



A ECOLOGIA NA DECOMPOSIÇÃO DE SERES VIVOS: UMA PROPOSTA DE ENSINO DE BIOLOGIA PARA O ENSINO MÉDIO

Bruna Rafaela de Paula Carvalho^{1*}, Delton Mendes Francelino^{2*} e Juliana Carolina Carvalho Melo^{3*}

¹Graduanda em Licenciatura em Ciências Biológicas no Instituto Federal do Sudeste de Minas - *Campus Barbacena*, MG.

²Orientador e Coordenador do Centro de Estudos em Ecologia Urbana - Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais – *Campus Barbacena*. Doutorando em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável na Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).

³Graduanda em Licenciatura em Ciências Biológicas no Instituto Federal do Sudeste de Minas - *Campus Barbacena*, MG.
E-mail: juliana_carvalho_melo@hotmail.com

Recebido em: 15/05/2020 – Aprovado em: 15/06/2020 – Publicado em: 30/06/2020
DOI: 10.18677/EnciBio_2020B1

RESUMO

Esta pesquisa teve como objetivo desenvolver um protocolo/guia prático de ensino, com foco em ecologia, para o ensino médio, intitulado “Guia de atividade prática/investigativa de ecologia associando conceitos de microbiologia e entomologia forenses”. No campo da educação, muito tem sido debatido sobre o papel e configuração do ambiente escolar diante das profundas mudanças tidas na sociedade do mundo moderno. A Base Nacional Comum Curricular (BRASIL, 2017) propõe que a escola precisa criar alternativas para o ensino mais dinâmico e atrativo, e não apenas tradicionalista, de forma a despertar nos discentes o gosto pelo aprendizado e não somente a memorização de conteúdos. A pesquisa foi dividida em três fases distintas: (1) revisão bibliográfica e debate; (2) ajuntamento de tópicos fundamentais da ecologia relacionados à ciência forense; e (3) reflexão/discussão e montagem do protocolo/guia prático educativo para o ensino médio. O quadro teórico elementar se baseou em autores como Costa (2010); Ricklefs; Relya (2016), Morin (2015) e Kohan (2019). Espera-se que o protocolo/guia prático de ensino de ecologia favoreça na disciplina o raciocínio lógico, a elaboração de hipóteses e a busca por respostas fundamentadas nos pressupostos científicos, que são essenciais para entender a ciência e perceber como a ecologia é de suma importância para o entendimento dos campos gerais da biologia.

PALAVRAS-CHAVE: Guia de ensino, Educação Científica, Processos ecológicos.

* ** Todos os autores contribuíram de forma igual para o estudo e para a elaboração do artigo.

ECOLOGY IN THE DECOMPOSITION OF LIVING BEINGS: A PROPOSAL FOR TEACHING BIOLOGY TO HIGH SCHOOL.

ABSTRACT

This research had as objective to develop a protocol / practical teaching guide, focusing on ecology, to high school, entitled “Guide of practical / investigative activity of ecology associating concepts of forensic microbiology and entomology”. In the educational area, much has been debated about the role and configuration of the school environment in the face of profound changes in society and in the modern world. The Brazilian law - *Base Nacional Comum Curricular* - (BRASIL, 2017), proposes that the school needs to create more alternatives of dynamic and attractive teaching, and not just traditionalist teaching, in order to awaken in the students a taste for learning and not just the memorization of contents. The research had three distinct phases: (1) bibliographic review and debate; (2) gathering of fundamental topics of ecology related to forensic science; and (3) reflection/discussion and construction of the protocol/educational practice guide for high school. The elementary theoretical framework was based on authors such Costa (2010); Ricklefs; Relya (2016), Morin (2015) and Kohan (2019). It is expected that the protocol/educational practice guide for teaching ecology will encourage logical reasoning in the discourse, the development of hypotheses and the search for answers based on scientific assumptions, that are essential to understand science and also how ecology is of paramount importance to understand the biology areas.

KEYWORDS: Teaching guide, Science Education, Ecological processes.

INTRODUÇÃO

Tem sido recorrente, na atualidade, debates e propostas de educadores e pensadores da educação acerca de modelos educativos que sejam ligados aos perfis da sociedade contemporânea, amplamente calcada em processos tecnológicos, acesso fácil à informação e construção de saberes diversos a partir de variados dispositivos (MORIN, 2015). O ambiente escolar brasileiro ainda sofre muito com o tradicionalismo e o engessamento de seus modelos, algo que não raras vezes desmotiva os alunos e docentes, prejudicando muito na absorção e transmissão do conhecimento (KOHAN, 2019). Nesse âmbito, professores e gestores da educação vêm, cada vez mais, a necessidade de entenderem a escola como ambiente múltiplo e diverso (MORAIS et al., 2020), e que precisa estimular mais que impor, construindo processos interdisciplinares como cerne das dinâmicas de ensino (BRASIL, 2017).

Nessa perspectiva, o ensino de biologia não é diferente. Sendo uma ciência da vida, de entendimento do planeta e suas dinâmicas bióticas e abióticas (RICKLEFS; RELYA; 2016), o campo biológico da educação precisa urgentemente de perspectivas mais participativas dentro das escolas. Neste sentido, e a partir dessas inquietações, esta pesquisa propõe a construção de um protocolo/guia de ensino de ecologia como um método didático alternativo e dinâmico, diversificado e adaptativo, para o ensino médio, focado no estudo de processos ecológicos (RICKLEFS; RELYA; 2016) a partir da observação da decomposição de um organismo. O foco é incentivar os alunos para que sejam agentes ativos na construção do conhecimento, como defende Kohan (2019), e compreendam a natureza de maneira investigativa e curiosa, contribuindo, a partir de saberes da ecologia, para a preservação e a conservação da mesma como um todo.

Ressalta-se a importância dessa metodologia para facilitar e aprimorar o conhecimento dos alunos, relacionando o conteúdo abordado com o cotidiano na criação do protocolo/guia de ensino de ecologia que englobe microbiologia e entomologia forenses na medida em que envolva os conteúdos programáticos das diferentes disciplinas em teoria e prática (MORIN, 2015). Sendo assim, o guia, fruto deste estudo, teve como objetivos específicos: permitir aos alunos observações mais práticas de tópicos em ecologia, de forma a obter maior interesse e participação no processo de aprendizagem (KOHAN, 2019); incentivar o tecer investigativo no ensino, nesse caso, a partir da ecologia, com associação às perspectivas da entomologia e microbiologia forenses; oferecer recursos para o estudo e acompanhamento do processo de decomposição, pós morte, de pequenos animais, como processo de geração de conhecimento.

Os processos metodológicos em geral do estudo se construíram a partir da ciência forense, com foco em entomologia e microbiologia forenses (COSTA, 2010), ecologia (RICKLEFS; RELYA, 2016) e educação (MORIN, 2015; KOHAN, 2019). O protocolo/guia de ensino favorece atividades práticas de cunho investigativo capazes de promover aprendizagem ativa, uma vez que os estudantes interagem com o fenômeno e por vezes necessitam rever ou aprender novos conceitos para, desta forma, dar sentido ao que acabaram de observar (MORAIS et al., 2020), estimulando melhor a compreensão dos temas, tornando-se multiplicadores no processo de ensino-aprendizagem. Para que os alunos sejam participantes diretos da proposta, o docente precisa favorecer situações que os façam refletir e gerar conhecimento para que, ao se depararem com situações imprevistas, consigam buscar informações e avaliá-las na busca pela solução do problema apresentado (PINHO et al., 2010). A metodologia exposta neste estudo traz um método construtivista, de acordo com perspectivas de Morin (2015), no qual o discente é ator ativo na aprendizagem e o docente age como um agente facilitador (BRASIL, 2017) no processo que orienta o aluno a buscar e gerar seus próprios saberes.

MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho foi desenvolvido metodologicamente a partir de três fases distintas, mas complementares: **(1)** revisão bibliográfica e debates em grupo; **(2)** ajuntamento dos aspectos e tópicos fundamentais dentro das ciências às quais o tema se relaciona; e **(3)** reflexão e proposição de um protocolo/guia prático de ensino de biologia, conteúdo ecologia (e suas competências) para o ensino médio. A proposta central do guia de ensino é desenvolver uma atividade prática de observação e acompanhamento do processo de decomposição de um ser vivo, de proporções pequenas, com as devidas condições sanitárias, entendendo e visualizando na prática a dinâmica ecológica da fauna cadavérica e, tecendo, assim, análises de cunho ecossistêmico/ecológico. †

A **fase 1** teve como fator chave a revisão bibliográfica, na qual leu-se e pesquisou-se, sobretudo, áreas da **ciência forense** (após leituras, definiu-se por ter Costa (2010) “Entomologia Forense - Quando os insetos são vestígios” como foco teórico dentro desse campo) objetivando entender melhor os processos de

†O animal, de pequeno porte, fruto de atropelamento, será oferecido por parceria com o Corpo de Bombeiros de Barbacena, que resgata esses corpos nas estradas da região. Importante destacar que este estudo não precisou passar por Comitê de Ética porque não envolveu esta prática de lidar com cadáveres dos bichos e nem lidou com pessoas. Trata-se apenas de uma proposição educativa.

decomposição e os seres vivos envolvidos no pós morte; **ecologia**, a partir de Ricklefs; Relya (2016), com a obra “Economia da Natureza”, para fins de entendimento e aplicação de conceitos e tópicos elementares em ecologia, como os sistemas ecológicos e interações entre espécies; e teóricos da **educação**, como Kohan (2019), com “Paulo Freire e o valor da igualdade em educação” e Morin (2015), a partir de “O conhecimento do conhecimento”. Esse corpo teórico, fortalecido a partir da Base Nacional Comum Curricular (BRASIL, 2017), figuram como o cerne metodológico deste estudo.

A **fase 2**, posterior aos processos de revisão, consistiu do levantamento, por cerca de 15 dias, dos tópicos fundamentais de ciência forense (sobretudo microbiologia e entomologia forenses), ecologia e educação que norteariam a discussão da pesquisa e que constituíram a base para as reflexões e proposições necessárias à fase seguinte. Logo, nesta etapa, as discussões em grupo, sobretudo tidas nos anos anteriores, nos quais debateu-se evolução, urbanidades e educação, foram elementares.

Por fim, a **fase 3** propôs, a partir dos processos e aprendizagens obtidos nas fase e 1 e 2, a construção de um protocolo/guia de ensino de biologia, direcionado ao ensino médio, com tema central em ecologia, mas com foco em ecologia da morte/decomposição, uma compreensão que se acreditou ser interessante para alavancar aspectos interdisciplinares.

A pesquisa tem processos relacionados ao Centro de Estudos em Ecologia Urbana, do IF Sudeste, Barbacena, MG, no qual, a partir de discussões tidas entre os anos 2018 e 2020, notou-se o favorecimento para um estudo que se direcionasse para a ecologia e também para processos educativos. Por isso, além do processo metodológico inicial (1), que se pautou na revisão bibliográfica, foi necessário estabelecer objetivos e temas chave para discussão e embasamento do estudo (2), para o desenvolvimento de um protocolo/guia de ensino (3), focado em ciência, especialmente competências chave para o ensino médio, de forma dinâmica, entendendo os saberes que todos os alunos têm como membros de uma sociedade, alçando uma educação libertadora que evidencie “um compromisso em restaurar essa capacidade e vocação quando esta estiver oprimida” (KOHAN, 2019, p.25).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os processos de revisão bibliográfica se pautaram a partir, *a priori*, do ajuntamento de palavras e termos chave que se ligassem ao entendimento da ciência forense, sobretudo relacionada ao estudo entomológico e microbiológico. Tal procedimento foi fundamental para se chegar à autora Costa (2010), que favoreceu diversas compreensões acerca do processo de decomposição, pós morte e relações iniciais para entendimento de alguns grupos de seres vivos envolvidos, como insetos, bactérias e fungos. Isso facilitou a abordagem posterior de tópicos em ecologia que pudessem ser relacionados ao processo de decomposição e também de inter-relacionamento com importantes aspectos da ecologia.

Por isso, para elaboração do guia de ensino de ecologia, foi preciso recorrer a Ricklefs; Relya (2016) e também a pressupostos do campo da educação, a partir de perspectivas de Kohan (2019) e Morin (2015). Essa revisão foi ainda complementada com a leitura de artigos científicos nas áreas de ciência forense, entomologia forense, microbiologia e ecologia que nortearam este estudo.

Sabe-se das dificuldades encontradas para o ensino de ciência nas escolas. Entendendo esses problemas enfrentados pelos docentes para estimular os discentes durante as aulas, o estudo aprofundou-se na proposição de um protocolo/

guia de ensino de Biologia que estimule os discentes a questionarem, terem reflexões críticas, relatarem erros e acertos, compararem informações e opinarem.

Esta proposta educativa (em anexo) busca oferecer aos alunos observações mais práticas dos principais tópicos de ecologia associados aos conceitos de microbiologia e entomologia forenses. Os alunos trabalharão tópicos de ecologia de forma investigativa e coletiva. A contextualização do conhecimento utilizando esses conceitos de forma interdisciplinar pode se tornar uma ferramenta valiosa para o ensino de Ciências/Biologia, de forma temática, procurando estabelecer interligações entre a vida cotidiana e conceitos a serem ministrados durante o processo de ensino. Esta proposta/guia de ensino pretende durar seis meses e pode abranger outras áreas, disciplinas, corpo docente e funcionalismo geral da escola. Por isso é compreendida como uma prática potencialmente interdisciplinar.

Entendendo melhor os processos envolvidos nos pós morte e decomposição de organismos a partir da ciência forense

A ciência forense é um campo muito relevante dentro de diversos contextos. Compreendida como uma ciência multidisciplinar, é importante pois associa aspectos ambientais, biológicos, dentre outros, na busca pela compreensão nos processos de decomposição dos organismos. A perspectiva forense favoreceu maior direcionamento de aspectos como os processos ambientais envolvidos na morte/pós morte e decomposição de seres vivos. Sendo assim, diversas questões associadas à decomposição, como a causa da morte, tempo e local podem ser respondidas a partir da análise com técnicas específicas empregadas nesse campo científico (COSTA, 2010). Segundo Paradela e Figueiredo (2007), o Brasil possui fauna entomológica de grande relevância para as pesquisas forenses em razão do clima tropical que favorece o desenvolvimento de alguns integrantes da fauna cadavérica.

A fauna cadavérica é um conceito que relaciona todos os seres envolvidos no processo decompositório. Os primeiros organismos a terem acesso a um corpo em decomposição são as bactérias e fungos presentes no interior ou exterior do corpo antes mesmo de sua morte (PURGATO, 2016). No entanto, a fauna decompositora é composta majoritariamente por insetos necrófagos ao longo da maior parte do processo, pois possuem órgãos sensitivos especializados e altamente adaptados para a detecção de odores putrefativos, o que lhes permite localizar os corpos em questão de minutos após a morte (D'OLIVEIRA, 2018).

Fungos e bactérias liberam para o ambiente importantes elementos químicos que estavam presentes nos restos dos seres vivos. Sendo assim, são essenciais para os ciclos biogeoquímicos, tais como o do carbono e do nitrogênio, uma vez que fazem com que esses elementos retornem para o meio abiótico (NOVO, 2017). O processo de decomposição necessita de três fatores básicos: umidade, calor e oxigênio. A umidade irá garantir a proliferação dos micro-organismos e permite que alguns esporos germinem. Já o calor irá acelerar esse processo, pois aumenta consideravelmente o número de micro-organismos em pouco tempo (NOVO, 2017). Por fim, haverá o oxigênio, que é necessário para a realização da respiração celular.

A partir da decomposição pode-se estudar e abordar como os nutrientes dos animais mortos, ao passarem por esse processo, voltam ao ecossistema sendo dessa forma reciclados constantemente. No fim da cadeia alimentar, fungos e bactérias são fundamentais (RICKLEFS; RELYA, 2016). A partir disso, tem-se o surpreendente funcionamento da natureza e a manutenção do equilíbrio ecológico a partir de um processo que envolve uma série de componentes do meio ambiente. Todos esses fatores foram preponderantes para a escolha pela proposição do guia

de ensino (em anexo), que buscará exatamente incentivar o olhar e prática científicas, a partir de aspectos da ecologia, a partir da observação da decomposição na prática de algum organismo.

De acordo com Ferro (2011), a degradação da matéria orgânica é atrativa para vários insetos e invertebrados que se alimentam dela e a utilizam como lugar de reprodução. Essa função de limpeza do ambiente torna os insetos muito importantes, prestando relevantes serviços ecossistêmicos (RICKLEFS; RELYA 2016). A presença de insetos necrófagos no cadáver pode dar pistas importantes sobre aspectos historicizantes da morte: como ocorreu ao ser vivo, características do local e também dados cronológicos.

A entomologia forense utiliza os insetos e artrópodes necrófagos como fonte de estudos para resolução de casos. Esses artrópodes utilizam as carcaças como alimento, local de reprodução e ovoposição; cada espécie faz esse ciclo em diferentes estágios da decomposição (COSTA, 2010). Dentre os insetos, os das ordens Coleóptera e Díptera são os que têm o desenvolvimento de seus estágios imaturos e adultos na carcaça e a utilizam como sítio de ovoposição e fonte de proteínas; eles são importantes para determinar algumas coisas sobre os estágios da morte e, também, sobre as circunstâncias que rodeiam aquele episódio (COSTA, 2010).

Estudos sobre a biologia, ciclo de vida, ecologia de insetos necrófagos e o conhecimento taxonômico dos dípteros e coleópteros necrófagos são essenciais para a entomologia forense (COSTA, 2010). O cadáver é uma fonte de energia, alimento, abrigo e reprodução de alguns insetos: os que se alimentam são chamados de necrófilos, aqueles que consomem os tecidos em decomposição, contribuindo para a aceleração da desintegração do corpo. Os outros o utilizam somente como esconderijo e local de ovoposição. Segundo Grella (2012), dentro da classe Insecta, a ordem dos Coleópteros representa a mais numerosa em espécies descritas e esses insetos ganharam importância na área forense por serem abundantemente encontrados associados ao material em decomposição.

A fauna entomológica cadavérica no Brasil apresenta ampla diversidade de espécies que se sucedem na carcaça, pois o processo de decomposição oferece condições ideais ao desenvolvimento (HOBSON, 1932; KEH, 1985). Os estudos em entomologia forense no Brasil indicam as moscas como os insetos de maior interesse na área, provavelmente pela diversidade desse grupo em regiões tropicais e, sobretudo, pela grande atratividade que a matéria orgânica em decomposição exerce sobre esses insetos adultos ou larvas, influenciando no comportamento e dinâmica populacionais das várias espécies, em nichos ecologicamente distintos.

Os besouros, insetos pertencentes à ordem Coleóptera, são o segundo grupo de insetos de maior interesse forense no Brasil, sendo encontrados nas carcaças tanto na fase adulta de desenvolvimento, quanto na fase imatura (larvas) (GUEDES; PREZOTO, 2019). O conhecimento sobre o processo de decomposição dos cadáveres é fundamental para fazer a estimativa do intervalo pós-morte, porém alguns fatores influenciam no processo de decomposição (COSTA JUNIOR, 2019). Logo ao ocorrer a morte, o organismo ingressa em um processo de putrefação, que se resume em um evento de destruição e transformação, que consiste, fundamentalmente, na decomposição e degradação da matéria orgânica, isso feito pelas bactérias aeróbicas e anaeróbicas (COSTA, 2010).

Um corpo em decomposição pode ser visto como uma miniatura de um ecossistema, o qual é caracterizado por uma sucessão de insetos que visitam o local (MILLER; NAPLES, 2002). Não é difícil compreender como um corpo pode ser

utilizado no processo de sucessão ecológica, na dinâmica variação de espécies, das interações e no comportamento dos nutrientes e da energia no sistema. Entretanto, é importante investigar como os processos interativos se dão. A possibilidade de aprender investigando os acontecimentos altera a relação das pessoas com o ambiente no qual elas vivem, estimulando a construção dos princípios de responsabilidade e comprometimento com a natureza. Relacionando a aspectos educativos, de acordo com Morin (2015), é possível traçar metodologias ativas que proporcionem um ensino mais atrativo, que trabalhe com o raciocínio lógico, linguístico, cultural e social, orientando uma antropoética, compreendendo o conhecimento como um aspecto indissociável da vida humana e das relações sociais.

Para que o conhecimento se construa é necessário que os discentes possam participar ativamente de todo o processo durante as aulas de biologia/ecologia, ou seja, que possam absorver a informação, participar, pesquisar e dialogar com todo desenvolvimento investigativo observado durante a decomposição e, assim, obter a compreensão dos processos ecológicos que ali ocorrem, que necessariamente também envolvem outros tópicos da biologia, como a microbiologia e a entomologia (no guia, em anexo, isso fica mais claro). Assim, os conhecimentos sobre os processos ecológicos precisam ser analisados para que o entendimento e elaboração do protocolo/guia de ensino sejam eficientes durante o processo de aprendizagem.

Tópicos importantes de ecologia, em associação com a entomologia e microbiologia forenses, para elaboração do guia/protocolo de ensino

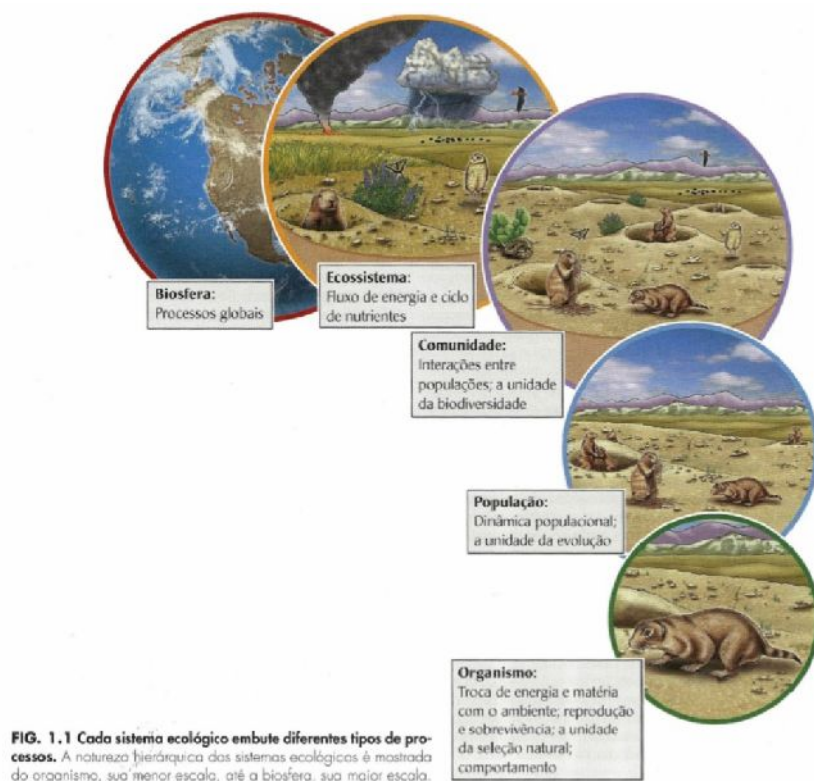
A partir da conciliação de saberes da ciência forense (com foco na entomologia e microbiologia) e da ecologia, acredita-se que os discentes poderão aprender mais sobre como os organismos relacionam-se entre si, com o ambiente que os cerca e todos os outros fatores que os afetam diretamente. A ecologia é uma ciência que se preocupa com todos os fatores que afetam um organismo, as populações, as comunidades, o ecossistema e até a biosfera, sejam eles químicos, físicos ou biológicos (RICKLEFS ; RELYA, 2016). Como o próprio nome indica, a Ecologia faz o estudo da “casa” Terra, os vários níveis de relações e correlações entre seres vivos e o planeta.

Buscando selecionar tópicos relevantes da ecologia para ensino médio, e de acordo como que prevê diretrizes governamentais de educação, como a Base Nacional Comum Curricular (BRASIL, 2017), optou-se, para a elaboração do guia/protocolo de ensino, por aspectos de ecologia que se relacionem diretamente com o processo de decomposição (importante destacar que essa temática é recorrente no ENEM - Exame Nacional do Ensino Médio). Nesse sentido, estudar e analisar os ciclos de vida dos organismos é uma pauta fundamental, assim como aspectos acerca da dinâmica populacional ao longo do tempo. Quando um organismo morre ele atrai diversos outros organismos, provocando os movimentos de emigração e imigração, que favorecem o aumento e a diminuição da densidade populacional, contribuindo também para regulações de populações (RICKLEFS; RELYA; 2016). Por isso, decidiu-se por dar especial foco aos sistemas ecológicos, discutindo e aprofundando sobre cada um e, posteriormente, orientando-se para a atividade prática central do guia de ensino. Partiu-se da compreensão basilar de que um organismo ou uma população são sistemas ecológicos, assim como uma comunidade, um ecossistema ou toda a biosfera. Após a morte de um organismo

começará a se formar um sistema ecológico menor que será um subconjunto de um próximo maior (RICKLEFS; RELYA; 2016).

Fortalecendo essas percepções, Ricklefs e Relya (2016) oferecem uma sistematização gráfica interessante sobre a dinâmica dos sistemas ecológicos, abaixo disposta:

FIGURA 1: Sistemas ecológicos



Fonte: Ricklefs; Relya (2016, p.4)

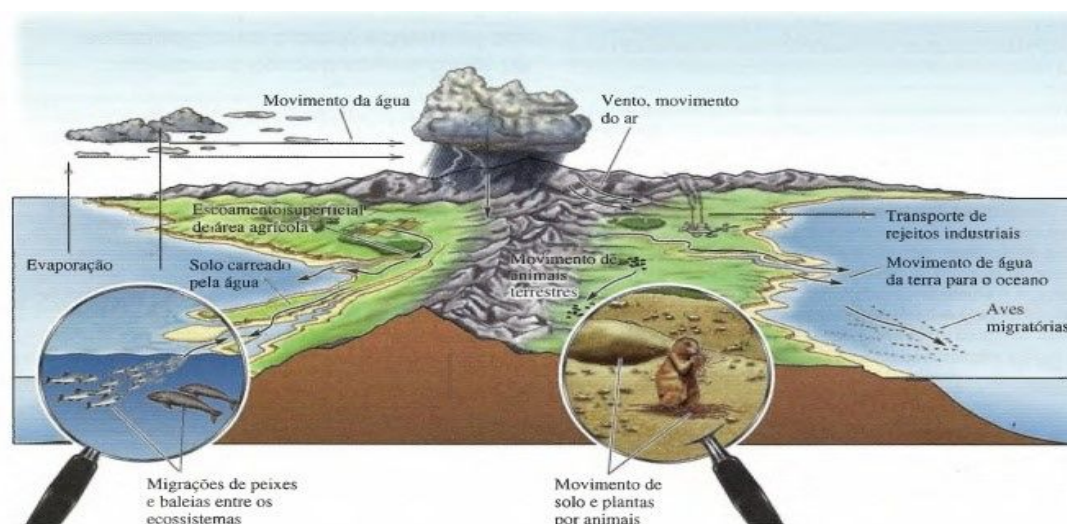
Assim, este estudo procurou embasar-se nesses tópicos acerca de sistemas ecológicos e suas interpretações, a partir da decomposição de um organismo. Dessa maneira, também foi relevante entender melhor aspectos biofísicos que marcam a dinâmica de ecossistemas e biosfera, bióticos (vivos) e abióticos (não vivos, como o solo, a água e o ar). A síntese desses processos está na figura 1, que destaca, também, a interação das espécies. É propósito que estas temáticas sejam oferecidas para os estudantes antes e durante a atividade prática que o guia de ensino propõe realizar, ao longo de seis meses.

O organismo é a unidade mais fundamental da Ecologia (RICKLEFS; RELYA, 2016). Cada ser vivo faz parte de uma espécie e vive em contato com o meio físico (meio abiótico) e em contato com outros seres vivos (meio biótico). O organismo está em constante troca de energia e matéria e seus objetivos são sobreviver e reproduzir (RICKLEFS; RELYA; 2016). O conjunto de indivíduos de uma mesma espécie que vive em um mesmo lugar é conhecido como população. As populações possuem características próprias, apresentando aspectos diversos no que se refere ao controle e na sua distribuição (quando há equilíbrio ecossistêmico). Já o conjunto de diferentes espécies que vivem em um determinado lugar é chamado de comunidade, e é regulado pelas relações que são observadas entre as populações, como a dinâmica de presas e predadores, parasitas e hospedeiros, ou relações

mutualísticas (RICKLEFS; RELYA; 2016). Todo corpo que morre, todo nutriente que entra no sistema e toda energia que é usada, formam o ecossistema. É nesse âmbito que se estudam as ciclagens de nutrientes e o fluxo de energia (RICKLEFS; RELYA; 2016).

Como mostrado na Figura 1, a complexidade de todos os ecossistemas (todos os organismos e ambientes juntos) forma a biosfera. Os ecossistemas estão interligados através dos fluxos de energia, que estão em constante produção; e os ciclos de nutrientes, que nunca são criados, apenas se renovam no sistema (RICKLEFS; RELYA; 2016). Diferentes partes da biosfera estão interligadas pelo movimento do ar, da água e dos organismos e influenciam diretamente no processo de decomposição, bem como afetam e selecionam quais organismos participarão e se beneficiarão durante esse processo, conforme disposto figura abaixo:

FIGURA 2: Complexidade ecossistêmica



Fonte: Ricklefs; Relya (2016, p.4)

As **figuras 1 e 2** permitem notar o modo como todos os processos que fundamentam a vida, e também a morte/decomposição, estão correlacionados. Para o ensino de biologia, isto é de fundamental relevância, até para estimular o aluno a participar mais ativamente do processo de aprendizagem, contextualizando conhecimentos de vida, observações e fatos que todos vivenciaram. Espera-se que esse guia/protocolo de ensino de ecologia favoreça aspectos como a lógica, a elaboração de hipóteses e a busca por respostas fundamentadas nos meios científicos, que são essenciais para o fazer científico, auxiliando no entendimento da ecologia.

Bases reflexivas para o guia de ensino de ecologia com base na observação do processo de decomposição

Conforme discutido previamente, a partir de um animal morto, encontrado atropelado, de tamanho pequeno, (que pode ser obtido em parceria com órgãos como o Corpo de Bombeiros), podem ser analisados como ocorrem os processos envolvidos na ecologia da morte, na decomposição, de forma investigativa, explorando os cinco passos de uma investigação científica: observação, registro, questionamento, experimentação e conclusão. As autorizações para o referido trabalho devem ser buscadas e oferecidas pela Escola e cabe ao docente que

deseje seguir o guia, cuidar para que tudo fosse tramitado de forma ética. O objetivo é apresentar uma metodologia ativa para o ensino médio utilizando a interdisciplinaridade da ciência forense associada ao ensino de Ecologia. Destaca-se que esta é uma proposta para docentes de biologia, sobretudo do contexto formal de educação, mas que também pode ser incentivo para outros projetos, alternativos, e não formais.

Segundo a Base Nacional Comum Curricular (BRASIL, 2017) o professor deve criar novas alternativas metodológicas que despertem o gosto pelo aprendizado e não uma simples aquisição de conhecimento por meio da memorização. A prática investigativa em Ciências permite que os alunos sejam vistos como sujeitos históricos, construtores de sua aprendizagem (MORAIS et al., 2020). A aprendizagem desperta processos internos de desenvolvimento que somente podem ocorrer quando o indivíduo interage com outras pessoas (PUHL et al., 2019). Daí a importância da prática investigativa aplicada ao ensino de Ecologia, pois promove diferentes experimentações que se fazem na troca compartilhada entre professor e alunos. O processo de ensino e aprendizagem engloba uma série de questionamentos como a própria definição do que é aprender e ensinar. Por esse motivo torna-se necessário que os educadores sejam capazes de compreender as diferenças de cada ação e saber escolher a melhor maneira com a qual trabalhará determinados temas. Os seus métodos devem ser revistos a cada momento, já que o ato de ensinar não pode ser algo estagnado, mas precisa passar por reformulações constantes para que a aprendizagem do aluno seja alcançada. Por esse motivo é preciso não apenas absorver conceitos, mas também colocá-los em prática (KOHAN, 2019).

A proposta do protocolo/guia de ensino é estimular os discentes a compreenderem e aplicarem a ecologia a partir da observação da decomposição de um organismo, observando cada etapa e cada processo ecológico que ocorre. Quando o aluno argumenta sobre um conceito científico, ele está processando cognitivamente toda a sua compreensão da atividade (MORAIS et al., 2020). A prática investigativa terá duração de seis meses e será elaborada concomitantemente às aulas de biologia. O professor pode aproveitar o trabalho feito para desenvolver outros tópicos para o ensino médio. Acredita-se que este estudo é focado sobretudo para o segundo ano (embora em alguns contextos o tópico Ecologia seja trabalhado no terceiro ano). As práticas propostas pelo guia trarão possibilidades para que os talentos e as habilidades dos discentes possam ser demonstradas durante o processo de ensino-aprendizagem. Aspectos como a valorização da coletividade e compartilhamento de processos também serão fundamentais e caberá ao docente reconhecer potencialidades e possíveis debates, que poderão surgir do processo geral. Também é importante destacar que a aplicação do guia poderá ser maleabilizada, adaptada, uma vez que, de acordo com diferentes âmbitos, outras ideias e propostas poderão surgir. É até positivo que isso ocorra.

De forma sucinta, tendo-se em vista que o guia está disponível em anexo, a proposta se baseará em alguns aspectos fundamentais. Inicialmente, é relevante que os alunos, sob a tutela do professor, façam questionamentos relativos à temática escolhida. A partir disso, grupos de cinco pessoas (sugestão) serão divididos para que se possa incentivar a troca de experiências, conhecimento e curiosidades entre eles. A escolha dos membros do grupo não pode ser feita por livre escolha dos discentes, já que isso pode gerar discriminações. Cada grupo terá um líder. Os grupos atuarão com diferentes focos, mas todos observando os

processos de decomposição. É possível que mais de um processo de decomposição seja objeto de estudo. Será relevante que cada sistema ecológico seja reconhecido e debatido para que, ao final da experiência, possam trocar conhecimentos com os outros grupos e assim aprenderem a compartilhar saberes baseados em métodos científicos.

A proposta da prática investigativa objetiva ir além da técnica, oportunizando o desenvolvimento de estratégias por cada grupo de alunos, que sempre compartilharão os resultados, a partir de uma agenda específica. O docente precisará estimular os estudantes a investigarem mais sobre os temas e os tópicos em estudo, nas bases disponíveis, via internet ou mesmo biblioteca, facilitando a proposição de mais problemas para investigação. É importante que cada grupo tenha divisão de funções, inclusive com alunos responsáveis por fotografar os processos verificados para posterior análise e debate.

Um aspecto fundamental para o guia é a elaboração de um portfólio para cada grupo, ou para cada estudante, permitindo que os discentes examinem os acontecimentos e proponham questionamentos e ideias, interagindo com a realidade e aprendendo também com pesquisas em livros, revistas, sites e com suas próprias vivências, além dos conhecimentos ensinados em sala de aula. Para que os objetivos do guia sejam alcançados, o professor precisa ter clareza dos princípios citados, porque, desta forma, o docente, a partir desse processo, promoverá e estimulará os educandos a buscarem mais conhecimentos e se interessarem por práticas mais ativas. O desenvolvimento desta atividade poderá ser adaptada de acordo com a realidade da escola ou local na qual será trabalhada. O tempo, de seis meses, é uma proposição, uma vez que cada educador poderá pensar e adaptar de acordo com suas prerrogativas.

CONCLUSÃO

O guia/protocolo de ensino em biologia foi proposto englobando áreas como ecologia, microbiologia e entomologia forenses, a partir do estabelecimento de interligações entre o processo de decomposição e os conceitos a serem ministrados pelos docentes para o ensino médio, com pauta ecológica. Acredita-se que propostas como esta possam auxiliar os docentes nas escolas, estimulando olhares e perspectivas diferentes das convencionalmente disponíveis, na tentativa de compreender os alunos não como meros expectadores frente ao processo do conhecimento, mas sim sujeitos ativos e conscientes. Esta proposta não substitui o livro didático, mas complementa-o, permitindo que os conhecimentos sejam contextualizados, promovendo a elaboração de conceitos a partir de uma prática construtiva de ensino e aprendizagem.

Nota-se que a contextualização do conhecimento utilizando a Ciência Forense pode se tornar uma ferramenta valiosa para o ensino, pois alia a interdisciplinaridade de conteúdos à curiosidade despertada nos alunos, tornando o aprendizado mais significativo e produtor. Além do mais, essa metodologia investigativa é uma forma de estimular o aluno a participar do seu processo de aprendizagem, o que acarreta abandonar a postura passiva típica do modelo mais tradicional de ensino.

Na trajetória escolar, os estudantes precisam, gradualmente, serem orientados para a compreensão profunda da natureza, das explicações, dos modelos e das teorias científicas, bem como das práticas utilizadas. Em outras palavras, todos os alunos têm direito de aprender estratégias para pensar cientificamente. Trata-se de uma pesquisa que pode ser ampliada para outros

campos e aplicabilidades práticas, sempre em consonância com as diretrizes educacionais das instituições envolvidas.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Educação. **Base nacional comum curricular**. Brasília: MEC/SEB, (2017). Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_sit e.pdf. Acesso em: 15 abr. 2020.

COSTA J.O. Entomologia Forense: **Quando os insetos são vestígios**. 3ª edição, 2010.

COSTA JUNIOR, P. H.O Conteúdo Decomposição Orgânica no Ensino Médio: Análise do livro didático e de uma atividade experimental. **Universidade Federal de Pernambuco**, [s. l.], p. 1-111, 2019. Disponível em: <https://attena.ufpe.br/bitstream/123456789/36759/1/DISSERTA%C3%87%C3%83O%20Paulo%20Herton%20Costa%20Junior.pdf>. Acesso em: 19 abr. 2020.

D'OLIVEIRA, R. C. B. F. Fauna Necrófaga Associada à Carcaças e Zonas Fisicamente Mapeadas de Interesse Entomoforense no Estado do Rio Grande do Norte. **Universidade Federal do Rio Grande do Norte**, Natal/RN, p. 1-64, 2018. Disponível em: https://repositorio.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/26458/1/FaunaNecr%C3%B3fagaAssociada_D%27oliveira_2018.pdf. Acesso em: 20 abr. 2020.

FERRO, B. G. Entomofauna necrófaga associada à decomposição de carne bovina em uma localidade de Sorocaba – SP. 25 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) **Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, Sorocaba**, 201, 2011.

GRELLA, D. M. Levantamento da fauna de Coleoptera (Insecta) de importância forense associada a carcaças de cabra tratadas e não tratadas com ivermectina em Campinas, SP. **Sociedade Entomológica do Brasil**, 2012. Disponível em: http://www.seb.org.br/cbe2012/trabalhos/1436/1436_1.pdf. Acesso em: 27 mai. 2020.

GUEDES, M. S.; PREZOTO, H. S. Cadáveres e sua Diversidade de Insetos: uma revisão. **Associação Propagadora Esdeva**, [s. l.], p. 1-16, 2019. Disponível em: <https://seer.cesjf.br/index.php/biologica/article/viewFile/2292/1519>. Acesso em: 20 abr. 2020.

HOBSON, R. P. Studies on the Nutrition of Blow-fly Larvae. III. The Liquefaction of Muscle. **Journal of Experimental Biology**, Cambridge, 9:359-365,1932.

KEH, B. Scope and Applications of Forensic Entomology. *Ann Rev Entomol* 30: 137-154,1985.

KOHAN, W. O. **Paulo Freire e o valor da igualdade em educação**. *Educ. Pesqui.*, v. 45, e201600, 2019. ISSN: 1517-9702 . DOI: 10.1590/s1678-4634201945201600.

MILLER, J. S. NAPLES, V.L. Forensic Entomology for the Laboratory-based Biology Classroom. **The American Biology Teacher** 64, 136-142, 2002.

MORAIS, A. M.; NEVES, I. P.; FERREIRA, S.; AFONSO, M.; SILVA, P. Conceptualização e Coerência Curricular em Educação Científica: Uma Proposta de Intervenção Pedagógica. **Investigações em Ensino de Ciências**, [s. l.], p. 1-22, 2020. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2020v25n1p99>. DOI: 10.22600/1518-8795. Acesso em: 30 abr. 2020.

MORIN, E. **O Método III: conhecimento do conhecimento**. Porto Alegre: Sulina, 2015.

NOVO, P. P. Microbiologia Forense e Estimativa do Intervalo Postmortem. **Universidade do Porto**, [s. l.], 2017.

PARADELA, E. R.; FIGUEIREDO, A. L. S.; GREDI, R. Entomologia forense: insetos aliados da lei. **Jus Navigandi**, Teresina, ano 12, n. 1537, 16 set. 2007. Disponível em: <http://jus.com.br/artigos/10410>. Acesso em: 27 mai. 2020.

PINHO, S. T.; ALVES, D. M.; GRECO, P. J.; SCHILD, J. F. G. Método situacional e sua influência no conhecimento tático processual de escolares. **Motriz: Revista de Educação Física**. Rio Claro, v. 16, n. 3, p. 580-590, jul./set. 2010

PUHL, C. S.; MULLER, T. J.; LIMA, I. G. Circuito De Equações: Uma Estratégia Para A Aprendizagem Ativa. **Revista Eletrônica de Educação Matemática**, [s. l.], p.1-18, 2019. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/revemat/article/view/1981-1322.2019.e57310>. DOI:<https://doi.org/10.5007/1981-1322.2019.e57310>. Acesso em: 19 abr. 2020.

PURGATO, N. Decomposição e Sucessão Ecológica de Insetos Associados a Carcaças De Suínos (*Sus scrofa* L.) em uma zona de Transição no Sudeste do Brasil, com Ênfase nas Ordens Diptera e Coleoptera. **Universidade Estadual de Campinas Instituto de Biologia**, Campinas - SP, p. 21, 6 jun. 2016. Disponível em: http://repositorio.unicamp.br/jspui/bitstream/REPOSIP/314348/1/Purgato_NatanedeCassiaSibon_M.pdf. Acesso em: 25 abr. 2020.

RICKLEFS, R. E.; RELYA, **A Economia da Natureza**. Editora Guanabara, SP, 2016.

ANEXO I

GUIA DE ATIVIDADE PRÁTICA/INVESTIGATIVA DE ECOLOGIA ASSOCIANDO A CONCEITOS DE MICROBIOLOGIA E ENTOMOLOGIA FORENSES

Guia/ Protocolo de ensino de Ecologia investigativo com conceitos de Microbiologia e Entomologia forenses a partir de experiências/contato dos docentes e discentes com um animal, pós morte, em decomposição.‡

‡Sugere-se que seja um animal de porte pequeno ou médio e que seja obtido a partir de parcerias com órgãos como os Bombeiros, que coletam seres vivos atropelados em estradas. Não incentivar os alunos a utilizarem animais domésticos e nem silvestres e sem anuência da escola, pois pode figurar como crime ambiental.

Proposta geral: Motivar os discentes a participarem de forma mais ativa dos processos de aprendizagem, com uma proposta alternativa baseada em princípios e competências da Base Nacional Comum Curricular (BRASIL, 2017). É intento que observações mais práticas dos conteúdos de Ecologia sejam estimuladas, associando conceitos de Microbiologia e Entomologia forenses. Esta proposta é direcionada aos docentes e discentes do Segundo ou Terceiro ano do Ensino Médio (de acordo com especificidades estaduais, o conteúdo de Ecologia pode variar no livro didático, nesses anos) e será trabalhada durante 6 meses. Durante este período, enquanto observam os processos de decomposição, o professor lecionará o conteúdo de Ecologia mostrando a interdisciplinaridade dos conteúdos aos alunos e norteando-os quanto à metodologia que precisam para compreenderem os meios essenciais para fazer ciência.

Público alvo: alunos do segundo ou terceiro ano do Ensino Médio. **Tópico geral:** Ecologia, com abordagens interdisciplinares que os docentes poderão implementar de acordo com os contextos de cada escola.

FASE	ORGANIZAÇÃO	DEFINIÇÕES RELEVANTES
1	<p>A turma deverá ser dividida em grupos, com no máximo 5 pessoas. Cada grupo ficará responsável por montar seu próprio diário de bordo (portfólio). É importante que o professor tenha oferecido, previamente, algumas informações elementares sobre os processos de decomposição e conceitos de Microbiologia e Entomologia Forense associados a tópicos importantes da Ecologia. Após cada etapa os membros dos grupos deverão registrar e fotografar cada passo.</p>	<p>- O professor oferece aos grupos orientações gerais sobre os microrganismos, como se inicia o processo de decomposição, a chegada dos insetos e de outros organismos. Relevante associar todas as etapas ecológicas que ocorrerão durante esse processo, como movimentos de emigração e imigração, densidade populacional, regulação de populações e sistemas ecológicos.</p> <p>- A ideia é que os alunos pratiquem a atividade e o professor seja mediador.</p> <p>Atenção: o (a) professor (a) deverá se atentar às questões sanitárias junto à escola. A decomposição precisa ser observada com o corpo em gaiola ou outro dispositivo que impeça que carniceiros apareçam;</p>
2	<p>Após a divisão em grupos, áreas dentro da escola serão escolhidas pelo o docente para ocorrer os processos de decomposição (ou um único processo de decomposição). Os alunos serão levados até essas regiões para conhecerem e fazerem o levantamento inicial disposto no Box ao lado.</p>	<p>Em cada região da escola, cada grupo anota os seguintes aspectos observacionais:</p> <ul style="list-style-type: none"> - em qual o ambiente o “corpo” se encontra? - quais as condições do solo? - quais as características biofísicas? - quais espécies de animais circundam o “corpo”? - quais as funções que cada membro do grupo terá?

3	<p>Todo o processo observado durante a decomposição deverá ser registrado e anotado no diário de bordo/portfólio. É importante que os alunos fotografem cada estágio para complementar seus estudos, podendo também serem utilizados desenhos e vídeos. A cada semana, durante a aula de Biologia, cada grupo apresentará os resultados e compartilharão informações.</p>	<p>Enquanto o professor leciona conteúdos de Biologia, com o auxílio do livro didático, por exemplo, os alunos observarão o desenvolvimento das decomposições e farão comparações entre os resultados apresentados por todos os outros grupos. Esse acompanhamento terá instruções sanitárias, como uso de luvas e máscaras descartáveis, para eliminar, prevenir e diminuir os riscos de qualquer contaminação. Ao compartilharem as informações irão notar diferenças existentes em cada processo.</p>
4	<p>Após os registros, os alunos levantarão e responderão alguns questionamentos sobre a experiência. Esses questionamentos devem constar no diário de bordo juntamente com as fotografias, desenhos relatando a experiência de forma clara. Os discentes devem se expressar da forma como acharem melhor.</p>	<p>O que deve constar no guia de ensino?</p> <ul style="list-style-type: none"> - quais as diferenças notadas no processo de decomposição? - com relação à coloração, o que percebemos e por que achamos que isso ocorreu? - quais fatores ambientais foram mais relevantes na experiência? - quais animais participam do processo de decomposição? - Quais os resultados da experimentação permitem inferir?
5	<p>Agora os alunos apresentarão tudo o que observaram e coletaram durante os seis meses. Relacionarão todos esses dados com a microbiologia e entomologia forenses associando aos fatores ecológicos. Assim, serão observadas todas as ideias que os discentes construíram a partir do que aprenderam durante todo o ciclo.</p>	<p>Nessa etapa é importante que o docente auxilie todos os alunos na montagem dos trabalhos, mas que não interfira nas concepções de cada estudante. É importante observar todas as ideias que foram construídas por eles durante os 6 meses. Também, será o docente que irá definir o tempo que cada grupo terá para se apresentar.</p>
6	<p>Conclusão do projeto: os alunos, em roda, discutem os pontos positivos e negativos de tudo o que ocorreu durante o processo (ou processos) de decomposição, com o auxílio de todas as informações que coletaram e anotaram no diário de bordo.</p>	<p>O professor pode, nessa etapa, atuar como mediador da discussão, mas sempre relacionando o que os alunos disserem a tópicos elementares da biologia, sobretudo microbiologia e entomologia forenses associadas a fatores importantes da ecologia.</p>