser adotados como estratégias de prevenção e/ou contaminação?

Respostas esperadas: Cobrir a boca e o nariz ao tossir ou espirar. Utilizar máscara. Promover limpeza de todos os objetos e alimentos oriundos de fora de casa, bem como de aparelhos eletrônicos como o celular. Evitar contato físico como abraços, aperto de mão, beijos, e qualquer tipo de aglomerações. As respostas que não aparecerem, o professor pode complementar citando-as.

2. Seguindo as informações da tabela, qual o número de pessoas que serão contaminadas no dia 8? E no dia 10?

3. Considerando a situação problema citada acima, em quanto tempo uma cidade com 90.000 habitantes seria totalmente contaminada?

4. Faça um gráfico que representa a curva de crescimento dos infectados.

5. Em determinada população, 150 pessoas apresentaram sintomas de Covid-19 e foram devidamente isoladas e tratadas. Esse número representa a realidade de pessoas infectadas na população? Por quê?

6. A ingestão de animais silvestres oferece riscos à saúde humana? Justifique.

7. A regulamentação e fiscalização rígidas na área ambiental e sanitária pode ser uma barreira para a transmissão de novas zoonoses (doenças transmitidas de animais para humanos)? Por quê?

Reflexão: Com base na análise dos números, podemos concluir que, em poucas semanas toda a população do planeta será contaminada, pois o crescimento é exponencial. A intervenção do Estado no controle da disseminação da doença é de extrema importância, pois medidas de controle são necessárias em situações onde não há vacina.

Sugestão: O professor pode buscar parceria com um professor de Biologia para explicar a parte complexa da composição genética do vírus, a sequência genômica e o processo de mutação.

Observação: Conteúdos envolvidos e potencialmente explorados:

Matemática: Interpretação de tabela, Construção de gráfico com os dados da tabela, com posterior análise do comportamento do gráfico. Identificar o tipo da função que está expressa no gráfico. Determinação da função exponencial através da análise dos dados da tabela e do gráfico. Valor da função em determinado ponto. Progressão Geométrica. Potenciação.

Biologia: Proliferação de vírus. Importância da higiene das mãos e dos cuidados para a contenção do vírus.

4.2 DECOMPOSIÇÃO DO LIXO

O problema do lixo produzido pela população é um dos maiores problemas ambientais da atualidade. Cada brasileiro produz em média 1,1kg de lixo por dia e apenas 60% desta quantidade vai para o destino correto. Basta multiplicar a quantidade de lixo produzido por dia por pessoa por 211,8 milhões de habitantes ($211,8 \cdot 10^6$) para se dar conta que a quantidade de lixo produzida por dia é assustadora.

Atividades sugeridas:

1. Quantos quilogramas de lixo são produzidos no Brasil por dia?
2. Quantos quilogramas do lixo produzido por dia no Brasil vão para o destino correto?
3. Em uma semana, quantos quilogramas de lixo é acumulado no Brasil? E em 1 mês? E em 1 ano?
4. Construa uma tabela que relacione a quantidade de lixo produzido com o número de pessoas.
5. Escreva uma função que representa a quantidade de lixo produzido em função do número de pessoas.

Sugestão de pesquisa: Na sua cidade, quantos quilogramas de lixo são produzidos por dia?

Comentário: Esse questionamento pode ser respondido encontrando uma fonte que diga quantos quilogramas de lixo a cidade em que os alunos moram produz por dia, ou através do número de habitantes da cidade multiplicado pela média de produção diária de lixo por pessoa no Brasil.

Veja abaixo uma tabela com alguns itens e o tempo de decomposição de cada um:

Tabela 3 – Tempo estimado de decomposição do lixo

Item	Tempo estimado de decomposição
Lixo orgânico	1 a 6 meses
Papel	3 a 6 meses
Tecido	6 meses a 1 ano
Plástico	400 anos
Fralda descartável	450 anos
Madeira pintada	13 anos
Lata de alumínio	200 a 500 anos

Chiclete	5 anos
Nylon	30 anos
Fósforos e pontas de cigarro	2 anos
Isopor	400 anos
Vidro	1.000.000 de anos

Fonte: As autoras

Reflexão: Pela quantidade de lixo presente nos lixões, e pelos dados apresentados nesta aula, podemos concluir que a velocidade de decomposição do lixo é muito menor do que a velocidade com que produzimos lixo. Perceba aqui a importância da reciclagem, pois esses materiais exceto o papel, demoram centenas de anos para se decompor, no caso do vidro, milhares de anos. Nós não vivemos no planeta tanto quanto o lixo que produzimos demora para se decompor.

Observação: Conteúdos envolvidos e potencialmente explorados:

Matemática: Porcentagem. Notação científica. Conversão de unidades grama/quilograma. Operações básicas. Construção de tabela e gráfico. Determinação de função. Função linear.

Biologia: Ecologia. Preservação do meio ambiente (importância da reciclagem do lixo). Conhecimentos geográficos também podem ser abordados com esse conteúdo.

4.3 CRESCIMENTO DE PEIXES (TILÁPIA)

A tilápia do Vale do Nilo é um peixe originário da Costa do Marfim (África) tendo sido introduzido no Brasil, em 1971 na região Nordeste, pelo Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS). Os machos característicos dessa espécie crescem muito mais rapidamente que as fêmeas. Esse peixe tem provado a sua eficiência no Quênia (África) no combate à malária ao se alimentar das larvas do mosquito conseguindo assim reduzir em até 94% a quantidade de insetos transmissores da doença (ARAÚJO; MÁRQUEZ, 2008).

Dentre as atividades agropecuárias do Brasil, a produção de pescados obteve o maior crescimento nacional entre 2004 e 2014, sendo 53% de tilápicultura (criação de tilápias). Além disso, a produção de tilápias movimentou cerca de R\$ 4 bilhões/ano e gera 1 milhão de empregos diretos e indiretos (MATOS; MATOS, 2018).

Atualmente no Oeste Catarinense existe um projeto pioneiro de produção de tilápias em TR (tanques-rede) desenvolvido pela Epagri (Empresa de Pesquisa Agropecuária e

Extensão Rural de Santa Catarina), no lago da usina hidrelétrica de Itá, pertencente ao município de Concórdia, onde os resultados apontam que a água desta hidrelétrica está em perfeitas condições para a produção de peixes em TR durante todos os meses do ano, sendo uma ótima oportunidade de investimento para muitas famílias que habitam as margens do lago da hidrelétrica (MATOS; MATOS, 2018).

O crescimento de peixes pode ser modelado e representado matematicamente, pois a taxa de variação do peso é proporcional à área da superfície fisiológica (anabolismo) e a perda de massa (catabolismo) do indivíduo da espécie. A função que representa o peso do peixe em função do tempo é dada por:

$$P(t) = P_{\infty} (1 + Be^{-k.t})^3, \text{ com } t \in \mathbb{N}.$$

Sendo:

$P(t)$ = Peso do peixe em função do tempo t .

P_0 = Peso inicial do peixe.

α = constante de anabolismo (taxa de síntese de massa por unidade de área).

β = constante de catabolismo (taxa de decaimento de massa por unidade de massa).

$P_{\infty} = \left(\frac{\alpha}{\beta}\right)^3$, peso do peixe quando o tempo tende a infinito, ou seja, é o peso máximo que o animal pode atingir.

$$B = \left(\left(\frac{P_0}{P_{\infty}} \right)^3 - 1 \right)$$

$k = \frac{\beta}{3}$, é a taxa de maturidade, ou seja, é a relação entre a taxa de crescimento relativa e o peso adulto do animal.

De acordo com a pesquisa de Araújo e Márquez (2008) com tilápias macho albinos do vale do Nilo, o valor das constantes α (constante de anabolismo) e β (constante de catabolismo) são 4,723 e 0,483 respectivamente. O valor dessas constantes pode variar de acordo com a forma de manejo do animal.

Atividades sugeridas:

1. Qual o valor de P_{∞} ?
2. Qual a taxa de maturidade?

3. Se o peso inicial de uma tilápia é 26g, qual o peso dessa tilápia depois de 3 meses? E depois de 6 meses?
4. Construa uma tabela relacionando o peso da tilápia em gramas com o tempo em meses.

Reflexão: Plotando o gráfico que representa o crescimento da tilápia, é possível observar na curva do gráfico, que o crescimento dos peixes em determinado período de tempo é rápido, e que depois de certo período o crescimento estabiliza. O que essa estabilização da curva significa fisicamente no peixe? E financeiramente para o criador? Ora, que o peixe está próximo do seu peso máximo, e que quando a curva estabiliza está na hora de abater o animal. Saber o ponto ideal de abate da tilápia aperfeiçoa os ganhos financeiros, e evita investimento de recursos e tempo que trarão poucos resultados.

Observação: Conteúdos envolvidos e potencialmente explorados:

Matemática: Função exponencial. Construção de tabela e gráfico. Conversão de unidades grama/quilograma. Potenciação. Noção intuitiva de limite.

Biologia: Crescimento de seres vivos.

4.4 MÉTODOS DE DETERMINAÇÃO DO CRESCIMENTO MICROBIANO

O leite é um alimento de elevado valor nutritivo, fonte de proteínas, lipídios, carboidratos, minerais e vitaminas, sendo assim um ótimo substrato para o crescimento de vários grupos de microrganismos, desejáveis e indesejáveis. Os microrganismos de maior importância são os que contaminam o leite durante e após a ordenha, deste modo é essencial a adoção de boas práticas de higiene e limpeza na ordenha, que também contribuirão para reduzir as infecções mamárias dos animais, logo, se obter um leite de maior qualidade microbiológica e físico-química (MENEZES, et al. 2014).

Uma maneira de monitorar a saúde do úbere e a qualidade do leite é avaliar a CCS (Contagem de Células Somáticas). A elevação da CCS no leite acima de 200.000 células/mL acarreta mudanças nos componentes principais, como gordura, proteína e lactose, além de minerais e enzimas. (MENEZES, et al. 2014).

Além da CCS, a contagem bacteriana total (CBT) é outra análise utilizada para verificar a qualidade do leite. Nessa análise é feita a contagem do número de colônias presentes em uma amostra de leite, através de diluições decimais seriadas. A unidade de

medida da CBT é UFC/ml, ou seja, unidades formadoras de colônias (UFC) por mililitro de leite (ml) (MENEZES, et al. 2014).

De acordo com a instrução normativa 76 do Ministério da Agricultura, “ o leite cru refrigerado de tanque individual ou de uso comunitário deve apresentar médias geométricas trimestrais de Contagem Padrão em Placas de no máximo 300.000 UFC/mL (trezentas mil unidades formadoras de colônia por mililitro) e de Contagem de Células Somáticas de no máximo 500.000 CS/mL (quinhentas mil células por mililitro)” (BRASIL, 2018).

Atividades sugeridas:

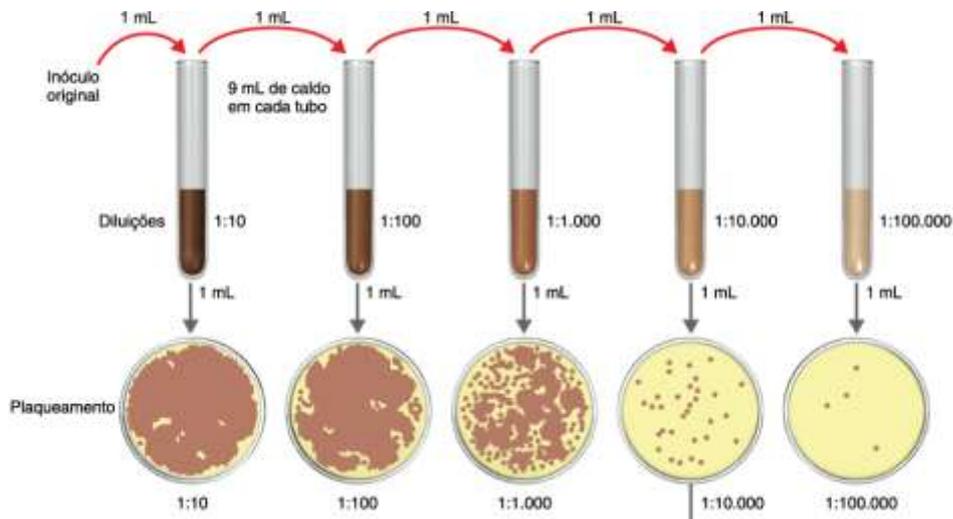
1. Realize uma pesquisa sobre Células Somáticas, e quais os fatores relacionados ao seu aumento quando presentes no leite.
2. A normativa 76 também regulamenta que as médias geométricas devem considerar as análises realizadas no período de três meses consecutivos e ininterruptos com no mínimo uma amostra mensal de cada tanque. Essa média geométrica dos três meses deve ser igual ou inferior a 300.000 UFC/mL, deste modo, um produtor que obteve 200.000 UFC/ml, 700.000 UFC/ml e 100.000UFC/ml está com a CBT dentro do que permite a legislação?
3. Quais as principais bactérias responsáveis pelo aumento da CBT?

Método de diluição seriada

O método de diluição seriada tem como objetivo diluir a amostra até que a mesma possa ser contada. Aplicada para contagem de micro-organismos de amostras em geral, incluindo amostras de alimentos. Geralmente é utilizada antes de ser aplicado algum método de isolamento de micro-organismo, como semeadura em superfície, em profundidade ou outros.

Por exemplo, para analisar a quantidade de bactérias presentes em uma amostra de leite, pode-se prosseguir do seguinte modo:

Figura 2 – Ilustração do método diluição seriada.



Fonte: TORTORA (2010)

O inóculo original em questão é o leite, para executar o método da diluição seriada basta tomar 1ml de leite e adicionar no primeiro tubo que contém 9ml de solução salina peptonada (caldo), assim como nos outros tubos. Entretanto, apenas o primeiro tubo recebe 1ml de leite puro, os outros tubos vão receber 1ml da mistura (leite e solução salina) que está no tubo anterior.

Deste modo, no primeiro tubo temos uma diluição de 1:10 da amostra de leite na solução salina, no segundo tubo a diluição aumenta para 1:100, no terceiro 1:1000 e assim por diante, até chegar em uma solução que aplicada na placa (método de isolamento de micro-organismo) resulte numa quantidade de colônias que seja possível de contar. Cada círculo na placa representa uma colônia de bactérias.

O cálculo do número de bactérias é simples, basta contar o número de colônias na placa, e multiplicar pelo índice de diluição da amostra. Por exemplo: se 32 colônias estão na placa de diluição 1:10.000, a contagem pode ser estimada em $32 \times 10.000 = 320.000$ bactérias/ml na amostra de leite, e neste caso a amostra estaria contaminada acima do que permite a NR 76.

Atividades sugeridas:

1. Qual seria a quantidade de bactérias numa amostra, cuja quinta diluição apresenta na placa 3 colônias de bactérias? Essa amostra estaria aprovada pela NR 76? Por quê?
2. Quantas diluições são necessárias para atingir a proporção de diluição 1: 1.000.000?

3. Quanto mais diluições forem necessárias para gerar uma quantidade de colônias passíveis de serem contadas, implica que a amostra possui um número baixo ou um número elevado de bactérias?

Reflexão: Para execução deste método de determinação do crescimento microbiano, além do conhecimento de microbiologia e análises laboratoriais, é necessário conhecimento de Matemática básica, como a noção de razão e proporção e operações básicas como adição e multiplicação. É possível perceber com base na resposta da questão número 3, que quanto mais diluições forem necessárias para gerar uma quantidade de colônias que podemos contar, mais contaminada está a amostra, pois o número de bactérias presente é maior.

Mais detalhes sobre o crescimento bacteriano estão no problema “Crescimento Bacteriano” desta dissertação.

Observação: Conteúdos envolvidos e potencialmente explorados:

Matemática: Razão e proporção. Operações básicas. Potências de base 10 e notação científica. Média Geométrica.

Biologia: Crescimento de bactérias. Contaminação de substâncias. Microbiologia.

4.5 CRUZAMENTO GENÉTICO

Características monogênicas são características físicas passadas de geração para geração. Existem as características recessivas e as características dominantes. Uma herança é dita recessiva quando um alelo sozinho não é capaz de manifestar determinada característica, e estes alelos são representados por letras minúsculas (a). E dizemos que uma herança é dominante quando apenas um dos alelos é suficiente para manifestar tal característica, e para este alelo utilizamos uma letra maiúscula (A).

Veja a seguinte situação problema:

Comentário: Para responder este problema, basta o conhecimento da 1ª lei de Mendel e o conhecimento de cruzamento genético (possíveis combinações com os alelos).

(UERJ - adaptado) Considere o cruzamento de um bode sem chifres com três cabras. Em cada cruzamento, foi gerado apenas um filhote. Observe os dados na tabela:

Tabela 4 – Presença de chifres no cruzamento genético de um bode sem chifres com três cabras

CABRA	Presença de chifre na cabra	Presença de chifre no filhote
1	Sim	Não
2	Sim	Sim
3	Não	Sim

Fonte: As autoras

Admita que a presença de chifres em caprinos seja uma característica monogênica dominante. Utilizando as letras **A** e **a** para representar os genes envolvidos, temos que a combinação **AA** ou **Aa** representa a característica monogênica “sem chifres” e a combinação **aa** representa a característica monogênica “com chifres”.

Atividades sugeridas:

1. O gene da cabra 1 pode ser do tipo **Aa**? Se sim, qual a probabilidade disso?
2. O gene da cabra 3 pode ser do tipo **Aa**? Se sim, qual a probabilidade disso?
3. Os genes das cabras 1 e 2 são iguais? Por quê?
4. Se os genes das cabras 1 e 2 são iguais, por que os seus filhotes não possuem genes iguais? Já que um deles tem chifres e o outro não.
5. Determine os genótipos do bode e das três cabras.

Observação: Conteúdos envolvidos e potencialmente explorados:

Matemática: Princípio multiplicativo e combinação. Probabilidade. Tentativa e erro.

Biologia: Leis de Mendel. Cruzamento genético.

4.6 ABSORÇÃO DE DROGAS/REMÉDIO

Ao ingerir uma droga ou um remédio, seu organismo absorve a quantidade fornecida em pouco tempo, ou dependendo do medicamento, o corpo metaboliza conforme sua necessidade, mas independente disso, demora horas e até dias para conseguir eliminar tudo da corrente sanguínea. Esse tempo que o organismo demora para eliminar totalmente a droga e/ou remédio, depende muito da concentração deste que foi ingerida.

Se ingerido mais do que o nosso organismo pode suportar, gera uma sobrecarga da substância trazendo consequências ruins para o nosso corpo, e quando ele não consegue mais processar esses compostos acontece a overdose, que pode levar a morte.

Considerando a ingestão inicial de 60mg de certa medicação, temos as seguintes informações:

Tabela 5 – Quantidade de medicação na corrente sanguínea

Período (em horas)	Quantidade de medicação na corrente sanguínea (mg)
0	60
1	53
2	48
3	42
4	38
5	34
6	30
...	...

Fonte: As autoras

A absorção das drogas/remédios no organismo pode ser representada por uma função exponencial do tipo:

$$V(t) = v_0 \cdot a^t$$

Onde v_0 é a quantidade inicial do medicamento no organismo no instante $t = 0$.

Atividades sugeridas:

Com base nos dados da tabela, responda:

1. Qual o valor de v_0 ?
2. Qual a meia-vida do medicamento no organismo?
3. Qual o valor da base a ?
4. Após 12 horas de ingestão do remédio, qual é a quantidade do remédio ainda presente no organismo?
5. Quanto tempo após a ingestão a quantidade de remédio no organismo é igual a 20mg?

Reflexão: Pelos resultados das questões 4 e 5 é possível perceber que um medicamento demora horas para ser totalmente absorvido pelo nosso organismo. Sendo assim, vocês acham que é indicada a automedicação? Por quê? Tomar um remédio com um intervalo curto entre uma dose e outra pode ser perigoso? E tomar vários remédios em pouco intervalo de tempo?

As respostas para esses questionamentos são simples, entretanto essa reflexão é importante para qualquer indivíduo.

Observação: Conteúdos envolvidos e potencialmente explorados:

Matemática: Interpretação de tabela. Construção de gráfico com os dados da tabela, com posterior análise do comportamento do gráfico. Identificar o tipo da função que está expressa no gráfico. Determinação da função exponencial através da análise dos dados da tabela e do gráfico. Valor da função em determinado ponto. Logaritmo. Progressão Geométrica. Intervalo entre doses: mínimo múltiplo comum.

Biologia: Comportamento do organismo na absorção de drogas e remédios.

4.7 CRESCIMENTO BACTERIANO

Bactérias são microorganismos vivos que constituem o reino monera, algumas são benéficas e importantes para o equilíbrio ecológico, mas outras nem tanto. As bactérias duplicam-se a cada instante de tempo.

Veja a tabela:

Tabela 6 – Número de bactérias em função do tempo

Tempo	Nº de bactérias
0	2
1	4
2	8
3	16
4	32
5	64
...	...

Fonte: As autoras

Como podemos ver, o crescimento bacteriano é exponencial, e pode ser representado pela função:

$$f(t) = 2^{t+1}, \text{ com } t \in \mathbb{N}.$$

Observe na Tabela 7 o crescimento representado pela função acima:

Tabela 7 – Número de bactérias em função do tempo $f(t)$

Tempo	Nº de bactérias = $f(t)$
$t = 0$	$f(0) = 2^{0+1} = 2$
$t = 1$	$f(1) = 2^{1+1} = 2^2 = 4$
$t = 2$	$f(2) = 2^{2+1} = 2^3 = 8$
$t = 3$	$f(3) = 2^{3+1} = 2^4 = 16$
$t = 4$	$f(4) = 2^{4+1} = 2^5 = 32$
$t = 5$	$f(5) = 2^{5+1} = 2^6 = 64$
...	...

Fonte: As autoras

A bactéria *Escherichia coli* (E.coli) é responsável por causar um grande número de infecções, entre as mais comuns estão às infecções intestinais e no trato urinário. Suponha que a tabela acima representa a multiplicação da bactéria E.coli.

Atividades sugeridas:

Fica a critério do professor permitir o uso ou não da calculadora científica.

1. Em quanto tempo a população de E. coli será de $2,32 \cdot 10^6$?
2. Pesquisas estimam que em 1cm^2 cabem aproximadamente $2,32 \cdot 10^6$ bactérias. Com base na resposta na pergunta anterior, e sabendo que a área da terra é de $5,101 \times 10^{14} \text{m}^2$, em quanto tempo a E. coli ocupará toda a superfície da terra?
3. Construa um gráfico que represente o crescimento bacteriano. E depois identifique o tipo de função que representa este crescimento.

Reflexão: A bactéria E.coli reside normalmente no trato intestinal das pessoas e de alguns animais. A transmissão dessa bactéria ocorre através de água ou alimentos contaminados, ou através do contato com fezes que contém a bactéria. Deste modo, podemos evitar a contaminação por esta bactéria lavando bem os alimentos antes de ingerir, lavando as mãos após ir ao banheiro, antes das refeições, e também não engolindo água da piscina, do rio ou da praia.

Também é possível perceber, que as bactérias se multiplicam rapidamente e por este motivo estão praticamente por toda superfície da terra.

Observação: Conteúdos envolvidos e potencialmente explorados:

Matemática: Interpretação de tabela. Construção de gráfico com os dados da tabela, com posterior análise do comportamento do gráfico. Identificar o tipo da função que está expressa

no gráfico. Determinação da função exponencial através da análise dos dados da tabela e do gráfico. Valor da função em determinado ponto. Progressão Geométrica. Potenciação. Dobro de determinada quantidade. Notação científica.

Biologia: Crescimento bacteriano. Importância da higienização das mãos e dos alimentos.

4.8 DESINTEGRAÇÃO RADIOATIVA

A fotossíntese faz com que todos os vegetais vivos estejam em equilíbrio com o $C^{14}O_2$ atmosférico. Um animal que se alimenta desses vegetais absorve o C^{14} e a proporção deste elemento se mantém constante em seus tecidos. Quando este animal morre, o carbono-14 que estava em equilíbrio em seu corpo começa a se desintegrar. A suposição é que a atividade da amostra no momento da morte no passado é igual à atividade de uma amostra semelhante viva hoje (o mesmo acontece quando uma planta morre) (BASSANEZI; FERREIRA JR., 1988)..

A quantidade de carbono presente numa amostra após um período de tempo t , é dada por:

$$m(t) = m_o \cdot e^{-\lambda t}, \text{ com } t \in \mathbb{N}.$$

Sendo m_o a quantidade inicial de carbono no instante $t = 0$, e λ a constante de desintegração.

Atividades sugeridas:

1. Sabendo que a meia-vida do Carbono-14 é de 5.730 anos, determine a constante λ para utilizar nas funções que envolvem cálculo das análises de desintegração deste elemento.
2. Para poder estimar a época em que foram feitas as pinturas que decoram as paredes da caverna de Lascaux, na França, foi analisada uma amostra do carvão utilizado nos desenhos. Esta análise revelou uma atividade de decomposição de 0,97dpm/g (decomposição por minuto em uma grama). Semelhante análise do carvão produzido da madeira viva mais abundante na região, feita em 1950, apresentou um resultado de 6,68dpm/g. Estime a idade das pinturas.

Reflexão: Este exemplo da caverna de Lascaux é muito interessante, pois abrange conhecimento de diversas disciplinas, Artes, História, Geografia, Química, Biologia e Matemática. Também, é um ótimo exemplo para desenvolver no aluno a consciência de que

na verdade as disciplinas formam uma rede de conhecimento, como uma teia de aranha, interligadas de diversos modos.

Observação: Conteúdos envolvidos e potencialmente explorados:

Matemática: Função exponencial. Logaritmo natural.

Biologia: Tabela periódica. Desintegração radioativa.

4.9 CRESCIMENTO/DINÂMICA POPULACIONAL

Há muito tempo os cientistas de diversas áreas procuraram ferramentas matemáticas para poderem estimar o crescimento de uma população, planejar o uso correto de recursos públicos, avaliar o crescimento de populações para prever se uma temporada de pesca será boa ou má, ou prepararmos para uma invasão de pernilongos, gafanhotos e outras pragas. Mas ainda é mais urgente prever quantos seremos na Terra e quantos recursos teremos nas próximas décadas. Em quantos anos dobraremos nossa população nacional? E Mundial? Quanto alimento seremos capazes de produzir? Considerando o ritmo de crescimento da população, o mercado de trabalho absorverá toda a mão de obra que se formará? Quantos estarão desempregados? (BASSANEZI; FERREIRA JR,1988).

Embora esse discurso de Bassanezi e Ferreira Jr. seja antigo, parece se encaixar muito bem na realidade em que vivemos, onde mais do que nunca o planejamento do uso dos recursos naturais se faz necessário. O planeta está sofrendo, a população enfrentando pandemia, os ecossistemas em desequilíbrio, o uso desenfreado dos recursos naturais, queimadas, a temperatura do planeta aumentando mais rapidamente do que o previsto, enfim, não sabemos até quando o planeta conseguira suportar todo esse desequilíbrio.

Em 1798 o Inglês Thomas Robert Malthus publicou a primeira teoria de crescimento populacional, que embora haja outras teorias mais eficientes para projeções futuras de grandes populações, o modelo de Malthus ainda se mostra muito eficiente para estimativas populacionais a curto prazo, principalmente em regiões menos desenvolvidas, e para certas populações de microorganismos em períodos limitados de tempo (BASSANEZI; FERREIRA JR,1988).

O modelo de Malthus se destaca pela sua simplicidade, pois se baseia em duas variáveis principais, o coeficiente de natalidade (α) e o coeficiente de mortalidade (β). Denotando por $N(t)$ o total da população de um país num instante t , e N_0 a população no instante inicial. Temos a função do modelo de Malthus expressa por:

$$N(t) = N_0 e^{(\alpha - \beta)t}, \text{ com } t \in \mathbb{N}.$$

Na função acima, é possível trabalhar as noções intuitivas de limite, sem necessariamente utilizar a linguagem de limite.

* Se $\alpha > \beta$, então, $\lim_{t \rightarrow \infty} N(t) = \infty$. Ou seja, se o número de nascimentos for maior do que o número de mortes, o número de habitantes (população) com o passar dos anos tende ao infinito, ou seja, nunca vai parar de crescer.

* Se $\alpha = \beta$, então, $\lim_{t \rightarrow \infty} N(t) = N_0$. Ou seja, se o número de nascimentos for igual ao número de mortes, a população fica estabilizada, sem crescer e sem diminuir.

* Se $\alpha < \beta$, então, $\lim_{t \rightarrow \infty} N(t) = 0$. Ou seja, se o número de nascimentos for menor do que o número de mortes, com o passar dos anos a população tende a zero, ou seja, tende a extinção.

Para simplificar a função do crescimento populacional de Malthus, vamos denotar por k a constante de crescimento, então, $k = \alpha - \beta$. E a função do modelo de Malthus pode ser expressa por:

$$N(t) = N_0 e^{kt}, \text{ com } t \in \mathbb{N}.$$

Atividade sugerida:

O professor pode tomar os dados numéricos da cidade na qual a turma de alunos se encontra, ou pode pedir para os alunos pesquisarem a população de dois anos anteriores da cidade em que residem para com o modelo de Malthus calcularem a estimativa da população desta cidade no ano atual.

Exemplo: A cidade de Concórdia em 2018 possuía 74106 habitantes, e em 2019 esse número aumentou para 74641 habitantes. Com isso, responda:

1. Qual a constante (taxa) de crescimento da cidade de Concórdia neste período?
2. Qual a população estimada para Concórdia em 2021?
3. Qual a margem de erro do número de habitantes encontrado pelo modelo de Malthus e o valor encontrado no site do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística)?
4. Projete os valores aproximados da população de Concórdia para os próximos cinco anos.
5. Determine a função que dá, a cada ano, o número de habitantes na cidade de Concórdia.
6. Quais as possíveis consequências para o clima, de um crescimento populacional exagerado?

Com a resposta da questão número 5, é possível plotar o gráfico do crescimento populacional da cidade de Concórdia.

Reflexão: Quando é dito que uma determinada espécie de animal está em processo de extinção, o que isso significa em termos de constante de crescimento? Ora, de que ela está negativa, ou seja, o número de nascimentos está menor do que o número de mortos.

Como dito inicialmente, prever o comportamento do crescimento populacional de uma cidade, de um país e do planeta, é de extrema importância para o planejamento futuro, da utilização de recursos, da quantidade de alimentos que precisa ser produzida para alimentar todas as pessoas, entre outros aspectos importantes.

No que se refere à produção de alimentos, se a população do planeta não parar de crescer, com o passar dos anos, haverá alimento suficiente para todos? Não, não haverá, pois o território disponível para cultivo e produção de alimentos no planeta é limitado, e em algum momento este potencial máximo será atingido. Hoje muitas pessoas já estão em situação de miséria, passando fome, entretanto, com o passar do tempo, a estimativa é de que o número de pessoas nestas condições só aumente.

E o consumo da água, que é um recurso limitado, poderá continuar como é hoje? O que podemos fazer para amenizar este problema? A resposta esperada é não, e que o que podemos fazer é adotar medidas de economia no consumo de água, começando com cada um fazendo a sua parte.

Observação: Conteúdos envolvidos e potencialmente explorados:

Matemática: Função exponencial. Noção intuitiva de limite. Porcentagem.

Biologia: Crescimento de populações. Consequências e desequilíbrios causados pelo crescimento excessivo ou negativo de determinadas populações.

4.10 PH (POTENCIAL HIDROGENIÔNICO)

Manter o pH dos sistemas biológicos em equilíbrio (dentro de uma faixa adequada para cada sistema) evita muitos desequilíbrios e consequências ruins, inclusive para a natureza, e para o nosso corpo. Mas antes de prosseguirmos, o que é pH?

O **pH** é a sigla usada para Potencial (ou potência) Hidrogeniônico, porque se refere à concentração de íons $[H^+]$ (ou de H_3O^+) em uma solução. Assim, o pH serve para nos indicar se uma solução é ácida, neutra ou básica.

A escala de pH varia entre 0 e 14 na temperatura de 25°C. Se o valor do pH for igual a 7 (pH da água), o meio da solução (ou do líquido) será neutro. Mas se o pH for menor que 7, será ácido, e se for maior que 7, básico (alcalino) (FOGAÇA, c2021).

Veja a escala de pH abaixo:



Fonte: Beduka (Buscador de Faculdade) (s.d)

O pH do Solo por exemplo, varia de acordo com a região, solos ácidos são aqueles de regiões úmidas, como margem de rios e pântanos ($\text{pH} < 6,5$), são conhecidos como argilosos. Já as regiões ricas em calcário possuem solos alcalinos ($\text{pH} > 7$) (SOUZA, c2021).

Como a acidez pode interferir na qualidade das plantações? Em geral, as plantas preferem a faixa de pH neutro (de 6,0 à 6,8), este é o chamado ponto de equilíbrio no qual a maioria dos nutrientes permanecem disponíveis às raízes (SOUZA, c2021).

Solos muito ácidos não são férteis, uma alternativa para corrigir este inconveniente consiste em realizar queimadas após grande exploração do solo. Em geral, quando se realiza lavouras contínuas o solo se desgasta, o que dá origem à acidez. A correção é possível pelo fato das cinzas produzidas pelo fogo serem alcalinas e por isso neutralizam o pH (SOUZA, c2021).

O pH da água pura é 7,0, mas quando o dióxido de carbono (CO_2) presente na atmosfera se dissolve na água, ocorre a formação do ácido carbônico (H_2CO_3), e portanto o pH da água em equilíbrio com o CO_2 atmosférico é de 5,6. Deste modo, quando o pH da água da chuva for menor que 5,6, ocorre o fenômeno da chuva ácida (CAMPOS; ABREU; FRANCELIN; SANTOS, c2006).

O excesso da emissão de dióxido de carbono (CO_2) pelo homem (Carros, indústrias, etc...) é o que causa a chuva ácida. Entre as consequências da chuva ácida está a morte de plantas e árvores, a alteração do pH do solo, e a acidificação da água de rios, lagos e oceanos.

A água de um lago em condições naturais tem o pH em torno de 6,5 – 7,0, podendo manter uma grande variedade de peixes, plantas e insetos, além de manter animais e aves que

vivem no seu entorno e se alimentam no lago. O excesso de acidez na chuva pode provocar a acidificação de lagos, principalmente aqueles de pequeno porte. O pH em torno de 5,5 já pode matar larvas, pequenas algas e insetos, prejudicando também os animais que dependem desses organismos para se alimentar. No caso do pH da água chegar a 4,0 – 4,5, já pode ocorrer a intoxicação da maioria das espécies de peixes e levá-los até a morte (CAMPOS; ABREU; FRANCELIN; SANTOS, c2006).

Os alimentos também tem o seu pH, e o **pH dos alimentos** é um fator importante que afeta sua aparência, textura, sabor, valor nutricional e segurança. Os valores de pH dos alimentos variam de 2 a 7 e os alimentos alcalinos são raros (FRANCISCO, c2021).

Para uma boa saúde, os níveis ideais de pH do sangue precisam ser ligeiramente alcalinos (entre 7,365 e 7,45). Nossos corpos realmente fazem um ótimo trabalho em manter o pH do nosso sangue exatamente onde ele precisa estar. Os alimentos provavelmente não têm uma influência significativa nos níveis de pH. Porém, alimentos mais alcalinos, como verduras, brotos, abacates e outros alimentos vegetais poderosos fornecem ao nosso corpo vitaminas, minerais e fitoquímicos essenciais (FRANCISCO, c2021).

O lado ácido da escala de pH também inclui alimentos saudáveis como tomate, grãos inteiros e feijão. Alimentos que muitas vezes são considerados menos promotores da saúde, como produtos de origem animal e carboidratos refinados, também caem no lado ácido da balança e devem ser consumidos com moderação (FRANCISCO, c2021).

A escala de pH é logarítmica, o que significa que a diferença entre cada número inteiro é igual a dez. Portanto, um pH de seis é dez vezes mais ácido do que um pH de sete. Portanto, é preciso dez vezes mais alcalinidade para neutralizar um ácido. Por exemplo, um salto de 7 para 6, levaria dez vezes a quantidade de alcalinidade para neutralizar. $7 \text{ a } 5 = 100$ vezes. $7 \text{ a } 4 = 1000$ vezes. $7 \text{ a } 3 = 10.000$ vezes, e assim por diante (FRANCISCO, c2021).

Mas afinal, como calcular o ph?

Atualmente existem métodos diretos e indiretos de medir o pH sem precisar fazer cálculos, como o pHmetro que é um equipamento digital que mede com precisão o pH da substância, e as fitas indicadoras, onde coloca-se a fita indicadora em contato com a substância, e esta vai assumir uma cor que comparada a escala de pH permite a identificação do pH da substância analisada. Este segundo método não é tão preciso quando o primeiro.

Como já citado no início da aula, o pH é a concentração de íons $[H^+]$ (ou de H_3O^+) em uma solução. E seu cálculo é dado por:

$$pH = \text{Colog } [H^+] \text{ ou seja } pH = -\log [H^+]$$

Numa solução, quanto mais ácida, mais íons H^+ (Hídron) ela possui. Conseqüentemente, quando mais básica (alcalina) a solução, menor será a quantidade de H^+ e maior a quantidade de OH^- (Hidroxila). Portanto, temos que o pH mede a acidez de uma substância, e o pOH mede a alcalinidade da mesma, e a soma das duas escalas em determinada substância é igual a 14.

Com base nisso, o pH de uma substância também pode ser medido pelas fórmulas:

$$pOH = -\log [OH^-]$$

$$pH + pOH = 14 \Rightarrow pH = 14 - pOH$$

Atividades sugeridas:

1. Qual o pH do Leite de vaca, cuja concentração de $[H^+]$ é de 10^{-6} mol/L? O Leite de vaca é ácido ou alcalino (básico)?
2. Qual o pH da Clara de ovo, cuja concentração de $[OH^-]$ é de 10^{-6} mol/L? A Clara de ovo é ácida ou básica?
3. Qual o pH de uma chuva, cuja concentração de $[H^+]$ é de $0,25 \cdot 10^{-5}$ mol/L? Esta chuva é ácida ou básica? (Leve em consideração o padrão para considerar uma chuva ácida ou não).
4. O pH de determinado solo é de 5, quanta alcalinidade no mínimo precisa para deixar este solo ideal para o plantio? E quanta alcalinidade no máximo pode ser acrescentada para este solo ficar ideal para o plantio? (OBS: Considere a faixa ideal de pH para plantio entre 6 e 6,8).
5. O pH da água própria para consumo é bem variável, os valores de 6 a 7 representam uma água neutra, não causam efeitos nocivos para a saúde, mas também não proporcionam benefícios. O pH ideal para a nossa saúde é acima de 7. O pH de 7 a 10 significa que a água é alcalina, ou seja, a água ideal para a nossa saúde. A água com pH alcalino possui um poder de hidratação superior às demais águas. Levando essas informações em consideração, responda: Qual água tem maior poder de hidratação, a água A com concentração de $[H^+] = 0,3125 \cdot 10^{-6}$ ou a água B com concentração de $[H^+] = 10^{-8}$?
6. Especialistas realizaram a análise da água de determinado lago. Os resultados da análise apontaram uma concentração de $0,3125 \cdot 10^{-4}$ de Hidrônio $[H^+]$. Com esse resultado, os

especialistas podem concluir que a água deste lago esta propícia para o habitat de animais aquáticos? Por quê?

Reflexão: Compreender a importância do equilíbrio do pH ajuda a entender diversos fenômenos, e porque eles acontecem. Uma grande aliada da Matemática e da Biologia para trabalhar essa proposta do pH é a disciplina de Química.

Observação: Conteúdos envolvidos e potencialmente explorados:

Matemática: Logaritmo de base 10. Propriedades dos logaritmos. Notação científica. Equações. Regra de três.

Biologia: Consequências das alterações do pH em sistemas biológicos.

4.11 RESFRIAMENTO DE UM CORPO – DIFUSÃO DE CALOR

Um corpo que não possui internamente nenhuma fonte de calor, quando deixado em um meio ambiente na temperatura T , tende àquela do meio que o cerca T_a . Assim, se a temperatura $T < T_a$, este corpo se aquecerá e, caso $T > T_a$, o corpo se resfriará. A temperatura do corpo, considerada uniforme, pode ser vista como uma função do tempo $T = T(t)$. É possível verificar experimentalmente que quanto maior for o valor de $|T - T_a|$ mais rápida será a variação de $T(t)$ (BASSANEZI; FERREIRA JR, 1988).

Este fato é evidenciado pela Lei de resfriamento de Newton, que diz o seguinte: “A taxa de variação da temperatura de um corpo (sem fonte interna de calor ou frio) é proporcional à diferença entre sua temperatura e a do meio ambiente”.

Deste modo, temos que a função que dá a temperatura de um corpo num instante t é dada por:

$$T(t) = ke^{-\lambda t} + T_a$$

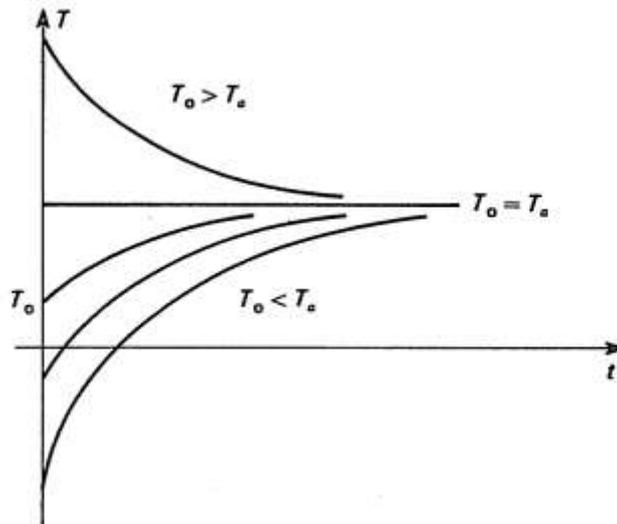
Com k e λ constantes que variam de acordo com o material com que o corpo foi constituído.

Usando $T(0) = T_0$, obtemos $k = T_0 - T_a$. Assim a função acima também pode ser expressa por:

$$T(t) = (T_0 - T_a)e^{-\lambda t} + T_a \quad (1)$$

Observe o comportamento da função:

Figura 4 – Comportamento da função que dá a temperatura de um corpo num instante t



Fonte: Bassanezi; Ferreira jr. (1988)

No modelo matemático, a temperatura do corpo só atinge a temperatura T_a no limite $t \rightarrow \infty$; entretanto, na realidade, a temperatura ambiente é atingida num tempo finito.

No exemplo, podemos chamar de t_∞ o tempo necessário para que T atinja 99% de T_a . Em termos numéricos, isto significa que se o erro relativo for de 1% ou menos, podemos considerar $T(t)$ como sendo praticamente T_a . Assim,

$$\begin{aligned} \pm \frac{99}{100} T_a &= (T_0 - T_a) e^{-\lambda t_\infty} + T_a \\ e^{-\lambda t_\infty} &= \left| \frac{1}{100} \cdot \frac{T_a}{(T_a - T_0)} \right| \Rightarrow -\lambda t_\infty = \ln \left| \frac{T_a}{100 (T_a - T_0)} \right| \Rightarrow \\ &\Rightarrow t_\infty = \frac{1}{\lambda} \ln \left| \frac{100 (T_a - T_0)}{T_a} \right| \end{aligned}$$

Atividades sugeridas:

Contexto: Um indivíduo é encontrado morto em seu escritório pela secretária que liga imediatamente para a polícia. Quando a polícia chega, 2 horas depois da chamada, examina o cadáver e obtém as informações:

Temperatura do escritório: 20°C

Temperatura do cadáver quando a polícia chegou: 35°C

Temperatura do cadáver 1 hora após a primeira medição: 34,2°C

Temperatura normal de uma pessoa viva: 36,5°C

Questões:

1. Uma hora depois o detetive prende a secretária. Por quê? Dica: Utilize a função (1) e com as informações acima monte um sistema de equações.
2. Construa uma tabela relacionando a temperatura do corpo em relação ao tempo após a morte.
3. Construa o gráfico da situação problema.
4. Em quanto tempo o corpo encontrado estará na temperatura ambiente ?
5. Depois que o corpo está em temperatura ambiente a várias horas, por exemplo 10 horas, é possível determinar o horário exato de sua morte?

Reflexão: A situação problema citada é muito interessante e tende a despertar o interesse e a curiosidade dos estudantes, pois se trata de um problema real onde envolve mistério e descobertas criminais. Saber a data da morte de vítimas de assassinato auxilia muito nas investigações e na procura do autor do crime quando este é desconhecido.

Observação: Conteúdos envolvidos e potencialmente explorados:

Matemática: Função exponencial. Sistema de equações. Tabela e gráfico.

Biologia: Lei do resfriamento de Newton.

4.12 CONTROLE BIOLÓGICO DE INSETOS

A dengue é uma doença febril aguda, de etiologia viral e de evolução benigna na forma clássica, e grave quando se apresenta na forma hemorrágica. A dengue é, hoje, a mais importante arbovirose (doença transmitida por artrópodes) que afeta o homem e constitui-se em sério problema de saúde pública no mundo, especialmente nos países tropicais, onde as condições do meio ambiente favorecem o desenvolvimento e a proliferação do *Aedes aegypti*, principal mosquito vetor (BRASIL, 2002).

O controle do *Aedes* tem constituído um importante desafio, especialmente nos países em desenvolvimento. Mesmo considerando-se situações em que os recursos destinados ao controle do vetor sejam apropriados para a implementação de programas, muitas vezes não se tem alcançado sucesso. Aspectos relacionados a problemas de infraestrutura das cidades, tais como baixas coberturas na coleta de lixo e intermitência no abastecimento de água, são fatores que comprometem a efetividade dos métodos tradicionais de controle do *Aedes* (ZARA, 2016).

Adaptações do *Ae. aegypti* permitiram que se tornassem abundantes nas cidades e fossem facilmente levados para outras áreas pelos meios de transporte, o que aumentou sua competência vetorial, ou seja, a sua habilidade em tornar-se infectado por um vírus, replicá-lo e transmiti-lo, além da dengue, o *Aedes* pode ser vetor das doenças zica, chikungunya e também febre amarela, mais comum em zonas urbanas (ZARA, 2016).

A quiescência dos ovos permite a manutenção do ciclo na natureza durante as variações climáticas sazonais, uma vez que a viabilidade dos ovos de *Ae. aegypti* chega até 492 dias na seca, eclodindo após contato com a água (ZARA, 2016). Ou seja, nos períodos desfavoráveis para a proliferação dos mosquitos, o ovo fica conservado, adormecido, até que ele se encontre em condições para eclodir. Esta característica dos ovos de *Ae. Aegypti* interferem bastante na eficácia dos métodos de controle do mosquito.

Atualmente o *Aedes* já está pelo mundo todo, e o vírus da dengue também, deste modo é imprescindível que se adotem estratégias adequadas e eficazes para o controle deste mosquito. No Brasil, em 2001 o governo implantou o Plano de Intensificação das Ações de Controle da Dengue (PIACD), priorizando ações em municípios com maior transmissão de dengue. Em 2002, o Plano Nacional de Controle da Dengue (PNCD) foi elaborado em função do aumento do risco de epidemias, e com o apoio do Ministério da Saúde e dos Estados as Secretarias municipais de saúde passaram a gerir e a executar as ações do PNCD, realizando adequações condizentes com as especificidades locais (ZARA, 2016).

Vemos os reflexos do PNCD em campanhas nas rádios, televisão, equipes de vigilância de bairros e municípios que identificam possíveis criadouros do mosquito e orientam a população de como evitar locais com água parada. Também nas escolas, onde são realizadas palestras de conscientização dos métodos de controle do *Aedes*, como não deixar lixo jogado em locais inadequados, e eliminar ou adequar os locais e recipientes que possam acumular água. Ações simples, mas que evitam a proliferação livre do mosquito.

A indisponibilidade para o Sistema Único de Saúde (SUS) de uma vacina efetiva contra todos os sorotipos virais, aliada ao rápido desenvolvimento do mosquito em áreas urbanas, tornou o controle do vetor a principal estratégia para prevenir novas epidemias. O controle de insetos vetores em saúde pública tem por objetivo a redução da densidade populacional de determinada espécie, de forma consistente e progressiva, minimizando a ocorrência de surtos e epidemias (LIMA, 2015).

Existem diversos mecanismos de controle do *Aedes*, como inseticidas e produtos químicos, a destruição ou a destinação adequada de criadouros, drenagem de reservatórios e

instalação de telas em portas e janelas. Mas a longo prazo nenhum desses métodos tem se mostrado suficiente para uma eliminação satisfatória (que não ofereça perigo a saúde) da quantidade de mosquitos, ou trazem aspectos negativos como os associados ao uso dos inseticidas químicos que devido o seu amplo espectro de ação, atinge também espécies animais não-alvo, provocando um alto impacto ambiental e o aumento do risco à saúde humana, através da exposição direta e indireta (alimentos e água contaminados) aos compostos químicos (LIMA, 2015).

O controle biológico de insetos tem se destacado muito, pois não oferece perigo a saúde pública. O controle biológico é baseado na utilização de predadores ou patógenos com potencial para reduzir a população vetorial. Entre as alternativas disponíveis de predadores estão os peixes e os invertebrados aquáticos, que comem as larvas e pupas, e os patógenos que liberam toxinas, como bactérias, fungos e parasitas (ZARA, 2016).

O uso da radiação na produção de mosquitos estéreis também é um método de controle biológico e tem se mostrado o método mais viável para a produção em larga escala destes insetos, apresentando como principais vantagens, o fato de ser, ambientalmente segura e permitir o uso de populações locais da espécie-alvo (LIMA, 2015).

A Técnica do Inseto Infértil (TIE) surgiu após a descoberta da radioatividade e os raios X, e da utilização destes meios para esterilizar algumas espécies de insetos, e depois de várias tentativas fracassadas, a ciência evoluiu e atualmente a utilização de insetos estéreis para eliminar ou diminuir consideravelmente determinada população é uma realidade.

A Técnica do Inseto Estéril (TIE) proposta em 1950 por Bushland e Knippling, compreende a criação massiva de insetos machos de uma determinada espécie, seguida de esterilização e liberação desse produto em uma área alvo, assim, machos estéreis copulam com fêmeas selvagens e a prole gerada desse cruzamento se tornará inviável (LIMA, 2015).

A TIE apresenta algumas vantagens em relação a outros métodos de controle por ser uma técnica ambientalmente segura, pois não envolve outros organismos e não gera resíduos tóxicos, além de ser compatível com outros meios de controle vetorial, podendo ser integrada a um programa junto a outras técnicas (TWEEN; MOSCAMED apud LIMA, 2015).

Para a irradiação de insetos, geralmente são utilizados irradiadores de raios gama, devido à sua alta energia e penetração, as fontes mais comuns de raios gama são os radioisótopos Cobalto 60 e Césio 137 (LIMA, 2015). Para o sucesso da técnica, um macho irradiado deve ser capaz de realizar todas as funções reprodutoras de um inseto fértil normal. No entanto, o custo biológico associado à radiação ionizante, pode comprometer a qualidade e

eficiência da técnica, por gerar machos estéreis menos competitivos do que os selvagens, sendo necessária uma quantidade maior de machos estéreis na natureza, do que de machos selvagens.

Um estudo realizado por LIMA (2015) a respeito à esterilização de machos *Aedes Aegypti* revela uma proporção mínima de 10:1 (machos esterilizados : machos não irradiados) para ter uma porcentagem de inviabilidade de ovos satisfatória, nesta proporção 80% dos ovos não se apresentaram fecundos. E na proporção de 15:1 o percentual foi um pouco maior, 85% à 87% de ovos infecundos. Além disso, os machos não irradiados apresentaram uma longevidade média de 25 dias, enquanto os estéreis em média 19 dias.

Atividades sugeridas:

1. Todos os mosquitos *Aedes aegypti* são contaminados com o vírus da dengue?
2. O que você entendeu como inseto vetor?
3. Considerando a proporção 15:1 (machos esterilizados : machos não irradiados), quantos machos estéreis seriam necessários para competir com 500 machos selvagens (não irradiados)?
4. Suponhamos uma população liberada de 9 000 machos estéreis, quantos machos selvagens foram considerados para esse cálculo, se a proporção de machos estéreis para selvagens utilizada foi de 15:1?
5. Num local infestado, foram encontrados 50 000 ovos de *Aedes*, destes ovos, 40 000 não eclodiram. Descartando a possibilidade da quiescência desses ovos supomos que estão inférteis, pois no local onde foram encontrados esses ovos foram liberados machos estéreis. Com base nas informações ditas em aula, qual a proporção de machos estéreis para machos selvagens liberados neste local?
6. Se a liberação de machos estéreis numa população de *Aedes* for constante, a cada 18 dias por exemplo (já que a vida estimada de um mosquito estéril é de 19 dias) você acha que a longo prazo essa população de *Aedes* pode se extinguir? Por quê?
7. Numa ovitrampa (armadilha para a fêmea *Aedes* depositar seus ovos) foram encontrados 260 ovos. No local onde se encontra essa ovitrampa foram liberados machos estéreis na proporção de 15:1, deste modo, com base nas informações dadas pela professora, quantos ovos no mínimo espera-se que sejam inférteis?

O problema abaixo também envolve a esterilização de insetos, neste caso de moscas, e fica como sugestão para trabalhar com o Ensino Médio.

8. Em um programa de erradicação de epidemia liberam-se diariamente na população N moscas macho esterilizadas, e 90% dessas moscas sobrevivem a um determinado dia. Após n dias, mostre que o número N* de moscas esterilizadas na população é dado por:

$$N^* = N + (0,9)N + (0,9)^2N + \dots + (0,9)^{n-1}N \quad (1)$$

E determine o número de moscas esterilizadas que devem ser liberadas a cada dia, se o objetivo do programa, a longo prazo é manter 20 000 moscas esterilizadas na população.

(Dica: Monte um esquema com o número de moscas dia a dia, partindo do dia zero, assim mostra-se a veracidade da sequência (1) que trata-se da soma de uma PG de razão 0,9. Depois basta tomar a fórmula da soma da PG e igualar N* à 2000 moscas).

Reflexão: O controle biológico de população de *Aedes aegypti* tem suas vantagens perante vários métodos de controle, entretanto, outro método pode ser aliado do controle biológico, como por exemplo a destruição de criadouros e a eliminação de locais aonde possam acumular água, pois sem água parada, o mosquito não consegue completar o ciclo de reprodução. Deste modo, unindo a falta de locais para reprodução com uma população cada vez menor de *Aedes* podemos chegar a eliminação das populações deste mosquito, ou pelo menos mantê-las em um nível que não seja perigoso para o ser humano.

Observação: Conteúdos envolvidos e potencialmente explorados:

Matemática: Razão e proporção. Porcentagem. Progressão Geométrica e respectiva soma.

Biologia: Controle biológico de insetos.

4.13 DIVISÃO CELULAR

Alguém já teve uma queimadura? Como ocorre a cicatrização de uma lesão na pele? Como o embrião se desenvolve no útero materno? Como ocorre a formação dos tumores? O crescimento e a cicatrização, bem como o desenvolvimento do embrião, ocorrem por meio de um processo de divisão celular (reprodução celular) (MARQUES, E., 2019).

A mitose é um tipo de reprodução celular que acontece em todas as células do nosso corpo, e na maioria dos organismos vivos. A função principal da mitose é produzir células para o crescimento do organismo, bem como repor as células perdidas ao longo da vida (MARQUES, E., 2019).

Como dito, a mitose está presente em praticamente todos os tecidos que compõe o nosso corpo, algumas células se multiplicam com mais frequência do que outras. Tem células

que só realizam a mitose quando necessário, outras estão sofrendo mitose o tempo todo, como as células da nossa pele, cabelo, unhas, etc. Na nossa pele, perdemos de 30.000 a 40.000 células mortas a cada minuto. Isso significa que nós perdemos cerca de 50 milhões de células a cada dia.

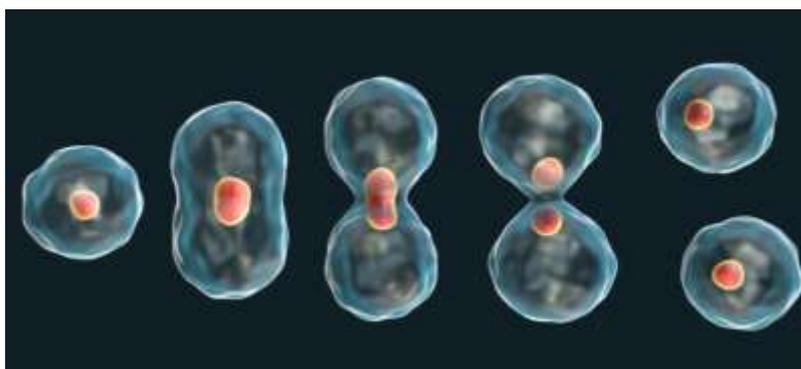
Quando os organismos crescem, não é porque as células estão ficando maiores. Organismos crescem porque as células estão se dividindo (sofrendo mitose) para produzir mais e mais células. No corpo humano, as células se dividem quase dois trilhões de vezes todos os dias. Você e eu começamos como uma única célula (zigoto), mas quando adultos teremos mais de 70 trilhões de células dos mais variados tipos: da pele, do cérebro, do coração etc.

A disfunção no processo de mitose, gerando multiplicação descontrolada de determinadas células, resultam nos tumores, que podem ser benignos ou malignos.

Os organismos unicelulares quando sofrem mitose, eles geram um novo organismo unicelular (reprodução).

Mas como funciona a Mitose? Como já dito, a mitose é o processo onde células que já existem se multiplicam formando novas células. Mas existe um padrão, na mitose, cada célula se duplica, ou seja, cada célula na mitose forma uma nova célula exatamente igual a ela, com material genético exatamente igual, como se fosse um clone. E essas novas células continuam se multiplicando do mesmo modo.

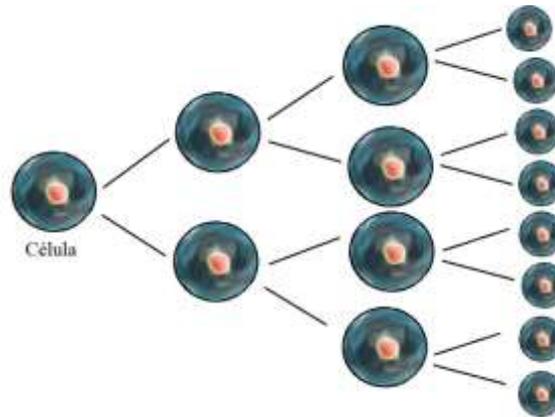
Figura 5 – Divisão celular por mitose



Fonte: Biologia total (2018)

Veja o esquema abaixo que representa a multiplicação celular por mitose.

Figura 6 – Divisão celular, processo de três mitoses



Fonte: As autoras

Vejamos o exemplo do crescimento do feto: Quando o óvulo é fecundado pelo espermatozoide e ocorre a meiose (união do material genético do óvulo com o espermatozoide) se forma o zigoto (1 célula). Nas próximas horas, a célula formada (zigoto) sofre múltiplos processos de mitose, dividindo-se primeiramente em duas células (36 horas após a fecundação), e essas duas células dividem-se novamente resultando em 4 células (48 horas após a fecundação), essas 4 células se dividem resultando em 8 células (60 horas após a fecundação) e assim por diante, dentro de 4 a 5 dias após a fecundação essa multiplicação celular resulta no embrião (Mórula).

Figura 7 – Desenvolvimento embrionário humano



Fonte: Infoescola (s.d)

No feto, a multiplicação celular de 12 em 12 horas acontece no período inicial da gestação, depois cada tecido a ser gerado segue o seu padrão de multiplicação celular.

É possível descrever o processo da mitose por uma função Matemática (pode-se questionar os alunos se eles sabem qual função que representa esse processo):

$$f(t) = 2^t, \text{ com } t \in \mathbb{N}.$$

Essa é uma função exponencial de base 2, onde t é o intervalo de tempo por mitose.

Veja a tabela:

Tabela 8 – Divisão celular em função do tempo

Intervalo de tempo (t)	Quantidade de células	$f(t) = 2^t$
0	1	$f(t) = 2^0 = 1$
1	2	$f(t) = 2^1 = 2$
2	4	$f(t) = 2^2 = 2 \cdot 2 = 4$
3	8	$f(t) = 2^3 = 2 \cdot 2 \cdot 2 = 8$
4	16	$f(t) = 2^4 = 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 = 16$
5	32	$f(t) = 2^5 = 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 = 32$
6	64	$f(t) = 2^6 = 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 = 64$
7	128	$f(t) = 2^7 = 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 = 128$
8	256	$f(t) = 2^8 = 2 \cdot 2 = 256$
...

Fonte: As autoras

Atividades sugeridas:

A tabela também pode ser construída em conjunto com os alunos, ou solicitar que eles preencham sozinhos.

1. Estima-se que um adulto tenha mais de 70 trilhões de células. Escreva esse número em notação científica.
2. Se as nossas células da pele se duplicam a todo instante, porque não dobramos de tamanho? Justifique.
3. O embrião quando formado, possui 32 células. Quantas células este embrião terá depois de sofrer mitose por 5 vezes? E depois de 10 vezes? E depois de 15 vezes?
4. A quantidade de células encontradas em um pequeno tumor é de 8.192. Quantas mitoses ocorreram desde a primeira célula que originou esse descontrole?

5. Se o intervalo de tempo entre uma mitose e outra fosse constante e conhecido, seríamos capazes de identificar quando o tumor da questão anterior surgiu?
6. A sequência da divisão celular por mitose pode ser descrita como uma progressão geométrica? Se sim, escreva essa progressão até seu 10º termo.
7. Um machucado na pele, no terceiro dia após a lesão está com metade da região lesionada cicatrizada, podemos concluir que no quarto dia este machucado estará completamente cicatrizado? Por quê?
8. Construa o gráfico da função $f(t) = 2^t$, com $t \in \mathbb{N}$.

Reflexão: Os processos de multiplicação celular, por serem exponenciais, tem o início lento e depois de determinado tempo esse crescimento “explode”. É por este motivo que os primeiros dias após uma queimadura ou lesão na pele são mais demorados para cicatrizar, pois as células precisam de um tempo para ir se multiplicando e cobrir a região lesionada. Do mesmo modo um tumor, porque muitas vezes ele é descoberto apenas em estágios onde o tratamento é difícil? Quando já está bastante evoluído? E, porque mesmo quando removido é necessário acompanhar com exames periódicos? Ora, para acompanhar o crescimento celular daquela região e verificar se não ficou para trás nenhuma célula tumoral, pois quando apenas uma célula fica para trás, ela se multiplica e o tumor “volta”. Na gravidez, nas primeiras semanas de gestação o tamanho da barriga praticamente não muda, e nas semanas finais o crescimento é bastante visível. Todos esses acontecimentos estão relacionados com a característica do crescimento exponencial do processo de mitose.

Observação: Conteúdos envolvidos e potencialmente explorados:

Matemática: Função exponencial. Construção e interpretação de tabela. Construção de gráfico e análise do comportamento do gráfico. Valor da função em determinado ponto. Logaritmo. Progressão Geométrica. Potenciação. Dobro de determinada quantidade. Notação científica.

Biologia: Divisão celular. Consequências de descontroles nesse processo.

5 PROCESSO METODOLÓGICO

Inicialmente foram elaborados e pesquisados treze problemas biológicos de conteúdos voltados à Educação Básica onde se aplica Matemática (capítulo 4), posteriormente foram selecionados 5 desses problemas e organizados em um questionário para serem analisados por um grupo de 20 professores de Matemática. Fazer a análise dos 13 problemas não seria viável pois os professores estão sobrecarregados de tarefas devido ao ensino remoto implantado nas escolas durante a pandemia do COVID-19. As motivações para a escolha desses 5 problemas foram suas potencialidades para trabalhar temas ambientais, sanitários, ou por envolverem reflexões curiosas e interessantes do ponto de vista das pesquisadoras.

A abordagem dos problemas com os professores, para a análise, foi feita com base numa pesquisa de campo, qualitativa, aplicada através de questionários sequenciais (rodadas de questionários). O objetivo dos questionários é identificar a opinião de um grupo de professores de Matemática, sobre a possibilidade de utilização desses problemas biológicos em suas aulas, ou seja, qual o seu posicionamento quanto à utilização dessas atividades com seus alunos. Também identificar possíveis aspectos que apontem pontos positivos da interdisciplinaridade entre Biologia e Matemática, além de possíveis desafios.

Optou-se por aplicar questionários em rodadas, para evitar o desgaste, a desmotivação e conseqüentemente a desistência dos professores participantes da pesquisa, pois o momento atual é crítico, onde a sociedade se encontra em uma pandemia de Covid-19 (Coronavírus Disease 2019). Em meio às conseqüências da pandemia, está o desgaste físico, emocional e psicológico de grande parte dos profissionais de ensino, que há mais de um ano estão se adaptando, inovando, aprendendo, e se dedicando muito para manter a qualidade do ensino no Brasil.

A escolha dos especialistas (participantes da pesquisa) se voltou a profissionais formados em Licenciatura em Matemática e que trabalham com o ensino de Matemática no Ensino Fundamental e/ou Ensino Médio, ou também que em algum momento da sua carreira foram docentes destes níveis de ensino. O primeiro contato com esses professores foi pelo convite para participarem da pesquisa. Embora todos fossem conhecidos pelas pesquisadoras, tomou-se cuidado para selecionar o grupo do modo mais heterogêneo possível. Após o aceite desses professores, a pesquisa iniciou com o envio dos questionários, também por meio eletrônico.

Os questionários foram elaborados através da ferramenta Google Forms, que pode ser facilmente manipulada por quem elabora, e por quem responde o formulário (questionário). Depois de feita a edição por este meio, foi gerado um link de acesso, o qual foi enviado aos participantes pelos seus respectivos e-mails.

O primeiro questionário buscou traçar o perfil do participante da pesquisa, e obter informações importantes sobre o uso ou não da interdisciplinaridade em suas aulas. O segundo questionário apresentou alguns problemas biológicos e algumas perguntas a respeito desses problemas e da própria metodologia interdisciplinar.

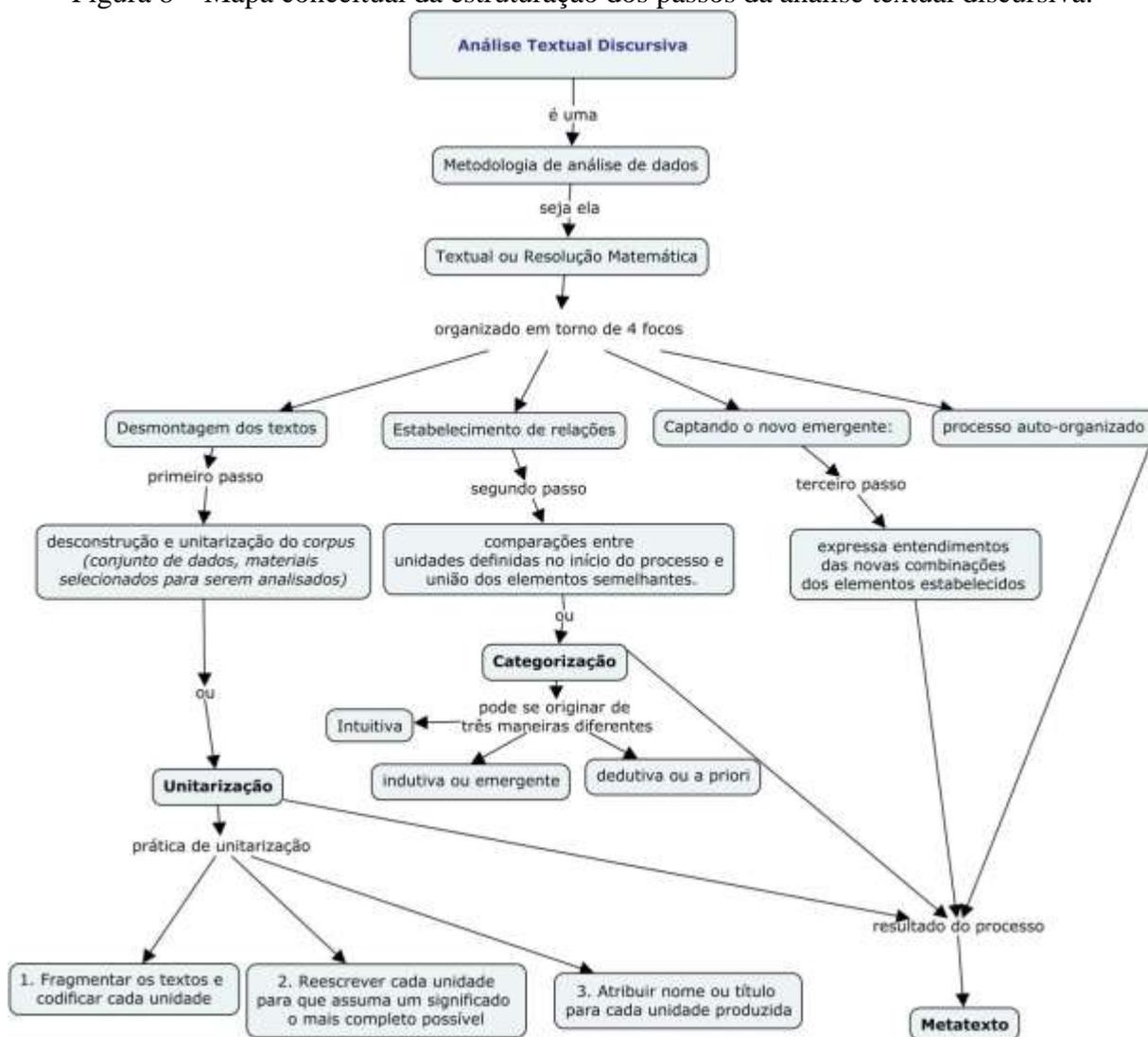
As respostas foram analisadas pelas pesquisadoras entre cada rodada de questionários, utilizando a análise textual discursiva. Esta metodologia de análise de dados é de natureza qualitativa, e possibilita tratar informações para produzir novas compreensões sobre os fenômenos que pretende investigar.

A análise textual discursiva é descrita como um processo que se inicia com uma **unitarização**, processo em que os textos são separados, desconstruídos e fragmentados, para obter unidades que constituirão o fenômeno estudado. O próximo passo denomina-se **categorização**, processo onde reúnem-se as unidades de significados semelhantes a fim de construir as categorias de análise, podendo gerar até vários níveis de categorias de análise (MORAES; GALIAZZI, 2006).

A análise textual discursiva tem no exercício da escrita seu fundamento enquanto ferramenta mediadora na produção de significados e por isso, em processos recursivos, a análise se desloca do empírico para a abstração teórica, que só pode ser alcançada se o pesquisador fizer um movimento intenso de interpretação e produção de argumentos. Este processo todo gera meta-textos analíticos que irão compor os textos interpretativos (MORAES; GALIAZZI, 2006, p.118).

As etapas da análise textual discursiva estão descritas na Figura 8 no mapa conceitual desenvolvido por Contentino et al. (2017):

Figura 8 – Mapa conceitual da estruturação dos passos da análise textual discursiva.



Fonte: Concentino et al. (2017)

Em nosso trabalho, o *corpus* para análise foram os questionários e suas respectivas respostas. No processo de unitarização, realizamos uma leitura flutuante das respostas e separamos as questões com aspectos semelhantes. Depois, prosseguimos para a categorização, onde reafirmamos as categorias de análise criadas a priori; Validação dos problemas por parte dos professores como problemas interdisciplinares; Benefícios ou pontos positivos da interdisciplinaridade entre Biologia e Matemática; Desafios da interdisciplinaridade. E percebemos a necessidade de incluirmos mais uma; Concepção de interdisciplinaridade dos professores participantes. Em seguida, continuamos com a escrita dos metatextos, num processo de descrição e interpretação das respostas, a fim de validar as categorias e obter compreensões sobre a interdisciplinaridade entre Biologia e Matemática.

6 APLICAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

No total foram aplicados 2 questionários. O primeiro com o objetivo de traçar um perfil dos participantes e o segundo foi analisado de acordo com a análise textual discursiva, levando em conta as seguintes categorias de análise: (i) Concepção de interdisciplinaridade dos professores participantes; (ii) Validação dos problemas por parte dos professores como problemas interdisciplinares; (iii) Benefícios ou pontos positivos da interdisciplinaridade entre Biologia e Matemática; (iv) Desafios da interdisciplinaridade. A análise dessas categorias tem como objetivo principal responder o problema da pesquisa, ou seja, concluir se problemas biológicos são ou não atrativos para professores de Matemática utilizarem em suas aulas como ferramenta de ensino interdisciplinar. Dos 20 professores participantes, todos responderam ao primeiro questionário, já no segundo, houve uma desistência, contabilizando assim 19 respostas ao segundo questionário.

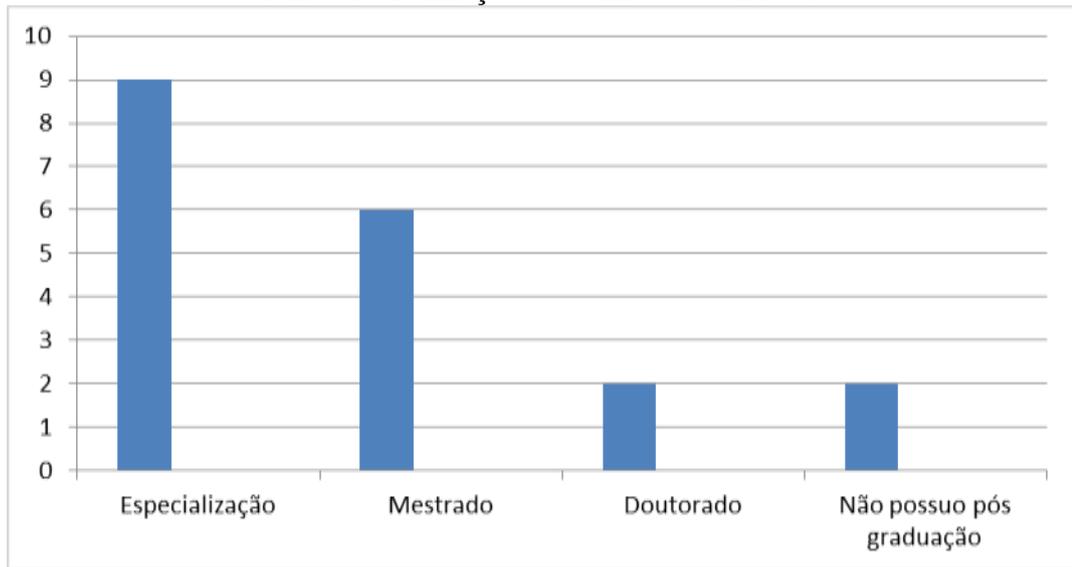
6.1 SOBRE O PRIMEIRO QUESTIONÁRIO

Com o objetivo de traçar um perfil dos participantes da nossa pesquisa, o primeiro questionário foi breve, com questões sobre a formação, o tempo de docência nos Ensinos Fundamental e Médio e sobre o uso da interdisciplinaridade na sala de aula, os participantes tiveram uma semana para responder o questionário.

Os resultados do primeiro questionário mostram que a maioria dos professores participantes da pesquisa atua nas esferas Estaduais e Municipais, mas há também quem atue nas redes Federal e Particular. Os municípios em que esses professores trabalham são: Concórdia (SC), Sorriso (MT), Campinas (SP), Hortolândia (SP), Chapecó (SC), Itá (SC), Formosa do Sul (SC), Xanxerê (SC), Seara (SC), Campo Grande (MS) e Florianópolis (SC).

Todos os professores participantes desta pesquisa são formados em Licenciatura em Matemática. Apenas um participante tem dupla graduação, sendo Licenciado em Física também. No que se refere à pós-graduação, podemos observar a formação dos envolvidos conforme o gráfico:

Gráfico 1 - Formação acadêmica dos entrevistados

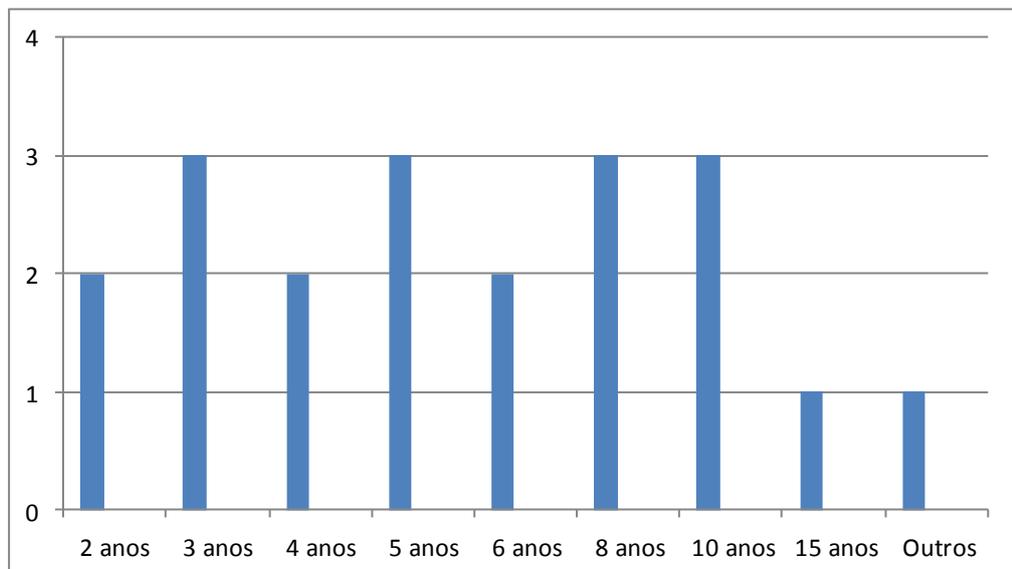


Fonte: As autoras.

Como podemos ver, o número de professores que não possui pós graduação é pequeno em relação ao total de entrevistados, os quais possuem na sua maioria especialização e/ou mestrado.

O gráfico abaixo mostra que mais da metade desses professores atua no Ensino Fundamental ou Médio pelo período de 5 anos ou menos, mas há também profissionais com 8, 10 e até 15 anos de experiência em sala de aula.

Gráfico 2 - Tempo de docência dos participantes

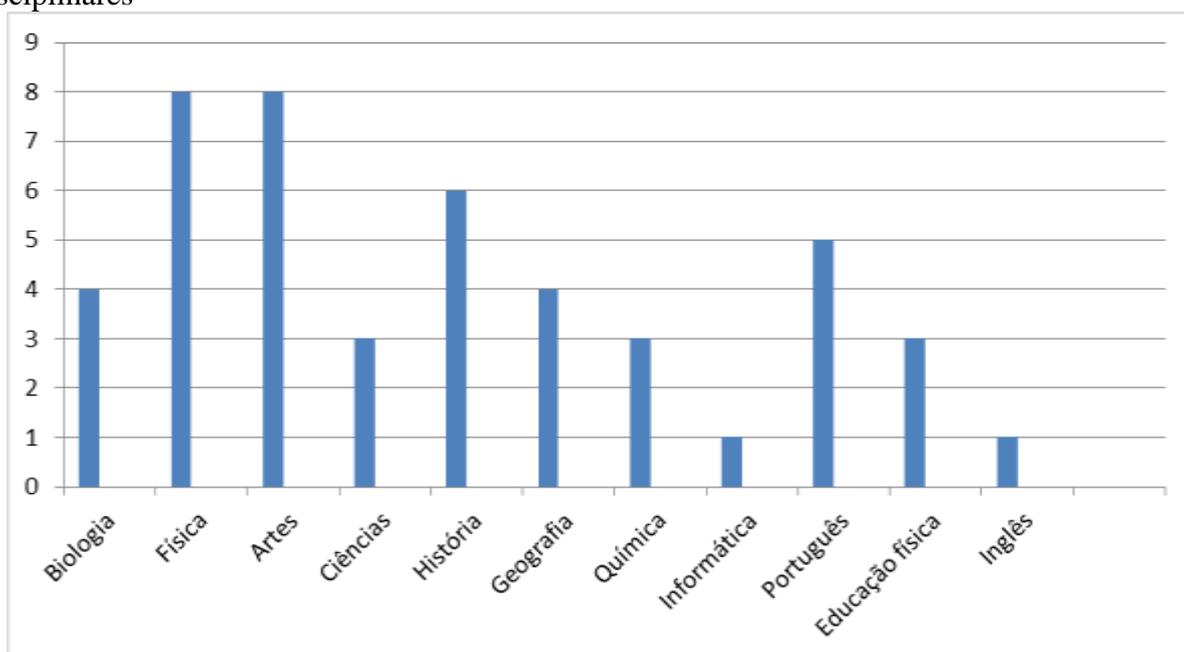


Fonte: As autoras

Quando questionados a respeito do uso ou não da interdisciplinaridade em suas aulas como ferramenta de ensino, 16 dos professores disseram que fazem uso da interdisciplinaridade em suas aulas, e o restante (4) disseram que não utilizam essa ferramenta de ensino. Desses professores que fazem uso de atividades interdisciplinares, mais da metade disse que retira as ideias de livros didáticos, materiais da internet e também com colegas de trabalho. Outra fonte de atividade citada é a elaboração própria, com base em experiência pessoal ou exemplos do cotidiano. Artigos científicos também são fonte de material interdisciplinar.

As áreas com as quais esses professores relacionam a Matemática em suas atividades interdisciplinares, são mostradas no gráfico abaixo:

Gráfico 3 - Áreas e quantidade de citações do uso de cada disciplina nas atividades interdisciplinares



Fonte: As autoras

Observa-se que Física e Artes são as disciplinas mais utilizadas pelos participantes para relacionar a Matemática em suas atividades interdisciplinares, seguidas de História, Português, Geografia e Biologia. Mas também não ficaram de fora Ciências, Química, Educação Física, Informática e Inglês.

Numa das respostas a esse questionamento das áreas com as quais costuma relacionar a Matemática em suas atividades interdisciplinares, uma professora descreve uma atividade que realizou, e depois coloca o seguinte: “Entretanto, tenho dúvidas se elas foram de fato

interdisciplinares ou se apenas contextualizadas”. De fato, há diferença entre contextualização, e interdisciplinaridade, que segundo Tomaz e David (2018) são dois princípios básicos para o ensino de Matemática.

Para esses autores a contextualização da Matemática é entendida “como um processo sociocultural que consiste em compreendê-la, tal como todo conhecimento cotidiano, científico ou tecnológico, como resultado de uma construção humana, inserida em um processo histórico e social” (TOMAZ; DAVID, 2018, p.19). Além disso, os autores destacam que outra forma de contextualização pode ocorrer via inter-relações com outras áreas do conhecimento, ação que pode ser entendida como uma forma de interdisciplinaridade.

Deste modo, a contextualização não se restringe às simples aplicações do conhecimento escolar em situações cotidianas nem somente às aplicações da Matemática em outros campos científicos (TOMAZ; DAVID, 2018). Com isso, entendemos que a contextualização é um campo bem mais amplo e diversificado do que a interdisciplinaridade, sendo a interdisciplinaridade entendida como uma forma de contextualização.

6.2 SOBRE O SEGUNDO QUESTIONÁRIO

O Segundo questionário, também elaborado e aplicado pela ferramenta Google Formulário, foi dividido em 7 seções. A primeira seção questionou os professores participantes sobre suas concepções de interdisciplinaridade, e nas cinco seções seguintes foram apresentados cinco problemas biológicos: Decomposição do lixo, Crescimento de peixes (Tilápia), Cruzamento genético, Proliferação de vírus (Covid-19) e Métodos de determinação do crescimento microbiano. Em cada problema foi descrito os conteúdos de Matemática e Biologia envolvidos e perguntado aos pesquisados se consideravam o problema real ou não. A última seção (sétima) foi constituída de perguntas que permitiram chegar a um diagnóstico da visão dos professores de Matemática sobre o interesse em utilizar ou não problemas interdisciplinares entre Biologia e Matemática em suas aulas, e possíveis desafios.

6.2.1 Concepção de interdisciplinaridade dos professores participantes

Para desenvolver com êxito uma proposta de ensino interdisciplinar, é fundamental que o professor tenha conhecimento do que é a interdisciplinaridade, quais os seus objetivos e relevância para o processo de ensino e aprendizagem nos tempos atuais. Na primeira

pergunta, os professores foram indagados a responder: Na sua concepção, o que é interdisciplinaridade? E as respostas vieram ao encontro com a definição e os conceitos de interdisciplinaridade que descrevemos na fundamentação teórica desta dissertação.

Destacamos, primeiramente, algumas falas da concepção de grande parte dos professores, que definem a interdisciplinaridade como um trabalho interativo entre duas ou mais disciplinas: Interdisciplinaridade “é o trabalho desenvolvido entre duas ou mais áreas. É como se fosse um ponto/região de encontro de conteúdos que podem ser desenvolvidos em diferentes componentes curriculares”. “Interdisciplinaridade é uma possibilidade de relacionar as disciplinas em sala de aula, tornando o ensino significativo”. “É a forma de trabalhar conteúdos do currículo de diferentes disciplinas utilizando um tema em comum”. Em Tomaz e David essas falas são corroboradas, pois segundo elas a interdisciplinaridade pode ser planejada com diferentes concepções, entre elas, “aquelas que defendem um ensino aberto para inter-relações entre a Matemática e outras áreas do saber científico ou tecnológico, bem como as outras disciplinas escolares” (2018 p. 14).

Os professores também consideram que o trabalho interdisciplinar contribui para o processo de ensino e aprendizagem: Pois interdisciplinaridade é a “possibilidade de relações entre duas ou mais disciplinas, ou diferentes áreas de conhecimento, a fim de qualificar de melhor forma o processo ensino-aprendizagem”. “Interdisciplinaridade é o ato de trabalhar em sala de aula um mesmo conteúdo em diferentes disciplinas, uma vez que ambas relacionam-se entre si e fazem parte do objetivo comum: ensino/aprendizagem!”. Neste sentido, Tomaz e David (2018) afirmam que quando tomamos uma atividade que se configura pelo rompimento das barreiras disciplinares do currículo, as especificidades das disciplinas ficam atenuadas, criando condições para os alunos perceberem uma diversidade maior de possibilidades ou restrições de ações, o que pode resultar numa ampliação de significados ainda maior.

Outras respostas colocam a interdisciplinaridade não apenas como uma atitude individual, e sim coletiva: Interdisciplinaridade “é fazer um trabalho em conjunto com outras disciplinas, trabalhar com conceitos presentes em outras áreas, fazer um trabalho em equipe”. Interdisciplinaridade é “o desenvolvimento de trabalhos, pesquisas ou projetos com outras disciplinas, estabelecendo relações entre elas”. Para Japiassu (1976) a interdisciplinaridade pode apresentar-se como prática individual, de desejo do profissional de enriquecer-se com novos enfoques, ou coletiva, onde se faz necessária uma iteração aberta a diálogos entre os profissionais envolvidos.

De acordo com um professor, interdisciplinaridade é o “conceito que se refere ao trabalho/ações/atividades conjuntas entre disciplinas, em que conceitos e conteúdos deixam de ser compartimentados e passam a ter relações uns com os outros”. Superar essa compartimentação dos conteúdos escolares e romper com as fronteiras das disciplinas é um dos objetivos do trabalho interdisciplinar (JAPIASSU, 1976).

Essa característica da não compartimentação das disciplinas quando trata-se da interdisciplinaridade também apareceu em várias das respostas: “Interdisciplinaridade é pensar nas disciplinas de forma integrada, quando os conceitos de uma área do conhecimento são utilizados em outra área. Pensar de forma indisciplinar é deixar de olhar para as disciplinas como "caixinhas"”.

Outros professores utilizaram essa mesma linguagem das “caixinhas” para fazer analogia a compartimentação: “Interdisciplinaridade é propor uma atividade em que os alunos possam se envolver, que esteja relacionada com a vida e que faça sentido. Em que fiquem evidenciadas as atividades envolvendo tais conteúdos sem que as caixinhas das disciplinas apareçam”. “Atualmente no cenário educacional em que vivemos, o professor não consegue ensinar a sua disciplina em uma "caixinha", logo ele precisa interagir com as demais disciplinas de modo a trabalhar um conteúdo de forma conjunta com os demais professores”. O trabalho interdisciplinar é o “ato de promover atividades escolares que transpõem as fronteiras dos componentes curriculares e desta forma promovam atividades integradas”.

Deste modo, “ensinar fora das "caixinhas" torna o aprendizado mais prazeroso e significativo, fazendo sentido com a realidade”. É importante que os alunos “compreendam que o conhecimento não se dá por partições em disciplinas”, pois de acordo com Tomaz e David “as ações contemporâneas requerem, muitas vezes, formas diferentes ou novas formas de pensar do ser humano, em que múltiplos olhares são reunidos para tratar de um único problema” (2018, p. 13).

Utilizar os conhecimentos de duas ou mais disciplinas para compreender um fenômeno, ou resolver um problema sob diferentes pontos de vista, faz parte da interdisciplinaridade (TOMAZ; DAVID, 2018). Essa concepção do trabalho interdisciplinar também aparece nas respostas dos professores, é possível perceber essa tendência quando eles destacam que interdisciplinaridade “é a ação de diferentes disciplinas trabalharem um mesmo tópico/assunto/objeto a partir das perspectivas e objetos de conhecimento de sua área, porém interligando com os conhecimentos e aprendizagem de outras disciplinas”.

“Entendo a interdisciplinaridade como o trabalho de um determinado conteúdo com exploração em diferentes disciplinas. Na escola temos as divisões por disciplinas, mas na prática os problemas geralmente abarcam conteúdos de várias disciplinas e o alunos aprendem muito mais quando mostramos esta relação”. Trabalho interdisciplinar é “abordar temas dos quais podem ser trabalhados em várias frentes sobre vários pontos de vista (disciplinas)”.

No que se refere aos problemas biológicos apresentados, 18 professores afirmaram que os problemas se encaixam na sua concepção de interdisciplinaridade, e o outro professor recomendou algumas adaptações, mas de modo geral, podemos afirmar que os problemas corroboraram e/ou ampliaram a concepção de interdisciplinaridade dos professores, conforme podemos contemplar nos comentários das respostas à pergunta: Estes exemplos corroboraram e/ou ampliaram sua concepção sobre interdisciplinaridade? Justifique.

“Sim, particularmente eu gostei bastante dos problemas e acho que são propostas significativas para serem trabalhadas e discutidas em sala”.

“Sim, eles corroboram pois mostraram possibilidades de objetos de estudo que podem ser abordados em diferentes disciplinas, respeitando suas perspectivas e objetos de conhecimento a serem trabalhado com os alunos”.

“Sim. Foi um momento reflexivo pra mim. Fiquei me questionando sobre os problemas e se realmente entendo o que é interdisciplinaridade”.

“Sim. Esses problemas corroboraram a minha concepção de que é muito fácil utilizar as disciplinas de Matemática e Biologia de maneira interdisciplinar”.

“Sim. Além de mostrarem exemplos para eu lembrar e entender o tema, serviram para que eu ampliasse meu repertório de interdisciplinaridade”.

“Sim, com eles foi possível perceber relações entre diferentes áreas do saber, aumentando a relevância dos assuntos abordados”.

“Sim, são problemas que além da interdisciplinaridade, foram pensados de acordo com a realidade, o que permite maior reflexão”.

“Sim, pois são temas importantes e interessantes para os estudantes, facilitando o interesse e participação”.

“Os problemas apresentados são bem interessantes e na direção do que eu entendo por interdisciplinaridade”.

“Sem dúvidas ampliaram a minha concepção, achei muito interessante”.

Ao final da análise desta categoria, percebemos que em todas as respostas foram identificados aspectos que estão de acordo com as definições e características das teorias de interdisciplinaridade estudadas. Diante disso, podemos afirmar que os professores participantes de nossa pesquisa tem conhecimento do que é a interdisciplinaridade, que a consideram importante, e que os problemas biológicos que apresentamos foram considerados interessantes e interdisciplinares.

6.2.2 Validação dos problemas por parte dos professores como problemas interdisciplinares

Os problemas enviados para análise dos professores foram: Decomposição do lixo, Crescimento de peixes (Tilápia), Cruzamento genético, Proliferação de vírus (Covid-19) e Métodos de determinação do crescimento microbiano.

Após a análise de cada problema, os professores responderam as seguintes questões: Você considera esse problema, um problema real? E Você considera este problema, um problema interdisciplinar? Justifique.

Sendo assim, 18 das 19 respostas recebidas consideram o problema da decomposição do lixo (problema descrito na pg 35 do capítulo 4) um problema real, e a outra resposta foi imparcial, colocando uma reflexão: “o que seria um problema real? Real para quem? Entendo que todo problema, está em um contexto, e por esse motivo, está relacionado com os sujeitos que vivenciam esse contexto”. Definimos aqui que, para nós, um problema real trata-se de um problema que realmente existe independente da localidade, não sendo um problema imaginário, apenas teórico ou hipotético.

No que se refere a considerar o problema interdisciplinar, 18 das 19 respostas foram bem claras afirmando considerar o problema interdisciplinar, conforme podemos perceber em diversas das respostas:

“Sim. Como já explorado no próprio problema, diversos são os conteúdos que podem ser trabalhados tanto em Matemática, como em Biologia. O problema proposto consegue explorar muito bem essa relação entre as áreas, trazendo questões ambientais com dados numéricos”.

“Sim, podem ser considerados alguns conceitos além da Matemática, de Biologia, Geografia e Sociologia ao analisar condições e aspectos de qualidade de vida”.

“Sim. Pois os vários aspectos que fazem parte da decomposição do lixo, podem ser abordados em várias disciplinas, por exemplo: Matemática na contagem de peso, e porcentagem, na geografia com o impacto do lixo no meio ambiente, na história com o impacto do consumismo, na Biologia (ciências) e artes com a reciclagem...”.

“Sim. Ao mesmo ponto que trabalhamos as questões da decomposição (pertinentes às ciências da natureza), podemos dar continuidade no pensamento matemático envolvido para estabelecer as relações de quantidade, tempo, tratamento da informação, entre outros”.

“Sim, pois, utiliza-se a Matemática para conscientizar a população sobre a importância de se reciclar o lixo, assim, contribuindo com a preservação do Meio Ambiente que é estudado na disciplina de Biologia”.

“Com certeza! Problemas com lixo, sempre existirão. É necessário uma consciência da população com respeito a reciclagem e separação do lixo”. “Sim. Ele utiliza a Ecologia para contextualizar um problema matemático. Ou ainda, utiliza a Matemática para conscientização sobre um problema ecológico”.

“Com certeza! O tema é sempre polêmico e sempre atual. Em Matemática calcula-se a produção, tempo de decomposição e atrelado trata-se a questão ambiental”. “Sim, podendo ser trabalhado de diversas formas, ou seja, com pesquisa, materiais concretos, seminários, entre outros”.

“A princípio sim, visto que envolve diferentes componentes curriculares. Porém para definir com precisão se é um problema interdisciplinar é preciso saber como se dará sua abordagem”. Neste sentido de questionar a abordagem também tivemos a resposta: “Ele pode ser explorado de modo interdisciplinar, mas depende de como cada professor vai desenvolver tal proposta em aulas”. Diante disso, sobre a abordagem dos problemas, reforçamos que a metodologia de aplicação fica a cargo de cada professor.

A resposta que não afirmou considerar o problema interdisciplinar foi: “Tenho dúvidas se seria um problema interdisciplinar ou um problema que aborda um tema transversal, o qual todas as disciplinas deveriam abordar”. De fato, o problema do lixo é um problema ambiental, e o Meio Ambiente está entre os temas transversais propostos pelos PCN, de acordo com os PCN tanto a interdisciplinaridade quanto a transversalidade apontam a complexidade do real e a necessidade de se considerar a teia de relações entre os seus diferentes e contraditórios aspectos, além disso:

Na prática pedagógica, interdisciplinaridade e transversalidade alimentam-se mutuamente, pois o tratamento das questões trazidas pelos Temas Transversais expõe as inter-relações entre os objetos de conhecimento, de forma que não é possível fazer um trabalho pautado na transversalidade tomando-se uma perspectiva disciplinar rígida (BRASIL, 1998, p. 30).

Com isso, entendemos que a interdisciplinaridade e transversalidade não são duas coisas disjuntas, mas sim uma via de mão dupla, onde uma pode contribuir para o desenvolvimento da outra, a interdisciplinaridade questionando a compartimentação das disciplinas escolares, enquanto a transversalidade preocupa-se em estabelecer na prática educativa relações “entre aprender conhecimentos teoricamente sistematizados (aprender sobre a realidade) e as questões da vida real e de sua transformação (aprender na realidade e da realidade)” (BRASIL, 1998, p.30).

Além das respostas afirmando considerar o problema interdisciplinar, temos as seguintes colocações que nos levam à validação do problema como interdisciplinar para ser aplicado:

“Gostei da sugestão de pesquisa. Ali sim tem um problema que pode envolver os alunos”.

“O lixo é uma questão ambiental e é de responsabilidade de todos nós. Portanto, uma temática importantíssima de ser trabalhada, a fim de conscientizar”.

“Muito atual e que diz respeito a educação ambiental que precisa ser discutida”.

O problema do lixo “trabalha com dados reais o que é um grande estímulo para o interesse dos estudantes. Ficou muito bem elaborado e estimula que o estudante, a partir dos dados apresentados, pesquise sobre a realidade de sua cidade”.

O problema da decomposição do lixo foi escolhido para compor o rol de problemas desta dissertação por tratar-se um problema ambiental muito atual, e de “fundamental importância” como dito por um dos professores. A necessidade e obrigatoriedade de trabalhar questões ambientais estão regulamentadas desde 2002, com o decreto nº 4.281 de 25 de Junho, que abrange todos os níveis e modalidades de ensino.

Na análise do problema “Crescimento de peixes (tilápia)” (problema descrito na pg 36 do capítulo 4), sobre considerar o problema, um problema real, 15 respostas foram “sim” e as outras 4 se preocuparam em considerar o problema real ou não pra localidade em que o aluno se encontra:

“Sim é um problema que se relacionaria com a realidade dos estudantes da localidade citada. Tem o mesmo significado de "real" para a sua investigação?”

“Para ser considerado um problema real, depende do ambiente de aplicação, há estudantes que não conhecem a realidade da criação de tilápias”.

Diante disso, levando em consideração a definição de problema real que já citamos, as outras 4 respostas também consideram o problema, um problema real, pois não trata-se de um problema imaginário.

No que se refere a considerar o problema do crescimento de peixes interdisciplinar, todas as respostas apontaram o problema como interdisciplinar. Veja algumas:

“Sim, porque a depender do modo como o professor explora tal situação, pode-se ter diferentes aulas, seja pensando nas funções que envolvem o crescimento e engorda dos peixes, a quantidade e espécie de alimentos que eles necessitam, as condições da água para o seu crescimento, até mesmo assuntos como saúde, educação, economia e outros”.

“Sim, embora o problema explore mais a questão Matemática, do peso do peixe, desenvolvimento e valores, há muita possibilidade de trabalhar com questões biológicas”.

“Sim. O problema relaciona o crescimento de uma determinada população com o estudo de funções Matemáticas”.

“Sim, relaciona diretamente conceitos da Matemática e da Biologia”.

“Sim. Porém não condiz muito com os temas matemáticos que costumo trabalhar com minhas turmas. Mas muito interdisciplinar!”.

“Sim. Ele pode ser utilizado em ambas as disciplinas, Matemática e Biologia”.

As respostas e suas justificações também nos levam a validação deste problema, pois todas foram positivas e de acordo com uma das respostas: “Tudo é válido quando se trata de aprendizado. E questões ambientais são sempre importantes e pertinentes”.

Destacamos ainda um comentário que considera o problema do crescimento de peixes (tilápia) “Um problema bem interessante, mas também bem complexo para os estudantes da Educação Básica. Seria bem interessante de ser trabalho com o auxílio de uma ferramenta tecnológica que permita plotar os gráficos e seguir com as análises”. Houve também outras respostas com sugestões de ferramentas e recursos para trabalhar com o problema. Isso representa que este professor já imaginou formas de aplicar o problema aos alunos. A ideia é que cada professor escolha o modo e as ferramentas que vai utilizar para trabalhar o problema, pois cada escola dispõe de recursos diferentes e/ou limitados, e cada turma de alunos é diferente, com capacidades e habilidades diferentes, e

ninguém melhor do que o próprio professor para fazer esse diagnóstico e estabelecer o melhor modo de trabalho para obter o máximo possível de contribuições para a aprendizagem de seus alunos.

As respostas sobre considerar o problema do Cruzamento genético (problema descrito na pg 41 do capítulo 4), real ou não foram 15 “sim”, uma “não” uma imparcial, e duas consideram o problema real se for da realidade dos estudantes, o que nos leva a um total de 17 respostas que consideram o problema real, pois não se trata de um problema imaginário.

A resposta imparcial foi a seguinte: “É uma situação curiosa. Envolve conhecimentos sobre a reprodução de determinado animal. Mas e se os alunos tivessem curiosidade em saber sobre diferentes animais?”. Nesta situação, o professor pode pesquisar sobre aspectos da reprodução de outros animais, e adaptar a situação problema para fazer proveito dessa curiosidade dos alunos e promover a aprendizagem. Ou, o professor passar para os alunos a tarefa de pesquisar sobre o tema, e modelar juntamente com eles uma nova situação problema, relacionada com o cruzamento genético. De acordo com Tomaz e David (2018), é natural associar modelagem matemática e interdisciplinaridade, pois ao abordar um tema, em geral, requer a integração de conhecimentos de várias áreas além do conhecimento matemático.

Das 19 respostas, 15 consideraram o problema do Cruzamento genético interdisciplinar, 2 respostas consideram que sim, mas condicionam essa afirmação a abordagem que o professor irá utilizar, uma resposta ficou na dúvida entre o problema ser interdisciplinar, ou contextualizado, e uma resposta não considerou o problema interdisciplinar.

Destacamos algumas respostas que consideram o problema interdisciplinar:

“Genética e probabilidade são conteúdos diretamente relacionados e podem ser explorados de maneira interdisciplinar, como neste problema”.

“Sim. Biologia usa ferramentas matemáticas para obter algumas respostas”.

“Sim. Nesse problema, a probabilidade e as relações referentes ao cruzamento genético caminham juntas, se apoiando uma na outra e dando sentido a ambas”.

“Sim, pois, utiliza-se a Matemática para se verificar a probabilidade de um ou mais filhotes herdar características dos familiares”.

As respostas que condicionaram o problema ser interdisciplinar a abordagem do professor foram:

“Uma situação que pode ser interdisciplinar, a depender da dinâmica do professor para desenvolver tal situação”.

“Pode ser um problema interdisciplinar, conforme abordagem do professor”.

O professor que respondeu não considerar o problema interdisciplinar argumentou que “Embora possa ser mais explorado, o problema traz mais aspectos específicos da Biologia, sendo que o conhecimento nesta área é suficiente para responder a questão. Até mesmo a questão da probabilidade pode ser respondida por meio deste conhecimento”. De fato um problema pode ser interdisciplinar dependendo da abordagem do professor, pois a interdisciplinaridade é uma atitude primeiramente individual, partindo da intenção e ação do professor.

A resposta que ficou na dúvida sobre interdisciplinaridade ou contextualização disse que “Esta atividade poderia ser proposta pelo professor(a) de Matemática ou pelo professor(a) de Biologia. Ela envolve conceitos matemáticos relativamente simples. Mas eu sempre fico em dúvida se a atividade é mesmo interdisciplinar ou se ela está contextualizada, apenas aplicando um conhecimento de outra disciplina”. A interdisciplinaridade ocorre pelas inter-relações entre conteúdos das disciplinas, e como este problema envolve temas de Biologia e Matemática, pode ser trabalhado de modo interdisciplinar, ou apenas contextualizado. Deste modo, como o problema do Cruzamento genético é um problema social e real ele é considerado também contextualizado. Portanto, um problema não precisa ser só interdisciplinar ou só contextualizado, ele pode estar na interseção desses dois conceitos.

Alguns dos comentários, além de considerar o problema interdisciplinar, nos levam à validação do problema:

“Tema muito curioso inclusive! Ótima sugestão para aulas de Matemática e ciências”.

“O desenvolvimento genético, é um tema em voga, e pode gerar interesse dos alunos na Biologia, medicina, ciências em geral, e desta forma se torna um problema interdisciplinar, por dar oportunidade de explorá-lo por diversos pontos de vista”.

O quarto problema analisado foi a respeito da proliferação de vírus, mais especificamente a Covid-19 (problema descrito na pg 31 do capítulo 4), uma doença causada pelo coronavírus e que em 2020 estabeleceu-se pelo mundo todo, resultando numa pandemia. Este tema/problema é extremamente atual e todas as respostas apontaram o problema como real. Entretanto na pergunta que questiona o problema como

interdisciplinar, tivemos 16 respostas afirmando considerar o problema interdisciplinar, duas respostas considerando interdisciplinar dependendo da abordagem do professor, e uma resposta afirmando que o problema não é interdisciplinar.

Das respostas afirmando a interdisciplinaridade presente, destacamos:

“Sim, o Coronavírus é um problema intersdisciplinar, múltiplo, que envolve a vida”.

“Sim. Conceitos de diferentes áreas do saber estão presentes no problema, em especial, Matemática e Biologia, entretanto, vejo a possibilidade de trabalhos com outras disciplinas também”.

“Sim, pois além de ser um tema muito importante, aborda conteúdos de diversas disciplinas”.

“Sim. Além de estar fazendo parte do dia a dia de todas as pessoas no mundo, a COVID-19 gera curiosidade e muito estudo por parte dos cientistas, que buscam encontrar respostas para os vários questionamentos sobre o tema, sendo assim, a interdisciplinaridade existe e se efetiva pelo fato de ser um assunto presente na vida de todas as pessoas, dando abertura para ser tratado de muitas formas”.

“Considero. A importância de levar para a sala de aula as reais situações permitem desenvolver seres mais acessíveis, menos negacionistas. Dados reais, situações de contaminação, como se dá a contaminação por vírus e a Estatística Matemática são formas de intervir e contribuir na formação de pessoas não influenciáveis por senso comum e sim por ciência”. Outra resposta faz referência ao professor como “luz da informação”, ressaltando que é necessário que os alunos tenham acesso e saibam informações verdadeiras e não mitos que muitas reportagens e notícias falsas trazem, colocando o professor como uma figura que tem a responsabilidade de ensinar e informar seus alunos do que é verdadeiro ou falso.

Dessas respostas, que consideram o problema interdisciplinar, destacamos uma que trás comentários e observações importantes:

“Embora as perguntas estejam mais voltadas para a área da Matemática, é possível explorar muitas questões por meio da Biologia. Como a própria reflexão do problema sugere, a questão da proliferação do vírus e medidas sanitárias para o controle do mesmo. Além disso, pode-se explorar questões da própria doença, como sintomas, como são produzidas as vacinas, etc”.

Dos professores que condicionaram a interdisciplinaridade à metodologia que o professor utilizará, destacamos o comentário:

“Por exemplo, se os alunos simplesmente realizam a atividade e o professor a corrige, onde está a interdisciplinaridade? Mas, se ocorre uma discussão deste problema, se o professor de Biologia e/ou outras disciplinas são convidados para a conversa a partir de suas perspectivas, mesmo que em suas aulas, acho que faria sentido chamar de atividade interdisciplinar”.

Sim, de fato a interdisciplinaridade se constrói no diálogo, na interação, a interdisciplinaridade é uma prática, que como já citamos, pode ser individual ou coletiva. De acordo com Tomaz e David;

Numa atividade interdisciplinar, o aluno realiza *transferência de aprendizagem* de uma situação para outra. Essa transferência de aprendizagem é a própria propulsora da aprendizagem situada, pois não se espera que algum conhecimento se preserve intacto de uma situação para outra nem que se crie sempre um conhecimento totalmente novo a cada situação (2018, p. 45).

Ou seja, a interdisciplinaridade é um processo interativo, aonde o conhecimento vai se consolidando no movimento de uma situação para outra, criando múltiplas possibilidades para o aluno desenvolver e/ou aplicar sua aprendizagem, sendo o professor quem conduz esse processo.

A resposta que nega o problema da covid-19 como interdisciplinar, justifica com o seguinte:

“A Matemática ajuda a entender as questões da rápida contaminação, mas a Biologia não é muito desenvolvida, ao menos como está apontado ali. Podem ser trabalhados de melhor forma os conteúdos de Biologia relacionado ao vírus, ao contágio, as formas de prevenção... Mas, como está no problema e nas questões mostradas, entendo que seja mais como uma forma de contextualizar a Matemática”.

Todavia, diante da maioria das respostas que consideram o problema interdisciplinar, e dos comentários: “Problema real e bem atual que pode ser explorado nas aulas de Matemática e Biologia”. “É muito atual com o que estamos passando. Ideal para trabalhar a interdisciplinaridade”. Consideramos o problema da proliferação do vírus, aplicado a pandemia de covid-19 validado.

No problema “Métodos de determinação do crescimento microbiano: Método de diluição seriada” (problema descrito na pg 38 do capítulo 4), 13 professores responderam

“Sim” ao serem questionados quanto a considerarem o problema real, 2 professores responderam “Não” e as outras 4 respostas foram:

“Se os alunos tiverem a produção leiteira como algo presente no seu cotidiano”.

“Apesar de haver um contexto, não acho que seria um problema efetivamente real. Ele se distancia mais da realidade dos estudantes do que o problema anterior, por exemplo”.

Aqui está presente a mesma situação que detalhamos na análise das respostas dos problemas anteriores, onde alguns professores avaliaram que o problema é real se está no cotidiano do aluno. Mesmo assim, estes professores consideram o problema real no sentido de não ser imaginário.

A afirmação de um professor: “Me parece um problema real. Mas devido aos meus conhecimentos de Biologia não posso afirmar”, é uma resposta perfeitamente natural, pois não esperávamos que os professores dominassem assuntos biológicos.

“Uma situação muito interessante, que a depender do contexto pode envolver os alunos. Por exemplo se tiver um laboratório para que os alunos possam vivenciar essas experiências seria maravilhoso”. Aqui o professor já imaginou os alunos fazendo na prática e tirando suas próprias conclusões.

Esta, com certeza, é uma possibilidade para o professor que tiver um laboratório a sua disposição, pois vai envolver os alunos diretamente na situação, permitindo que eles acompanhem o crescimento bacteriano dia após dia, e a diminuição do número de colônias conforme aumenta a dissolução do inóculo. Através disso, a situação torna-se palpável para o aluno influenciando diretamente na evolução de sua aprendizagem. De acordo com os PCN das Ciências Naturais:

Ao realizarem procedimentos de observação e experimentação, os alunos buscam informações e estabelecem relações entre elementos dos ambientes, subsidiados por informações complementares oferecidas por outras fontes ou pelo professor (BRASIL, 1997, p.37).

Ao oferecer um protocolo definido ou guia de experimento para os alunos, os desafios vão além de dominar os objetos do conhecimento, pois eles precisarão interpretar o protocolo, organizar e manipular materiais, observar os resultados e comparar com os esperados. Além disso, não existe experimento que não dê certo, pois quando os resultados diferem do

esperado, deve-se investigar a atuação de alguma variável ou aspecto que não foi considerado a princípio, gerando uma discussão que enriquece o processo (BRASIL, 1997).

Sobre considerar o problema Métodos de determinação do crescimento microbiano como interdisciplinar, das 19 respostas, 18 afirmam considerar o problema interdisciplinar e a outra resposta é do professor questiona e diferencia entre contextualização e interdisciplinaridade: “Repito minha resposta dada ao problema do cruzamento genético. Acho que pode ser abordado em ambas as disciplinas, mas não sei se este deve ser o critério para considerá-lo um problema interdisciplinar, mesmo que envolva Matemática e Biologia”.

Das respostas que consideram o problema interdisciplinar, destacamos as seguintes:

“Sim, é uma situação que envolve diferentes conteúdos. E se tiver um laboratório para que os alunos possam se envolver e fazer os experimentos, pode se tornar uma prática muito interessante, resultando em processos outros de ensino e de aprendizagem”. Além dessa resposta outras destacaram que o problema se enriquece se desenvolvido em laboratório.

“Sim, pelo fato deste ser um tema muito utilizado para modelar funções. Além disso, tem utilidade científica, e isso demonstra que pode ser tratado por diferentes disciplinas, explorando o tema e contribuindo para a evolução desse estudo”.

“Sim. O problema traz muita relação entre a Matemática e a Biologia, envolvendo a questão das bactérias juntamente com a proporção das mesmas, envolvendo diversos conteúdos ao mesmo tempo”.

“Sim, envolve conhecimentos científicos de diferentes áreas em um mesmo problema”.

Alguns comentários na justificativa de suas respostas, do mesmo modo que no problema da covid-19, comentam sobre a falta do detalhamento dos tópicos biológicos. Todavia, diante da grande maioria das respostas positivas e de comentários como “Eu particularmente amo esse assunto. Muito pertinente, interessante e curioso”, “Usarei nas minhas aulas!” e “Os dois componentes se ajudam no entender do procedimento” consideramos o problema “Métodos de determinação do crescimento microbiano: Método de diluição seriada” também validado.

De modo geral, todos os professores consideraram os problemas apresentados viáveis para serem abordados em sala de aula. Entre os cinco problemas, destacaram-se os problemas da decomposição do lixo e da COVID-19, “pois além de se abordar conteúdos

de Matemática e Biologia, contribuem para a conscientização da população sobre temas da realidade atual como nos cuidados na contenção do vírus que provoca a COVID - 19 e a importância da reciclagem do lixo”. Outro professor reforça a importância dos problemas da COVID-19 e da decomposição do lixo pois são “problemas atuais e que podem gerar o pensamento crítico e consciente, extremamente importante de desenvolvermos em sala”.

Referindo-se a todos os problemas:

“Acho muito interessante, são viáveis, pois trabalham com conceitos presentes no nosso dia-a-dia, e isso está muito em alta, inclusive é muito citado na BNCC”.

“Os problemas estão muito bem elaborados, trazendo temas atuais e situações reais, o que gera maior reflexão”.

“Quero usar nas turmas de estatística para compreensão de dados e tabelas.”

“Sim, particularmente eu gostei bastante dos problemas e acho que são propostas significativas para serem trabalhadas e discutidas em sala”.

“São problemas que além da interdisciplinaridade, foram pensados de acordo com a realidade, o que permite maior reflexão”.

Diante desses comentários, e de outros esta linha que não foram aqui citados, somos levados a acreditar na validação dos cinco problemas propostos, como viáveis, interessantes e possíveis de serem trabalhados de modo interdisciplinar. Como abordar o problema, quais as ferramentas a serem utilizadas, o grau de envolvimento dos alunos, fica a critério de cada professor, que conhece a estrutura de sua escola, as capacidades de seus alunos, e as parcerias que pode estabelecer com outros professores.

6.2.3 Benefícios ou pontos positivos da interdisciplinaridade entre Biologia e Matemática

De acordo com os PCN do Ensino Médio, a interdisciplinaridade na prática escolar tem uma função instrumental, não com o objetivo de criar novas disciplinas ou saberes, mas sim de utilizar os conhecimentos de várias disciplinas para resolver um problema concreto ou compreender um fenômeno sob diferentes pontos de vista. Além disso, afirma que a integração dos diferentes conhecimentos pode criar as condições necessárias para uma aprendizagem motivadora (BRASIL, 2000). Neste sentido, os professores afirmam que “trabalhar disciplinas atreladas sempre tornam as aulas enriquecedoras”, e “a aplicabilidade dos conceitos Matemáticos estimula os alunos em seu processo de aprendizagem”.

Numa das questões do segundo questionário, os professores foram indagados a responder se consideravam os problemas biológicos atrativos para os alunos. Um dos professores respondeu que “depende muito de como o professor vai explorar tais situações em aula. Depende dos conhecimentos e da parceria com outros professores para elaborar tais situações”. Já o restante dos professores consideraram os problemas atrativos para os alunos e justificaram com comentários, dos quais selecionamos alguns:

“É notável o interesse e participação quando abre-se essas ideias para trabalhar conteúdos com relação a prática”.

“Sim, pois mostra diferentes aplicações dos conhecimentos da Matemática e dá mais sentido à aprendizagem”.

“Sim, já que se está utilizando problemas reais, sendo que alguns fazem parte do dia - a - dia dos alunos e outros despertam curiosidade e os instigam a resolver”.

“Sim, pois eles tratam de assuntos que vivemos diariamente, e além disso, tratam da ciência, o que na minha opinião é atrativo aos alunos”.

“Considero atrativos, pois trabalham com problemas presentes no nosso dia-a-dia, são excelentes pois apresentam aplicações da Matemática”.

“Eles são atrativos pois trazem conhecimentos relacionados a problemas reais, não parecem estar relacionados com dados inventados. Com eles além de aprender Matemática, também ampliam a visão de mundo”.

Levando em consideração os comentários que citam que os problemas biológicos fazem parte do dia a dia dos alunos, de modo geral da sociedade, e dando ênfase para a frase do professor que expressa que os problemas biológicos além de possibilitar o aprendizado da Matemática, “ampliam a visão de mundo”, nos leva a citar uma fala muito pertinente de Tomaz e David (2018), que afirmam que o discurso escolar mediante a necessidade de dar conta da complexidade das situações a que os indivíduos estão sendo submetidos, incorpora as perspectivas da interdisciplinaridade e da contextualização, onde a Matemática escolar passa a ser vista como um meio de levar o aluno à participação mais crítica na sociedade, e é chamada a engajar-se na crescente preocupação com a formação integral do aluno como cidadão crítico, capaz de analisar e tomar decisões complexas.

Neste sentido, trabalhar problemas contextualizados, atuais, que fazem parte do dia a dia da sociedade, colabora para que o aluno se desenvolva como cidadão crítico, com opinião própria e discernimento. Os problemas biológicos que propomos, de acordo com os professores “trazem problemáticas da realidade, temas atuais”, ou pelo menos “alguns, sim,

como a decomposição do lixo, por ser um problema do dia a dia de todos, e o problema da COVID-19, por ser um tema extremamente atual”. Outro professor destaca “temas oportunos ao desenvolvimento econômico, como o melhoramento genético e a produção de tilápias”.

Outra pergunta realizada aos professores foi: Os problemas biológicos que apresentamos podem ser vistos como facilitadores do processo de ensino e aprendizagem? A maioria das respostas afirmam que sim, entretanto alguns professores colocam algumas condições para os problemas apresentados sejam facilitadores do processo de ensino e aprendizagem, “se forem bem explorados por professores das duas disciplinas”, ou “no caso de se ter uma parceria com um professor de Biologia, considero válidas essas discussões”. Estabelecer ou não parceria com professores de Biologia para trabalhar esses problemas, é uma escolha individual de cada professor. Além de trocar ideias, estabelecer parcerias de trabalho com outro professor, ou pegar contribuições com um professor de Biologia pode viabilizar muito um trabalho interdisciplinar, o professor também pode optar por buscar o conhecimento por si só, através do estudo individual, e mesmo assim conseguir conduzir com êxito uma atividade interdisciplinar.

Dos professores que consideram os problemas biológicos como facilitadores do processo de ensino e aprendizagem, destacamos as argumentações:

“Os estudantes gostam de problemas reais e também gostam de ser desafiados”.

“Fazendo relação entre mais de uma disciplina e com a realidade, ajuda os alunos a compreenderem e se interessarem pelo conteúdo, dando sentido a ele, e com isso, facilitando a aprendizagem”.

“Porque se está utilizando problemas reais para se trabalhar conteúdos do currículo de Matemática e Biologia e isso contribui para despertar o interesse dos alunos em aprender”.

“Porque aquilo que é "mais prático" estimula o pensamento do aluno, e pode favorecer a aprendizagem”.

“Relacionar áreas e conteúdos pode ser um dos nossos grandes aliados nesse processo”.

“Sim, pois vão estimular os alunos”.

“Sim, pois servem de motivação”.

Diante de todos esses argumentos, percebemos nas falas dos professores que os problemas biológicos são atrativos para os alunos, servem de estímulo e motivação,

portanto, estas características destacam-se como benefícios da interdisciplinaridade entre Biologia e Matemática, outro aspecto que se destaca como ponto positivo, é a oportunidade de trabalhar problemas contextualizados, que fazem parte do dia a dia da sociedade, colaborando para a formação integral dos indivíduos e para o desenvolvimento de cidadãos críticos. Além disso, os problemas biológicos foram considerados por 17 professores como facilitadores do processo de ensino e aprendizagem da Matemática sendo essa mais uma característica que se destaca como ponto positivo da interdisciplinaridade entre Biologia e Matemática.

6.2.4 Desafios da interdisciplinaridade

À medida que a prática interdisciplinar na educação trás muitos benefícios e contribuições positivas ao processo de ensino e aprendizagem, ela trás dificuldades e desafios aos professores que se propõe a fazê-la. Com o intuito de identificar quais são essas dificuldades e desafios, questionamos o grupo de professores com a seguinte pergunta: Com base na sua experiência, quais os aspectos que faltam para o professor conseguir aplicar a interdisciplinaridade?

Colocamos como sugestões de resposta três aspectos: Falta de formação e/ou informação, falta de apoio da equipe pedagógica e falta de material pedagógico, deixando a possibilidade de marcarem mais de uma opção, e de colocarem outros aspectos que consideram influenciar e/ou dificultar a viabilização da prática interdisciplinar.

Deste modo, 15 dos 19 professores consultados consideram a falta de formação e/ou informação como um aspecto que dificulta o trabalho interdisciplinar, 10 professores consideram que falta apoio da equipe pedagógica e 9 professores destacam a falta de material pedagógico interdisciplinar, um deles ainda comenta: “Não sei se existe um banco de dados com temas que possam ser usados”. Existem trabalhos científicos, dissertações, Trabalhos de Conclusão de Curso, relatos de experiência, que trazem algumas propostas interdisciplinares, e alguns livros didáticos também trazem normalmente ao final de seus capítulos, ou nas listas de exercícios, problemas, ideias e sugestões de trabalho integrado disciplinas.

Outro fator que apareceu em 7 das respostas foi a falta de tempo disponível para planejamento, conseqüentemente para o planejamento interdisciplinar, veja:

“Falta de tempo para pesquisas e preparação de material. Normalmente o número de aulas do professor é bem grande, tendo pouco tempo dedicado à preparação das aulas”.

“Falta de espaços e períodos na rotina escolar dos professores que possibilite o trabalho e desenvolvimento de projetos e atividades interdisciplinares”.

“Falta de tempo de planejamento: organizar uma atividade interdisciplinar, requer planejamento. Aplicar um problema por aplicar, sem explorar todas as suas possibilidades, não é o mesmo que aplicar a interdisciplinaridade”.

“Falta de planejamentos. Infelizmente nas condições de trabalho que o professor vive precisa de muita carga horaria e a falta de tempo acaba prejudicando um melhor desenvolvimento de suas aulas, inclusive a interdisciplinaridade”.

“O cotidiano de um professor do ensino básico é muito corrido, acaba sobrando pouco tempo para pesquisa e planejamento”.

“Acredito que falta vontade e algumas vezes tempo para o planejamento”.

A falta de tempo para planejamento e a falta de momentos de planejamento coletivo sem dúvida são os principais fatores que influenciam diretamente no desafio da realização de atividades interdisciplinares. Outro aspecto ligado a esse e que apareceu em muitas das respostas, foi de que o trabalho interdisciplinar seria potencializado quando houvesse a interação entre professores das diferentes disciplinas envolvidas, no caso de nossa proposta, a interação entre professores de Matemática e de Biologia, mas nem sempre essa interação é algo fácil, às vezes por “Falta de relacionamento e motivação com os colegas professores” de acordo com um dos professores, ou pelo aspecto citado acima, a falta de tempo para o planejamento conjunto.

Neste sentido, Tomaz e David colocam que, embora:

A articulação entre os professores das diversas disciplinas poderia ser um caminho para o desenvolvimento de ações sistemáticas de levantar aspectos comuns de sua prática com a de outro professor que trabalha com o mesmo grupo de alunos como uma alternativa para potencializar as oportunidades de interdisciplinaridade em sala de aula (2018, p. 131).

A exploração de articulações esporádicas feitas por professores e alunos é uma prática mais sistemática. Pois algumas situações em sala de aula que ocorrem esporadicamente também podem ser caracterizadas como atividades interdisciplinares, e para isso o professor deve ficar atento e aproveitar oportunidades no decorrer das discussões em sala de aula para chamar a atenção do aluno para possíveis relações entre conhecimentos das diferentes disciplinas escolares, além de dar espaço para o aluno fazer relações com outras aprendizagens, porque as oportunidades de mostrar as relações ocorrem, em geral, em situações não planejadas (TOMAZ; DAVID, 2018).

Os desafios para implementar a interdisciplinaridade em sala de aula são muitos, mas percebemos nas respostas dos professores pesquisados que estes acolheram a ideia de aplicar os problemas propostos e estão dispostos a usá-los em suas atividades.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Matemática é um componente curricular que pode ser introduzido e auxiliar na resolução de problemas de diferentes áreas do conhecimento, as potencialidades e recursos que a aplicação do conhecimento matemático trás para resolução e entendimento de problemas reais está expressa nos documentos que regulamentam o currículo escolar no Brasil. Estes documentos, assim como vários teóricos citados neste trabalho, expressam a importância de romper a compartimentação e as fronteiras das disciplinas, visando uma formação completa ao cidadão, utilizando para isso recursos como o trabalho interdisciplinar.

A concepção de interdisciplinaridade do grupo de professores consultado através do questionário vem ao encontro das teorias e definições estudadas. Além disso, os cinco problemas que colocamos para os professores analisarem no segundo questionário foram considerados por eles interdisciplinares, além de atrativos para os alunos. Também, foi possível perceber nas respostas que problemas biológicos explorados juntamente com a Matemática de modo interdisciplinar, servem de estímulo e motivação para a aprendizagem dos estudantes, constituindo-se como facilitadores do processo de ensino e aprendizagem.

Os problemas apresentados também foram considerados viáveis de serem trabalhados em sala de aula por todos os professores, embora alguns questionaram como seria a metodologia de aplicação das atividades. De fato, nos problemas apresentados não destacou-se uma metodologia específica, apenas disponibilizou-se um rol de problemas biológicos para o trabalho interdisciplinar entre Biologia e Matemática, com algumas sugestões de atividades, reflexões, temas que podem ser trabalhados, deixando a forma de abordar o problema, a sequência das atividades, o grau de envolvimento dos alunos a cargo de cada professor que decidir utilizar esses problemas, pois só o professor conhece a estrutura da escola onde trabalha, as capacidades e potencialidades de seus alunos, os recursos disponíveis entre outros fatores que influenciam em práticas diferenciadas.

Dentre os cinco problemas que os professores tiveram acesso, o problema da Covid-19 e da Decomposição do Lixo foram os mais elogiados citados em várias respostas como problemas de fundamental importância, atuais e do cotidiano de todos. Outros problemas como estes estão em nossa lista de problemas, como a absorção de drogas/remédio, crescimento/dinâmica populacional e o controle biológico de insetos. Além disso, os outros problemas que formulamos podem contribuir no entendimento do funcionamento de

determinados sistemas que influenciam diretamente em nossa vida, e contribuem para a formação integral de cidadãos.

Juntamente com os benefícios e pontos positivos da interdisciplinaridade podem vir dificuldades e desafios, entre eles estão à falta de apoio da equipe pedagógica, a falta de tempo disponível para planejamento, falta de relacionamento e motivação com os colegas professores e a falta de material pedagógico interdisciplinar. A lista de problemas biológicos que criamos, vem a ser uma ferramenta para amenizar esta última dificuldade citada.

Com a lista da descrição dos 13 problemas biológicos, esperamos incentivar professores a realizar o trabalho interdisciplinar entre Biologia e Matemática, utilizando os problemas que forem do seu agrado. E sugerimos que se possível, explore o problema em conjunto com um professor de Biologia, o qual poderá dar suporte no entendimento dos conteúdos mais específicos.

Futuras pesquisas podem ser desenvolvidas aplicando em sala de aula um ou mais dos problemas que propomos, ou modelando matematicamente a situação problema com os alunos, sendo possível identificar na prática os benefícios e contribuições da interdisciplinaridade entre Biologia e Matemática. Outro trabalho em potencial, é escolher um dos problemas mais amplos, e desenvolver um projeto que envolva vários professores da escola, cada um explorando os aspectos de seu entendimento com os alunos, práticas como esta com certeza enriqueceriam muito o processo de ensino e aprendizagem.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, Jorge Corrêa de; MÁRQUEZ, Rosa María García. Modelos De Von Bertalanffy e Gompertz para descrever os parâmetros de tamanho e peso médio de Tilápias. **Cadernos do Ime**: Série Matemática, Rio de Janeiro, v. 20, p. 41-50, 2008. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/cadmat/article/view/11849>. Acesso em: 19 abr. 2021.

BARBOSA, J. C. Modelagem Matemática: O que é? Por que? Como? *Veritati*, n. 4, p. 73- 80, 2004. Disponível em: http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/2010/artigos_teses/2010/Matematica/artigo_veritati_jonei.pdf. Acesso em: 23 jun. 2020.

BASSANEZI, R. C. **Ensino-aprendizagem com modelagem matemática**. São Paulo: Contexto, 2002.

BASSANEZI, Rodney Carlos; FERREIRA JUNIOR, Wilson Castro. **Equações diferenciais com aplicações**. São Paulo: Harbra, 1988. 572 p.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular – Ensino Médio**. Brasília: MEC, 2018.

_____. **Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs)**. Matemática. 1ª a 4ª série. Brasília: MEC/SEF, 1998.

_____. **Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs)**. Temas Transversais. 5ª a 8ª série. Brasília: MEC/SEF, 1998.

_____. **Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs)**. Ensino Médio. Brasília: MEC/SEF, 2000.

_____. **Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs)**. Temas Transversais. 5ª a 8ª série. Brasília: MEC/SEF, 1998.

_____. **Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs)**. Ciências Naturais. Brasília: MEC/SEF, 1997.

_____. **Instrução Normativa N° 76, de 26 de Novembro de 2018**. Brasília, 30 nov. 2018. Disponível em: https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/52750137/do1-2018-11-30-instrucao-normativa-n-76-de-26-de-novembro-de-2018-52749894IN%2076. Acesso em: 19 ago. 2021.

BRIDI, Jacira Helena; ANA, Marilaine de Fraga Sant²; GELLER, Marlise; SILVA, Juliana da. EL USO DE ACTIVIDAD DE LATORATORIO DE BIOLOGÍA PARA LA ENSEÑANZA DE MATEMÁTICA EN LOS AÑOS INICIALES: una estrategia interdisciplinaria de enseñanza y aprendizaje. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, Minas Gerais, v. 12, n. 3, p. 131-150, set. 2010. Quatrimestral. Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe , Espanha e Portugal. Disponível em:

<https://doaj.org/article/ae5ca6ab924841d299f6ba1d744a984c?gathStatIcon=true>. Acesso em: 20 abr. 2021.

CAMPOS, Maria Lúcia A. Moura; ABREU, Daniela Gonçalves de; FRANCELIN, Rodrigo; SANTOS, Michel Mozinho dos. **Poluição atmosférica e chuva ácida**. c2006. Disponível em: http://www.usp.br/qambiental/chuva_acidafront.html. Acesso em: 01 jul. 2021.

CARLOS, Jairo Gonçalves; SIERRA, Diana Fabíola Moreno; SOUZA, Aguinaldo Robinson de. EL CRECIMIENTO POBLACIONAL: UNA PROPUESTA PEDAGÓGICA PARA ABORDAR BIOLOGÍA, MATEMÁTICAS Y TICs. **Góndola: Enseñanza y aprendizaje de las ciencias**, Bogotá, v. 5, n. 2, p. 8-22, dez. 2010. Cuatrimestral. Disponível em: <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/GDLA/article/view/5211/6841>. Acesso em: 20 abr. 2021.

CARNEIRO, Roberto Rayala da Silva; SILVA, Lino Marcos da. Prática interdisciplinar no ensino da hereditariedade em escolas estaduais de Senhor do Bonfim – BA. **Revista Interdisciplinaridade**, São Paulo, n. 10, p. 31-40, abr. 2017. Semestral. Disponível em: <https://revistas.pucsp.br/interdisciplinaridade/article/view/32428/22465>. Acesso em: 02 ago. 2020.

CONCENTINO, Jéssica; COSTA, Juliana Aparecida Alves da; FERRUZZI, Elaine Cristina; WAIDEMAN, Adriele Carolini; CARGNIN, Claudete. ENCAMINHAMENTOS DA METODOLOGIA DE ANÁLISE DE DADOS: análise textual discursiva. **Encontro Paranaense de Educação Matemática**, Cascavel, set. 2017. Disponível em: http://www.sbemparana.com.br/eventos/index.php/EPREM/XIV_EPREM/paper/viewFile/222/12. Acesso em: 23 jun. 2021.

FOGAÇA, Jennifer Rocha Vargas. **Conceito de pH**. c2021. Disponível em: <https://www.manualdaquimica.com/fisico-quimica/conceito-ph.htm>. Acesso em: 01 jul. 2021.

SOUZA, Líria Alves de. **Solo fértil: influência do ph**. Influência do pH. c2021. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/quimica/solo-fertil-influencia-ph.htm>. Acesso em: 01 jul. 2021.

FRANCISCO, Portal São. **PH dos alimentos**. c2021. Disponível em: <https://www.portalsaofrancisco.com.br/alimentos/ph-dos-alimentos>. Acesso em: 01 jul. 2021.

GALVÃO, Bruno Henrique Andrade; SILVA, Gláudia Martins Balbino da. QUAL É O AGENTE ETIOLÓGICO (CAUSADOR) DA COVID-19? In: PERSUHN, Darlene Camati (org.). **ASPECTOS BIOLÓGICOS DA COVID-19**: um enfoque científico e didático. João Pessoa: Editora Ufpb, 2020. p. 10-11. Disponível em: <http://www.editora.ufpb.br/sistema/press5/index.php/UFPB/catalog/book/615>. Acesso em: 11 ago. 2021.

GALVÃO, Bruno Henrique Andrade. COMO O SARS-COV-2 É TRANSMITIDO E COMO PODE SER EVITADO? In: PERSUHN, Darlene Camati (org.). **ASPECTOS BIOLÓGICOS DA COVID-19**: um enfoque científico e didático. João Pessoa: Editora Ufpb, 2020. p. 17-19.

Disponível em: <http://www.editora.ufpb.br/sistema/press5/index.php/UFPB/catalog/book/615>. Acesso em: 11 ago. 2021.

JAPIASSU, Hilton. **Interdisciplinaridade e patologia do saber**. Rio de Janeiro: Imago, 1976. 221 p. (Logoteca).

LIMA, Káritas Farias Alves. **AValiação Biológica de Machos Esterilizados por Radiação Gama, para Utilização em Programas de Controle Populacional de *Aedes aegypti***: (diptera: culicidae). 2015. 85 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Biociências e Biotecnologia em Saúde, Centro de Pesquisas Aggeu Magalhães, Fundação Oswaldo Cruz, Recife, 2015. Disponível em: <https://www.arca.fiocruz.br/bitstream/icict/15830/2/2015lima-kfa.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2021.

MARQUES, Patricia Presotto Rodrigues. **Modelagem matemática a partir do desenvolvimento de experimentos práticos para o estudo de funções**. 2019. 78 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional, Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS, Chapecó, 2019. Disponível em: https://sca.proformat-sbm.org.br/tcc_get.php?cpf=09261416942&d=20200601114102&h=b9910c038f2b83c2fdef92362388c198d65d83e1. Acesso em: 03 abr. 2020.

MARQUES, Evanilde de Farias. **SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DA MITOSE SOB A PERSPECTIVA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA**. 2019. 63 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado Profissional em Ensino de Biologia em Rede Nacional (Profbio), Instituto de Ciências Biológicas, Universidade de Brasília, Brasília, 2019. Disponível em: https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/37761/1/2019_EvanildededeFariasMarques.pdf. Acesso em: 14 jul. 2021.

MATOS, Ângelo Paggi; MATOS, Anastácio Castelo. Tilapicultura em tanques-rede: uma realidade no oeste catarinense. **Agropecuária Catarinense**, [S.L.], v. 31, n. 2, p. 37-41, 2018. Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina. <http://dx.doi.org/10.22491/rac.2018.v31n2.2>. Disponível em: <https://publicacoes.epagri.sc.gov.br/RAC/article/download/249/221/2313>. Acesso em: 19 abr. 2021.

MENEZES, Maria Fernanda; SIMEONI, Caroline Posser; BORTOLUZZI, Débora; HUERTA, Katira; ETCHEPARE, Mariana; MENEZES, Cristiano. **MICROBIOTA E CONSERVAÇÃO DO LEITE**. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, [S.L.], v. 18, p. 76-89, 5 jun. 2014. Universidad Federal de Santa Maria. <http://dx.doi.org/10.5902/2236117013033>.

MINISTÉRIO DA SAÚDE, FUNDAÇÃO NACIONAL DA SAÚDE. **SÉRIE A, Nº 176: Dengue Aspectos Epidemiológicos, Diagnóstico e Tratamento**. Brasil: Ministério da Saúde, 2002. 20 p. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/dengue_aspecto_epidemiologicos_diagnostico_tratamento.pdf. Acesso em: 14 jul. 2021

MIRANDA, Elenita dos Santos. **Reflexões e desafios na construção de um projeto interdisciplinar no ensino médio**. 2007. 120 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pósgraduação em Educação em Ciências e Matemática, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007. Disponível em: <https://repositorio.pucrs.br/dspace/handle/10923/3069>. Acesso em: 21 abr. 2021.

MORAES, Roque; GALIAZZI, Maria do Carmo. ANÁLISE TEXTUAL DISCURSIVA: processo reconstrutivo de múltiplas faces. **Ciência e Educação**, Bauru, v. 12, n. 1, p. 117-128, 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ciedu/a/wvLhSxkz3JRgv3mcXHBWSXB/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 23 jun. 2021.

MORIN, Edgar. **A cabeça bem feita: repensar a reforma, reformar o pensamento**. 8. ed. Rio de Janeiro: Bertrand, 2003. 121 p. Tradução de Eloá Jacobina. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/mod/resource/view.php?id=2404248>. Acesso em: 07 maio 2020.

PEREIRA, A. F.; MEDEIROS, E. P. ; SILVA, M. G. ; SILVA, V. F. ; JOFILI, Z. M. S. ; LEAO, A. M. A. C. . **Articulação entre Biologia e Matemática: uma abordagem fundamentada nas provas do Enem**. 2011. Disponível em: <http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/viiiienpec/resumos/R1075-5.pdf>. Acesso em: 02 ago. 2020.

PESSOA, Wallace Felipe Blohem. COMO NOSSO ORGANISMO SE DEFENDE DO SARS-COV-2? In: PERSUHN, Darlene Camati (org.). **ASPECTOS BIOLÓGICOS DA COVID-19: um enfoque científico e didático**. João Pessoa: Editora Ufpb, 2020. p. 26-30. Disponível em: <http://www.editora.ufpb.br/sistema/press5/index.php/UFPB/catalog/book/615>. Acesso em: 11 ago. 2021.

PINTO, Pedro Cordeiro Estrela de Andrade. QUAIS SÃO OS HOSPEDEIROS NATURAIS DE SARS-COV-2? In: PERSUHN, Darlene Camati (org.). **ASPECTOS BIOLÓGICOS DA COVID-19: um enfoque científico e didático**. João Pessoa: Editora Ufpb, 2020. p. 20-25. Disponível em: <http://www.editora.ufpb.br/sistema/press5/index.php/UFPB/catalog/book/615>. Acesso em: 11 ago. 2021.

RIZZON, Bruna Moresco; MARCHIORO, Fernanda; GIOVANNINI, Odilon. Proposta de Ação Interdisciplinar para o Ensino de Trigonometria no Ensino Fundamental. **Scientia Cum Industria**, Caxias do Sul, v. 7, n. 3, p. 1-6, 2019. Semestral. Universidade Caxias do Sul. <http://dx.doi.org/10.18226/23185279>. Disponível em: <http://www.ucs.br/etc/revistas/index.php/scientiacumindustria/article/view/5890/pdf>. Acesso em: 20 abr. 2021.

SAMPAIO, Cassia Ferreira; SILVA, Amanda Gomes da. **Uma introdução à biomatemática: a importância da transdisciplinaridade entre biologia e matemática**. In: VI COLÓQUIO INTERNACIONAL "EDUCAÇÃO E CONTEMPORANEIDADE", 2012, São Cristóvão. Disponível em: http://educonse.com.br/2012/eixo_06/PDF/26.pdf. Acesso em: 29 jul. 2020.

SILVA JÚNIOR, Geraldo Bull da; GAZIRE, Eliane Scheid. Biologia e matemática dialogando no ensino médio? **Educação Matemática em Revista**, São Paulo, v. 1, n. 27, p. 19-26, ago.

2009. Trimestral. Disponível em:
<http://www.sbem.com.br/revista/index.php/emr/article/view/22/21>. Acesso em: 13 abr. 2020.

STROHSCHOEN, Andreia Aparecida Guimarães; REIS, Erisnaldo Francisco; QUARTIERI, Marli Teresinha. Modelagem matemática e leishmaniose: possibilidade de relação entre biologia e matemática. **Revemat**, Florianópolis, v. 11, n. 1, p. 177-193, jan. 2016. Semestral. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/revemat/article/view/1981-1322.2016v11n1p177/32135>. Acesso em: 03 ago. 2020.

TOMAZ, V. S.; DAVID, M. M. M. S. Os temas transversais e o fazer pedagógico na escola (Capítulo 1). In: TOMAZ, V. S.; DAVID, M. M. M. S. **Interdisciplinaridade e aprendizagem da Matemática em sala de aula**. 3.ed.,2.reimp. Belo Horizonte: Autêntica, 2008. Página 13 -27.

ZARA, Ana Laura de Sene Amâncio; SANTOS, Sandra Maria dos; FERNANDES-OLIVEIRA, Ellen Synthia; CARVALHO, Roberta Gomes; COELHO, Giovanini Evelim. Estratégias de controle do *Aedes aegypti*: uma revisão. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, [S.L.], v. 25, n. 2, p. 1-2, jun. 2016. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.5123/s1679-49742016000200017>. Disponível em: <http://scielo.iec.gov.br/pdf/ess/v25n2/2237-9622-ess-25-02-00391.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2021.

APÊNDICE A

PRIMEIRO QUESTIONÁRIO

PROBLEMAS BIOLÓGICOS E A MATEMÁTICA: UMA PROPOSTA INTERDISCIPLINAR PARA A EDUCAÇÃO BÁSICA

Bem-vindo(a) à pesquisa "Problemas Biológicos e a Matemática: Uma proposta de interdisciplinaridade". As informações solicitadas nas perguntas servem apenas para traçar um perfil do participante de nossa pesquisa. O próximo questionário vai abordar alguns problemas interdisciplinares entre Biologia e Matemática.

Desde já agradecemos, pois sua colaboração é muito importante para nós.

Professora Dra. Divane Marcon.

Mestranda Karen Daiana Battisti.

Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional - PROFMAT Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS - Campus Chapecó.

-
1. Nome completo:
 2. E-mail:
 3. Qual o nome da(s) instituição(ões) em que você atua?
 4. A(s) instituição(ões) em que você atua é(são):
Marque todas que se aplicam.
 Municipal
 Estadual
 Federal
 Particular
 5. Qual o município da(s) instituição(ões) em que você atua?
 6. É graduado(a) em:
 Matemática Licenciatura.
 Outro: _____

7. Possui pós graduação? Qual?

- Especialização
- Mestrado
- Doutorado
- Não possuo pós graduação

8. Há quantos anos você atua como docente em Matemática nos Ensinos Fundamental e/ou Médio?

9. Nas suas atividades em sala de aula você utiliza a interdisciplinaridade como uma ferramenta para o ensino?

- Sim
- Não

10. Se respondeu sim na pergunta anterior. Com quais áreas você relaciona suas atividades interdisciplinares? (Ex.: História, Artes, Ed. Física, Química, Física, etc...). Caso tenha respondido não na pergunta anterior, coloque "não se aplica".

11. Qual(is) sua(s) principal(is) fonte(s) de exemplos e/ou atividades interdisciplinares?

- Livro didático
- Internet
- Colegas de trabalho
- Não se aplica
- Outro: _____

APÊNDICE B

SEGUNDO QUESTIONÁRIO

QUESTIONÁRIO 2 – PROBLEMAS BIOLÓGICOS E A MATEMÁTICA: UMA PROPOSTA INTERDISCIPLINAR PARA A EDUCAÇÃO BÁSICA

Bem-vindos a segunda fase da nossa pesquisa, segue abaixo algumas informações importantes para orientá-los neste segundo questionário.

O arquivo em PDF anexo ao e-mail no qual você recebeu o link deste questionário, contém os problemas biológicos para você analisar e com base neles responder as questões que seguem neste formulário.

As perguntas contidas no arquivo em PDF, junto aos problemas, são sugestões de atividades para serem desenvolvidas/exploradas com/pelos os alunos, portanto, não é necessário responder.

O foco da nossa pesquisa está na interdisciplinaridade entre biologia e matemática, por este motivo, mesmo sabendo que existem conteúdos de outros componentes curriculares (disciplinas) que podem ser explorados com os problemas que apresentamos, vamos citar apenas os conteúdos destas duas áreas.

Sua colaboração é muito importante para nós, desde já, agradecemos.

Professora Dra. Divane Marcon.

Mestranda Karen Daiana Battisti.

Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional – PROFMAT Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS - Campus Chapecó.

➤ PRIMEIRA SEÇÃO

1. Nome completo:
2. Na sua concepção, o que é interdisciplinaridade?

➤ SEGUNDA SEÇÃO

PROBLEMA 1 - DECOMPOSIÇÃO DO LIXO

Veja a descrição do problema no arquivo PDF que veio anexo ao e-mail e responda as questões abaixo:

3. Você considera esse problema, um problema real?

() Sim

() Não

Outro

4. Você considera este problema, um problema interdisciplinar? Justifique.

➤ **TERCEIRA SEÇÃO**

PROBLEMA 2 - CRESCIMENTO DE PEIXES (TILÁPIA)

Veja a descrição do problema no arquivo PDF que veio anexo ao e-mail e responda as questões abaixo:

5. Você considera esse problema, um problema real?

Sim

Não

Outro

6. Você considera este problema, um problema interdisciplinar? Justifique.

➤ **QUARTA SEÇÃO**

PROBLEMA 3 - CRUZAMENTO GENÉTICO

Veja a descrição do problema no arquivo PDF que veio anexo ao e-mail e responda as questões abaixo:

7. Você considera esse problema, um problema real?

Sim

Não

Outro

8. Você considera este problema, um problema interdisciplinar? Justifique.

➤ **QUINTA SEÇÃO**

PROBLEMA 4 – COVID 19

Veja a descrição do problema no arquivo PDF que veio anexo ao e-mail e responda as questões abaixo:

9. Você considera esse problema, um problema real?

Sim

Não

Outro

10. Você considera este problema, um problema interdisciplinar? Justifique.

➤ **SEXTA SEÇÃO**

PROBLEMA 5 - MÉTODOS DE DETERMINAÇÃO DO CRESCIMENTO MICROBIANO

Veja a descrição do problema no arquivo PDF que veio anexo ao e-mail e responda as questões abaixo:

11. Você considera esse problema, um problema real?

Sim

Não

Outro

12. Você considera este problema, um problema interdisciplinar? Justifique.

➤ **SÉTIMA SEÇÃO**

13. Estes exemplos corroboraram e/ou ampliaram sua concepção sobre interdisciplinaridade? Justifique.

14. Os problemas apresentados, se encaixam na sua concepção de interdisciplinaridade? Justifique.

15. Você considera estes problemas interdisciplinares atrativos para os alunos? Por quê?

16. Você considera essas atividades que relacionam Biologia e Matemática interessantes e viáveis para serem abordadas em sala de aula?

17. Os problemas biológicos que apresentamos podem ser vistos como facilitadores do processo de ensino e aprendizagem?

18. Com base na sua experiência, quais os aspectos que faltam para o professor conseguir aplicar a interdisciplinaridade?

Falta de formação e/ou informação.

Falta de apoio da equipe pedagógica.

Falta de material pedagógico.

Outros: _____