



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE BIOLOGIA EM REDE NACIONAL

MARCELO RODRIGUES TENÓRIO

DISCUTINDO MICROBIOLOGIA NO ENSINO MÉDIO: UM NOVO OLHAR
SOBRE MICRORGANISMOS

FORTALEZA – CEARÁ

2020

MARCELO RODRIGUES TENÓRIO

**DISCUTINDO MICROBIOLOGIA NO ENSINO MÉDIO: UM NOVO OLHAR
SOBRE MICRORGANISMOS**

Trabalho de Conclusão de Mestrado - TCM
apresentado ao Mestrado Profissional em
Ensino de Biologia em Rede Nacional -
PROFBIO, do Centro de Ciências da Saúde –
CCS, da Universidade Estadual do Ceará -
UECE, como requisito parcial para obtenção
do título de Mestre em Ensino de Biologia.

Área de concentração: Ensino de Biologia

Orientadora: Profa. Dra. Jaqueline Rabelo de
Lima.

FORTALEZA - CEARÁ

2020

Espaço destinado à ficha catalográfica

MARCELO RODRIGUES TENÓRIO

**DISCUTINDO MICROBIOLOGIA NO ENSINO MÉDIO: UM NOVO OLHAR
SOBRE MICRORGANISMOS**

Trabalho de Conclusão de Mestrado - TCM
apresentado ao Mestrado Profissional em
Ensino de Biologia em Rede Nacional -
PROFBIO, do Centro de Ciências da Saúde –
CCS, da Universidade Estadual do Ceará -
UECE, como requisito parcial para obtenção
do título de Mestre em Ensino de Biologia.

Aprovado em: ____ / ____ / ____

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a Dra. Jaqueline Rabelo de Lima (Orientadora)
Universidade Estadual do Ceará – UECE

Prof.^a Dra. Maria Márcia Melo de Castro Martins
Universidade Estadual do Ceará – UECE

Prof. Dr. Jonas Luiz Almada da Silva
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – IFCE

Prof. Me. Nilson de Souza Cardoso
Universidade Estadual do Ceará – UECE

Aos meus amores, Renata Tenório e Davi Tenório, os quais estiveram comigo em toda essa caminhada, sempre me apoiando mesmo com tantas atribulações. Vocês são a minha vida, motivo pelo qual dedico este trabalho.



RELATO DO MESTRANDO

Instituição: Universidade Estadual do Ceará
Mestrando: Marcelo Rodrigues Tenório
Título do TCM: Discutindo microbiologia no ensino médio: um novo olhar sobre microrganismos
Data da defesa: 30 / 11 / 2020
Em meados do ano de 2018 tive a felicidade de saber, por intermédio de uma amiga de trabalho, sobre minha aprovação na seleção do mestrado. Aquela notícia foi um momento único em minha vida, e não pude conter a emoção que, ansiosamente aguardava e que contagiou a todos que estavam próximo a mim. Voltar à universidade me possibilitou sentar novamente nos bancos de uma grande “escola” depois de alguns anos. Embora já estivesse nesta casa durante a graduação e a pós-graduação, desta vez pude perceber que tudo era diferente, pois agora iria ser um curso intenso, em que, ao final, teria que produzir conhecimento. E foi. A princípio, achei que saberia desenvolver pesquisa e que iria ser fácil essa condução. Puro engano, pois existem muitos detalhes a serem conhecidos antes de um mestrando e inexperiente pesquisador como eu, se aventurar por estes caminhos. A começar pela delimitação de uma proposta. Em seguida uma produção textual que consiga expor todas as ideias (ou pelo menos, parte delas) numa redação coerente. E é nesse contexto que o PROFBIO se apresenta como grande articulador de tudo isso, uma vez que me pôs em contato com uma orientadora maravilhosa e competente, para organizar minhas ideias e indicar quais caminhos devo seguir para finalizar o trabalho. A experiência aqui vivenciada me possibilitou observar aspectos de minha prática pedagógica, além de mostrar caminhos alternativos às práticas pedagógicas outrora adotadas em minha carreira. Por isso, recomendo este curso principalmente àqueles que adotam postura reflexiva em seu contexto profissional e, desta forma desejam seguir pelos caminhos da pesquisa educacional em biologia.

AGRADECIMENTOS

Ao longo desta árdua, mas dignificante caminhada das atividades do Mestrado, tive o enorme prazer de conhecer e conviver, ainda que temporariamente, com pessoas e instituições, que sobretudo, me proporcionam aprendizado e compartilhamento de experiências, as quais, levarei para o resto da minha vida. A vocês tenho imensa gratidão e, por isso, registro aqui meus sinceros agradecimentos:

Infinita e profundamente a Deus que, soberano em sua grandeza, permitiu a realização deste sonho e do aprendizado único ao longo deste curso, tendo concedido a força e a coragem para enfrentar os desafios, mesmo diante de todas as adversidades impostas na vida.

Aos meus pais e irmãos, base de todo meu apoio, de todo carinho, e a compreensão dos motivos de não acompanhá-los temporariamente em algumas ocasiões em decorrência do curso.

À minha esposa Renata Moraes e meu lindo filho Davi Tenório, pelo apoio incondicional e por dividir comigo a alegria da aprovação e as preocupações ao longo de toda essa jornada.

Aos colegas do Mestrado, os quais tive o prazer de dividir dias inteiros de aprendizados, de conversas, de debates, de risos, de compartilhamento de materiais didáticos e de ideias.

Ao carinho concedido pela colega de turma Amélia, que, após uma árdua semana de trabalho e uma manhã inteira de aula da sexta-feira, com seu cafezinho, nos “alegrava” para enfrentar mais um turno de conhecimentos.

Ao colega Renato Cavalcante, por permitir compartilhar minhas dificuldades e, mesmo compreendendo minhas limitações, sempre me fornecendo apoio para continuar.

À diretora Leoneide (nossa querida “Leo”), da Escola Municipal Washington Soares, por toda ajuda e compreensão da minha atribulada vida profissional.

À secretária Marjory, por toda amabilidade, gentileza e suporte, sempre disposta em nos ajudar.

Aos professores do PROFBIO UECE, por dividir conosco manhãs e tardes inteiras, compartilhando ideias que se traduzem em minha vida na forma de aprendizado.

Aos professores Jonas Almada e Nilson Cardoso, integrantes da banca de qualificação do projeto, pelos apontamentos, sugestões e críticas, contribuindo no delineamento desta pesquisa.

À Universidade Estadual do Ceará, por contribuir com minha formação profissional e intelectual, desde os tempos da graduação.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo aporte financeiro representado na concessão da bolsa de estudos, propiciando o desenvolvimento e a finalização desta pesquisa.

Agradecimento profundo e mais do que especial à professora Dra. Jaqueline Rabelo de Lima, pela orientação, por todo apoio, pelas correções do trabalho, pelas sugestões e críticas, mas acima de tudo, quando a palavra **DESISTIR** esteve à frente de **PERSISTIR** em muitos momentos desta caminhada, ainda que contratempos tenham surgidos, suas **PALAVRAS DE INCENTIVO** e seu contagiante lado positivo, aliado à sua amabilidade foram imprescindíveis para que eu “enfrentasse as barreiras” e acreditasse que sou capaz de ir até o fim. Embora o aspecto semântico não abrigue a profundidade dos sentimentos que por ora desejo expressar, a você minha querida professora, minha **ETERNA GRATIDÃO**.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) - Brasil - Código de Financiamento 001.

RESUMO

A Biologia é a ciência que se propõe estudar a vida sob diferentes aspectos. A sua complexidade impõe uma divisão em áreas, dentre as quais a microbiologia, que se dedica ao estudo dos microrganismos. Por diversos motivos tais seres são associados a aspectos negativos, conforme apontados por pesquisas, as quais avaliaram a visão de crianças e adolescentes e descreveram visões distorcidas sobre a relevância deles para o equilíbrio dos ecossistemas, biotecnologia, dentre outras importâncias. Nesse cenário, o livro didático assume papel significativo na contextualização do conteúdo. A adoção de metodologias ativas, dentre elas, o Ensino por Investigação, tem sido apontada por pesquisadores como uma estratégia facilitadora no ensino de ciências, propiciando ao sujeito sua imersão numa cultura científica. Este trabalho avaliou, portanto, conteúdos de microbiologia presentes nos livros didáticos aprovados no Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) 2018 do componente curricular Biologia e, a partir de então, produzir material didático suplementar, contendo atividades investigativas capazes de promover sua contextualização. A pesquisa está delineada como qualitativa, de acordo com a sua natureza. Adotamos como método a pesquisa documental, uma vez que tal se sustenta na própria investigação em si. A análise das obras observou a abordagem dos autores quanto à Microbiologia, a qual foi possível perceber assuntos negligenciados como biorremediação, ausência de atividades diferenciadas capazes de conduzir os estudantes ao conhecimento científico, e outros tratados de maneira reducionista, como biotecnologia, pois o foco dos autores esteve voltado para questões práticas de laboratório. No entanto, alguns achados foram evidenciados, pois, na maioria dos assuntos foi possível encontrar contextualizações ao cotidiano, fato que aproxima o conteúdo à realidade dos estudantes. Após reconhecer ausências de determinados aspectos nas coleções, foi proposto, como produto pedagógico, um material didático suplementar direcionado a professores, contendo atividades investigativas, que possam ser utilizados na sala de aula, objetivando conduzir os estudantes a um processo de Alfabetização Científica. Os assuntos contidos no produto estão relacionados à Microbiologia e abordam as temáticas Biorremediação, Fermentação, Ciclos biogeoquímicos, Biotecnologia e Interações Simbióticas, todas com potencial de serem aplicadas nos ensinos fundamental e médio, capazes de auxiliar o professor em sua prática pedagógica.

Palavras-chave: Livros didáticos, Contextualização, Alfabetização científica, Ensino por Investigação.

ABSTRACT

Biology is the science that proposes to study life under different aspects. Its complexity imposes a division into areas, including microbiology, which is dedicated to the study of microorganisms. For various reasons, these beings are associated with negative aspects, as pointed out by research, which evaluated the views of children and adolescents and described distorted views about their relevance to the balance of ecosystems, biotechnology, among other importance. In this scenario, the textbook assumes a significant role in contextualizing the content. The adoption of active methodologies, among them, Teaching by Research, has been pointed out by researchers as a facilitating strategy in science teaching, providing the subject with his immersion in a scientific culture. This work therefore evaluated microbiology contents present in the textbooks approved in the National Textbook Program (PNLD) 2018 of the curricular component Biology and, from then on, produce supplementary didactic material, containing investigative activities capable of promoting its contextualization. The research is outlined as qualitative, according to its nature. We adopt documentary research as a method, since this is based on the investigation itself. The analysis of the works observed the authors' approach to Microbiology, which made it possible to perceive neglected subjects such as bioremediation, absence of differentiated activities capable of leading students to scientific knowledge, and others treated in a reductionist way, such as biotechnology, as the focus of authors was focused on practical laboratory issues. However, some findings were evidenced, because, in most subjects, it was possible to find contextualizations to everyday life, a fact that brings the content closer to the students' reality. After recognizing absences of certain aspects in the collections, it was proposed, as a pedagogical product, a supplementary didactic material aimed at teachers, containing investigative activities, which can be used in the classroom, aiming to lead students to a process of Scientific Literacy. The subjects contained in the product are related to Microbiology and address the themes Bioremediation, Fermentation, Biogeochemical Cycles, Biotechnology and Symbiotic Interactions, all with the potential to be applied in elementary and high school, capable of assisting the teacher in his pedagogical practice.

Keywords: Textbooks, Contextualization, Scientific Literacy, Research Teaching.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Arco de Maguerez.....	27
Figura 2 –	Coleção Biologia Moderna: Amabis & Martho.....	48
Figura 3 –	Coleção Biologia Hoje.....	50
Figura 4 –	Coleção Conexões com a Biologia.....	51
Figura 5 –	Coleção #Contato Biologia.....	53
Figura 6 –	Coleção Ser protagonista.....	54
Figura 7 –	Contextualização do conteúdo fermentação, através de um produto bacteriano aproveitado em tratamentos estéticos.....	62
Figura 8 –	Contextualização envolvendo microrganismos em processos fermentativos.....	64
Figura 9 –	Contextualização microbiana associada à adubação verde em ecossistemas agroecológicos.....	69
Figura 10 –	Representação do ciclo do nitrogênio.....	72
Figura 11 –	Representação de formas microbianas variadas no ciclo do nitrogênio... 	74
Figura 12 –	Contextualização biotecnológica envolvendo <i>Agrobacterium tumefaciens</i> e a inserção de genes de interesse em plantas.....	78
Figura 13 –	Aplicações biotecnológicas em pesquisas brasileiras com plantas.....	80
Figura 14 –	Fermentação apresentada no livro didático como exemplo de um produto biotecnológico.....	81
Figura 15 –	Atividade interpretativa/descritiva relacionada a interações simbióticas envolvendo cupim e protozoários.....	89
Figura 16 –	Relação ecológica complexa envolvendo mais do que dois organismos....	91

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 –	Informações sobre os livros didáticos analisados neste trabalho.....	43
Quadro 2 –	Categorias de análise das temáticas nos livros didáticos.....	45
Quadro 3 –	Resultado da análise de conteúdo relacionado à biorremediação nos livros didáticos.....	56
Quadro 4 –	Síntese da análise do conteúdo relacionado à participação dos microrganismos na indústria por meio da fermentação.....	59
Quadro 5 –	Síntese da análise do conteúdo relacionado à participação dos microrganismos nos ciclos biogeoquímicos.....	67
Quadro 6 –	Síntese da análise do conteúdo relacionado à participação dos microrganismos em aplicações biotecnológicas.....	75
Quadro 7 –	Síntese da análise do conteúdo relacionado à participação dos microrganismos em interações simbióticas nos livros didáticos.....	83
Quadro 8 –	Síntese das temáticas abordadas no produto final e as respectivas atividades propostas.....	101

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	OBJETIVOS	18
2.1	GERAL	18
2.2	ESPECÍFICOS.....	18
3	REFERENCIAL TEÓRICO	19
3.1	METODOLOGIAS ATIVAS	19
3.1.1	Metodologias ativas: algumas possibilidades	22
3.1.1.1	Aprendizagem Baseada em Problemas – ABP (<i>Problem-Based Learning</i> - PBL)....	23
3.1.1.2	Aprendizagem Baseada em Projetos – ABPj (<i>Project-based Learning</i> – PjBL)	24
3.1.1.3	Aprendizagem Baseada em Equipes (<i>Team-Based Learning</i> – TBL)	26
3.1.1.4	Problematização	27
3.1.1.5	Estudos de Casos (<i>Case studies</i>)	30
3.1.1.6	Sala de Aula Invertida (<i>flipped classroom</i>).....	30
3.2	O ENSINO POR INVESTIGAÇÃO COMO MÉTODO ATIVO	32
3.2.1	A proposição do problema no ensino por investigação	34
3.3	A ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA E O ENSINO DE CIÊNCIAS	38
4	PERCURSO METODOLÓGICO	42
4.1	CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA.....	42
4.2	OS LIVROS DIDÁTICOS.....	43
4.3	ANÁLISE DOS LIVROS DIDÁTICOS.....	44
4.4	O MATERIAL DIDÁTICO SUPLEMENTAR COMO PRODUTO FINAL	46
5	ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	48
5.1	ORGANIZAÇÃO DAS COLEÇÕES	48
5.2	DISTRIBUIÇÃO DO CONTEÚDO DE MICROBIOLOGIA NAS COLEÇÕES	55
5.2.1	Microrganismos e a biorremediação	55
5.2.2	Microrganismos e suas contribuições na indústria por meio da fermentação.....	58
5.2.3	Microrganismos e sua participação nos ciclos biogeoquímicos	66
5.2.4	Microrganismos em aplicações biotecnológicas.....	75
5.2.5	Microrganismos e interações simbióticas	83

5.3	COMPARANDO AS COLEÇÕES	92
5.4	PROPOSIÇÃO E INTENCIONALIDADES DAS ATIVIDADES INVESTIGATIVAS	100
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	108
	REFERÊNCIAS	110
	APÊNDICE	116

1 INTRODUÇÃO

A Biologia é a ciência que estuda aspectos inerentes à vida e nos ajuda a entender todas as manifestações dos seres vivos, constituindo-se numa temática imprescindível para compreender nosso corpo, suas funções e vulnerabilidades bem como o ambiente ao nosso redor, incluindo ecossistemas, seus animais e plantas além de outros grupos de seres vivos (REECE *et al*, 2015).

Por abordar temas abrangentes, diversos fatores direta ou indiretamente relacionados à vida também são estudados, dentre eles mecanismos de reprodução, evolução, interações ecológicas estabelecidas entre indivíduos, além de aspectos físicos do ambiente como energia, clima, temperatura, espaço, configurando-se numa “contínua pesquisa sobre a natureza da vida” (REECE *et al*, 2015, p.1).

Nesse contexto Albuquerque, Braga e Gomes (2012), a definem como uma ciência ampla, de extenso conhecimento e em constante adaptação que incorpora informações criadas e modificadas por meio da experimentação científica, exigindo, por esse motivo, constante atualização do professor e dos estudantes.

Dentre as subdivisões da Biologia, está a Microbiologia que na definição de Madigan *et al* (2016) e Tortora, Funke e Case, (2017) é a ciência que se destina ao estudo dos microrganismos, da sua diversidade e evolução e como surgiram no ambiente, considerando ainda os aspectos ecológicos, como cooperam entre si e como estabelecem relações com outros organismos, além das funções desempenhadas em ambientes como solo e água.

No cotidiano, é comum a utilização do termo “micróbio” ao invés de microrganismo e, segundo Albuquerque, Braga e Gomes (2012), quase sempre associados apenas a bactérias e algumas vezes a fungos, entretanto ainda assim lembrados como causadores de doenças, deixando-se de considerar que o mundo microbiano também inclui, de acordo com Tortora, Funke e Case (2017), vírus, protozoários, algas unicelulares e parasitas de animais como os helmintos (em alguma fase de seu ciclo de vida).

Algumas pesquisas relacionadas à temática confirmam dificuldades na compreensão desse conteúdo, como a de Zompero (2009), que evidenciou concepções equivocadas relacionadas à nomenclatura, à causa de doenças e às relações envolvendo parasitas e hospedeiros; e a de Albuquerque, Braga e Gomes (2012) que, trabalhando com estudantes concludentes do ensino médio, destacou dificuldades para conceituarem corretamente os microrganismos, desconhecerem doenças que podem causar e, mais alarmante ainda, desconhecerem benefícios que trazem ao ser humano.

A abordagem da temática na educação básica, ainda que os microrganismos se façam presentes associados a aspectos do cotidiano, é superficial, teórica e abstrata pelo fato de compreender seres invisíveis ao olho nu (ALVES, 2018). Tal fato torna-se ainda mais problemático para a aprendizagem, pela forma como o ensino relacionado a conhecimentos microbianos e das ciências em geral, é propagado nas escolas. Para Albuquerque, Braga e Gomes (2012), trata-se de um ensino em que os estudantes apenas memorizam temporariamente nomes e conceitos, dificultando relacionar o aprendizado a elementos da vida cotidiana.

Contribuindo com essa discussão, Castro e Bejarano (2013, p. 22) acrescentam que “o saber científico geralmente transmitido na escola como apenas “receitas” prontas não favorece ao desenvolvimento conceitual dos estudantes, nem tampouco os fortalece na direção de enfrentamento de problemas do cotidiano”. Para os autores, mesmo que fundamentados em pesquisas, o ensino atual é centrado na transmissão dos conteúdos amplia as distâncias entre o que se traz de conhecimento e o que se constrói nas escolas.

É importante destacar que microrganismos patogênicos são a causa de doenças, algumas graves e que podem levar a morte, contudo estes representam apenas uma pequena fração do mundo microbiano. As principais implicações prejudiciais dos microrganismos estão relacionadas à sua atuação como pragas, que destroem lavouras provocando enormes prejuízos econômicos e nos processos de deterioração de alimentos.

É fundamental a contextualização da temática à vida cotidiana, não só por seu papel na prevenção de doenças, mas, sobretudo, conforme apontam Madigan *et al* (2016) e Tortora, Funke e Case (2017), pela atuação microbiana nas indústrias química, alimentícia e farmacêutica, pela participação em relações ecológicas importantes e no meio ambiente, como agente significativo de biorremediação e nos ciclos biogeoquímicos.

A inserção desses conhecimentos para o estudante de modo contextualizado possibilita compreender os motivos pelos quais o conteúdo é estudado, além de contribuir para o aprofundamento sobre esses incríveis seres e pelo enorme serviço prestado aos humanos e ao ambiente, pois essa “maléfica” associação relacionada aos microrganismos impede de lembrar sua diversidade e o benefício que eles trazem às nossas vidas.

Empreender esse tipo de conhecimento na sala de aula, de forma que sejam utilizados para desenvolver aprendizagem com significado para os estudantes, torna-se um imenso desafio a ser assumido por uma educação que preza a formação de sujeitos autônomos e reflexivos e atuantes diante de problemas (CASTRO; BEJARANO, 2013). E o professor

torna-se fundamental nesse processo, como agente transformador dessa realidade, de forma a propiciar alternativas que possam superar a falta de conhecimento científico.

Nessa perspectiva, uma mudança de concepção dos estudantes e do público em geral, relacionados ao assunto faz-se necessária, o qual demanda uso de estratégias metodológicas que considerem os conhecimentos prévios a respeito dos microrganismos, com vista à efetivação do processo de ensino-aprendizagem.

Os conhecimentos prévios são extremamente importantes nesse contexto e encontram pressupostos em metodologias ativas, como o Ensino por Investigação. Tal estratégia, que tem sua origem pautada nas teorias construtivistas de Piaget, parte da premissa de que os estudantes já trazem consigo conhecimentos adquiridos a partir de experiências pessoais e, fundamentado nas discussões levantadas entre os colegas e o professor, terá a chance de reconstruir seus pensamentos (CARVALHO, 2013).

O Ensino por Investigação é defendido por pesquisadores(as) como Carvalho (2013), Sasseron (2015), Scarpa, Sasseron e Silva (2017) como uma alternativa ao ensino tradicional, capaz de promover no estudante a capacidade de analisar e investigar problemas, discutir ideias, interpretar resultados, levantar hipóteses e construir argumentos plausíveis, efetivando-se num caminho possível para inserir nos estudantes a Alfabetização Científica.

Nesse sentido Sasseron (2015) aponta que a Alfabetização Científica representa o objetivo principal do ensino de ciências, uma vez que aproxima o estudante dos saberes da área das ciências e os relacionam aos condicionantes que afetam a construção do pensamento científico. Para Lorenzetti e Delizoicov (2001), tal fato está relacionado à construção dos conhecimentos científicos de modo a se tornar significativo, tendo em vista a formação de sujeitos críticos, desde os primeiros anos do ensino fundamental, propiciando entendimento do universo no qual estão inseridos.

Infelizmente, existe no professorado uma ideia errônea e deturpada de que o trabalho científico se resume à realização de experimentos, limitando-o a concretizações efetuadas em laboratórios, constituindo possivelmente uma imagem “ingênua” da ciência, socialmente difundida e aceita, desconhecendo sua natureza social (GIL-PEREZ *et al*, 2005). Divergindo dessas concepções, Carvalho (2018) e Sasseron (2015) esclarecem que atividades investigativas vão além dos limites de um laboratório de ciências e incluem, dentre outras atividades, a leitura de textos, discussões, aulas em espaços não formais, contribuindo para imersão do sujeito numa cultura que desenvolva Alfabetização Científica.

Ainda relacionado às concepções equivocadas sobre significados do que seja ciência, alguns livros didáticos relacionados às ciências corroboram por vezes, nesse sentido,

ao expor relatos de experimentos em sua maioria, ambientados em laboratórios, além da escassez de atividades diferenciadas que conduzam à reflexão do sujeito.

O livro didático, enquanto principal instrumento nos processos pedagógicos da educação básica, norteia o trabalho docente e contribui fortemente para a formação de uma matriz curricular comum, ao mesmo tempo em que serve como elemento balizador dos conteúdos (ROSA, 2018). Ou seja, esse artefato direciona os conteúdos que serão vistos numa determinada matriz curricular, contribuindo por “engessar”, desta forma, o trabalho docente. Ele mesmo funciona como sendo o próprio currículo escolar a ser seguido.

Considerando que o professor é munido de liberdade pedagógica, condição que lhe assegura a escolha de estratégias e conteúdos a serem trabalhados com os estudantes; que os livros didáticos, em muitas ocasiões, atuam como delineador dessa condição docente; e que a contextualização relacionada aos microrganismos favorece a superação de uma imagem distorcida das funções que tais seres exercem no ambiente e dos benefícios que nos proporcionam, justifica-se a utilização de material suplementar que forneça ao docente apoio em suas atividades pedagógicas, conforme julgar necessário.

E é no sentido de fornecer subsídios à prática docente, mas sem a intenção de prescrevê-lo, e ainda por entendermos o professor como condutor fundamental do processo de ensino-aprendizagem e elemento central para direcionar os estudantes ao desenvolvimento de uma cultura científica, que propomos este trabalho. Sendo assim, esta pesquisa consistiu em analisar conteúdos relacionados aos microrganismos presentes nos livros didáticos aprovados no Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) 2018 do componente curricular Biologia, objetivando promover sua contextualização e, a partir de então, elaborar material didático suplementar, contendo atividades investigativas.

Finalizamos concordando com as propostas defendidas por Carvalho (2013, 2018), Sasseron (2015), Scarpa, Sasseron e Silva (2017) e tantos outros pesquisadores em educação, que atividades investigativas realizadas na sala de aula, configuram-se como alternativas que facilitam a compreensão de conteúdos e um caminho seguro à promoção de conhecimentos científicos aos estudantes da educação básica.

2 OBJETIVOS

2.1 GERAL

Analisar conteúdos referentes à microbiologia presente nos livros didáticos do componente curricular Biologia, aprovados no Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) 2018 e, partir de então, elaborar material didático suplementar para professores da educação básica, contendo atividades investigativas que contextualizam assuntos sobre microrganismos, enfatizando seu uso e aplicações para benefício humano, bem como o desempenho de funções ecológicas importantes, desmitificando a ideia de que tais são apenas causadores de doenças.

2.2 ESPECÍFICOS

- a) Avaliar como são apresentadas temáticas relacionadas aos microrganismos nos livros didáticos distribuídos para os alunos da rede pública de ensino.
- b) Selecionar dentre as temáticas, quais podem ser contextualizadas, em função dos objetivos de aprendizagens.
- c) Identificar estratégias metodológicas mais indicadas para efetivação do processo de ensino e aprendizagem.
- d) Elaborar o material suplementar baseando-se no ensino por investigação, com atividades investigativas que possam ser aplicadas no contexto das aulas sobre microrganismos.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção apresentaremos metodologias ativas enquanto prática antagônica da pedagogia tradicional. Apresentaremos uma breve revisão de alguns desses métodos, enfatizando o ensino por investigação. Por fim, discutiremos a Alfabetização Científica, como objetivo principal a ser alcançado no ensino de ciências e na formação do estudante para exercer sua cidadania.

Como embasamento teórico, no qual fundamentamos o assunto, utilizamos autores como Berbel (1995, 1998, 2011), Carvalho (2005, 2013, 2018), Chassot (2003), Hurd (1998), Freire (2014a, 2014b), Lorenzetti e Delizoicov (2001), Sasseron e Carvalho (2008, 2011), Sasseron (2015), Scarpa, Sasseron e Silva (2017) e tantos outros que, de uma forma ou de outra, contribuíram na discussão a respeito da temática.

3.1 METODOLOGIAS ATIVAS

O ensino tradicional configura-se numa prática excessivamente explorada por educadores e corresponde a um modelo de educação pautado no professor como único responsável pela condução da aprendizagem (LEÃO, 1999). Para a autora, tal prática parte do pressuposto de que a inteligência capacita o homem armazenar informações, das mais simples às mais complexas. No entanto, diversos pesquisadores como Berbel (2011), Morán (2015), Carvalho (2013), Scarpa, Sasseron e Silva (2017) e Paulo Freire (2014a) o consideram ineficiente no processo de aprendizagem.

A pedagogia tradicional é comparada por Paulo Freire (2014a) a um sistema bancário, em que as informações são “depositadas” nos educandos, os quais terão como única ação guardá-las e arquivá-las. Isso significa que o sucesso do estudante estará diretamente ligado à sua capacidade de reter informações no menor espaço de tempo possível. Neste modelo, “o educador [...], conduz os educandos à memorização mecânica do conteúdo narrado. [...] a narração os transforma em “vasilhas”, em recipientes a serem “enchidos” pelo educador” (PAULO FREIRE, 2014a, p. 80).

Antagonizando esta prática, as metodologias ativas surgem como uma estratégia de mudança de paradigma, em que o aluno assume papel de protagonista, responsável pela construção do seu conhecimento (CASTELLAR, 2016). Tal estratégia revela-se importante por apresentar-se como uma maneira interessante de dinamizar as aulas, além de tirar a

atenção exclusiva centrada no professor. Desta forma, é um modelo que estimula formas inovadoras de aprendizagem visando o desenvolvimento da autonomia do estudante.

As metodologias ativas se dispõem a promover a participação do estudante no processo de aprendizagem, contextualizando problemas e situações cotidianas. De acordo com Diesel, Baldez e Martins (2017), estes métodos surgem como uma possibilidade de atribuição de novos papéis na sala de aula, deslocando o estudante da cômoda posição que ocupa para o centro das ações educativas, sendo o processo construído de forma colaborativa.

Neste tipo de abordagem, ao invés do professor “depositar” no estudante teorias prontas, ainda que as aulas sejam ministradas de maneira geniosa, os desafiam e envolvem no processo de aprendizagem, construindo com eles conhecimentos inacabados, por meio da proposta de uma situação problema, provocando-os numa investigação. Nesse sentido, os estudantes são incluídos no ato de aprender.

Apesar de inovador quando comparado aos tradicionais, o método não é novidade. Os primeiros relatos são oriundos do século XVIII, atribuídos ao filósofo Jean Jacques-Rousseau (1712-1778), o qual, na obra ‘Emílio’, afirmava que a experiência precedia à teoria, que para manter a curiosidade do aluno, não se deveria haver pressa em respondê-lo e propunha a devolução de uma pergunta em forma de questionamentos (ABREU, 2009).

Posteriormente, as contribuições de Dewey, Piaget, Ausubel, entre outros, influenciaram pesquisadores nos séculos XX e XXI, possibilitando uma compreensão mais profunda das formulações de métodos ativos (CASTELLAR, 2016). Tais métodos são discutidos com base em modelos de ensino que destacam a autonomia do estudante (LOVATO *et al*, 2018).

Outra grande contribuição para o desenvolvimento de estratégias que se opõe ao estatismo do ensino tradicional é atribuída a Paulo Freire (1921-1997). Este propôs concepções pedagógicas alternativas à Escola Nova pautada na concepção de uma Pedagogia Problematicadora, tendo como base a dialética em que educador e educando aprendem juntos (BERBEL, 2011).

A aplicação de estratégias envolvendo metodologias ativas, necessariamente perpassa pela condição do professor. Quanto a isso, convém lembrar que a atuação no magistério necessita de conhecimentos e saberes inerentes aos conteúdos de cada disciplina de formação. Contudo, a arte de ensinar exige algo a mais, além da simples informação, sendo este aspecto apenas uma das muitas vertentes envolvidas no ensino. O ato exige um convite para inovar possibilidades de vivenciar acontecimentos. Inerente a isso, Castellar (2016) afirma que,

é possível compreender que os desafios apresentados aos professores, em seu trabalho nas escolas, são importantes para a formação dos jovens. E para que o aluno aprenda, com um nível crítico de compreensão e reflexão, é necessário que se criem situações de aprendizagem motivadoras e que os conteúdos sejam organizados de tal forma que envolva esse aluno no processo (CASTELLAR, 2016, p. 67).

As situações de aprendizagem são fundamentais nas metodologias ativas e exigem do docente criatividade e dinamismo para tornar o ensino significativo. Desta forma, os estudantes são possibilitados a articular os conhecimentos adquiridos na escola a situações reais de aplicação prática, ou seja, um aprendizado que possa fazer sentido em suas vidas.

Nesse contexto Diesel, Baldez e Martins (2017) afirmam que à medida que essas situações são vivenciadas, o estudante estará exercitando inúmeras habilidades como refletir, analisar, comparar, inferir dentre outras, que serão importantes para o seu desenvolvimento, habilidades tais quase nunca oportunizadas em aulas expositivas monologadas.

A inexistência de um significado para o conhecimento durante a educação básica pode contribuir para que estudantes sintam-se desmotivados e pouco atraídos a seguir carreira na área de ciências (LOVATO *et al*, 2018). Sendo assim, as metodologias ativas mostram-se como alternativa interessante de provocar no estudante o sentimento de curiosidade e um estímulo ao ato de aprender.

Os conhecimentos adquiridos na escola, quando aplicados em contextos da vida cotidiana, exigirão do estudante a formulação de pensamentos mais complexos do que a resolução de exercícios teóricos habituais. Do ponto de vista de Morán (2015), isso implica no desempenho de tarefas que exigirão a observação e a pesquisa, a avaliação de situações, o confronto de opiniões, a determinação das escolhas, a atribuição de responsabilidades, as novas descobertas e o caminhar sozinho do simples para o complexo. Tais tarefas mobilizarão no estudante a aplicação de conceitos, raciocínio e sua capacidade de análise.

A abordagem utilizando métodos ativos direciona o ensino baseado em teorias e conhecimentos científicos o qual sustentam estratégias que possibilitam sua aplicação. Sendo assim, modelos flexíveis em que possam ser aplicados projetos relevantes, com jogos e informação contextualizada, ensino por problemas e atividades práticas, combinando colaboração e personalização, em detrimento de proposta única de ensino é o caminho mais significativo e que pode ser desenvolvido e aplicado em diferentes contextos (MORÁN, 2015).

Tais estratégias são importantes também para fortalecer no estudante o sentimento de valorização e pertencimento quando o mesmo faz parte da construção do conhecimento. Conforme defendido por Berbel (2011), uma vez envolvidos em situações de

problematização, de escolhas relacionadas ao conteúdo, de possíveis caminhos para o desenvolvimento de respostas, entre outras possibilidades, as decisões dos estudantes, quando aceitas, contribuem para o seu engajamento e persistência nos estudos.

Um fato a ser considerado na utilização dessas metodologias são os conhecimentos prévios que os educandos trazem consigo à escola, pois são a partir deles que serão construídos os novos conhecimentos, uma vez que nenhum estudante chega à escola como uma folha de papel em branco. Por isso, o reconhecimento das suas experiências de vida deve ser apreciado como forma de integrá-los e valorizá-los, em sinal, segundo Freire (2014b), de respeito à sua dignidade, à sua identidade e às suas condições de existência.

Diante do exposto, os métodos ativos funcionam com uma maneira de propiciar aos estudantes autonomia para construir sua aprendizagem que, sob o amparo do professor, permite-lhes o desenvolvimento de competências que possibilitarão sua evolução para enfrentar desafios perante problemas do seu cotidiano.

3.1.1 Metodologias ativas: algumas possibilidades

As metodologias ativas englobam oportunidades que podem ser aplicadas por educadores no processo de ensino e que, dependendo do contexto da aula e do tipo de estudante, podem conduzi-los a aprendizagem com autonomia, dentre as quais e sem a intenção de esgotá-las, destaco algumas nesta seção.

Não temos com isso o propósito de fazer comparativos entre os métodos para saber qual o melhor, uma vez que cada um apresenta características próprias que deverão ser avaliadas pelo docente para sua aplicação, considerando seu público, componente curricular e atividade a ser desenvolvida. Do mesmo modo, não há intenção em condenar o método por exposição do conteúdo, pois em alguns contextos, este se torna uma opção interessante nas situações de ensino para o professor. No entanto, concordamos com Berbel (2011) quando afirma que seu uso exclusivo, exagerado e sem alternativas precisa ser ultrapassado.

As alternativas metodológicas aqui mencionadas se apresentam como desafiadoras para o educando, com potencial para desenvolver sua intelectualidade e compromisso, pois envolvem problemas que estimulam a sua capacidade investigativa despertando-os a desenvolver o espírito científico, a criticidade e reflexão da realidade na qual estão inseridos.

3.1.1.1 Aprendizagem Baseada em Problemas – ABP (*Problem-Based Learning* - PBL)

A aprendizagem Baseada em Problemas (PBL) é um tipo de estratégia que se baseia numa investigação de problemas, formulados a partir do cotidiano, em que estudantes e professores se debruçam em sua análise e entendimento objetivando propor soluções, de modo a garantir habilidades e competências dispostas no currículo escolar (LOPES; SILVA FILHO; ALVES, 2019). Nesse tipo de estratégia, o aluno é incentivado a participar ativamente da pesquisa para resolver o problema.

Teve seu desenvolvimento e aplicação inicial há mais de 30 anos, nas Universidades de MacMaster (Canadá) e Maastricht (Holanda) e logo então recomendada por sociedades de áreas médicas para países da África, Ásia e América Latina, dentre eles o Brasil, que vem adotando a prática em cursos de enfermagem nos estados do Rio de Janeiro, São Paulo, Minas Gerais e Paraná (BERBEL, 1998)

Numa abordagem por PBL os professores criam e oferecem problemas aos estudantes, como um ensaio geral que antecede a prática profissional. O papel do professor é atuar como um tutor¹, supervisionando e facilitando o envolvimento dos estudantes, que se organizam em pequenos grupos, em torno de um problema (ABREU, 2009) e, diferentemente de outros métodos, a PBL constitui-se como eixo principal de um aprendizado técnico-científico inserido numa proposta curricular (BERBEL, 2011).

Os grupos discutem o problema de forma metódica, sendo norteados a seguir uma sugestão baseada em setes passos (UNIVERSIDADE ESTADUAL DE LONDRINA, 2020):

1. Leitura do problema e identificação e esclarecimento de termos desconhecidos;
2. Identificação dos problemas propostos pelo enunciado;
3. Formulação de hipóteses explicativas para os problemas identificados no passo anterior (os alunos se utilizam nesta fase dos conhecimentos de que dispõem sobre o assunto);
4. Resumo das hipóteses;
5. Formulação dos objetivos de aprendizado (trata-se da identificação do que o aluno deverá estudar para aprofundar os conhecimentos incompletos formulados nas hipóteses explicativas);
6. Estudo individual dos assuntos levantados nos objetivos de aprendizado;

¹ Embora a palavra seja considerada polissêmica, de acordo com o Dicionário Aurélio (disponível em: <https://www.dicio.com.br/aurelio/>), no contexto da PBL, o tutor apresenta-se como um membro do corpo docente que atue como orientador, sendo responsável pelo acompanhamento do estudante.

7. Retorno ao grupo tutorial para rediscussão do problema frente aos novos conhecimentos adquiridos na fase de estudo anterior.

Inicialmente a proposta foi implementada em cursos envolvendo área da saúde com aplicações de casos clínicos e logo foi adaptada à realidade em outras áreas como engenharia e direito. No entanto, na educação básica, se fazem necessários que os estudantes sejam enquadrados em cenários generalistas e comuns da vida cotidiana, uma vez que a preocupação não é sua profissionalização e sim sua inserção em novas formas de pensar, garantindo o aprendizado de competências previstas no currículo, respeitando-se o contexto de cada escola (LOPES; SILVA FILHO; ALVES, 2019).

3.1.1.2 Aprendizagem Baseada em Projetos – ABPj (*Project-based Learning* – PjBL²)

A Aprendizagem Baseada em Projetos (PjBL) é uma modalidade vinculada a diversas atividades como ensino, pesquisa e extensão e vem ganhando cada vez mais espaço na educação básica, em aplicações envolvendo temas transversais, em cursos de formação técnica e outros (BERBEL, 2011). Caracteriza-se por ser uma metodologia centrada no estudante e apresenta como principal atributo a construção coletiva e interdisciplinar do conhecimento (ARAÚJO, 2019).

Este método foi desenvolvido em meados de 1900, por John Dewey (1859-1952), que propôs o “aprender a fazer” como recurso pedagógico para os estudantes melhorarem a aprendizagem (LOVATO *et al*, 2018). Sua utilização tem se intensificado no final das duas últimas décadas do século XX e início do século XXI, como forma de minimizar problemas decorrentes de aprendizagem (CASTELLAR, 2016).

Ao contrário do modelo tradicional, a PjBL podem significar uma oportunidade dos estudantes desenvolverem conhecimentos específicos associados a determinada temáticas, uma vez que são desafiados a explorar problemas e solucioná-los (BACICH, 2019). A autora aponta que, por meio dessa estratégia, os estudantes podem desenvolver habilidades relacionadas às ciências naturais e à matemática, como a construção de gráficos, por exemplo, motivo pelo qual, pode ser excelentemente desenvolvida de maneira interdisciplinar com outros componentes curriculares.

² Para não confundir o leitor, utilizaremos a sigla PjBL para Aprendizagem Baseada em Projetos. Desta forma, estaremos distinguindo da sigla PBL, já consagrada na literatura e usualmente utilizada para abreviar a nomenclatura Aprendizagem Baseada em Problemas.

Segundo Castellar (2016), o trabalho com projetos pode despertar nos estudantes novos sentimentos e comprometimentos, como responsabilidade de estudar, informar-se, elaborar resumos, reflexão pessoal, gosto pela leitura, interação e socialização do conhecimento dentre outros. Para Araújo (2019), a metodologia permite aos estudantes confrontar questões e problemas significativos, como abordá-los e, de maneira cooperativa, buscar soluções.

De um modo geral, as unidades educacionais utilizam amplamente projetos no decorrer do ano letivo, como mostras literárias, feiras de ciências, meio ambiente dentre outros. Por isso, vale destacar que esses “projetos temáticos” são diferentes da PjBL. Conforme esclarece Bacich (2019), a PjBL utiliza projetos como foco central de ensino, associado a outras disciplinas e surgem a partir de um problema ou de uma questão norteadora, envolvendo investigação, levantamento de hipóteses e trabalho em grupo, dentre outras competências, para que se produza um produto final.

O produto final é uma importante característica a ser observada na PjBL. Para Bacich (2019), este produto, que pode ser um vídeo, um site ou mesmo uma cartilha, deve estar vinculado ao problema norteador, orientando o desenvolvimento de suas etapas. Por isso a autora enfatiza a importância de começar por este ponto, ao pensar num projeto.

Sob a metodologia da PjBL, os projetos desenvolvidos em ambientes educacionais podem ser classificados em três categorias, segundo Barbosa e Moura (2013):

- a) Projeto **construtivo**: objetiva construir algo novo. Possui a dimensão da inventividade, seja na função, na forma ou no processo.
- b) Projeto **investigativo**: propõe desenvolver pesquisa a respeito de uma questão ou situação, utilizando o método científico.
- c) Projeto **didático** (ou **explicativo**): procura responder questões do tipo: “Como funciona? Para que serve? Como foi construído?”. Ou seja, objetiva explicar o funcionamento de objetos, sistemas e outros, por meio dos princípios científicos.

Algumas diretrizes são fundamentais e devem ser observadas quando se deseja utilizar a PjBL nos ambientes escolares, as quais, segundo Barbosa e Moura (2013), podem ser resumidas do seguinte modo:

- Realizada por grupos de alunos. Número de participantes definidos para cada experiência.
- Definição de um período de tempo.

- Escolha do tema. Devem-se considerar os interesses e objetivos didático-pedagógicos.
- Finalidade útil. Os estudantes precisam perceber um sentido real da proposta.
- Utilização de recursos. Incluem-se aqueles que os próprios estudantes providenciam dentro ou fora do ambiente escolar.
- Socialização dos resultados. Devem-se comunicar os resultados para a sala de aula, a escola ou mesmo a comunidade.

3.1.1.3 Aprendizagem Baseada em Equipes (*Team-Based Learning* – TBL)

A aprendizagem Baseada em Equipes (*Team-Based Learning* – TBL) é uma ferramenta educacional que foi a princípio, desenvolvida na década de 70 na Universidade de Oklahoma (Estados Unidos) e consiste em criar oportunidades e objetivando benefícios do trabalho em equipe, através da utilização de pequenos grupos de aprendizagem (STRONDA, 2016).

Para uma melhor funcionalidade, o método baseia-se na formação de equipes contendo de 5 a 8 estudantes, os quais realizam a leitura de um artigo relacionado ao tema a ser estudado, favorecendo a aprendizagem por meio da interação do grupo (LOVATO *et al*, 2018). Recomenda-se sua aplicação principalmente em turmas compostas por uma quantidade razoável de estudantes, que para obter uma maior eficácia, deverão trabalhar no mesmo espaço físico (STRONDA, 2016).

As equipes deverão ser formadas de modo a garantir a realização da tarefa atribuída. Por isso, recomenda-se mitigar as barreiras de coesão entre os envolvidos ou outro fator que venha dificultar as interações (por exemplo, vínculos afetivos e expertise diferenciada) (BOLLELA *et al*, 2020). Os autores citam que o método possibilita oportunidades do estudante adquirir conhecimento utilizando sequências de atividades que incluem as etapas, como descritas a seguir:

1. *Preparação individual*, fase em que os estudantes deverão se preparar previamente através de leituras e atividade definidas antecipadamente. Se, individualmente, não completarem esta etapa, não contribuirão para o desempenho de sua equipe.
2. *Avaliação da garantia de preparo*, realizado de maneira individual e depois em grupos. As atividades desenvolvidas nesta etapa objetiva o preparo do

A descrição das etapas da metodologia Problematicadora com o Arco de Maguerez está descrita brevemente a seguir, segundo Berbel (1995):

1. **Observação da realidade.** Nesta etapa os estudantes são conduzidos a observar a realidade com seus próprios olhos, sendo o início de um processo de apropriação de informações pelos alunos. Após então, podem formular o problema, ou seja, algo que, em suas percepções, sejam vistos como problemáticos, inquietantes, instigantes ou inadequados. Vale destacar que a problematização é uma característica inerente ao grupo, ao modo como percebem e entendem a realidade naquele momento a partir de seus próprios conceitos e valores.
2. **Pontos-chave.** Nesta etapa os estudantes procuram possíveis determinantes do problema a partir dos conhecimentos do grupo para que possam refletir e discutir, lhes possibilitando discernir do que foi observado, o que realmente importa, permitindo-lhes o uso da criatividade e da flexibilidade para tratar o problema.
3. **Teorização.** Nesta etapa os estudantes buscam construir respostas a partir do problema anteriormente identificado. Na busca de informações podem recorrer a diversas fontes como livros, revistas, artigos, relatos de pesquisa, sendo permitida ainda aplicação de entrevistas e questionários, levantamento de informações em fichários, assim como visitas a órgãos relacionados à administração ou desempenho profissional ligado ao estudo, sempre tratando e analisando os dados tendo em vista o problema, servindo de base para transformar a realidade. O papel do professor torna-se especialmente importante, estimulando a participação ativa dos alunos. Segundo Bordenave (1989, *apud* BERBEL, 1995), se a tarefa de teorizar for bem sucedida, o aluno chega a entender o problema não só em seu aspecto empírico, mas também em seus princípios teóricos.
4. **Hipóteses de soluções.** Nesta etapa, a criatividade e a originalidade são estimuladas de modo a provocar uma ação visando equacionar o problema. O professor pode contribuir observando a viabilidade e factibilidade das hipóteses que foram apresentadas.
5. **Aplicação à realidade.** Esta é a etapa em que é possível intervir com soluções que o grupo gerou para o problema. Após o confronto de ideias e

propostas a partir das hipóteses elaboradas pelo grupo, a aplicação se dá num campo real, caracterizando uma situação prática e interativa com os componentes do meio.

Desta forma, o *Arco de Maguerez*, é completado tanto no sentido espacial da palavra “arco”, quanto como um convite na condução dos estudantes para exercitarem a relação prática-teoria-prática, tendo a realidade social seu ponto de partida e de chegada (BERBEL, 1998).

A metodologia da problematização se configura numa proposta baseada intencionalmente em problemas, sendo por isso, comparável ao método PBL, sendo este um ponto importante de similaridade e que facilita conclusões equivocadas. Contudo, apresentam diferenças quanto à sua funcionalidade, as quais, baseadas em Berbel (1998), destaco três a seguir:

1. A problematização apresenta-se como uma metodologia a ser utilizada para o ensino de determinado conteúdos de uma disciplina, sendo assim uma escolha do professor; enquanto a PBL se constitui numa metodologia que orienta uma organização curricular, sendo uma opção de um corpo docente, o que implica numa organização espacial que incluem bibliotecas, laboratórios e outros locais.
2. Na Problematização, os problemas são identificados pelos alunos, pela observação da realidade, na qual as questões de estudo estão acontecendo (realidade problematizada pelos estudantes). Na PBL, os problemas são elaborados por uma comissão especialmente designada para esse fim.
3. Na Problematização os resultados se voltam para intervenção da realidade, na qual foi observado o problema. Na PBL, os conhecimentos são utilizados para resolver problemas como exercício intelectual, práticas de laboratório e/ou com pacientes.

Com isto percebe que as duas propostas diferenciam-se como caminhos a ser aplicados no ensino e não nomenclaturas distintas de uma mesma metodologia, diferenças tais que implicam tanto na abordagem quanto no currículo. Contudo, podemos afirmar que a problematização, seja por intermédio do *Arco de Maguerez*, seja pela metodologia de uma PBL, permite ao educando produzir conhecimento, que lhe auxiliará esclarecer algum inconveniente que lhe tenha sido fornecido ou por ele detectado, com a vantagem ainda de promover o seu próprio desenvolvimento.

3.1.1.5 Estudos de Casos (*Case studies*)

Outra estratégia de aprendizagem são os Estudos de Casos, bastante utilizado em alguns cursos de ensino superior como Direito, Administração e Medicina, em que os estudantes são conduzidos a analisar problemas e tomar decisões. Nesses estudos são empregados conceitos que os auxiliarão a tirar conclusões em relação aos casos, podendo ou não ser aplicado antes do estudo teórico e, por isso, considerada uma maneira interessante de estimular o estudante a pesquisar determinado assunto (BERBEL, 2011).

Trata-se, portanto de um método ativo, pois o objetivo dos estudos de casos é problematizar situações reais ou hipotéticas, possibilitando aos estudantes refletir situações que possivelmente vivenciarão em suas vidas profissionais.

Nesse contexto, a aplicação de Estudos de Casos no ensino pode contribuir para uma desejável aproximação entre os conhecimentos teóricos e os desafios impostos pela prática. Desta forma, permite aos estudantes vislumbrar que esses dois fatores são interdependentes, com possibilidades de problematizar e interdisciplinar conhecimentos, proporcionando-lhes a adoção de uma postura crítico-reflexiva (SILVA *et al*, 2014).

Nesse tipo de estratégia não há a necessidade de se promover uma pesquisa completa e acurada da interpretação de um fenômeno que carece de maior compreensão. Também não precisa se preocupar com a rigorosidade de dados empíricos, pois, quando utilizado para fins de ensino, seu objetivo principal é promover um momento de discussão e debate entre os estudantes (YIN, 2001).

O caso precisa estar inserido no contexto de vida dos estudantes ou pelo menos, numa temática de estudo, possibilitando uma análise minuciosa e objetiva de uma situação que necessita ser investigada, oportunizando momentos para potencializar a capacidade de argumentação, com chances maiores de envolvimento se o assunto lhes for desafiador (ANASTASIOU; ALVES, 2004).

3.1.1.6 Sala de Aula Invertida (*flipped classroom*)

Esta proposta é mais uma que se contrapõe ao modelo tradicional de ensino, no qual o professor é o detentor do conhecimento e a sala de aula, o espaço onde a transmissão da informação se processa. No modelo de Sala de Aula Invertida, há uma inversão dos papéis exercidos por professores e estudantes, os quais recebem antecipadamente o material de estudo das próximas aulas.

Fundamentalmente a técnica pode ser conceituada da seguinte forma: As tarefas que deveriam ser concluídas na sala de aula, agora são realizadas em casa, e o que deveria funcionar como tarefa de casa, agora é executada em sala de aula (BERGMANN; SAMS *apud* FEITOSA, 2017).

O método foi implementado como uma resposta à percepção dos professores Jonathan Bergmann e Aaron Sams, que lecionavam química na *High School* estadunidense, de que o modelo tradicional não satisfazia a necessidade de todos os seus alunos. Dentro do contexto norte-americano, os estudantes que participavam de competições esportivas eram prejudicados por perda de conteúdo e, conseqüentemente, diminuição do rendimento escolar. Esta realidade, então serviu como um *insight* para que os supracitados professores se valessem de softwares para gravar suas aulas e postá-las, facultando o acesso dos seus alunos (FEITOSA, 2017).

O fato das tecnologias propiciarem a gravação das aulas, e do uso de uma rede mundial de computadores disponibilizar abertamente informações a qualquer hora, em qualquer lugar e ainda com pessoas diferentes, numa integração de espaço e tempo, dependendo da comodidade do usuário, na concepção de Morán (2015), possibilita aprendizado de uma maneira muito mais interativa, dinâmica, personalizada e proativa, características tais que parecem fazer mais sentido numa era em que vivenciamos um modelo de sociedade que privilegia competências cognitivas, pessoais e sociais.

A proposta de Sala de Aula Invertida, tendo sua origem a partir de uma necessidade dos estudantes e da sensibilidade percebida pelos professores, se constitui numa modalidade em que as instruções vistas anteriormente pelos alunos, asseguram uma remodelagem de ofícios em sala de aula. Com as informações antecipadas, a exposição do conteúdo, como no método tradicional, não se faz necessária. Desta forma atividades práticas, resolução de exercícios, discussão em grupo e outras atividades podem ser executadas de maneira eficiente.

Como este método de ensino é possível perceber que o estudante é, de fato, condicionado ao protagonismo de sua aprendizagem e assume um papel ativo, tendo em vista que a busca de informações e a proximidade em relação aos conteúdos é por ele executada.

Se os estudantes passam a buscar conhecimento por meio de leitura e pesquisas em casa, que atribuição o docente assume na metodologia da Sala de Aula Invertida? Segundo Schneiders (2018), o professor passa a atuar como mediador e orientador nas atividades executadas, considerando os conhecimentos que previamente foram acessados pelos estudantes, fato que possibilita maior eficácia e aproveitamento do tempo disponível para

consolidar conhecimentos, tornando este momento mais produtivo e participativo para o desenvolvimento do seu aprendizado.

Convém ressaltar que o método pode também ser aplicado individualmente ou associada a outras metodologias de aprendizagem ativa como PBL, TBL, Problemática, dentre outras (SCHNEIDERS, 2018), dependendo do contexto local, aumentando desta forma, as chances dos educandos obter maiores rendimentos em seus estudos.

3.2 O ENSINO POR INVESTIGAÇÃO COMO MÉTODO ATIVO

Um método ativo que tem sido bem fundamentado e amplamente divulgado na literatura científica é o ensino por investigação. Este se constitui numa abordagem que vislumbra a promoção da aprendizagem por meio do questionamento e da problematização. De acordo com Carvalho (2018), trata-se de um tipo de ensino em que são criadas condições em sala de aula de o estudante pensar, falar, ler e escrever levando em consideração os conhecimentos adquiridos sobre determinado conteúdo programático. Contemplados nestas dimensões, torna-se uma maneira de evidenciar no estudante o verdadeiro aprendizado.

Por se tratar de um método ativo, são atribuídos novos papéis aos estudantes, tornando-os participativos e responsáveis pela construção de seu próprio conhecimento, ao contrário do ensino tradicional, o qual segundo Freire (2014a), é conferido ao sujeito uma condição passiva, que apenas recebe e armazena as informações, fato que tende a limitar sua capacidade de aprender e aplicar os novos saberes ao cotidiano.

Esta proposta tem por objetivo aproximar os estudantes à cultura científica, dentre as muitas culturas presentes no espaço escolar. De acordo com Sasseron (2015), as interações entre os estudantes proporcionadas pelo método promove o desenvolvimento da alfabetização científica em sala de aula, uma vez que, o estudante é encarregado da função de investigar e resolver problemas na busca de esclarecer relações de causalidade dos fenômenos naturais, sob as orientações do professor.

Não se trata de um método que busca a formação de cientistas em sala de aula, uma vez que os estudantes não possuem idade, maturidade, conhecimentos específicos e desenvoltura para isso, mas apenas de fornecer um ambiente investigativo de forma a conduzi-los no processo de criação e, progressivamente ampliação de uma cultura científica (CARVALHO, 2013).

Neste tipo de abordagem, os conhecimentos prévios que os estudantes apresentam como experiências de vida, revelam-se importantes e devem ser considerados ao resolver

problemas. Para Carvalho (2013) este é o princípio geral das teorias construtivistas e, baseado no que os estudantes já sabem, ao propor problemas cotidianos, eles terão condições de resolvê-los e construir novos conhecimentos. Para a autora, ao fazer isso, os estudantes estarão promovendo ações intelectuais de desconstrução e reconstrução de novos saberes.

Outro ponto destacado por Carvalho (2013) e que encontra amparo nas ideias construtivistas estabelecidas por Vygotsky, é a importância das interações, uma vez que a sala de aula se constitui de vários elementos como professor, estudantes, assuntos e valores culturais. Tais valores vão se refletir em ações como o trabalho em grupo, que serão extremamente importantes nas discussões de questões envolvendo problemas, uma vez que se torna bem mais fácil, *a priori*, um estudante interagir com seus pares, na resolução de problemas, do que com professor.

O ensino por investigação pode extrapolar a esfera de uma metodologia de ensino que se adequa apenas a determinados conteúdos disciplinares, podendo ser praticada em diferentes aulas, sob as mais diversas formas, desde que o processo de investigação seja realizado pelos estudantes (SASSERON, 2015). Para isso, é preciso que haja a intencionalidade discursiva e o caráter investigativo em busca da resolução de problemas, propiciando procedimentos de análise, comparação, avaliação e levantamento de hipóteses.

Tais práticas são também bastante utilizadas no meio científico, o que pressupõe uma equidade do ensino por investigação, ao mesmo tempo em que possibilita ao estudante a oportunidade de questionar, ou seja, de compartilhar ideias a respeito do problema e argumentar sobre os resultados e aceitação de sua validade perante aos colegas e ao professor. Segundo Scarpa, Sasserone e Silva (2017),

o que difere o ensino tradicional de uma abordagem investigativa é justamente a forma como as ações são desenvolvidas e a aproximação que as mesmas têm com a própria ciência: mantendo-se os limites e considerando-as como atividades distintas, a investigação científica e a investigação científica escolar podem encontrar confluências quando vislumbramos ambas como situações em que o trabalho em grupo ocorre, permitindo que diferentes visões sobre uma mesma ideia sejam postas em discussão, uma vez que a resolução a que se pretende chegar não é evidente e está, verdadeiramente, em construção (SCARPA; SASSERON; SILVA, 2017, p. 16)

Desta forma, respeitando-se as devidas proporções entre ciência produzida no meio acadêmico e no ambiente escolar, o ensino com esta abordagem pode ser considerado como um processo, que visa desenvolver no estudante o raciocínio hipotético-dedutivo (SASSERON, 2015) e o espírito questionador relacionado aos fenômenos naturais e sua aplicação aos problemas cotidianos.

Um fator a ser considerado no ensino por investigação é o favorecimento da argumentação, característica do processo de Alfabetização Científica e que se contrapõe a um modelo estático, pouco participativo e pautado no acúmulo de informações. A capacidade de argumentar torna-se especialmente importante na compreensão dos fenômenos naturais e na formulação do pensamento crítico. Sendo assim, as atividades investigativas permitem aos estudantes fazer inferências mediante resultados, tomar decisões, estabelecer relações, bem como construir hipóteses para compreender tais fenômenos, proporcionando-lhes o aumento da capacidade argumentativa (SCARPA; SASSERON; SILVA, 2017).

A argumentação, portanto, revela-se extremamente importante no processo de ensino e aprendizagem no contexto das ciências naturais. Segundo Sasseron (2015) tal habilidade envolve o reconhecimento e a aceitação de ideias conflitantes e defesas de pontos de vista embasada em conclusões, conferindo aos estudantes a construção de conhecimentos a partir das interações dialógicas estabelecidas. Ou seja, não é somente uma questão de discurso ou confronto de opiniões pessoais, mas, sobretudo uma maneira de formular ideias que favorecem o raciocínio científico. Nas palavras da autora, a argumentação,

configura-se em uma abordagem de ensino que extravasa a simples apresentação de conteúdos **de** uma disciplina permitindo também o enfoque mais amplo e sistêmico de aspectos **sobre** a área de conhecimento [...]. Engloba mais do que apenas características linguísticas de uma forma de enunciar ideias, sendo um processo de avaliação de enunciados, análise de possibilidades, refinamento de explicações e justificativas. Todas essas características que se assemelham a práticas próprias da cultura científica escolar (SASSERON, 2015, p. 64-65, ênfase no original).

Percebe-se com isso que a argumentação se sobrepõe ao simples debate de conteúdos e permite uma maior liberdade de formulação de ideias entre os estudantes e o ato de resolver problemas em atividades investigativas contribui fortemente para esta condição. Ao questionar, debates são gerados e, dependendo do seu andamento, novos questionamentos podem ocorrer. Desta forma, permitindo a aceitação de ideias divergentes, bem como instituir relações entre as afirmações e as evidências (SCARPA; SASSERON; SILVA, 2017), ele estará exercendo a prática da argumentação.

3.2.1 A proposição do problema no ensino por investigação

Tão importante quanto a argumentação são os problemas propostos nas atividades investigativas. Estes devem ser trabalhados na perspectiva de conduzir os estudantes ao comprometimento e provocar neles o desejo de solucioná-los. Para Carvalho (2013), a

proposição do problema é o estímulo que proporciona condições de raciocínio e o princípio da construção do conhecimento. Com esta proposta, transfere-se para o estudante o ato de raciocinar, diferentemente do método tradicional, no qual há apenas um esforço em acompanhar o raciocínio do professor.

O conhecimento científico é o objetivo geral quando se pretende ensinar ciências e o ensino por investigação apresenta-se como um caminho interessante ao induzir o raciocínio lógico, a participação efetiva e a dialética da argumentação, por meio da proposição de problema. Este deve funcionar como uma fonte que motive, gere confiança, desperte o interesse e promova discussões (CARVALHO *et al*, 2005).

Carvalho (2013) aponta para a existência de dois tipos de problemas: experimental e não experimental. No contexto das aulas de ciências da natureza, muitos são do tipo experimental e quando a unidade escolar dispõe de material e espaço adequados, como um laboratório de ciências, essa atividade é até facilitada. Mas vale ressaltar que quando o experimento fornece algum tipo de perigo devido ao seu manuseio, como fogo ou ácido, por exemplo, é preferível que a atividade seja realizada pelo professor por meio de uma demonstração.

Problemas do tipo não experimental podem ser baseados em notícias, textos, revistas, figuras e outros meios. No entanto, qualquer que seja o problema escolhido, deve estar claro para o estudante que algo precisa ser resolvido (SASSERON, 2015) e consequentemente, oportuniza-lo a “levantar e testar hipóteses [...], estruturando seu pensamento e apresentando argumentações discutidas com seus colegas e com o professor” (CARVALHO, 2013, p. 10).

Algumas características devem estar presentes num problema para ser considerado bom, na concepção de Carvalho (2018), dentre eles, que proporcione aos estudantes condições de resolver, que lhes possibilitem levantar hipóteses, que lhes dê condições de relacionar o novo conhecimento ao cotidiano, que lhes possibilitem utilizar os novos conhecimentos a outras disciplinas escolares, que o manuseio se transforme em ação intelectual (passagem da ação manipulativa à intelectual) e que construa explicações causais e legais (estas duas últimas associadas a problemas de cunho experimental).

Ainda que o problema esteja acompanhado de tais características, de nada adiantará se o mesmo estiver fora do contexto do estudante. Portanto além destas qualidades mencionadas o problema deve fazer parte do assunto que se pretende ou está estudando, oportunizando um aprofundamento da teoria, ter um objetivo claro e ainda estar inserido no seu cotidiano (CARVALHO, 2018). Desta forma, podemos concluir que, de nada adianta ser

ensinado ao estudante nordestino, por exemplo, sobre aspectos que levaram à poluição da baía de Guanabara, no Rio de Janeiro, se ele não compreende os motivos pelos quais uma lagoa próxima à sua casa está imprópria para o consumo e/ou balneabilidade.

O ensino por investigação sugere que as atividades sejam desenvolvidas em etapas, para que os estudantes ultrapassem a manipulação dos materiais e passem a raciocinar sobre eles (passagem da ação manipulativa à ação intelectual) (CARVALHO *et al*, 2005), possibilitando-lhes a tomada de consciência. Sendo assim, a autora (2013), propõe etapas no desenvolvimento das atividades investigativas, as quais se traduzem em ações a serem efetuadas pelo professor e pelos estudantes:

- a) Distribuição do material e proposição do problema – etapa inicial, em que o professor organiza a turma em pequenos grupos, distribui material e propõe o problema. É muito importante que os estudantes o tenham compreendido e isso deve ser assegurado pelo professor. Um cuidado a ser tomado pelo professor é a não indicação de possíveis soluções do problema. Caso contrário, tirará todas as possibilidades dos estudantes se debruçarem na tentativa de obtê-la.
- b) Resolução do problema – etapa em que os estudantes irão discutir com seus pares para levantar e testar suas hipóteses, as quais lhes possibilitarão construir seus conhecimentos. É muito importante que o professor assegure o trabalho nos grupos, mas não lhes forneça soluções para o problema, ou seja, deixe-os livres para discutir sobre o problema.
- c) Sistematização dos conhecimentos – é a etapa em que professor tentará compreender como os estudantes conseguiram chegar a uma solução. Através de perguntas específicas deve-se buscar a participação deles neste momento, os quais relatarão como conseguiram testar as hipóteses. Esta ação os levará à ação intelectual. As perguntas lançadas servirão de justificativa para que os estudantes formulem seus argumentos para explicar o fenômeno.
- d) Escrever e desenhar – é a etapa de aprendizagem individual, quando então os estudantes, após as discussões nos grupos e na turma, terão de elaborar algum material que demonstre seu aprendizado, tendo como instrumento para tal, a escrita.

A proposta do ensino por investigação sugere que os estudantes sejam organizados em pequenos grupos, visto que a equidade da faixa etária e as relações afetivas estabelecidas facilitarão a comunicação e a proposição das ideias para resolver o problema.

Para Anastasiou e Alves (2004), quando devidamente trabalhada, tal organização “auxilia no desabrochar da inteligência relacional” (p. 75), o que reforça o reconhecimento do ‘outro’ nas interações da sala de aula. A autora destaca que não é só a questão de junção de pessoas, mas, sobretudo envolve interações emotivas e finalidades compartilhadas, conforme a estratégia proposta.

Um fator a ser observado e que se mostra extremamente importante no contexto das discussões, é a questão do erro, principalmente durante a etapa das discussões com os colegas. Na tentativa dos estudantes tentarem encontrar respostas para suas hipóteses, certamente cometerão erros. Estes, embora passem despercebidos para muitos professores em diferentes momentos, mostram-se reveladores para os estudantes em apontar que algumas ideias não estarão corretas. E isso também é um fator bastante relevante a ser considerado no aprendizado. Assim sendo, concordamos com as palavras de Salsa (2017), quando afirma:

Entendo que o erro do aluno não deve jamais ficar confinado tão somente a limites improfícuos [...]. Ao contrário, a leitura que o professor pode fazer acerca do mesmo é fundamental para, dentre outras possibilidades, ter condições de mapear o que está sendo, de fato, aprendido pelo aluno. Trabalhar o erro no sentido de suscitar oportunidades para que o próprio aluno questione e reflita sobre sua própria produção é uma forma propícia à construção do conhecimento daquilo que, conforme pode atestar o erro apresentado, ainda carece ser mais profundamente aprendido (SALSA, 2017, p.88).

O papel do professor se apresenta como significativo no contexto do ensino por investigação, uma vez que se deve permitir ao estudante a liberdade de errar, assegurando-lhe uma clara participação no conhecimento (CARVALHO, 2018) e não ser criticado por isso, afinal, deve estar claro para os participantes “de que a sala de aula é o lugar onde o erro não fere, pois é o espaço no qual as aprendizagens devem ser sistematizadas” (ANASTASIOU; ALVES, 2004, p. 78). O erro, portanto, aponta caminhos tanto para o professor, que a partir de uma ‘reposta errada’ pode iniciar uma discussão, quanto para o estudante, ao revelar que a ideia discutida com os colegas precisa ser revista, promovendo-lhe desconstrução e reconstrução de conhecimentos.

Ainda a respeito do erro, existem duas questões em que o professor deverá se precaver, ao elaborar um problema, no contexto do ensino por investigação: a *liberdade intelectual dado ao aluno* e a *elaboração do problema* (CARVALHO, 2018). Ambos os conceitos são fundamentais para o professor criar condições em sala de aula, dos estudantes interagirem e construírem novos conhecimentos. Para a autora, a liberdade intelectual refere-se à participação “**sem medo de errar**” (IDEM, 2018, p. 767, grifo nosso) e, tanto este quanto

o outro item são bastante importantes, pois é a partir do problema que os estudantes irão debater e raciocinar, visto que, sem a liberdade intelectual eles não terão coragem de expor suas ideias.

3.3 A ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA E O ENSINO DE CIÊNCIAS

No modelo de organização social no qual estamos inseridos, frequentemente convivemos com importantes empreendimentos científicos que, de uma forma ou de outra, invadem nossas vidas, seja por meio de seu uso direto, seja por meio de informações advindas dos meios de comunicação.

Ao realizarmos atividades cotidianas simples como uma ida ao supermercado, por exemplo, nos imergimos em informações variadas de cunho científico. As condições de armazenamento dos alimentos, a importância dos nutrientes para o organismo, a influência da temperatura na sua conservação, a questão dos transgênicos e tantas outras são algumas dessas informações. Se considerarmos outras temáticas como tecnologias ou meio ambiente, o leque de possibilidades amplia-se excessivamente.

Com isso, podemos perceber que a compreensão de conceitos decorrentes da ciência, torna-se fundamental para a sobrevivência em um mundo em constante mudança. Para entender como tantas informações interferem em nossas vidas, faz-se necessária a construção de uma sólida base de conhecimentos em ciência. Em outras palavras, quando se há uma preocupação na formação de pessoas que participem mais ativamente de uma sociedade cada vez mais pluralista, torna-se necessário que elas sejam alfabetizadas cientificamente.

Nesse sentido, Hurd (1998) concebe Alfabetização Científica como uma competência necessária para desenvolver o pensamento sobre a ciência na vida do homem, quanto aos aspectos pessoais, sociais, políticos, econômicos dentre outras questões que se encontre ao longo da vida. Sendo assim, é uma maneira de promover sua inserção numa cultura científica que lhe permita se apropriar de conceitos e aplicabilidades fundamentais envolvendo ciência.

A ciência possui termos e definições peculiares, fato que exige entendimento e interpretações apropriadas a determinados contextos. Este motivo pode ter influenciado pesquisadores como Chassot (2003) a compreender Alfabetização Científica como uma linguagem, uma vez que possibilita uma leitura das leis naturais. Para o autor, a compreensão dessa linguagem, tal qual compreendemos nossa língua materna, nos ajuda a entender a

linguagem na qual está sendo escrita a natureza. Desta forma, aprendê-la, contribui para conhecermos melhor o ambiente que nos cerca.

O processo de alfabetização do indivíduo numa determinada língua auxilia na construção de uma consciência crítica para exercer sua cidadania, além de desenvolver seu pensamento de maneira lógica. Analogamente, quando se almeja uma Alfabetização Científica dos indivíduos, deseja-se que os mesmos não só tenham uma leitura de mundo facilitada, mas também consigam entender as necessidades de transformá-lo em algo melhor, conduzindo-os a uma melhor qualidade de vida (CHASSOT, 2003).

A temática tem sido amplamente debatida e divulgada na literatura por pesquisadores tanto nacionais quanto estrangeiros, utilizando-se nomenclaturas variadas como Alfabetização Científica, Enculturação Científica e Letramento Científico. Entretanto, ainda que pesquisadores justifiquem os motivos pelos quais preferem utilizar uma ou outra nomenclatura, percebe-se em todos eles um objetivo em comum, que é a preocupação com o ensino de ciências e o seu planejamento para a construção de benefícios práticos para as pessoas, a sociedade e o meio ambiente (SASSERON; CARVALHO, 2008).

Ao contrário do que se pode imaginar, a Alfabetização Científica não se limita em procurar ou formar cientistas a partir do meio social. Não obstante possa influenciar pessoas e despertá-las em assuntos que envolvam ciência, seu objetivo principal é a promoção da cultura, contribuindo, desta forma para o exercício da cidadania. Conforme esclarecem Lorenzetti e Delizoicov (2001),

Depreende-se pois, que a alfabetização científica [...] não objetiva treinar futuros cientistas, ainda que para isso possa contribuir. Objetiva sim, que os assuntos científicos sejam cuidadosamente apresentados, discutidos, compreendendo seus significados e aplicados para o entendimento do mundo (LORENZETTI; DELIZOICOV, 2001, p. 49).

Devemos lembrar que um indivíduo alfabetizado cientificamente, não necessariamente significa ter o domínio da ciência. Ainda que um cientista tenha se tornado famoso por suas descobertas, não seria capaz de dominar todo o conhecimento acumulado na história da humanidade. Nesse sentido, a Alfabetização Científica pressupõe aquisição de competências cognitivas para interpretar conhecimentos científicos e aplicá-las em diversas situações, bem como saber buscar informações e usá-las adequadamente.

O modelo tradicional do ensino de ciências, amplamente praticado nas escolas, concebe a necessidade de ampliar a discussão em torno da temática. A educação bancária, tão denunciada por Paulo Freire, é um exemplo do quanto o ensino tem sido apresentado de modo

distorcido, uma vez que confere aos estudantes aprendizagens insatisfatórias (CHASSOT, 2003).

Herbert Spencer (*apud* HURD, 1998), filósofo britânico, já defendia tal ideia no século XIX, ao afirmar que o ensino de ciências “torna o aluno um receptor passivo das ideias dos outros e nem um pouco é ensinado [ao aluno] para ser um inquiridor ativo” (HERBERT SPENCER, 1858, *apud* HURD, 1998, p. 408, tradução nossa). Por isso, fornecer a competência de como fazer ciência impõe-se necessário e ao mesmo tempo desafiador, mediante problemas autênticos, nos quais a investigação seja condição para resolvê-los (SASSERON; CARVALHO, 2011).

Concernente a isso, Chassot (2003) lembra o quão é importante uma *ciência da escola*, ou seja, uma reestruturação de saberes que possibilita aos estudantes construir seu próprio conhecimento. Dessa forma, ao receber informações relevantes relacionadas à ciência e tecnologia, e aos modos como estas se relacionam com a sociedade e o meio ambiente, aumenta sua capacidade de refletir e de se posicionar criticamente diante de temáticas importantes.

Para que uma *ciência da escola* seja concebida, faz-se necessário que a instituição escolar reivindique seu papel atuante como disseminador do conhecimento, visto que parece haver uma inversão do fluxo da informação, do mundo exterior para a escola (CHASSOT, 2003). Cabe à mesma se reinventar, ou seja, adotar estratégias que possibilitem maior participação dos estudantes e, dessa forma, contribuir para melhorar o processo de ensino e aprendizagem.

O ensino de ciências exerce importante contribuição na formação dos estudantes, uma vez que o objetivo desse processo é a Alfabetização Científica. Nesse sentido, Hurd (1998) defende uma melhoria no currículo de ciências de modo a ultrapassar a barreira de simples atualização de conceitos na disciplina. Para o autor, as mudanças devem identificar experiências pessoais e sociais humanas de modo que o conhecimento em ciência/tecnologia seja utilizado para resolver problemas. E continua, ao afirmar que,

os currículos de ciências precisam ser reinventados para se harmonizar com as mudanças na prática da ciência/tecnologia, uma era da informação, e a qualidade de vida. O que se busca é um currículo vivido em que os principais padrões de instrução e habilidades intelectuais são aqueles que permitem aos indivíduos lidar com as mudanças na ciência/tecnologia, na sociedade e nas dimensões do bem-estar humano (HURD, 1998, p. 411, tradução nossa).

O currículo vivido, portanto, pode ser um caminho seguro quando se almeja tornar o estudante alfabetizado em ciência/tecnologia, aproximando-o de conceitos importantes relacionados às ciências e facilitando sua aplicação aos contextos de suas vidas.

Os conceitos relacionados à ciência não deve ser aprendida somente na escola, embora esta tenha um papel fundamental na formação do estudante. Lorenzetti e Delizoicov (2001) defendem que os meios de comunicação contribuem substancialmente para que a população tenha melhor compreensão do assunto. Para Leal e Gouveia (2002) o aprendizado noutros contextos como museus, internet e revistas, também são capazes de prover esse tipo de formação.

Vale ressaltar que, sozinha, a escola não é capaz de promover Alfabetização Científica nos estudantes (LORENZETTI; DELIZOICOV, 2001), uma vez que não haveria tempo, nem estrutura suficientes para conhecer toda a produção científica construída pela humanidade. No entanto, faz-se necessário que as instituições propiciem iniciativas objetivando prepará-los para produzir e/ou buscar informações que satisfaçam suas necessidades.

Compartilhamos da ideia de Lorenzetti e Delizoicov (2001) que a Alfabetização Científica deve ser pensada como uma “atividade vitalícia” (p. 51), que transcende aos espaços educativos não formais, sendo permeados por diferentes mídias e linguagens. Assim como habilidades como a leitura e a escrita abrem caminhos para que o indivíduo possa exercer sua cidadania, do mesmo modo a Alfabetização Científica contribui para que o estudante possa compreender seu universo.

Por isso, concordamos que a Alfabetização Científica deve ser ousadamente iniciada ainda nas primeiras séries do ensino fundamental (CHASSOT, 2003; LORENZETTI; DELIZOICOIV, 2001). Desta forma, seria uma maneira de colocar o estudante em contato com o fazer científico, ou seja, com atividades investigativas nas quais eles desempenham o papel de pesquisadores (SASSERON; CARVALHO, 2008). Ao mesmo tempo, lhes permitiria uma participação ativa na construção do seu próprio conhecimento e no debate de ideias que afligem seu contexto social (idem, 2011).

4 PERCURSO METODOLÓGICO

Esta seção destina-se à apresentação do caminho metodológico desenvolvido nesta pesquisa, a qual se delineou como qualitativa e consistiu da análise de livros didáticos de biologia observando a abordagem de temáticas relacionadas à microbiologia pelos autores. Após justificar as escolhas da caracterização da pesquisa, serão apresentados dois quadros: no primeiro caracterizamos as coleções didáticas investigadas e no segundo inserimos categorias nas quais as obras foram analisadas. Por fim, faremos uma breve descrição do caderno de atividades investigativas, nosso produto pedagógico.

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

O presente estudo está delineado como qualitativo, de acordo com a natureza do problema, uma vez que os aspectos considerados são subjetivos, não podendo, por isso serem traduzidos em quantificação. O fato de sua natureza assim se revelar, não nos permite uma interpretação completamente equânime de sua realidade. Para Eiterer *et al* (2010, p. 14), “a pesquisa de caráter qualitativo é, especialmente, interpretativa e, por isso, preocupa-se mais em conhecer o objeto do que em testar hipóteses”. Outro aspecto considerado é que a qualifica desta forma reside no fato de haver maior preocupação pelo processo do que com os resultados (SILVA, 2015).

Com relação ao método, a pesquisa revela-se essencialmente como documental. A justificativa por tal escolha sustenta-se na própria investigação em si, uma vez que a pesquisa consistiu de análise de Livros Didáticos, os quais assumem a condição de objeto de estudo, ideia em sintonia com Gil (2002), quando afirma que na pesquisa do tipo documental, a fonte de informação ainda não recebeu tratamento analítico.

Antes e durante a realização deste trabalho, foi realizado um levantamento bibliográfico como fonte de informação, sobre assuntos pertinentes ao tema proposto e suas implicações, enfatizando, principalmente aspectos sobre estratégias de ensino e a importância do aprendizado em microbiologia. Como fonte de consulta, utilizamos livros acadêmicos relacionados à temática, além de busca em bibliotecas eletrônicas, das quais destacamos *SciELO* e *Google Scholar*.

Esta pesquisa culminou como produto pedagógico, na elaboração de um material didático suplementar destinado a professores de Ciências/Biologia da educação básica, contendo atividades investigativas e contextualizadas relacionadas ao tema Microbiologia,

analisada nos livros didáticos, enfatizando aspectos ecológicos/ambientais, e benefícios à saúde.

Importante destacar que não se pretendeu construir novas informações frente à análise dos livros didáticos, mas a partir de então contextualizar assuntos poucos abordados e/ou negligenciados por seus respectivos autores, objetivando estabelecer nos estudantes um novo conceito dos assuntos relacionados a microrganismos.

4.2 OS LIVROS DIDÁTICOS

Esta pesquisa se dedicou a analisar os conteúdos relacionados à Microbiologia em cinco Livros Didáticos de Biologia, conforme especificados no quadro 1, todos aprovados no Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) 2018 e utilizados pelas escolas públicas de Fortaleza e demais municípios brasileiros. Por se tratar de uma temática ampla, que se relaciona a diversos assuntos, não nos detemos a um único capítulo, sendo analisados, por isso os três volumes de cada coleção, perfazendo um total de 15 livros.

Quadro 1 – Informações sobre os livros didáticos analisados neste trabalho.

Título da coleção	Autor(es)	Edição	Editora	Ano de publicação
Biologia Moderna	José Mariano Amabis e Gilberto Rodrigues Martho	1º	Moderna	2016
Biologia Hoje	Sergio Linhares, Fernando Gewandsznajder e Helena Pacca	3º	Ática	2017
Conexões com a Biologia	Miguel Thompson e Eloci Peres Rios	2º	Moderna	2016
Contato Biologia	Marcela Ogo e Leandro Godoy	1º	Quinteto	2016
Ser Protagonista	André Catani Elisa Garcia Carvalho Fernando Santiago dos Santos João Batista Aguilar Sílvia Helena de A. Campos	3º	SM	2016

Fonte: Elaborado pelo autor

A escolha justifica-se pelo fato de que tais livros didáticos estão entre as coleções mais requisitadas pelas escolas públicas do Brasil, beneficiando cerca de 5,3 milhões de alunos de um total de 7,8 milhões de estudantes (BRASIL, 2017).

Considerando a importância do livro didático no contexto da educação, e concordando com Sodré Neto e Costa (2016) de que tal recurso configura-se, numa importante fonte de conhecimentos dos estudantes; também com Rosa (2018), ao assegurar que as obras direcionam conteúdos a serem ministrados nas salas de aula no decorrer do ano letivo; e ainda com a ideia de que o livro se mostra como artefato importante utilizado nos processos pedagógicos nas escolas de educação básica, a avaliação justificou-se como uma alternativa viável para obter informações de como os conteúdos relacionados à microbiologia são apresentados pelos seus respectivos autores.

A análise dos livros serviu de base para a elaboração de um material didático suplementar, com o objetivo de suprir demandas relacionadas aos microrganismos, destacando seus aspectos positivos e a importância por eles desempenhada, desmitificando a ideia de que são sempre causadores de problemas.

4.3 ANÁLISE DOS LIVROS DIDÁTICOS

Nesta pesquisa foi avaliada a abordagem de assuntos importantes da Microbiologia, dentre eles biorremediação, participação na indústria de alimentos por meio da fermentação, participação microbiana em processos biotecnológicos, nos ciclos biogeoquímicos e em interações ecológicas estabelecidas com outros organismos.

A investigação realizada neste trabalho foi seguida de três etapas: *pré-análise*, a qual envolve uma leitura flutuante acerca da temática a ser submetida. Por isso, esta se constitui numa etapa flexível, visto que será definido um esquema para formular indicadores que orientarão a interpretação do material; *exploração do material*, que consiste numa leitura minuciosa a partir do que foi anteriormente selecionado, adotando procedimentos de categorização; e *tratamento dos resultados e interpretação*, que consiste numa análise interpretativa objetivando tornar os dados apontados significativos (GODOY, 1995).

Após a análise dos livros didáticos, seguiu-se a proposição das seguintes categorias e subcategorias (quadro 2):

Quadro 2 – Categorias de análise das temáticas nos livros didáticos.

EIXO I: CONTEÚDO					
Parâmetros	Insuficiente		Suficiente		Bom
Clareza do texto (conceito / definição)					
Contextualização					
Abordagem					
	Sim			Não	
Apresenta a temática					
Especifica microrganismos					
Apresenta textos complementares					
EIXO II: ATIVIDADES PROPOSTAS					
Parâmetros	C1	C2	C3	C4	C5
Propõe questões ao final do capítulo?					
As questões privilegiam problematização?					
Propõe atividade diferenciada?					
Sugere procedimentos de segurança e alerta de possíveis perigos?					
Podem ser facilmente realizadas?					
Sugere utilização de materiais alternativos?					
Tem relação direta com o conteúdo trabalhado?					
Propõe atividade em grupo?					
Estimula utilização de novas tecnologias?					

Fonte: Adaptado de Vasconcelos e Souto (2003)

Para tornar esta análise mais uniforme em relação a cada temática observada, dois eixos prioritários nos guiaram, quais sejam: o eixo do conteúdo e o eixo das atividades propostas. Em relação ao primeiro, subcategorias foram observadas, dentre elas clareza, que

nos permite observar se o texto está acompanhado de uma definição clara ou conceito acerca da temática ou ainda, se permite ao estudante formular facilmente um conceito a partir de elementos disponibilizados no próprio texto (MOHR, 2000).

A contextualização é a forma como os microrganismos são apresentados em situações cotidianas, sendo desta forma, uma maneira de aproximá-los à vivência do estudante. Além do mais é uma recomendação de documentos norteadores da educação brasileira. A abordagem é a forma com a temática é apresentada pelos autores, sendo observados, por exemplo, se as informações são tratadas de modo relevante, se os gêneros e/ou espécies microbianas são mencionados, se são contextualizados ou ainda se somente aspectos negativos relacionados aos humanos, são lembrados.

Vale ressaltar que ainda é forte a perspectiva de que a natureza está para nos servir. Contudo, devemos lembrar que sua existência independe da condição humana e que, na verdade, dela dependemos para sobreviver, sendo por isso, uma condição inconcebível.

No eixo das atividades propostas observamos se as temáticas são acompanhadas de exercícios ao final do capítulo/unidade e como são os tipos de exercícios: questões de múltipla escolha, do tipo aberta, se apenas envolve memorização e consulta ao texto ou se priorizam problematização. Para Vasconcelos e Souto (2003), não desmerecendo os outros tipos, mas questões envolvendo problematização possibilitam aos estudantes uma reconstrução de significados.

Por fim, é importante observar se os livros trazem propostas de atividades diferenciadas como práticas, atividades em grupo e outras, sendo considerada uma estratégia interessante para melhorar a convivência entre os estudantes (ANASTASIOU; ALVES, 2014), problematizar conteúdos, favorecer o debate, a argumentação e o desenvolvimento da capacidade investigativa e do pensamento crítico (VASCONCELOS; SOUTO, 2003).

4.4 O MATERIAL DIDÁTICO SUPLEMENTAR COMO PRODUTO PEDAGÓGICO

O produto pedagógico desta pesquisa, disponível no apêndice A, consiste de um material didático suplementar intitulado “**Propostas de atividades investigativas no contexto do ensino sobre microrganismos**”, o qual apresenta propostas de ações didáticas que podem ser aplicadas no contexto das aulas de Biologia sobre microrganismos.

Os Livros Didáticos geralmente disponibilizam um capítulo específico do volume dois para descrever as características e importância dos seres procariontes, bem como dos outros grupos de microrganismos. Tradicionalmente esse é o volume do livro adotado para os

estudantes do 2º ano do Ensino Médio. A princípio, tal produto pode ser utilizado durante essas aulas. Entretanto, como a Microbiologia encontra-se amplamente distribuída nos três volumes das coleções, o material suporta seu aproveitamento nas outras séries desta etapa de ensino, como também no Fundamental, dependendo do contexto educacional.

Trata-se de um material destinado a professores da educação básica, das disciplinas de Ciências e Biologia e que terá a proposta de Ensino Investigativo. Segundo Carvalho (2013), a partir de um contexto educacional e com intencionalidade pedagógicas, formula-se um problema visando provocar o estudante a discutir com colegas e pensar em soluções, estimulando a interação dialógica, a argumentação e o raciocínio, conduzindo-o a um processo de Alfabetização Científica.

O material didático suplementar está organizado em cinco temáticas, todas relacionadas aos microrganismos, que são: Biorremediação, Fermentação, Biotecnologia, Ciclos dos elementos químicos e Interações simbióticas, cada uma consistindo de duas propostas de atividades investigativas. Tais temáticas foram escolhidas a partir da análise do conteúdo de microbiologia das cinco coleções dos Livros Didáticos, os quais foram observados temas em que o assunto merecia uma perspectiva mais contextualizada e atenciosa e que pudesse ser abordado em sala de aula pelo professor.

Cada temática está acompanhada de dois problemas de caráter investigativo que possa ser aplicados no contexto das aulas sobre microrganismos, na própria sala de aula, no laboratório de ciência da escola e em espaços não-formais de ensino, como o jardim da escola, ruas ou praça pública.

As atividades investigativas propostas destacam etapas a serem seguidas para trabalhar situações de problematização: *Proposição do problema*, na qual uma situação-problema será proposta pelo professor; *Resolução do problema*, momento em que os estudantes irão se reunir e discutir em pequenos grupos uma proposta de solução; *Sistematizando as ideias*, momento em que professor e estudantes debatem sobre as hipóteses levantadas nos grupos e, partir de então, possibilitem a construção de um conhecimento; *Escrevendo e desenhando*, momento de sistematização individual dos estudantes, quando então irão produzir algum material, seja um texto escrito, um desenho, um cartaz ou outra produção (CARVALHO, 2013).

5 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Esta seção apresenta a análise dos conteúdos relativos à Microbiologia contida nas coleções do componente curricular Biologia aprovadas pelo PNLD 2018. Será inicialmente exibido um apanhado geral sobre a organização e distribuição dos conteúdos de biologia proposto pelos autores ao longo dos três volumes. Em seguida discutiremos a abordagem de assuntos relacionados à microbiologia presente nas coleções dos livros didáticos. Na terceira seção faremos uma comparação sobre abordagem do assunto entre as obras e na última seção, serão apresentadas as atividades investigativas presentes no produto pedagógico, acompanhadas da justificativa de sua escolha.

5.1 ORGANIZAÇÃO DAS COLEÇÕES

A organização e distribuição dos conteúdos propostos pelos autores dos livros didáticos estão descritos nesta subseção. Propomos situar o leitor acerca do número de unidades e capítulos, presença de boxes e informações complementares, disposição dos assuntos e ainda os volumes e capítulos em que a temática microbiologia é abordada.

De um modo geral as coleções são uniformes na distribuição dos conteúdos, pois os temas centrais são coincidentes, sendo: citologia, histologia e reprodução no volume 1; classificação dos seres vivos e fisiologia humana, no volume 2; e genética, evolução e ecologia no volume 3. A coleção 3 diverge deste padrão. Veremos a seguir, como os autores estabelecem os conteúdos nas obras.

Coleção nº 1 – AMABIS, José Mariano; MARTHO, Gilberto Rodrigues. **Biologia Moderna**. São Paulo: Moderna, 2016. 3v. (Figura 2).

Figura 2 – Coleção Biologia Moderna: Amabis & Martho



Fonte: Sítio da Editora Moderna ³.

A obra é dividida em unidades denominada Módulos. Cada módulo, por sua vez, está subdividido em capítulos. Embora a quantidade de módulos nos volumes não seja semelhante, os conteúdos estão igualmente distribuídos em 12 capítulos.

A abertura de cada módulo acompanha uma ilustração e pequenos textos que remetem o leitor aos conteúdos que serão abordados nos capítulos seguintes, além de uma apresentação em forma de tópicos dos assuntos de cada capítulo.

Cada capítulo possui além da ilustração, um texto de apresentação, seguido do box “A importância do assunto”, que demonstram preocupação dos autores quanto à necessidade de compreensão do capítulo e relações entre o cotidiano e o conteúdo exposto que será estudado.

A coleção apresenta os boxes “Amplie seus conhecimentos”, que aprofundam alguns temas trabalhados nos capítulos, e “Ciência e cidadania”, que traz alguns temas ligados ao cotidiano, objetivando a ampliação da discussão proposta nos textos dos capítulos.

O capítulo finaliza com o quadro “Atividades”, que se dividem em quatro partes: “Revendo conceitos e processos”, que objetiva revisar conteúdos trabalhados ao longo do capítulo; “Questões para exercitar o pensamento”, sendo subjetivas e com maior nível de complexidade; “Faça você mesmo”, sugerindo algumas vezes atividade prática; e “A Biologia no vestibular e no Enem”, com questões objetivas e discursivas de concursos anteriores, relacionados a temas abordados no capítulo.

Quanto aos conteúdos, o volume 1 aborda origem da vida na Terra, citologia, reprodução e embriologia e histologia. O volume 2 aborda classificação biológica e anatomia

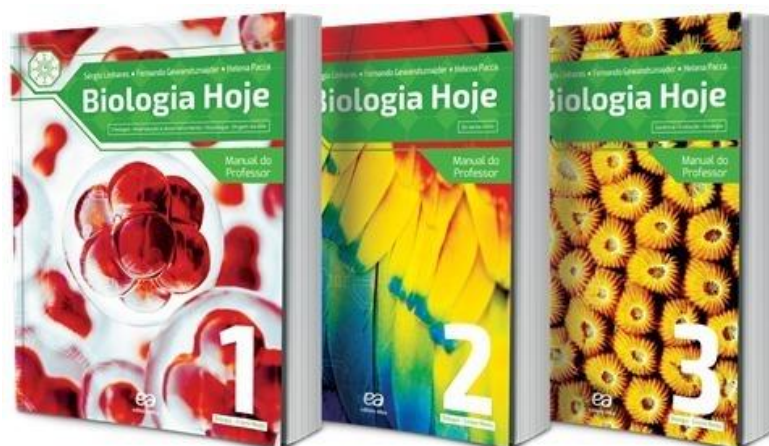
³ Disponível em: <<https://pnld2018.moderna.com.br/-/biologia-moderna-amabis-martho>>. Acesso em 02 de fev. 2020.

e fisiologia humanas. E por fim, o volume 3 aborda fundamentos da genética, biotecnologia e aplicações, evolução dos seres vivos e fundamentos de ecologia.

Os conteúdos relacionados à microbiologia se distribuem em diferentes capítulos, dentre eles “fermentação e respiração aeróbica” no volume 1; “vírus e bactérias”, “algas, protozoários e fungos”, “nutrição humana” no volume 2; e “biotecnologia”, “ciclos biogeoquímicos” e “relações ecológicas” no volume 3.

Coleção nº 2 – LINHARES, Sergio; GEWANDSZNAJDER, Fernando; PACCA, Helena. **Biologia Hoje**. 3. ed. São Paulo: Ática, 2017. 3v. (Figura 3).

Figura 3 – Coleção Biologia Hoje



Fonte: Sítio do Mercado Livre ⁴.

Os conteúdos abordados nesta coleção estão igualmente distribuídos em cinco Unidades em cada volume, subdivididos em 22 ou 24 capítulos. O projeto gráfico da capa nos remete ao conteúdo trabalhado em cada volume.

Cada unidade inicia com um pequeno texto, convidando o leitor ao aprendizado da temática, trabalhada nos capítulos. Cada capítulo inicia com uma ilustração e textos, que contextualizam assuntos que serão estudados.

Os capítulos organizam os assuntos em tópicos e subtópicos e possuem boxes denominados “Biologia e...”, que conectam os assuntos aos fenômenos do cotidiano, relacionando-os ao meio ambiente, à sociedade, à tecnologia e outras áreas. Além desses, a coleção traz também outros pequenos boxes, como “Fique de olho!” e “Atenção”, alertando o

⁴ Disponível em: <https://http2.mlstatic.com/livros-coleco-biologia-hoje-linhares--D_NQ_NP_937488-MLB26517707060_122017-F.jpg> Acesso em 02 de fev. 2020.

leitor da importância de determinados pontos do texto principal e/ou dicas de saúde e segurança.

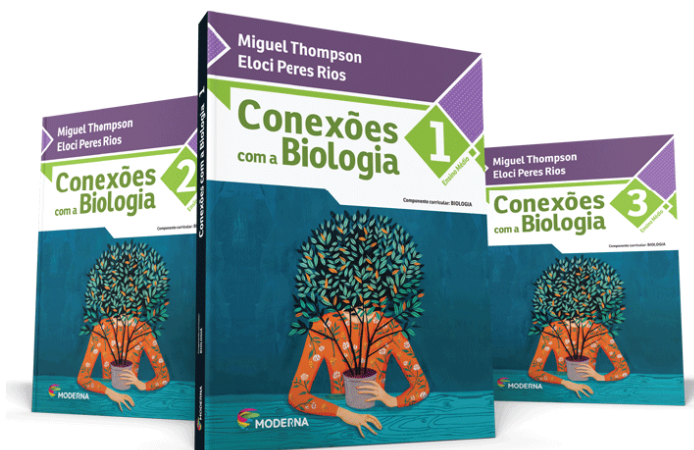
O quadro “Atividades”, presente no final de cada capítulo, possui diversas questões discursivas e objetivas, sendo a maioria de vestibulares do país, além do Enem. O quadro traz ainda sugestões de atividades práticas e atividades em equipe que o professor pode utilizar com seus alunos.

Quanto à distribuição dos conteúdos, o volume 1 aborda substâncias químicas dos seres vivos, citologia, reprodução, embriologia, histologia e origem e história da vida. O volume 2 apresenta a classificação dos seres vivos além de assuntos relacionados à anatomia e fisiologia humana e o volume 3 expõe assuntos relacionados à genética e aplicações da genética molecular, evolução dos seres vivos e ecologia e meio ambiente.

Destacamos conteúdos relacionados à microbiologia no capítulo sobre respiração celular e fermentação no volume 1; vírus e procariontes, protozoários e algas, fungos, e nutrição no volume 2; e aplicações da genética molecular, ciclos biogeoquímicos e relações entre seres vivos, no volume 3.

Coleção nº 3 – THOMPSON, Miguel; RIOS, Eloci Peres. *Conexões com a Biologia*. 2. ed. São Paulo: Moderna, 2016. 3v. (Figura 4).

Figura 4 – Coleção Conexões com a Biologia



Fonte: Sítio da editora Moderna ⁵.

Cada volume desta coleção organiza os assuntos em oito Unidades, contemplando entre 4 e 8 Temas⁶, o qual tem sua numeração reiniciada a cada unidade.

⁵ Disponível em: <<https://pnld2018.moderna.com.br/-/conexoes-com-a-biologia>> Acesso em 02 de fev. 2020.

A unidade inicia com uma ilustração e um texto de abertura dividido nas seguintes seções: A situação, O problema e Pense em uma solução, que contextualiza assuntos da unidade para o estudante, problematizando e convidando-o a refletir sobre determinada questão. Esta abertura é finalizada com boxes denominados “Valores e atitudes” contendo perguntas relacionadas ao assunto que será trabalhado na unidade; e “Consulte”, no qual sugere endereços eletrônicos que podem ser visitados.

Cada tema propõe ao final um box contendo Atividades, dividida em dois tipos: ‘Aplicação’, que é uma revisão de conceitos desenvolvidos ao longo do tema e; ‘Comunicação’, atividade a ser trabalhada em grupo, que busca no estudante o desenvolvimento de habilidades de diferentes formas de comunicação.

O final da unidade é acompanhado de textos complementares dispostos nos quadros “Uma profissão”, que relaciona a Biologia com outras profissões; “Ciência e Sociedade”, “Ciência e Saúde” ou “Ciência e Tecnologia”, que mostram a importância e aplicações tecnológicas dos conceitos estudados; e Atividades finais, com questões discursivas e objetivas sobre assuntos abordados. Existe ainda em cada volume a sugestão da aplicação de dois projetos a serem desenvolvidos pelos estudantes no decorrer do ano letivo.

Quanto aos conteúdos, os autores apresentam “a biologia, ciência da vida”, “evolução dos seres vivos”, “fundamentos de ecologia”, “moléculas da vida” e “citologia” no volume 1; “evolução humana”, “reprodução e desenvolvimento embrionário”, “histologia”, “divisão celular”, “genética” e “genética molecular” no volume 2; “classificação dos seres vivos” e “anatomia e fisiologia dos vertebrados” no volume 3.

Os conteúdos relacionados à microbiologia são estudados nos temas “ciclos biogeoquímicos”, “relações ecológicas” e “respiração e fermentação”, no volume 1; “engenharia genética” no volume 2; e “reino Monera⁷”, “reino Protocista⁸”, “reino *Fungi*”, “digestão” no volume 3.

⁶ Esta coleção utiliza a denominação “Tema” para dividir os assuntos, ao invés de Capítulo, como é tradicionalmente adotada por outros autores.

⁷ Os autores adotam a classificação tradicional de cinco reinos proposto em 1969, por Robert H. Whittaker, o qual agrupa todos os procariotos no reino Monera. No entanto, o atual sistema de classificação encontrado no *Bergey’s Manual of Systematic Bacteriology*, divide estes seres nos domínios *Archaea* e *Bacteria*, seguida da divisão em filos e não em reino.

⁸ Os autores adotam a denominação reino Protocista para agrupar algas e protozoários, apesar do atual sistema de classificação incluir estes seres em vários reinos.

Coleção nº 4 – OGO, Marcela; GODOY, Leandro. **#Contato Biologia**. 1.ed. São Paulo: Quinteto, 2016. 3v. (Figura 5).

Figura 5 – Coleção #Contato Biologia



Fonte: Sítio do Mercado Livre ⁹.

Cada volume da obra possui quatro unidades, com os conteúdos distribuídos em 14 ou 15 capítulos.

A unidade inicia com uma ilustração e um texto, associados ao tema central a ser estudados nos capítulos subsequentes. Cada capítulo acompanha uma ilustração além de um texto de abertura que contextualiza o assunto abordado. O texto é acompanhado de figuras que facilitam a compreensão da temática trabalhada. Na seção “Biologia e...” os autores trazem aplicações do tema à tecnologia, à saúde, ao ambiente e à cultura e sociedade. Outra seção apresentada na coleção é “Encontro com...”, dotado de textos que conectam o leitor com outras áreas do conhecimento. Alguns capítulos possuem também, sugestões de práticas na seção “Oficina de biologia”.

A seção Atividades, presente no final de cada capítulo aborda questões discursivas, interpretativas e objetivas a respeito da temática estudada, possibilitando ao leitor a organização dos conceitos estudados anteriormente. Ao final das atividades a seção “Refletindo sobre o capítulo” oportuniza uma retomada de temas tratados no capítulo.

⁹ Disponível em: < https://http2.mlstatic.com/coleco-contato-biologia-do-professor-D_NQ_NP_805401-MLB26517535438_122017-F.jpg > Acesso em: 10 de fev. 2020

A seção “Explorando o tema”, presente no final de cada unidade, aborda textos atuais de assuntos estudados e, com ajuda de recursos como ilustrações e infográficos permitem uma discussão entre colegas e ampliação dos conhecimentos da biologia.

Quanto aos conteúdos, o volume 1 aborda origem da vida, citologia, histologia e reprodução e embriologia. O volume 2 aborda classificação biológica e anatomia e fisiologia humanas. E por fim, o volume 3 aborda fundamentos da genética, código genético e biotecnologia, evolução dos seres vivos e fundamentos de ecologia.

Os conteúdos relacionados à microbiologia estão distribuídos em diferentes capítulos, como “processos energéticos da célula” no volume 1; “vírus e bactérias”, “algas, protozoários e fungos” e “mamíferos” no volume 2; e “código genético e biotecnologia”, “ciclos biogeoquímicos” e “relações entre seres vivos” no volume 3.

Coleção nº 5 – CATANI, André *et al.* Ser Protagonista Biologia. 3.ed. São Paulo: SM, 2016. 3v. (Figura 6).

Figura 6 – Coleção Ser protagonista



Fonte: Sítio do Youtube¹⁰.

Cada volume da obra possui três ou quatro unidades, subdivididas entre 16 e 20 capítulos. A unidade inicia com uma ilustração acompanhada de um pequeno texto, que estimula a reflexão sobre o assunto referente à unidade. Além do mais relaciona questionamentos a conhecimentos prévios. A abertura do capítulo acompanha mais uma ilustração e um texto introdutório relacionado ao capítulo.

O texto é acompanhado de ilustrações que facilitam a compreensão da temática, além de destacar palavras possivelmente desconhecidas do público. A coleção apresenta

¹⁰ Disponível em: https://i.ytimg.com/vi/XgAPSVb_vmk/hqdefault.jpg. Acesso em: 28 mar. 2020

seções especiais como “Biologia tem história” e “Ciência, tecnologia e saúde” que estimulam reflexões sobre o texto. Alguns capítulos são acompanhados de sugestões de práticas.

As Atividades, presentes no final de cada unidade, abordam “Questões globais”, relacionadas aos conteúdos estudado nos capítulos, e “Vestibular e Enem”, contendo questões objetivas de vestibulares do país. Os capítulos apresentam também um pequeno quadro contendo uma questão sobre o tópico abordado. Cada volume propõe ainda dois projetos que podem ser desenvolvidos pelos estudantes.

Os conteúdos presentes no volume 1 discorre sobre introdução aos estudos da biologia, citologia, reprodução dos seres vivos, embriologia e histologia. O volume 2 aborda classificação biológica e anatomia e fisiologia humanas. E por fim, o volume 3 aborda fundamentos da genética, biotecnologia, evolução dos seres vivos e fundamentos de ecologia.

Apontamos conteúdos relacionados à microbiologia em diferentes capítulos: “processos energéticos da célula” no volume 1; “vírus”, “bactérias”, “protozoários e algas” e “fungos” no volume 2; e “biotecnologia”, “ciclos biogeoquímicos” e “relações ecológicas” no volume 3.

5.2 DISTRIBUIÇÃO DO CONTEÚDO DE MICROBIOLOGIA NAS COLEÇÕES

Esta seção destaca a abordagem dos autores com relação a conteúdos importantes na microbiologia em cinco coleções de livros didáticos de biologia aprovados no PNLD 2018, analisando as temáticas: biorremediação, aplicação dos microrganismos na indústria de alimentos e bebidas, ciclos biogeoquímicos, aplicações biotecnológicas e simbioses.

Considerando que os microrganismos desempenham importantes contribuições no planeta, as quais influenciam na sobrevivência dos demais seres vivos, bem como na produção de substâncias importantes de nosso uso cotidiano, as temáticas mencionadas foram eleitas por estarem fortemente relacionadas à participação daqueles. Sendo assim, a análise justifica-se pela necessidade de observar como são apresentadas nos livros didáticos e, a partir de então, subsidiar a elaboração de material didático suplementar de assuntos porventura margeados e/ou que merecem ser contextualizados.

5.2.1 Microrganismos e a biorremediação

O quadro 3 apresenta uma síntese sobre como os autores abordam a temática nos livros didáticos, de acordo com critérios preestabelecidos de cada eixo analisado.

Quadro 3 – Resultado da análise de conteúdo relacionado à biorremediação nos livros didáticos

EIXO I: CONTEÚDO					
Parâmetros	Insuficiente		Suficiente		Bom
Clareza do texto (conceito / definição)	C2 / C3		C1		
Contextualização	C1 / C2 / C3				
Abordagem	C1 / C2 / C3				
	Sim			Não	
Apresenta a temática	C1 / C2 / C3			C4 / C5	
Especifica microrganismos	C1			C2 / C3	
Apresenta textos complementares				C1 / C2 / C3	
EIXO II: ATIVIDADES PROPOSTAS					
Parâmetros	C1	C2	C3	C4	C5
Propõe questões ao final do capítulo?	Não	Não	Não	Não	Não
As questões privilegiam problematização?	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica
Propõe atividade diferenciada?	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica
Sugere procedimentos de segurança e alerta de possíveis perigos?	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica
Podem ser facilmente realizadas?	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica
Sugere utilização de materiais alternativos?	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica
Tem relação direta com o conteúdo trabalhado?	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica
Propõe atividade em grupo?	Não	Não	Não	Não	Não
Estimula utilização de novas tecnologias?	Não	Não	Não	Não	Não

Legenda: C1 – coleção nº 1; C2 – coleção nº 2; C3 – coleção nº 3; C4 – coleção nº 4; C5 – coleção nº 5.

Fonte: Adaptado de Vasconcelos e Souto (2003)

A biorremediação é um processo de limpeza no qual o homem emprega microrganismos para despoluir ambientes de resíduos tóxicos provenientes da indústria, sejam por meio de enzimas que quebram toxinas em substâncias menos nocivas, seja porque bactérias utilizam tais compostos como fonte de energia (TORTORA; FUNKE; CASE, 2017). Apesar da importância ambiental embutida na temática, esta se depara bastante limitada nos livros didáticos.

A técnica apresenta extrema importância ambiental, visto que além de promover a mineralização completa dos contaminantes e transformá-los em produtos com pouca ou nenhuma inocuidade, é também a mais viável economicamente quando comparada a outros procedimentos remediadores, (ANDRADE; AUGUSTO; JARDIM, 2010). Ao atuar no ambiente, eliminando ou diminuindo a concentração de substâncias tóxicas, percebe-se também que, indiretamente os microrganismos protegem outros seres vivos de possíveis contaminações.

Por tais motivos, quando abordado pelos autores, o assunto demandaria mais esforços. Sendo assim, veremos a seguir como a temática é abordada nos livros didáticos.

Na coleção 1, os assuntos ligados à temática ambiental são vistos no volume 3, entretanto a designação biorremediação é citada somente no segundo capítulo do volume 2, que estuda vírus e bactérias. No quadro “Ciência e cidadania” os autores descrevem brevemente a importância desta técnica e a definem como sendo “a utilização de microrganismos, principalmente bactérias, para limpar áreas ambientais contaminadas por poluentes” (AMABIS; MARTHO, 2016, p. 36, v.2). Como exemplo microbiano, mencionam bactérias do gênero *Pseudomonas sp.* para descontaminar ambientes de pesticidas e petróleo.

O final do capítulo apresenta diversos exercícios direcionados ao conteúdo de microbiologia, nenhuma das quais voltadas especificamente à temática biorremediação. Entretanto, pelo fato da temática ser apresentada no quadro “Ciência e cidadania”, o qual apresenta ao final um guia de leitura, os autores propõem uma única questão, envolvendo basicamente a transcrição do conceito.

A coleção 2 informa brevemente no segundo volume que além de bactérias, alguns fungos também possuem capacidade biorremediadora. A abordagem se dá de forma superficial, pois não há uma definição formalizada quanto ao assunto, e os autores informam apenas o uso, conforme mostrado a seguir:

Assim como as bactérias, os fungos, também podem ser usados na biorremediação, como no caso de acidentes de petróleo derramados no mar [...] (LINHARES; GEWANDSZNAJDER; PACCA, 2017, p. 52, v. 2)

Ao final do capítulo são propostas diversas questões acerca do assunto estudado, mas nenhuma delas envolvendo a temática. Também não foram constatadas sugestões de pesquisas noutras fontes ou proposta de atividade diferenciada.

Os autores da coleção 3 sugerem biorremediação quando mencionam no volume dois, que bactérias geneticamente modificadas podem adquirir características novas, dentre elas a capacidade de metabolizar componentes do petróleo. Informam ainda no volume três, que algumas das bactérias não só decompõe a matéria orgânica, como também são capazes de eliminar resíduos nocivos do ambiente, “atuando tanto como recicladores quanto como remediadores da natureza” (THOMPSON; RIOS, 2016, p.53, v.3). Além disso, afirmam que bactérias e outros microrganismos são importantes por atuarem no “tratamento biológico de águas e rios poluídos, promovendo a decomposição da matéria orgânica” (THOMPSON; RIOS, 2016, p. 55, v.3), contudo ainda assim bastante insipiente, exigindo complemento do professor através de comentários e/ou utilização de outros materiais didáticos.

A coleção apresenta poucas atividades ao final de cada tema estudado. Um maior número de questões é mostrado somente ao final da unidade, após ter estudado oito temas. Apesar disso, não foram constatadas nenhuma atividade acerca da temática, tampouco alguma proposta de atividade diferenciada.

Nas demais coleções o tema é completamente negligenciado pelos autores que, nem ao menos citam a palavra biorremediação. Considerando que alguns professores limitam suas aulas a conteúdos contidos nos livros didáticos, se existe descuido na abordagem deste assunto, corre-se um risco seríssimo dos alunos cursarem o ensino médio sem conhecer esse benefício proporcionado pelos microrganismos.

5.2.2 Microrganismos e suas contribuições na indústria por meio da fermentação

O quadro 4 apresenta uma síntese da avaliação dos livros didáticos acerca da temática, baseado nos critérios antecipadamente estabelecidos. Após então, faremos uma descrição sobre como a temática é abordada nas obras.

Quadro 4 – Síntese da análise do conteúdo relacionado à participação dos microrganismos na indústria por meio da fermentação

EIXO I: CONTEÚDO					
Parâmetros	Insuficiente		Suficiente		Bom
Clareza do texto (conceito / definição)	C4		C2 / C3		C1 / C5
Contextualização	C4		C3		C1 / C2 / C5
Abordagem	C3 / C4				C1 / C2 / C5
	Sim			Não	
Apresenta a temática	C1 / C2 / C3 / C4 / C5				
Especifica microrganismos	C1 / C2 / C5			C3 / C4	
Apresenta textos complementares	C1 / C2 / C3 / C4 / C5				
EIXO II: ATIVIDADES PROPOSTAS					
Parâmetros	C1	C2	C3	C4	C5
Propõe questões ao final do capítulo?	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
As questões privilegiam problematização?	Sim	Sim	Sim	Não	Sim
Propõe atividade prática?	Sim	Sim	Não	Sim*	Não
Sugere procedimentos de segurança e alerta de possíveis perigos?	Sim	Sim	Não se aplica	Sim	Não se aplica
Podem ser realizadas facilmente?	Não	Sim	Não se aplica	Sim	Não se aplica
Sugere utilização de materiais alternativos?	Sim	Sim	Não se aplica	Sim	Não se aplica
Tem relação direta com o conteúdo analisado?	Sim	Sim	Não se aplica	Sim	Não se aplica
Propõe atividade em grupo?	Não	Não	Sim	Não	Não
Estimula utilização de novas tecnologias?	Não	Não	Sim	Não	Não

Legenda: C1 – coleção nº 1; C2 – coleção nº 2; C3 – coleção nº 3; C4 – coleção nº 4; C5 – coleção nº 5.

* Em volume diferente no qual o assunto é abordado.

Fonte: Adaptado de Vasconcelos e Souto (2003)

O termo fermentação é utilizado para designar uma rota metabólica alternativa (MADIGAN *et al.*, 2016), que libera energia a partir de açúcares ou outras moléculas orgânicas sem a necessidade de consumo de oxigênio (embora possa ocorrer na sua presença) e que utiliza moléculas sintetizadas na própria célula comoceptor final de elétrons (TORTORA; FUNKE; CASE, 2017; ALBERTS *et al.*, 2017). É realizada por uma grande variedade de organismos e produzindo diversos produtos finais, alguns com aproveitamento comercial (NELSON; COX, 2014).

Devido à importância, o assunto é abordado em todas as coleções analisadas, contudo, em três delas, essa abordagem foi realizada de forma resumida. Em quatro das cinco obras analisadas, os autores apresentam primeiramente, a respiração celular como forma de obtenção de energia pelas células e discutem a fermentação como via alternativa, sob condições de anaerobiose. Por serem mais tradicionais as duas mais citadas são a láctea e a alcoólica.

A seguir veremos de maneira mais detalhada como a temática é abordada nos livros didáticos.

Na coleção 1, os autores iniciam o capítulo discorrendo sobre fermentação e mencionam que fungos e bactérias, adaptados a ambientes pobres em oxigênio, conseguem obter energia por este processo. Em seguida, apresentam um breve resumo da via glicolítica e, somente então, mencionam os dois tipos de fermentação, a láctica e a alcoólica.

O quadro “Ciência e cidadania” contextualiza a temática, mostrando-se a diversidade microbiana utilizada na produção de alimentos, bebidas e outros produtos sintéticos. Sendo assim, como exemplo de fermentação alcoólica, a obra menciona a capacidade de a levedura *Saccharomyces cerevisiae* fermentar carboidratos da farinha de trigo para produzir pães e bolos; *Saccharomyces carlsbergensis* e *Saccharomyces ellipsoideus* fermentar açúcares de fruto ou sementes para produzir bebidas alcoólicas como vinhos e cervejas e o fungo *Aspergillus oryzae* e sua capacidade de fermentar o amido do arroz e produzir um vinho japonês conhecido como saquê.

São descritos no mesmo quadro alimentos produzidos através da fermentação láctica, como queijos, iogurtes e coalhadas e como exemplos de microrganismos empregados, é citada a bactéria *Propionibacterium freudenreichii* na produção do queijo suíço; *Streptococcus thermophilus* e *Lactobacillus bulgaricus* na produção de iogurtes comerciais.

Outros microrganismos são também lembrados pelos autores, como bactérias do gênero *Pediococcus*, utilizadas na produção de embutidos como o salame; bactérias lácticas e

acéticas além de leveduras, na produção do chocolate; e *Aspergillus oryzae*, na produção do molho da soja.

O livro menciona ainda que *Aspergillus* são utilizados na produção do ácido cítrico, substância empregada na indústria de refrigerantes, contudo comete um erro conceitual ao classificar equivocadamente aquele microrganismo como bactéria, quando, na verdade, trata-se de um fungo filamentoso (TORTORA; FUNKE; CASE, 2017).

A aplicação de microrganismos utilizados na produção de gêneros não alimentícios é mencionada na obra, dentre eles o combustível de etanol, produzido por *Saccharomyces*, e as substâncias acetona e butanol, produzidos pela bactéria *Clostridium acetobutylicum*.

No final do capítulo estão propostas diversas atividades do tipo revisão, múltipla escolha e discursivas, quase todas voltadas ao processo químico da fotossíntese, da respiração e da fermentação. Destas, somente três envolvem a participação de leveduras e nenhuma relacionada a bactérias. Mesmo poucas em quantidade, duas destas priorizam a análise e raciocínio lógico do estudante, como especificado a seguir:

Há um século, Louis Pasteur, investigando o metabolismo do levedo, um organismo anaeróbio facultativo, observou que, em solução de água e açúcar, esse organismo se multiplicava. Observou também que a multiplicação era maior quando a solução era aerada.

- a) Explique a importância do açúcar para o levedo.
- b) Justifique a diferença do crescimento nas condições aeróbia e anaeróbia (AMABIS; MARTHO, 2016, p. 161, v. 1).

A obra propõe também um experimento simples sobre a liberação do gás carbônico na fermentação, permitindo observar que é necessária a presença de leveduras para liberação do gás carbônico e que o processo da fermentação e liberação do gás é afetado pela temperatura.

A coleção 2 aborda brevemente o assunto. Inicialmente é mostrado o conceito sobre a produção de energia por meio da respiração celular. Em seguida, definem a fermentação como um processo de quebra da glicose sem o consumo de oxigênio e menciona que os organismos anaeróbios estritos e os facultativos são capazes de realizar esse processo.

Na coleção estão descritas os dois tipos de fermentações mais comuns, a láctica e a alcóolica, quando então contextualizam microrganismos envolvidos no processo. Desta forma, são mencionadas as bactérias *Lactobacillus bulgaricus* e *Streptococcus thermophilus*, empregadas na produção de iogurtes e coalhadas. São citadas também que bebidas como

vinhos e cervejas, e mais ainda a produção do pão, emprega o processo da fermentação alcoólica realizada pela levedura *Saccharomyces cerevisiae*.

Outra importante contextualização é mencionada no quadro “Biologia e saúde” (figura 7), no qual os autores afirmam que a fermentação da bactéria *Clostridium botulinum* pode degradar alimentos enlatados e em conserva e causar intoxicações perigosas em humanos, mas ressalva que o uso controlado desta toxina pode ser utilizado em tratamentos estéticos e de saúde.

Figura 7 – Contextualização do conteúdo fermentação, através de um produto bacteriano aproveitado em tratamentos estéticos.

Biologia e saúde




Botulismo e tétano

A bactéria causadora do botulismo, o *Clostridium botulinum*, produz toxinas perigosas para o ser humano. Essa espécie de bactéria pode crescer e se reproduzir em alimentos enlatados e em conserva que tenham sido mal esterilizados. Um sinal que indica a existência dessa bactéria é o gás produzido na fermentação, que faz a lata ficar estufada. Pessoas intoxicadas precisam receber tratamento imediato, com soro antibotulínico e antibióticos, pois correm risco de morrer.

Para a prevenção do botulismo e de outras intoxicações alimentares, os alimentos devem ser preparados e conservados adequadamente. Não se devem consumir alimentos com cheiro estranho ou enlatados cuja embalagem esteja em mau estado de conservação ou estufada.

Embora a toxina produzida pelo *Clostridium botulinum* seja perigosa, seu uso controlado é indicado para diversos tipos de tratamento estético (figura 8.6) e de saúde. As aplicações de produtos com a toxina botulínica funcionam porque ela bloqueia a liberação de um neurotransmissor que transporta mensagens entre o cérebro e as fibras musculares. Por isso, a musculatura que recebeu a aplicação permanece relaxada por um período de tempo.

O tétano é uma infecção provocada pela contaminação de ferimentos pela bactéria *Clostridium tetani*, que se reproduz em feridas profundas, com pouco suprimento de oxigênio, ou em ferimentos não tratados, com células mortas e detritos do ambiente na superfície. O doente precisa ser logo tratado com soro antitetânico, antibióticos e relaxante muscular, porque a doença causa contrações musculares que podem provocar asfixia e morte. O mais recomendável é prevenir a doença com uma vacina tomada na infância em três doses, com intervalo de um mês, e, depois, um reforço a cada dez anos.



Figura 8.6 Toxina botulínica usada em tratamento estético para reduzir marcas de expressão na pele. Tratamentos semelhantes são utilizados também por dentistas para aliviar dores na mandíbula por conta do excesso de tensão muscular.

Fonte: Linhares, Gewandsznajder e Pacca (2016, p. 103, v. 1).

No final do capítulo são propostas no quadro “Atividades”, questões subjetivas e de múltipla escolha, quase todas voltadas ao conteúdo estudado. Destas, seis consideram a

participação microbiana, uma das quais estimula a capacidade investigativa do estudante, conforme descrita a seguir:

Sob idênticas condições experimentais, cultivam-se dois tipos diferentes de microrganismos em tubos separados (1 e 2). Em cada tubo foram adicionados glicose e oxigênio. Após a total degradação da glicose, no tubo 1, detectou-se a produção de ATP, CO₂ e H₂O. No tubo 2, detectaram-se apenas ATP e um outro composto orgânico. Com base nessas informações, responda:

- a) Quanto à forma de degradação dos compostos orgânicos para obtenção de energia, como se classificam, respectivamente, os microrganismos presentes nos tubos 1 e 2?
- b) Quais processos metabólicos ocorreram, respectivamente nos tubos 1 e 2?
- c) Além do ATP, qual foi o composto orgânico detectado no tubo 2? (LINHARES; GEWANDSZNAJDER; PACCA, 2017, p.106, v.1, grifo no original)

A obra propõe ainda uma atividade prática sobre fermentação, utilizando dentre os materiais, fermento e açúcar. Nesta atividade, pede-se para explicar a diferença do volume que o material ocupa após o período de um dia. Sugere também a observação, ao microscópio óptico, de uma mistura de água e fermento. E finaliza problematizando se o fenômeno teria ocorrido sob influência de temperatura elevada.

A coleção 3 reserva no primeiro volume, um pequeno trecho para descrever os processos fermentativos láctico e alcoólico dentro do tema. São mostradas somente as equações gerais de cada um, sem descrevê-las em detalhes. Ao contrário de outras formas de preservação de alimentos, os autores mencionam que a fermentação pode ser utilizada com essa função, ao permitir que fungos e bactérias se proliferem sobre o alimento, ainda que isso lhe confira aspecto de estragado.

Os autores contextualizam a temática em três momentos, em diferentes volumes:

- **Na abertura da unidade.** Texto dividido em três partes: *a situação*. Afirmar que alguns alimentos podem ser fermentados por determinadas espécies de fungos e bactérias. Menciona como exemplo o queijo da Serra da Canastra; *o problema*. Afirmar que os microrganismos estão presentes em todos os lugares; *pense em uma solução*. Menciona que a técnica objetiva promover a proliferação de determinadas espécies de fungos e bactérias, e com isso pode conferir ao alimento um aspecto de estragado (figura 8).
- **No “boxe +”.** Apresenta a importância econômica da fermentação, citando bactérias lácteas empregadas na produção de queijos, iogurtes, manteigas e carnes curadas, além das propriedades metabólicas de *Saccharomyces sp.*

serem utilizadas na fabricação de cerveja, vinho e pães e produzir o combustível etanol a partir da fermentação do açúcar da cana-de-açúcar.

- **Na importância econômica dos seres procariontes**, apresentado no volume três. Menciona que as bactérias *Acetobacter aceti* é utilizada na produção de vinagre e *Lactobacillus*, na indústria de laticínios. Menciona também que a bactéria *Clostridium acetobutylicum*, por meio da técnica de fermentação, pode gerar substâncias como metanol, butanol e acetona.

Figura 8 – Contextualização envolvendo microrganismos em processos fermentativos.

O problema

Microrganismos, fermentadores ou não, estão presentes em praticamente todos os lugares: ar, solo, água e até mesmo no trato digestório de animais, inclusive o nosso. Nem todos, no entanto, são adequados para a produção de alimentos – há aqueles que oferecem risco à saúde humana. Por isso, é importante que a manufatura desses alimentos utilize procedimentos que impeçam a contaminação.

- Uma forma de manter apenas organismos fermentadores no alimento é deixá-lo sem contato direto com o ar. Por que isso funciona?

Pense em uma solução

Ao contrário de outras formas de preservação, que visam à eliminação dos microrganismos, as técnicas de fermentação têm por objetivo promover a proliferação de determinadas espécies de fungos e bactérias. Com isso, os alimentos podem adquirir aspecto de estragado, embora estejam aptos para o consumo.

- Como diferenciar um alimento estragado de um alimento fermentado apto para o consumo?
- Que condições são necessárias para fermentar adequadamente os alimentos sem que eles estraguem?



Peças artesanais de salame em comércio de produtos típicos da cidade de Gramado (RS), 2012.

Fonte: Thompson e Rios (2016, p. 239, v. 1).

A organização proposta pelos autores contextualizando microrganismos a produtos do cotidiano, dependendo da abordagem do professor, amplia as possibilidades dos estudantes participarem mais efetivamente das atividades sugeridas, bem como propicia autonomia e formação do pensamento crítico, pressupostos importantes da formação de uma cultura científica.

A obra apresenta, no quadro “Atividades”, somente duas questões, as quais envolvem a participação de leveduras. Destas, uma sugere problematização, embora não haja menção direta da participação microbiana e, por isso, caberia um direcionamento docente.

Um organismo hipotético apresenta metabolismo aeróbio facultativo. Na ausência do gás oxigênio, ele consome glicose muito rapidamente. Quando o gás oxigênio está disponível, o consumo de glicose diminui. Explique esse fenômeno. (THOMPSON; RIOS, 2016, p.263, v.1)

Além desta, o texto de abertura do tema também oportuniza algumas questões, dentre as quais uma questiona sobre como manter somente microrganismos fermentadores nos alimentos sem contato direto com o ar, estando assim com enfoque direcionado à problematização (ver figura 8).

Os demais exercícios estão disponibilizados no final do Tema e, por não serem exclusivos da temática, nenhuma envolve participação microbiana, uma vez que essas atividades envolvem outros assuntos estudados anteriormente.

Não há proposta de atividade prática, no entanto a obra sugere uma pesquisa a ser desenvolvida em grupo por estudantes, de um alimento produzido ou conservado pela fermentação, em que deverão ser contemplados a sua história, a forma de produção e o papel que os organismos fermentadores desempenham no processo.

Na coleção 4, os autores praticamente não fazem menções à importância desse processo no primeiro volume (no capítulo que discute a produção de energia), descrevendo brevemente as fermentações láctica e alcoólica.

Um aspecto negativo a ser considerado é o fato de o assunto ser abordado no volume 1 e a contextualização microbiana relacionada à temática, realizada no volume dois. No capítulo “Vírus e bactérias”, na seção “Biologia e Tecnologia”, a obra exhibe aplicações bacterianas na indústria alimentícia, como o emprego de *Lactobacillus* e *Streptococcus* na fabricação de queijos e iogurtes; e *Xanthomonas campestris*, que produz a goma xantana, aproveitada como espessante de laticínios, sorvetes e molhos, e ainda empregada na indústria de cosméticos para fabricar cremes e xampus.

Os autores propõem também no volume dois, uma atividade prática descrita na seção “Oficina de Biologia”, utilizando leite e iogurte natural, com o objetivo de reconhecer a ação de bactérias na produção de um produto alimentício. O aspecto negativo é que, assim como a contextualização, tal prática foi sugerida em volume diferente da que a temática foi abordada, fato que demanda esforço e planejamento docente para relembrar conceitos teoricamente vistos pelos estudantes no ano anterior.

A seção “Atividades” apresenta somente uma questão relacionada à fermentação alcoólica, a qual, após a leitura de um texto, solicita aos estudantes descrever a fermentação alcoólica e citar um exemplo de alimento produzido por este processo.

A coleção 5 dedica atenção especial aos processos fermentativos. Os autores designam dois textos específicos para descrever as fermentações alcoólica e láctica. No primeiro, apesar de não mencionar o nome de nenhuma espécie bacteriana, aponta a levedura *Saccharomyces cerevisiae* como microrganismo que possibilita o processo, atuando tanto na produção do vinho, quanto da cerveja. Cita ainda sua atuação na fabricação do pão, explicando a origem dos “furinhos” na massa do alimento.

Na fermentação láctica, os autores referem à atuação das bactérias anaeróbias produtoras do ácido láctico para fabricar iogurtes, coalhadas, queijos, manteigas, salames e outros embutidos, além de possibilitar a conservar de alimentos, dentre eles pickles, chucrute e azeitonas. Mencionam as espécies *Lactobacillus bulgaricus* e *Streptococcus thermophilus* como participantes da produção de iogurtes e descrevem brevemente as etapas de produção desse alimento. Citam ainda que a bactéria *Lactobacillus casei* ou *Streptococcus lactis* são empregadas na produção da maioria dos queijos.

A coleção é a única que apresenta um terceiro tipo de fermentação, a acética, empregada na produção do vinagre a partir do vinho ou sucos e menciona que após a etapa de fermentação alcoólica, o acréscimo das acetobactérias possibilita a transformação do álcool em ácido acético. Os autores informam ainda que esta substância pode se formar em garrafas de vinho cujas rolhas estejam danificadas, as quais permitem a entrada dessas bactérias a partir do ar, promovendo assim, o azedamento da bebida.

A coleção não apresenta nenhum exercício relacionado ao assunto nas “Questões globais” dispostas no final da unidade. No entanto, propõe apenas duas questões no quadro “Atividades”, uma das quais possibilita problematização da temática:

Quando se faz pão em casa, algumas pessoas utilizam água morna e um pouco de açúcar ao preparar a massa antes de deixá-la descansar. Dessa forma os pães ficam mais macios depois de assados. Por que isso acontece? (CATANI *et al*, 2016, p.115, v. 1)

5.2.3 Microrganismos e sua participação nos ciclos biogeoquímicos

O quadro 5 apresenta uma síntese sobre a avaliação da temática nos livros didáticos, de acordo com critérios estabelecidos. Após então, faremos uma análise mais detalhada de sua abordagem.

Quadro 5 – Síntese da análise do conteúdo relacionado à participação dos microrganismos nos ciclos biogeoquímicos.

EIXO I: CONTEÚDO					
Parâmetros	Insuficiente		Suficiente		Bom
Clareza do texto (conceito / definição)			C3 / C4		C1 / C2 / C5
Contextualização	C3 / C4		C1 / C2 / C5		
Abordagem	C3		C1 / C2 / C4		C5
	Sim			Não	
Apresenta a temática	C1 / C2 / C3 / C4 / C5				
Especifica microrganismos	C1 / C2 / C4 / C5			C3	
Apresenta textos complementares	C1 / C5			C2 / C3 / C4	
EIXO II: ATIVIDADES PROPOSTAS					
Parâmetros	C1	C2	C3	C4	C5
Propõe questões ao final do capítulo?	Sim	Sim	Não	Sim	Sim
As questões privilegiam problematização?	Sim	Não	Não se aplica	Não	Não
Propõe atividade prática?	Não	Não	Não	Não	Não
Sugere procedimentos de segurança e alerta de possíveis perigos?	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica
Podem ser realizadas facilmente?	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica
Sugere utilização de materiais alternativos?	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica
Tem relação direta com o conteúdo analisado?	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica
Propõe atividade em grupo?	Não	Não	Não	Não	Não
Estimula utilização de novas tecnologias?	Não	Não	Não	Não	Não

Legenda: C1 – coleção nº 1; C2 – coleção nº 2; C3 – coleção nº 3; C4 – coleção nº 4; C5 – coleção nº 5.

Fonte: Adaptado de Vasconcelos e Souto (2003)

Os elementos químicos que constituem as moléculas orgânicas circulam constantemente entre os seres vivos e a parte não viva dos ecossistemas (AMABIS; MARTHO, 2016) e os microrganismos tem importante participação nesse processo, pois contribuem com a reciclagem de elementos vitais do solo e da atmosfera como carbono, nitrogênio, oxigênio, fósforo e enxofre sendo capazes de transformá-los em substâncias utilizáveis por planta e animais (TORTORA; FUNKE; CASE, 2017), processo denominado de ciclo biogeoquímico.

O assunto é abordado nas coleções, sendo alguns ciclos recorrentes, como os da água, do carbono e do nitrogênio. Em contrapartida, o do fósforo é apresentado somente numa das obras. Em todos os ciclos, o foco está direcionado aos aspectos ecológicos, ainda que a participação dos microrganismos esteja mostrada em alguns deles.

A seguir veremos como a temática é abordada mais detalhadamente nos livros analisados.

A coleção 1 aborda o conteúdo no volume três, na unidade que trata sobre ecologia, quanto então, são estudados três ciclos: da água, do carbono e do nitrogênio.

No ciclo do carbono os autores mencionam a importância deste elemento para a constituição das moléculas e biomassa dos produtores e consumidores, e que, após a morte desses organismos, a matéria orgânica é degradada pelos decompositores e o carbono das moléculas é restituído à atmosfera pela liberação do gás carbônico (CO_2).

A participação microbiana no ciclo do carbono é apresentada de modo superficial, pois os autores remetem às plantas para mostrar a fixação do elemento. Entendemos que tal representação pode influenciar estudantes a compreender que somente elas têm participação efetiva nesta etapa do ciclo.

Não consta no capítulo nenhuma menção ao ciclo do carbono em ecossistemas aquáticos. No entanto, microrganismos como cianobactérias, também são importantes na fixação do carbono, especialmente porque contribuem para a constituição da biomassa dos consumidores aquáticos em tais ecossistemas (TORTORA; FUNKE; CASE, 2017).

Quanto ao ciclo do nitrogênio, o livro informa que este elemento encontra-se em sua maior parte na forma de gás nitrogênio (N_2), compondo cerca de 80% da atmosfera e, ainda que o elemento seja fundamental por constituir moléculas de proteínas e ácidos nucleicos, apenas poucas espécies de microrganismos são capazes de incorporá-lo em suas moléculas, num processo denominado fixação do nitrogênio.

As etapas do ciclo são abordadas no livro, mas não se leva em conta a diversidade microbiana, tanto aquática quanto terrestre que participam do ciclo. Os autores afirmam que

quando as bactérias fixadoras de nitrogênio morrem, as substâncias nitrogenadas são transformadas em amônia, que podem ser aproveitadas por plantas ou bactérias do gênero *Nitrosomonas*, que eliminam nitritos (NO_2^-) no solo, podendo ser aproveitadas pelas bactérias *Nitrobacter*, que eliminam nitratos (NO_3^-) no solo, sendo amplamente utilizadas pelas plantas.

A descrição do ciclo do nitrogênio na coleção é finalizada com os autores reportando às bactérias desnitrificantes, que atuam revertendo o nitrato do solo em gás nitrogênio, liberando-o novamente para a atmosfera.

A temática é contextualizada no quadro “Ciência e cidadania”, no qual os autores abordam a adubação verde (figura 9), método empregado no cultivo de plantas leguminosas, associadas a não leguminosas, objetivando melhorar a disponibilidade de nutrientes nitrogenados no solo, processo denominado rotação de culturas. Na ocasião, informam sobre a importância das bactérias do gênero *Rhizobium*, abrigadas nas raízes daquelas plantas.

Figura 9 – Contextualização microbiana associada à adubação verde em ecossistemas agroecológicos.



Não há sugestão de atividades prática e/ou diferenciada, como atividade em grupo, tampouco a sugestão de leituras em fontes complementares como revistas e internet. A seção “Atividades” apresenta diversas questões subjetivas e de múltipla escolha. No entanto, somente duas relacionadas à temática, uma das quais envolvendo microrganismos do fitoplâncton marinho, com enfoque voltado à análise de problema:

Resultados de uma pesquisa publicada na revista *Nature*, em 29 de julho de 2010, mostra que a quantidade média de fitoplâncton dos oceanos diminuiu cerca de 1% nos últimos 100 anos. Explique como a redução do fitoplâncton afeta:

- a) os níveis de carbono na atmosfera.
- b) a biomassa de decompositores do ecossistema marinho. (AMABIS; MARTHO, 2016, p.210, v. 3)

A coleção 2 aborda a temática no volume três, sendo estudados os ciclos do carbono, do oxigênio, da água e do nitrogênio. O conteúdo é abordado mostrando principalmente aspectos ecológicos e, por isso a participação dos microrganismos nem sempre é mencionada, principalmente no do carbono e no do oxigênio, ainda que aqueles sejam importantes e fundamentais ao funcionamento dos ciclos.

No ciclo do nitrogênio, os autores informam que este elemento compõe substâncias importantes como proteínas e ácidos nucleicos e que, apesar de fazer parte de 78% do ar atmosférico, a maioria dos seres vivos não consegue utilizá-lo diretamente, sendo necessária a participação de microrganismos nas diferentes etapas do ciclo.

Alguns microrganismos são mencionados como participantes do ciclo, como as cianobactérias *Nostoc* e *Anabaena*, além das bactérias do gênero *Azotobacter* e *Clostridium*, na etapa de fixação do nitrogênio em ambientes aquáticos e de solo. Isso contribui para que estudantes compreendam que o ciclo ocorre noutros meios que não só o terrestre. Além destas, bactérias do gênero *Rhizobium* são mencionadas associadas às raízes de plantas leguminosas e que, devido à sua capacidade de disponibilizar amônia no solo, “funcionam como adubo vivo ao fornecer nitrogênio à planta, que lhes dá alimento” (LINHARES; GEWANDSZNAJDER; PACCA, 2017, p.231, v. 3).

Na etapa de amonificação é mencionada que a amônia formada no solo tem duas origens, uma durante a fixação do gás nitrogênio e a outra a partir da decomposição de proteínas, ácidos nucleicos e resíduos nitrogenados realizados por bactérias e fungos decompositores.

Durante a nitrificação, processo em que a amônia é transformada em nitrito (NO_2^-) e depois em nitrato (NO_3^-), bactérias nitrosas como as do gênero *Nitrosomonas*,

Nitrosococcus e *Nitrosolobus*, além das bactérias nítricas quimiossintéticas do gênero *Nitrobacter* são mencionadas como participantes desta etapa. Durante a desnitrificação, *Pseudomonas desnitrificans* é citada como a bactéria que finaliza o ciclo, utilizando o nitrato excedente do solo como agente oxidante na ausência de oxigênio, restabelecendo o gás nitrogênio à atmosfera.

Um aspecto importante é a contextualização do assunto associada à prática da rotação de culturas como uma maneira de fertilizar o solo em ecossistemas agrícolas, visto que através da técnica, são empregadas plantas leguminosas alternadas com outras culturas, para que nutrientes nitrogenados possam ser devolvidos ao solo, já que bactérias fixadoras de nitrogênio se associam às raízes daquelas plantas.

A contextualização desta prática torna-se fundamental, principalmente em ecossistemas agroecológicos, pois espécies cultivadas de maneira orgânica conferem autonomia aos plantios comerciais por disponibilizar nutrientes e ampliar a diversidade dos agroecossistemas (BRASÍLIA, 2005).

A seção “Atividades” apresenta cinco questões envolvendo a participação microbiana nos ciclos, com características descritivas e/ou que solicita compreensão da temática, nenhuma das quais prioriza problematização. Ademais, não há sugestão de atividades práticas. A coleção apresenta pesquisa envolvendo atividades em grupo, mas nenhuma delas relacionada aos microrganismos.

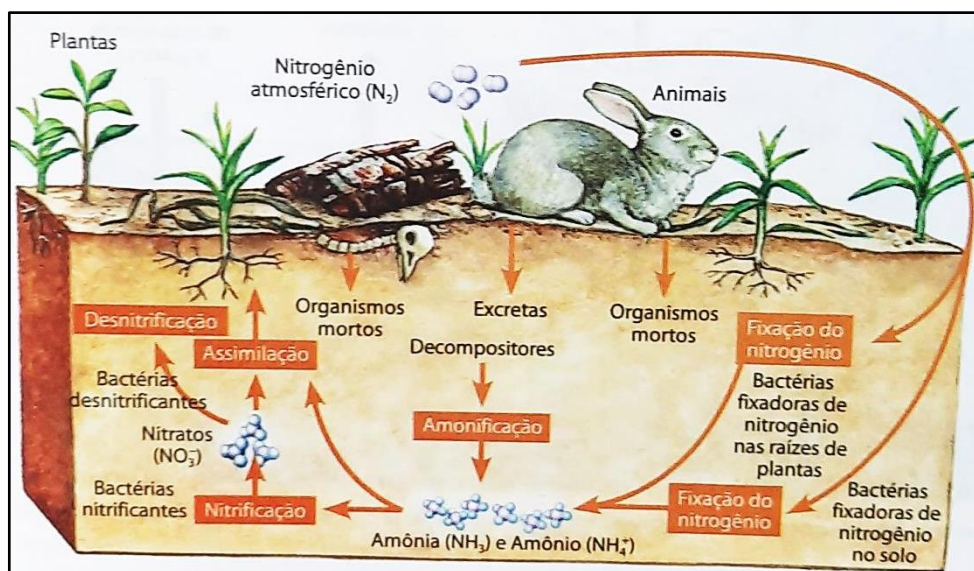
A coleção 3 aborda cinco ciclos biogeoquímicos: da água, do carbono, do nitrogênio, do fósforo e do oxigênio. Entretanto, a participação dos microrganismos, ainda que superficialmente, são mencionados somente no ciclo do nitrogênio e do fósforo, sendo que neste, são citados apenas por devolver fosfatos aos solos e à água a partir da degradação da matéria orgânica.

No ciclo do nitrogênio, os autores mencionam as quatro etapas (fixação, amonificação, nitrificação e desnitrificação). Informam a participação de bactérias fixadoras, nitrificantes e desnitrificantes, além de fungos, sem especificar microrganismos no texto, entretanto sugere ao docente (informação contida somente no manual do professor), que mencione a associação dos gêneros *Azotobacter* e *Clostridium* a raízes de plantas leguminosas.

Na ilustração que mostra o ciclo, são mostradas bactérias não associadas aos nódulos das raízes das plantas leguminosas, embora o texto tenha mencionado como sendo capazes de viver associadas a essas raízes. Além do mais, não está claro o restabelecimento do elemento à atmosfera. Entendemos que esta representação pode contribuir para estudantes

interpretarem equivocadamente microrganismos apenas dispersos no solo. Da mesma forma, pode induzi-los a perceber que os processos metabólicos envolvendo o nitrogênio não sejam cíclicos (figura 10).

Figura 10 – Representação do ciclo do nitrogênio.



Fonte: Thompson e Rios (2016, p116, v. 1)

Os autores apresentam a temática com um enfoque voltado às questões ambientais e, por isso os microrganismos são apresentados sem destaque, como se pode observar:

Como o desaparecimento de todos os organismos fotossintetizantes pode afetar os níveis de oxigênio na atmosfera? Crie um gráfico que represente a quantidade de oxigênio antes e após o desaparecimento desses organismos. (THOMPSON; RIOS, 2016, p. 118, v. 1)

Apesar de ser uma questão que problematiza uma situação hipotética, o fato de não mencionar diretamente microrganismos, exigiria do docente uma adaptação para incluir microrganismos aquáticos importantes nesse processo.

Não há na coleção textos complementares que envolvam alguma participação microbiana. Do mesmo modo, não apresenta proposta de atividade diferenciada considerando microrganismos, tampouco sugestão de atividade prática. A seção “Atividades Finais” apresenta uma variedade de exercícios contendo assuntos estudados ao longo da unidade, nenhum dos quais envolvendo a participação dos microrganismos nos ciclos biogeoquímicos.

A coleção 4 aborda os ciclos da água, do carbono, do nitrogênio e do oxigênio, contudo informa a participação microbiana somente no ciclo do nitrogênio, no qual especifica

os gêneros *Rhizobium*, *Azotobacter* e algumas cianobactérias na etapa de fixação; *Nitrosomonas* e *Nitrobacter* durante a nitrificação; *Pseudomonas denitrificans*, na desnitrificação; e cita apenas que microrganismos atuam no processo de amonificação.

Importante mencionar que, embora *Pseudomonas* seja o gênero bacteriano mais citado na etapa de desnitrificação tanto nesta quanto noutras coleções, outras espécies não mencionadas também são atuantes no processo como *Bacillus licheniformis* e *Paracoccus denitrificans* além de outras (TORTORA; FUNKE; CASE, 2017).

Um aspecto negativo observado é que, apesar dos autores abordarem o ciclo através de uma ilustração que se mostra atraente, o tamanho da letra não favorece uma fácil visualização. Ou seja, o ecossistema é ilustrado em destaque, mas os microrganismos, tão importantes para a execução da função ecológica não são enfatizados. Ademais, as espécies são mencionadas apenas na ilustração, desvinculadas do texto principal.

Há uma ausência na coleção, de textos complementares, bem como proposta de atividade diferenciada que considere a participação microbiana.

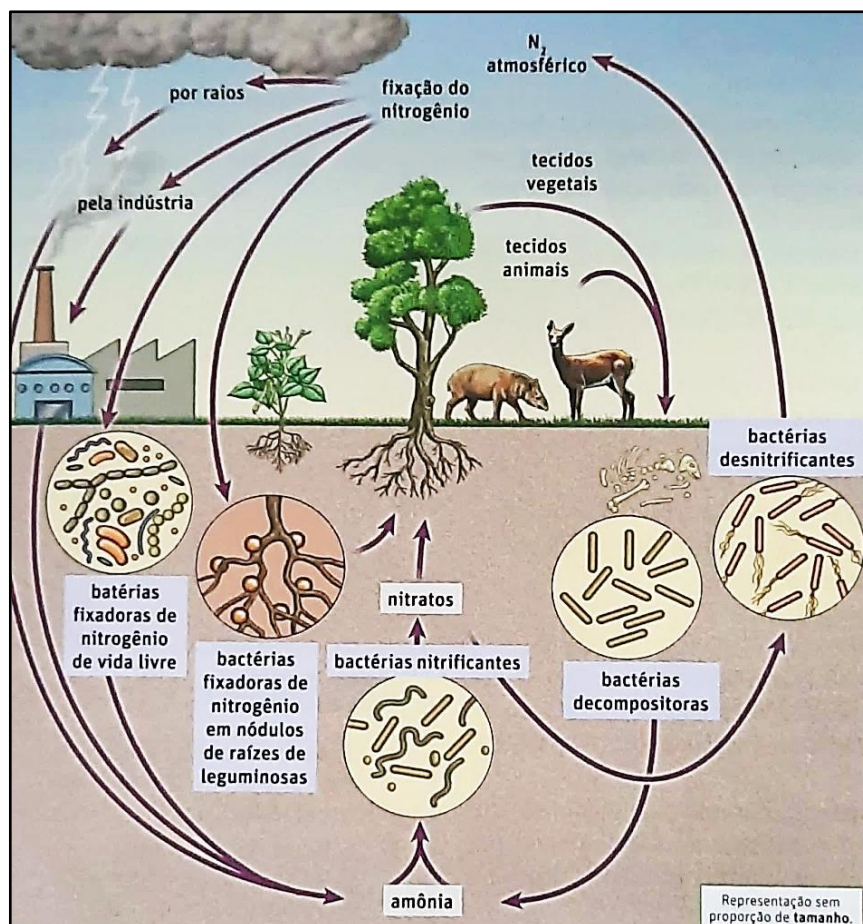
A seção “Atividades” apresenta questões objetivas e de múltipla escolha elaboradas tanto pelos autores como por vestibulares. Destas somente uma menciona a participação microbiana no ciclo do nitrogênio. Na verdade, trata-se de uma questão que apenas objetiva identificar etapas do ciclo do nitrogênio.

A coleção 5 aborda os mesmos ciclos apontados na coleção anterior, e a participação microbiana é citada nos ciclos do carbono e do nitrogênio. No primeiro, os autores mencionam que após realizarem o processo de decomposição, bactérias e fungos liberam o gás carbônico (CO₂) para a atmosfera e para a hidrosfera.

Quanto ao ciclo do nitrogênio, os autores destacam as bactérias *Azotobacter*, *Clostridium* e *Rhizobium* além das cianobactérias *Nostoc* e *Anabaena* como fixadoras de nitrogênio e enfatizam que, destas, somente *Rhizobium* realizam simbiose com raízes de plantas leguminosas. São mencionadas ainda *Nitrosomonas* e *Nitrobacter* como bactérias nitrificantes e bactérias desnitrificantes como aquelas que liberam o gás nitrogênio à atmosfera a partir dos nitritos e nitratos formados no solo.

Os autores fazem uma representação interessante dos microrganismos no ciclo (figura 11), destacando algumas de suas formas, a qual contribui para uma percepção diversificada da participação microbiana nas transformações envolvendo substâncias nitrogenadas.

Figura 11 – Representação de formas microbianas variadas no ciclo do nitrogênio.



Fonte: Catani *et al* (2016, p. 199, v.3)

No quadro “Ciência, Tecnologia e Sociedade”, os autores contextualizam a temática debatendo sobre alterações promovidas pelo homem no ciclo natural do nitrogênio e destacam uma fixação do elemento mais intensa em culturas agrícolas como a de soja quando comparada a ecossistemas nativos como a floresta Amazônica, devido à presença de bactérias fixadoras de nitrogênio associadas às raízes daquelas plantas. Segundo os autores, embora esse nutriente seja transformado em proteína, a maior parte volta à atmosfera na forma de óxido nítrico (NO) ou óxido nitroso (N_2O), ocasionando problemas ambientais.

A coleção apresenta somente três exercícios relacionados aos microrganismos, um deles disponibilizado no quadro “Atividades”, ao longo do capítulo, e outros dois dispostos na seção “Questões Globais”. Tais questões não prioriza problematização e envolve basicamente análise de esquema do ciclo e descrição do papel de *Rhizobium* na fixação do nitrogênio.

5.2.4 Microrganismos em aplicações biotecnológicas

O quadro 6 sintetiza a avaliação da temática nas coleções, observando critérios estabelecidos. Em seguida mostraremos uma análise detalhada da abordagem dos autores.

Quadro 6 – Síntese da análise do conteúdo relacionado à participação dos microrganismos em aplicações biotecnológicas.

EIXO I: CONTEÚDO					
Parâmetros	Insuficiente		Suficiente		Bom
Clareza do texto (conceito / definição)			C3 / C5		C1 / C2 / C4
Contextualização			C1/C2/C3/C4/C5		
Abordagem	C3 / C5		C1 / C2 / C4		
	Sim			Não	
Apresenta a temática	C1 / C2 / C3 / C4 / C5				
Especifica microrganismos	C1 / C2 / C3 / C5			C4	
Apresenta textos complementares	C1 / C2 / C4			C3 / C5	
EIXO II: ATIVIDADES PROPOSTAS					
Parâmetros	C1	C2	C3	C4	C5
Propõe questões ao final do capítulo?	Sim	Sim	Sim	Não	Sim
As questões privilegiam problematização?	Não	Não	Sim	Não se aplica	Não
Propõe atividade prática?	Não	Sim	Sim	Não	Não
Sugere procedimentos de segurança e alerta de possíveis perigos?	Não se aplica	Não	Não	Não se aplica	Não se aplica
Podem ser realizadas facilmente?	Não se aplica	Sim	Sim	Não se aplica	Não se aplica
Sugere utilização de materiais alternativos?	Não se aplica	Sim	Sim	Não se aplica	Não se aplica
Tem relação direta com o conteúdo analisado?	Não se aplica	Não	Não	Não se aplica	Não se aplica
Propõe atividade em grupo?	Não	Sim	Sim	Não	Sim
Estimula utilização de novas tecnologias?	Não	Não	Não	Não	Sim

Legenda: C1 – coleção nº 1; C2 – coleção nº 2; C3 – coleção nº 3; C4 – coleção nº 4; C5 – coleção nº 5.

Fonte: Adaptado de Vasconcelos e Souto (2003)

O assunto biotecnologia é abordado em todas as coleções analisadas. Antes de mencionar a participação microbiana e aplicações por meio da engenharia genética, alguns autores iniciam o capítulo conceituando melhoramento genético, enquanto outros abordam diretamente a tecnologia de transferência de DNA e suas possibilidades, procedimento que ficou conhecido como tecnologia do DNA recombinante.

A biotecnologia é a ciência que compreende a manipulação de microrganismos, células ou componentes celulares para sintetizar determinado produto (TORTORA; FUNKE; CASE, 2017). O assunto não é novidade científica, uma vez que microrganismos são empregados há séculos para fabricar alimentos como pão e queijo e bebidas alcoólicas (AMABIS; MARTHO, 2016), sendo considerada uma das práticas mais antigas da humanidade.

Devido à própria definição de biotecnologia, a fermentação e seus derivados (etanol, lactato, acetato e outros) são considerados integrantes desse processo, contudo não abordaremos no momento, por já terem sido discutidos no subtópico 3.2.2. Deteremo-nos na análise dos microrganismos e suas aplicações biotecnológicas sobrevividas da tecnologia do DNA recombinante.

A seguir veremos de maneira mais minuciosa como a temática é abordada pelos autores das coleções analisadas.

A princípio, a coleção 1 relembra o conceito de gene, diferenciando os eucarióticos dos procarióticos e finaliza mostrando a síntese de uma proteína. Em seguida aborda o conceito de melhoramento, entendido como uma maneira de aprimorar características das espécies e esclarece que agricultores já promoviam a prática para melhorar a produtividade, citando como exemplo a seleção de sementes de espigas com maior número de grãos para obtenção de milhos cada vez mais produtivos.

É nesse contexto que a engenharia genética é mencionada como uma maneira de “melhorar” características de determinado ser vivo, por promover a transferência de genes entre espécies. Os autores admitem o advento da tecnologia à descoberta das enzimas de restrição, presente em procariotos e mostra o procedimento da tecnologia do DNA recombinante com a utilização de bactérias.

Os autores contextualizam o assunto apresentando bactérias como “fábricas” de proteínas humanas, exemplificando com a produção da insulina, por meio da expressão de um gene exógeno inserido numa bactéria geneticamente modificada.

A coleção menciona as possibilidades decorrentes da técnica, como a expressão, em plantas do tabaco (*Nicotiana tabacum*), do gene da luciferase, enzima que condiciona a

bioluminescência em vagalume, clonando-o em plasmídeo bacteriano; surgimento da soja transgênica (resistente a herbicidas); o uso de *Agrobacterium tumefaciens* para transferir genes exógenos de seu plasmídeo modificado para plantas, funcionando assim como vetor de clonagem; e a produção do ‘milho Bt’, que tem incorporado em seu genoma um gene da bactéria *Bacillus thuringiensis*, que a possibilita sintetizar substâncias tóxicas para insetos.

Cita ainda que, quando objetivo é clonar genes, determinados vírus conhecido como bacteriófagos, podem ser utilizados, uma vez que possuem a capacidade de se multiplicar em bactérias, desta forma multiplicando também o gene inserido em sua cápsula.

O volume dois também contextualiza microrganismos no capítulo “Vírus e bactérias”. Na ocasião, a obra apresenta o uso de microrganismos na produção de antibióticos, como a neomicina, produzida pela bactéria do gênero *Streptomyces* e que o potencial tecnológico proporcionado pela utilização das bactérias aumentou com o emprego da tecnologia do DNA recombinante.

O livro apresenta como leitura complementar, um texto abordando a identificação de pessoas pelo DNA com uso da enzima de restrição. Não se trata de um texto diretamente relacionado a uma aplicação microbiana, mas uma importante contextualização em decorrência do uso de seu produto.

A seção atividades apresenta uma diversidade de questões, do tipo subjetiva e de múltipla escolha, referentes ao assunto, das quais, quatro referentes à aplicação dos microrganismos. Identificamos questões relacionadas a identificação de função biológica, do tipo aberta e do tipo consulta ao texto. Nenhuma destas prioriza problematização. Embora haja a sugestão de uma simulação para identificar pessoas pelo DNA, nenhuma atividade diferenciada foi identificada relacionada à participação dos microrganismos.

A coleção 2, ao contrário da anterior, não discute o melhoramento. Ao invés disso, apresenta no início do capítulo, a tecnologia do DNA recombinante e a define como um procedimento que permite “transplantar genes de uma espécie para outra e criar uma molécula de DNA que não existia na natureza” (LINHARES, GEWANDSZNAJDER, 2017, p. 94, vol. 3).

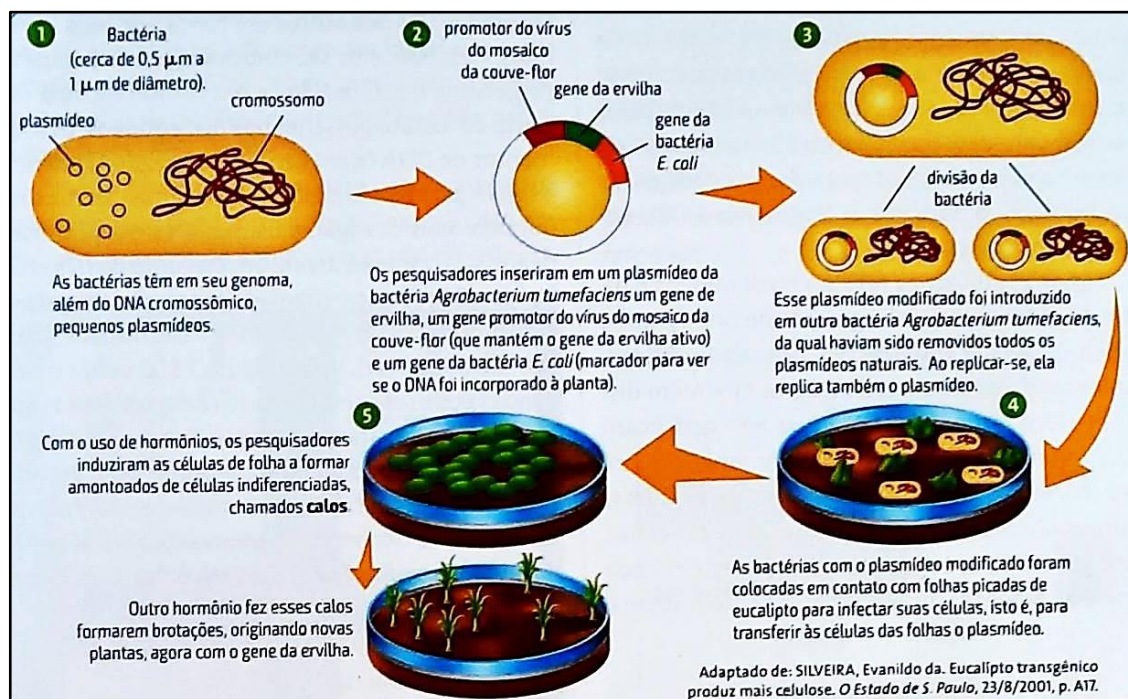
Os autores comentam que a tecnologia é possível devido às enzimas de restrição bacteriana atuar em pontos específicos do DNA, promovendo cortes, tornando possível manipular qualquer DNA, desde que conheça sua sequência e o sítio de reconhecimento da enzima naquela molécula.

O assunto é contextualizado com a possibilidade de bactérias geneticamente modificadas fabricarem produtos como a insulina, anteriormente retirada de bois e porcos e

que frequentemente ocasionava reações alérgicas em pacientes; e a produção de outras substâncias como a eritropoetina e diversos tipos de vacinas.

Outra contextualização importante refere-se às possibilidades de transferência de DNA entre organismos, no qual é mostrada a bactéria *Agrobacterium tumefaciens* e sua capacidade de inserir plasmídeos em células vegetais (figura 12). A ilustração revela, por exemplo, que o assunto pode ser abordado em importantes veículos de comunicação nacional, uma vez que a fonte informa a origem da imagem. Desta forma, nos alerta da necessidade dos professores adotarem propostas de ensino investigativas objetivando inserir os estudantes a um processo de cultura científica.

Figura 12 – Contextualização biotecnológica envolvendo *Agrobacterium tumefaciens* e a inserção de genes de interesse em plantas.



Fonte: Linhares, Gewandsznajder e Pacca (2017, p. 97, v. 3).

Outra bactéria importante mencionada é o *Bacillus thuringiensis*, que produz uma toxina capaz de matar a lagarta do ‘cartucho’ e da ‘broca’ e, por isso, teve o gene produtor da toxina inserido no milho ‘Bt’, tornando resistente a pragas.

Diferentes possibilidades ocasionadas pelo uso das enzimas de restrição bacterianas também são mostradas, como a análise do DNA e suas aplicações, o sequenciamento genômico e a produção de animais transgênicos e é a única a contar um

pouco da história da descoberta das enzimas de restrição, tão importantes nos procedimentos de engenharia genética.

O quadro “História da ciência” complementa o assunto com um texto sobre a descoberta das enzimas de restrição, relatando que, após estudos sobre a compreensão de bactérias a antibióticos, tal enzima possibilitou cortes em plasmídeos, o qual, após modificado e inserido, conseguiram uma bactéria resistente a dois antibióticos, abrindo caminho para pesquisa como DNA recombinante e a produção da insulina.

No final do capítulo são propostas atividades subjetivas e de múltipla escolha, das quais, quatro abordam aplicações com microrganismos, das quais nenhuma relacionada à problematização. As questões envolvem identificação de função enzimática, de análise e de consulta ao texto.

Como atividade prática, os autores sugerem a extração de DNA de morango. Embora seja uma atividade relativamente simples e que, dependendo do planejamento docente, possibilite problematização, não envolve participação microbiana. Propõe também um trabalho em equipe, com dois temas a ser pesquisado: ‘tipos de testes genéticos para o diagnóstico de doenças’ e pesquisa sobre ‘vida e trabalho de pesquisadores brasileiros da área’, nenhum dos quais envolvendo participação microbiana.

A coleção 3 dedica um capítulo aos conhecimentos da engenharia genética e, assim como a anterior, discute diretamente a tecnologia do DNA recombinante, possibilitada pela descoberta das enzimas de restrição bacterianas.

Os autores afirmam que, depois de purificadas, as enzimas podem ser utilizadas em diversas aplicações como a clonagem de DNA, a produção de organismos geneticamente modificados (OGM) e a terapia gênica.

Apesar de explicar que a engenharia genética possibilita a produção de substâncias de interesse farmacêutico, a única mencionada produzida por esta técnica foi a insulina, produzida por bactérias geneticamente modificadas, sem referência a nenhuma espécie.

Os autores apresentam no quadro “+” algumas pesquisas brasileiras importantes com plantas transgênicas (figura 13), como a alface, que possui um gene de um cogumelo inserido no seu DNA, que confere resistência a fungo; outra pesquisa em desenvolvimento também com alface para ser utilizada como planta-vacina para combater a leishmaniose; feijão resistente ao vírus do mosaico dourado; e soja resistente a herbicidas e tolerantes à seca. Embora os microrganismos não seja o foco principal do capítulo, tais exemplos são

importantes para contextualizar aplicações possíveis em decorrência das descobertas proporcionadas por um produto bacteriano.

Figura 13 – Aplicações biotecnológicas em pesquisas brasileiras com plantas.


Principais pesquisas com OGMs no Brasil

“Polêmicas à parte, o fato é que o Brasil desenvolve dezenas de pesquisas com plantas transgênicas. [...] [Entre as mais importantes, podemos citar:]

Alface – [...] [Com] um gene para resistência a fungo. O gene foi isolado de um cogumelo comestível chamado *Flammulina* [...]. O objetivo é testar as variedades geneticamente modificadas contra a *Sclerotinia*, um fungo que causa a podridão da alface. [...] [Em outro estudo, está sendo desenvolvida] uma planta-vacina transgênica para combater a leishmaniose, uma doença infecciosa causada pelo protozoário do gênero *Leishmania*. Essa tecnologia consiste na introdução do gene da proteína Lack (antígeno da leishmaniose) em plantas de alface e tem como objetivo fazer com que as pessoas se tornem imunes à enfermidade com a simples ingestão da hortaliça.

Feijão – [...] [Já existem] plantas transgênicas de feijão para resistência ao vírus do mosaico dourado, considerado o pior inimigo da cultura na América do Sul. [...]

Soja – Além das variedades de soja transgênica para resistência a herbicidas, que já estão sendo desenvolvidas e prontas para serem testadas no campo, [...] [vem sendo testada uma] delas, de aplicação para a saúde humana, para expressar o hormônio de crescimento, que, por ser muito caro, é pouco acessível à população. [...] Além do hormônio de crescimento, [...] um gene de um anticorpo, que pode ser eficaz na prevenção de vários tipos de câncer. [...]

Tolerância à seca – A partir de um gene isolado na Universidade Federal de Viçosa (UFV), estão sendo iniciadas pesquisas para desenvolvimento de plantas de soja tolerantes à seca. O gene está sendo inserido em plantas de soja e, se der certo, será introduzido em outras culturas de importância socioeconômica. [...]”

Fonte: FLORIANI, A. Conheça as principais pesquisas com OGMs no Brasil. *Repórter Terra*. Disponível em: <www.terra.com.br/reporterterra/transgenicos/pesquisas_brasil.htm>. Acesso em: fev. 2016.

Fonte: Thompson e Rios (2016, p.204, v. 2).

No volume três, as arqueas são mencionadas como produtoras de enzimas resistentes a altas temperaturas e, por isso, podem ser empregadas em técnicas de biologia molecular; e a produção de bacteriorrodopsina, substância que vem sendo estudada como matéria-prima para componentes de computador, retirada de *Halobacterium* (arquea).

No final da unidade a obra apresenta uma coletânea de atividades subjetivas, múltipla escolha e interpretativa relacionadas ao assunto, das quais somente quatro envolvem a participação microbiana. Mesmo poucas em quantidade, são questões que priorizam não só a memorização, mas também enfocam a capacidade de análise e a resolução de problemas, como mostrado a seguir:

Imagine que uma bactéria se encontre em uma situação de elevado estresse ambiental. Seria benéfico para essa bactéria controlar a eficiência dos próprios mecanismos de correção de erros na duplicação do DNA para aumentar a taxa de mutações incorporadas? Justifique sua resposta. (THOMPSON; RIOS, 2016, p. 215, v.2)

A obra propõe ainda uma atividade prática envolvendo um caso hipotético de identificação de pessoas e uma pequena atividade em grupo, na qual sugere a pesquisa de setores da sociedade que são a favor e contra o cultivo de organismos geneticamente modificados (OGMs), contudo nenhuma delas considera a participação microbiana.

Na coleção 4, o capítulo aborda dois assuntos simultâneos: código genético e biotecnologia. A coleção expõe a princípio conhecimentos relacionados ao código genético, prossegue com síntese de proteínas e depois, com biotecnologia. Esta é a única, dentre as coleções analisadas, a considerar a fermentação microbiana utilizada na produção de pães, queijos e vinhos como um processo biotecnológico e, por isso, destacam que a técnica já era praticada por civilizações antigas (figura 14).

Figura 14 – Fermentação apresentada no livro didático como exemplo de um produto biotecnológico.



Fonte: Ogo e Godoy (2016, p. 94, v.3).

Como forma de promover o melhoramento, menciona a engenharia genética e o uso das enzimas de restrição para produzir uma molécula de DNA recombinante, o qual, depois de inserido numa bactéria, passa a ser replicado.

Os autores diferenciam o conceito de OGM e transgênico e enfatizam que este pode receber um ‘transgene’ por meio de uma variedade de técnicas especiais, incluindo o uso de bactéria geneticamente modificada e tomam como exemplo a infecção de células vegetais.

Mencionam também que pesquisas visam utilizar vírus em intervenções de genes defeituosos num procedimento denominado terapia gênica.

O quadro “Biologia e tecnologia” contextualiza o assunto com o problema histórico da produção da insulina por outros mamíferos como bois e porcos e a solução propiciada pela inserção do gene humano em bactérias, capacitando-as a produzir o hormônio.

No final da unidade estão propostas diversas atividades relacionadas ao assunto, muitas das quais priorizando memorização ou cópia do texto, contudo não identificamos nenhuma relacionada à participação microbiana. Não apresenta também propostas e atividades diferenciadas como atividade prática ou atividades em grupo.

A coleção 5, assim como a 1, aborda a princípio o melhoramento genético por meio da seleção de cruzamentos selecionados. Apresenta no quadro “Biologia e História”, a importância da domesticação de plantas no melhoramento genético e produção de variedades utilizadas na alimentação dos humanos.

O conceito de engenharia genética é mencionado como um conjunto de técnicas “que permitem manipular diretamente o genoma dos organismos” (CATANI *et al*, 2016, p. 104, vol. 3). Assim como as demais, a coleção reconhece as enzimas de restrição como moléculas que possibilitaram a manipulação do DNA de qualquer organismo, como na produção de OGMs, mas não especifica a origem bacteriana da molécula.

A temática é contextualizada mediante a produção de substâncias de interesse farmacêutico com o uso de organismos transgênicos, como a insulina por *Escherichia coli* e o fator anti-hemofílico por vacas e cabras. Menciona também a modificação de organismos como ratos, para serem utilizados na investigação de doenças como o câncer, e plantas transgênicas produzidas no Brasil como feijão e batata, resistentes ao ataque de vírus, algodão resistentes a insetos e soja tolerante a herbicidas. Do mesmo modo, relata que vírus e bactérias podem ser utilizados como vetores de DNA às células somáticas em tratamento de determinadas doenças humanas.

O livro propõe ainda uma reflexão sobre a temática em textos complementares, ao apresentar no quadro “Biologia se discute”, um texto intitulado “O debate em torno dos transgênicos”, citando possíveis riscos ao ambiente e à saúde representados pelos OGMs. No entanto, nada relacionado diretamente à participação microbiana.

A coleção apresenta uma variedade de exercícios no final da unidade, envolvendo genética e biotecnologia, das quais somente duas relacionadas à participação dos microrganismos. São questões que envolvem basicamente identificação de determinada função e análise de figura, não havendo, portanto problematização.

Propõe também a aplicação de um projeto que deverá ser desenvolvido pelos estudantes organizados em grupos. A sugestão é que os grupos pesquisem reportagens em mídias, relacionados a processos biotecnológicos desconhecidos do público em geral, que evolva questões éticas ou legais e que seja polêmico. Ao final, deverão expor os resultados em painel e apresentar para a turma. Os autores acreditam que, com o desenvolvimento do trabalho, os estudantes desenvolvam a capacidade de análise, o raciocínio lógico e a argumentação.

5.2.5 Microrganismos e interações simbióticas

O quadro 7 mostra uma condensação dos resultados da avaliação dos livros didáticos acerca da temática, baseado nos critérios previamente estabelecidos. Após então, faremos uma descrição sobre como o assunto é apresentado pelos autores.

Quadro 7 – Síntese da análise do conteúdo relacionado à participação dos microrganismos em interações simbióticas nos livros didáticos

EIXO I: CONTEÚDO					
Parâmetros	Insuficiente		Suficiente		Bom
Clareza do texto (conceito / definição)			C3 / C4		C1 / C2 / C5
Contextualização			C1 / C3 / C4		C2 / C5
Abordagem	C1 / C3 / C4		C2		C5
	Sim			Não	
Apresenta a temática	C1 / C2 / C3 / C4 / C5				
Especifica microrganismos	C4 / C5			C1 / C2 / C3	
Apresenta textos complementares	C1 / C4			C2 / C3 / C5	
EIXO II: ATIVIDADES					
Parâmetros	C1	C2	C3	C4	C5
Propõe questões ao final do capítulo?	Sim	Sim	Não	Sim	Sim
As questões privilegiam problematização?	Sim	Não	Não se aplica	Não	Não

Propõe atividade prática?	Não	Não	Não	Não	Não
Sugere procedimentos de segurança e alerta de possíveis perigos?	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica
Podem ser realizadas facilmente?	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica
Sugere utilização de materiais alternativos?	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica
Tem relação direta com o conteúdo analisado?	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica
Propõe atividade em grupo?	Não	Não	Não	Não	Não
Estimula utilização de novas tecnologias?	Não	Não	Não	Não	Não

Legenda: C1 – coleção nº 1; C2 – coleção nº 2; C3 – coleção nº 3; C4 – coleção nº 4; C5 – coleção nº 5.

Fonte: Adaptado de Vasconcelos e Souto (2003)

Os organismos não vivem isolados e frequentemente se associam a outro, sendo para alguns, o habitat ocupado por um deles, denominado simbiote, o corpo do indivíduo da outra espécie, denominado hospedeiro (BEGON; TOWNSEND; HARPER, 2007). Nesse sentido, simbiose (palavra grega que significa “viver junto”) é um termo que tem sido empregado para associações íntimas e diretas entre organismos de espécies diferentes, podendo ser danosa, proveitosa ou simplesmente neutra para um dos parceiros, tendo como exemplos o mutualismo, o comensalismo e o parasitismo (REECE *et al*, 2015).

Como qualquer ser vivo os microrganismos também participam dessas interações, tanto com outros microrganismos, no caso dos líquens, quanto com organismos macroscópicos, como acontecem na formação dos nódulos das raízes das plantas leguminosas que contém bactérias fixadoras de nitrogênio (MADIGAN *et al*, 2016).

Devido a diversas ocorrências na natureza, não existe um tópico específico voltado ao assunto nas coleções analisadas, por isso o tema encontra-se difundido em diferentes capítulos, por vezes ocupando mais de um volume, dependendo do conteúdo abordado. Entretanto, sem desmerecer a importância biológica das relações entre seres vivos e para não fugir ao objetivo outrora proposto, foram analisados somente casos envolvendo a participação microbiana, preferencialmente com bactérias.

É preciso mencionar ainda que a expressão simbiose e outras derivadas (simbiote, endossimbiote) são encontradas poucas vezes nas coleções, em sua maior parte

envolvendo seres não procariontes, por isso nos baseamos não somente nos casos identificados com esta denominação, mas também nos exemplos descritos. Apesar de alguns autores considerarem esta relação como sinônimo de mutualismo, conforme nos adverte Amabis e Martho (2016, v. 3), adotamos como parâmetro as interações empregadas por Reece *et al* (2015) como exemplos de relação simbiote.

Para não fugir ao objetivo deste trabalho, serão analisados somente casos envolvendo microrganismos em relações de reciprocidade e comensais.

Evitaremos detalhar nesta seção a interação simbiótica estabelecida entre plantas e bactérias formadoras de nódulos nas raízes, por já terem sido discutidas oportunamente no subtópico 3.2.3. Os microrganismos citados são os mencionados pelos autores em capítulos diferentes daquele que apresenta o ciclo do nitrogênio.

Veremos em seguida como a temática é abordada pelos autores nos livros didáticos analisados.

A coleção 1, no capítulo denominado Vírus e Bactérias no volume dois, menciona no quadro “Ciência e cidadania”, texto complementar ao assunto, que nossa pele abriga cerca de 100 mil bactérias por cm^2 em sua superfície e destaca que esta comunidade microscópica evita que agentes patogênicos como vírus, fungos e outras bactérias invadam nosso organismo, destacando sua contribuição nesta importante função.

No capítulo dedicado ao reino *Fungi*, apresenta os líquens como uma associação harmoniosa entre fungos ascomicetos e algas unicelulares ou cianobactérias. Os autores caracterizam a associação, a troca de benefícios presente entre os envolvidos e a possibilidade de explorar ambientes inóspitos. No manual do professor, recomendam ao docente ressaltar a função ecológica que tais seres desempenham como pioneiros de ambientes desfavoráveis e como indicadores de poluição ambiental, informações que não constam no livro do estudante.

Na unidade que aborda a fisiologia humana, a obra apresenta o funcionamento do sistema digestório e embora não faça alusão direta à simbiose, afirma que a presença dos microrganismos ajuda a evitar a proliferação de microrganismos patogênicos, além de produzir substâncias úteis ao corpo, como as vitaminas K, B₁ (tiamina), B₂ (riboflavina), B₈ (biotina), B₉ (ácido fólico) e B₁₂ (cianocobalamina).

No volume 3, a obra cita a interação mutualística de bactérias e protozoários presentes no intestino de certas espécies de cupins. Sendo incapazes de digerir a celulose presente na madeira do qual se alimentam, a digestão promovida pelos microrganismos do tubo digestório dos cupins é de fundamental importância para a sua sobrevivência.

Simbioses com microrganismos eucariontes também são apresentadas, como as ‘zooxantelas’, associação entre protistas dinoflagelados e seres aquáticos (protozoários, cnidários, platelmintos e moluscos). Cita também a relação endossimbiótica que algumas espécies de hidras e corais mantêm com algas unicelulares fotossintetizantes e descreve que o animal aproveita os nutrientes produzidos pelas algas alojadas em seu corpo, trocando benefícios.

Os textos são abordados como insuficientes uma vez que os autores reduzem o tema ao conceito, mencionando somente um exemplo da relação e quando aparece no texto, é apresentado num único parágrafo. Ademais, ainda que dispersos em vários capítulos, há somente um único texto complementar citando, dentre outras importâncias bacterianas, a comunidade microscópica da pele, não havendo, portanto maior exploração do tema.

Como proposta de atividades, apresenta somente duas questões envolvendo interações microbianas, das quais uma relacionada à identificação da relação cupim-protozoário e outra avaliando a vantagem para ambos, na relação entre leguminosas e bactérias fixadoras de N_2 , não sendo, portanto questões com enfoque em problematização.

A coleção 2 aborda o assunto nos volumes dois e três. No primeiro, os autores explicam que bactérias podem estabelecer relações com outros organismos, explicando que existem espécies parasitas, como as que causam doenças; comensais, como as que se associam à nossa pele e ao sistema digestório; e mutualísticas como as que vivem em nosso intestino grosso produzindo substâncias importantes como as vitaminas do complexo B e a vitamina K.

No capítulo dedicado aos fungos, os líquens são definidos como associações entre fungos ascomicetos e uma alga (quase sempre uma clorofícea) ou uma cianobactéria. Na descrição do organismo, é explicitada a função que cada um exerce na relação, a forma de propagação, a sua capacidade de atuarem como pioneiros de habitats e também a possibilidade de uso como indicadores de poluição.

Na unidade que aborda os Animais, os autores destacam que algumas espécies de algas microscópicas se associam aos corais, fornecendo-lhes alimentos e conferindo colorações peculiares. Explica também que a perda dessa relação resulta num processo de branqueamento dos corais, possivelmente ocasionado pelo aumento da temperatura dos oceanos.

Mais adiante, no capítulo “aves e mamíferos”, é apresentada a nutrição dos mamíferos, sendo descrita a fisiologia dos órgãos digestórios e as bactérias lembradas por

auxiliar a digestão da celulose presente nos alimentos dos animais ruminantes, como boi, carneiro, cabra, antílope, girafa e outros.

A unidade que trata da fisiologia humana menciona que os humanos se beneficiam da relação com bactérias da microbiota intestinal, uma vez que estas contribuem na formação das fezes e na produção de vitaminas.

No capítulo sobre “Relações Ecológicas” no volume três, os autores informam que o termo simbiose é empregado para indicar associação permanente entre organismos de espécies diferentes e nesse contexto, menciona três exemplos importantes: as bactérias fixadoras de nitrogênio que vivem nas raízes de plantas leguminosas; os líquens; e a interdependência entre cupins e protozoários que vivem no intestino desses insetos.

No final de cada unidade que aborda o assunto os autores propõem uma variedade de exercícios, no entanto somente quatro deles estão relacionados diretamente à temática. Tais questões foram apontadas como sendo do tipo consulta ao texto e identificação de função. Não identificamos nenhuma privilegiando problematização, no entanto, uma delas, dependendo da orientação docente, permite desenvolver habilidade de argumentação:

Um estudante afirmou que as bactérias são prejudiciais ao ser humano, uma vez que provoca inúmeras doenças. Você concorda com essa afirmação? Por quê?
(LINHARES; GEWANDSZNAJDER; PACCA, 2016, p. 33, v. 2)

A coleção 3 cita no volume 1 as relações ecológicas entre seres vivos, dentre eles o mutualismo, mencionando como exemplo o auxílio que protozoários presentes no intestino dos cupins prestam à digestão desses insetos. No quadro “+”, complementando o assunto, os líquens são apresentados como associações entre fungos e algas e ressalta que, devido a sua sensibilidade a poluentes atmosféricos, podem ser utilizados como bioindicadores de poluição, contudo, não é mencionada a atuação como pioneiro de ambientes desfavoráveis, tampouco a associação com cianobactérias na relação.

No volume três, na unidade que estuda a Nutrição e Defesas dos Organismos, descreve o sistema digestório dos mamíferos é mencionado o papel dos microrganismos na digestão da celulose do alimento dos ruminantes, além da função exercida pelas bactérias da flora intestinal humana na produção de substâncias úteis, como algumas vitaminas do complexo B e a vitamina K.

Menciona que protistas podem viver associados a uma série de outros organismos, como os corais, mas não explica o dinamismo da relação. Em compensação, contextualizam a temática destacando as ‘zooxantelas’ no quadro “+” como associações entre dinoflagelados e

organismos aquáticos, como anêmonas, corais, água-viva, esponjas, platelmintos, moluscos, foraminíferos e alguns ciliados, que recebem da alga produtos da fotossíntese e a fornecem de volta nutrientes inorgânicos.

A coleção menciona que as ‘zooxantelas’ também conferem cor e nutrientes aos corais e que, nos últimos anos, esse animal tem sido afetado devido à poluição marinha, atividades de turismo e aumento da temperatura da água do mar, os quais interferem negativamente na relação.

Apesar dessas menções apontamos como insuficiente a abordagem dos autores à temática, pois os textos, quando exploram o assunto, não explicam o dinamismo da relação, apresentando assim, de modo bastante resumido.

Apesar das coleções apresentarem uma variedade de questões relacionadas aos assuntos dos temas, não identificamos nenhuma relacionada a interações envolvendo microrganismos, tampouco propostas de atividades diferenciadas.

A coleção 4 mostra exemplos simbióticos nos volumes dois e três. Quando aborda o assunto “Bactérias” no volume dois, são mostrados nódulos das raízes de plantas leguminosas contendo bactérias que auxiliam as plantas a capturar o gás nitrogênio, destacando o auxílio prestado por esses microrganismos.

No capítulo que estuda o Reino *Fungi*, menciona que os líquens formam interações mutualísticas entre fungos e algumas espécies de algas unicelulares, descrevendo a troca de benefícios entre os envolvidos, no entanto não informa que cianobactérias também podem participar da relação, tampouco a importância da relação para o ambiente.

Na unidade que estuda os animais, apresenta interações simbióticas em dois momentos: no capítulo “Poríferos e Cnidários”, contextualiza a temática mencionando a relação dos corais com algas do gênero *Symbiodinium* e a troca de benefícios estabelecida entre os participantes, explicando que o aquecimento global resulta no branqueamento do animal; no capítulo sobre animais cordados, apresenta os mamíferos, descrevendo a fisiologia do sistema digestório e menciona de modo bastante superficial, que animais ruminantes possuem microrganismos em seus compartimentos digestórios, que degradam a celulose de seus alimentos.

No volume três, quando aborda as Relações Ecológicas, o texto de abertura contextualiza o assunto descrevendo a importância da flora intestinal humana e aponta os benefícios das bifidobactérias no estímulo às defesas imunológicas; *Escherichia coli* e *Lactobacillus* na inibição do crescimento de bactérias nocivas à saúde; e bactérias anaeróbias facultativas, que criam condições para o estabelecimento de bactérias anaeróbias.

Menciona também exemplos de mutualismos entre cupins ou baratas do gênero *Cryptocercus* e protozoário do gênero *Triconympha*, sendo descrito o papel exercido por cada integrante nesta relação.

Apesar disso apontamos como insuficiente a abordagem proposta pelos autores, uma vez que, quando apresenta a relação, mencionam somente o exemplo, mas não explica o dinamismo da relação, tampouco a importância ambiental representada pela interação.

Como proposta de atividades a coleção apresenta somente 5 questões pertinentes ao assunto, nenhuma das quais envolvendo problematização. Reconhecemos tais questões relacionadas como consulta ao texto, identificação de função ou ainda interpretação de tirinha (figura 15), como observa a seguir:

Figura 15 – Atividade interpretativa/descritiva relacionada a interações simbióticas envolvendo cupim e protozoários.

10. Os protozoários do gênero *Trichonympha* vivem associados a cupins e obtêm energia por meio da digestão de celulose. Observe a tirinha abaixo e, em seguida, responda às questões propostas.

a) Descreva sobre o que trata essa tirinha.

b) Com base na tirinha, explique a relação entre o cupim e o protozoário.

Fonte: Ogo e Godoy (2016, 68, v.2)

Vale ressaltar que a tirinha é um gênero textual que se apropria de poucos recursos para transmitir uma informação, sendo especialmente importante para o estudante se apropriar de linguagens e novos letramentos para explorar conteúdos, ampliando suas possibilidades de acesso ao conhecimento científico (BRASIL, 2018), além de ser uma maneira atraente e de grande aceitação do público juvenil (VARGAS; MAGALHÃES, 2011).

A coleção 5, no capítulo que discorre sobre “Bactérias”, relata que microrganismos podem atuar como mutualistas no tubo digestório dos animais ruminantes, sendo capazes de degradar a celulose e outros polissacarídeos não digeridos pelo animal, liberando compostos utilizáveis. Menciona também que a bactéria *Escherichia coli*, encontrada no intestino grosso dos humanos, sintetiza a vitamina K e alguns tipos de vitamina B e, junto a outras bactérias da flora intestinal, atuam na defesa do corpo por dificultar a

instalação de microrganismos patogênicos. A atuação da bactéria é apresentada novamente na unidade que aborda o sistema digestório, no mesmo volume.

Outra bactéria mencionada é a do gênero *Rhizobium* que, associadas às raízes de plantas leguminosas, sintetizam substâncias nitrogenadas e compartilham com a planta e recebe de volta compostos orgânicos por ela produzidos.

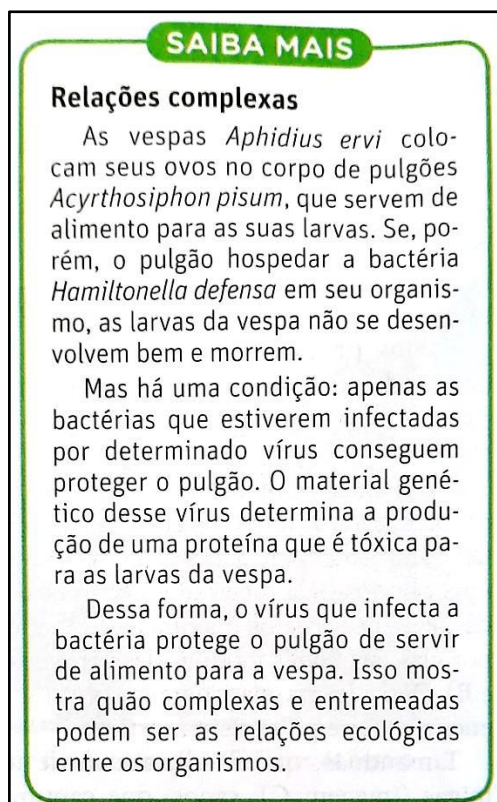
Mais adiante, são mencionadas que espécies de algas verdes unicelulares participam de associações mutualísticas com protozoários, hidras, fungos e até mamíferos, como as que vivem associadas ao bicho-preguiça, favorecendo a camuflagem do animal entre as folhagens. As algas foram apontadas também como participantes de interações com anêmonas e corais, sendo relatada que parte dos nutrientes desses animais são obtidos a partir dos produtos da fotossíntese fornecidos pela alga. Os autores citam que esses microrganismos conferem também a cor dos corais e que o aumento da temperatura da água e poluentes podem eliminar esses microrganismos, ocasionando o branqueamento dos corais.

No capítulo sobre “Fungos”, os líquens são descritos como associações mutualísticas entre fungos e microrganismos fotossintetizantes como algas verdes ou cianobactérias, ocasião na qual foi definida a função de cada integrante da relação, salientando a não sobrevivência das partes quando desassociadas. Destacam ainda o papel ecológico desempenhado, a atuação pioneira de ambientes inóspitos e a sensibilidade a poluentes atmosféricos.

A coleção cita no volume dois e também no volume três que a capacidade de digestão da celulose pelos cupins resulta de uma interação mutualística desses insetos com determinadas espécies de protozoários, que digerem a celulose da madeira ingerida pelos cupins que, em troca lhes fornece o nutriente e proteção.

Por fim, os autores mencionam uma curiosa relação envolvendo vespa, pulgão, bactéria e vírus no quadro “Saiba mais”, conforme mostra a figura 16, apontando que as interações entre os organismos podem apresentar graus de complexidade. Tal relação revela que interações ecológicas podem envolver mais do que dois organismos, diferentemente do que comumente se apresenta nos livros didáticos.

Figura 16 – Relação ecológica complexa envolvendo mais do que dois organismos.



Fonte: Catani *et al* (2016, p. 212, v. 3).

Os autores contextualizam a temática em alguns momentos ao longo dos capítulos, por vezes em quadros contendo textos complementares, como o exemplificado na figura 16. Outra contextualização importante é apresentada no quadro “Saiba mais” no capítulo dois, o qual, embora não seja um capítulo específico sobre os ciclos biogeoquímicos, menciona bactérias que formam nódulos nas raízes de determinadas plantas, como as do gênero *Rhizobium* e conseguem utilizar nitrogênio para sintetizar suas próprias moléculas nitrogenadas, ao contrário de outros organismos, que precisam obtê-lo através da alimentação; ou ainda no quadro “Ciência, tecnologia e sociedade”, no capítulo três, o qual discute a aquisição, modificação ao longo da vida e importância do microbioma humano.

Apesar da diversidade de questões ao final de cada unidade, a coleção apresenta somente quatro relacionadas ao assunto, nenhuma das quais envolvendo situação problematizadora. Uma delas aborda as relações entre microrganismos e seu simbiote, outra descreve o papel das bactérias na assimilação do N_2 , mais uma solicita os motivos da autossuficiência nutricional dos líquens e a última descrevendo o tipo de relação existente no coral.

5.3 COMPARANDO AS COLEÇÕES

As coleções avaliadas, de um modo geral, apresentam clareza satisfatória nas temáticas observadas, uma vez que os assuntos estão conceituados e/ou definidos de uma maneira simples e compreensível, sendo fornecidos inclusive elementos para auxiliar o leitor a construir um conceito próprio acerca do tema em estudo, facilitando o entendimento da leitura. Essas são características apontadas por Vasconcelos e Souto (2003) como sendo capazes de aumentar a eficiência da aprendizagem, especialmente daqueles que utilizam o livro didático em horário diferente ao da aula.

Identificamos uma exceção nesse aspecto, quanto ao assunto biorremediação, pois, quando presente na obra, a definição ou conceito mostrou-se impreciso, como na coleção 2, ou sugestivo de uma definição, como na coleção 3, ou ainda ausente, como nas coleções 4 e 5, constituindo-se num dos principais problemas dessas coleções. Somente os autores do livro 1 se preocuparam em utilizá-lo, embora de maneira superficial.

A ausência de uma definição ou conceito acerca da temática pode dificultar o entendimento do conteúdo por parte do estudante, além de limitar, embora temporariamente, o acesso à informação, exigindo desta forma, complemento do professor ou uso de outras fontes de consulta além do livro didático.

Via de regra, quatro das cinco temáticas apresentam microrganismos contextualizados de modo satisfatório, mas isso não significa dizer que mesmo determinada temática estando bem contextualizada, todas as coleções tenham seguido essa tendência. Por exemplo, a coleção 4, por apresentar o assunto fermentação de modo reduzido, não explora a participação microbiana no mesmo volume, muito menos os seus tipos. Do mesmo modo a coleção 3 e, novamente a coleção 4, não contextualizaram a contento os microrganismos nos ciclos biogeoquímicos. Ainda assim, quando o fazem, reduzem sua participação praticamente ao do nitrogênio. Contudo, Madigan *et al* (2016) e Tortora, Funke e Case (2017) esclarecem que os microrganismos têm ampla participação nos ciclos, incluindo do carbono e oxigênio.

Identificamos como insatisfatório também a contextualização acerca da temática biorremediação. Embora este seja um conteúdo de importância inestimável em assuntos de meio ambiente, os autores não expressam a sua devida importância. Os que mais sobressaíram, ainda assim de maneira atenuada, foram os da coleção 1, relacionando o assunto a despoluição de ambientes contaminados por petróleo, somente. No entanto, Pereira e Freitas (2012) destacam que a técnica se apresenta como uma importante ferramenta a ser

empregada na descontaminação e tratamento dos mais diversos tipos de efluentes, incluindo metais pesados, pesticidas e resíduos agroindustriais.

No ciclo do nitrogênio, os autores de três das cinco coleções realizaram uma interessante contextualização dos microrganismos. As coleções 1 e 2 expuseram o conceito de adubação verde, que consiste no plantio de espécies leguminosas consorciadas com não-leguminosas para melhorar a disponibilidade de nutrientes no solo, uma vez que as primeiras possuem bactérias simbióticas do gênero *Rhizobium* em suas raízes. Por sua vez, a coleção 5 contextualiza ao discutir a interferência humana no ciclo natural do nitrogênio, com o advento da agricultura e afirma que grandes quantidades do elemento são perdidas para o ambiente na forma de óxidos de nitrogênio.

Quanto ao assunto biotecnologia, por se tratar de um tema recorrente nos meios de comunicação, a contextualização foi relacionada a diversos produtos, alguns de interesse farmacêutico, como a insulina, constante em todas as obras, provavelmente por ser o primeiro e mais famoso produto sintetizado. Além do mais, uma variedade de organismos modificados geneticamente como a soja, o milho, algodão, alface, feijão, vacas, cabras e ratos também são mencionados.

Tais produtos podem ser facilmente apresentados pelos docentes em diferentes contextos e que podem, nas palavras de Sodré-Neto, Costa e Costa (2018, p. 87) configurar-se numa “fonte de informações [...] que pode servir como estímulo para o interesse dos estudantes”, ainda que para o autor, essa contextualização pareça não estar presente na atividade diária docente, mesmo que o assunto seja habitual no cotidiano das pessoas.

Sendo assim, as temáticas apresentam-se, embora com intensidades diferentes, contextualizadas nas obras. Essa constatação também foi evidenciada por Azevedo e Sodré Neto (2014) que, ao analisarem livros didáticos de ciências e biologia, evidenciaram o conteúdo bacteriologia contextualizado pelos autores, e em alguns, de forma mais representativa.

A contextualização no ensino é uma orientação importante preconizado na Base Nacional Comum Curricular (BNCC), que propõe uma aprendizagem que valorize a aplicação dos conhecimentos na vida individual, favorecendo o protagonismo estudantil (BRASIL, 2018). O documento reitera que a contextualização deve superar a simples exemplificação de conceitos com fatos ou situações cotidianas e valorizar aplicações do conhecimento para o indivíduo.

Com relação à abordagem, alguns autores têm apresentado os temas de maneira mais concisa, enquanto outros se destacaram pela quantidade de informações divulgadas. Em

relação à biorremediação, por exemplo, o assunto aparece nas coleções 1, 2 e 3, no entanto sua abordagem é tratada de modo irrelevante, pois não há um texto ou seção específica dedicada ao assunto, fato que se confirma pela ausência de atividade relacionada. O problema torna-se ainda mais amplo nas coleções 4 e 5, as quais não foram identificadas contextualizações e/ou abordagens envolvendo a temática.

Conteúdos apresentados de modo insatisfatório nos livros didáticos podem gerar deficiências na aquisição de informações pelos estudantes. Principalmente quando o livro, na visão de Badkinsk e Hermel (2015), é utilizado como único instrumento de apoio pedagógico em sala de aula, fato que contribui para formar lacunas no seu aprendizado.

Quanto ao conteúdo sobre fermentação, as que mais deram destaque ao assunto foram a coleções 1, 2 e 5, perceptíveis inclusive pelo número de páginas, quatro no total, ao contrário da coleção 4, que ocupou pouco menos da metade de uma página. Conforme assinalam Badzinski e Hermel (2015), isso reflete a importância concedida ao assunto pelos autores.

Por serem as mais divulgadas, todas as obras mencionaram dois tipos de fermentação, a láctica e a alcóolica, à exceção da coleção 5 que, além destas, acrescenta um tópico específico referente à fermentação acética, contextualizando com a produção de vinagres. A coleção 1, não necessariamente menciona esta fermentação, entretanto informa no quadro “Ciência e cidadania”, a produção de vinagres produzidos por ação de *Acetobacter* e *Acetomonas*. Vale ressaltar que diferentes fermentações são conhecidas e sua classificação irá depender do substrato fermentado, o que irá resultar em diferentes produtos, alguns com aproveitamento na indústria (MADIGAN *et al*, 2016; TORTORA; FUNKE; CASE, 2017).

As coleções atribuem à fermentação basicamente a função de produção de alimentos e bebidas alcóolicas, salvo poucos gêneros não alimentícios, como o etanol combustível. De fato, os microrganismos podem utilizar moléculas orgânicas para produzir alimentos comuns, no entanto à exceção da coleção nº 3, as demais não mencionam outra importante contribuição da técnica que é a de proteção dos alimentos. Para Nelson e Cox (2014),

Uma grande variedade de microrganismos pode fermentar o açúcar de alimentos frescos, resultando em mudanças de pH, sabor e textura, **protegendo os alimentos da deterioração**. As fermentações são usadas na indústria para produzir uma ampla variedade de compostos orgânicos comercialmente valiosos a partir de matérias-primas baratas (NELSON; COX, 2014, p. 568, grifo nosso).

Quanto aos ciclos biogeoquímicos, sua representação nos livros didáticos mostra-se em conformidade com documentos norteadores como a BNCC, a qual sugere dentre as habilidades da competência 1, analisá-los, bem como interpretar os efeitos de fenômenos naturais e da interferência humana sobre tais (BRASIL, 2018). O documento destaca ainda sua relação quanto ao metabolismo dos seres vivos.

De um modo geral os microrganismos exercem importantes funções nos ciclos, mas os autores deram maior ênfase à sua participação no ciclo do nitrogênio. Somente as coleções 1 e 5 mencionaram atuação também no ciclo do carbono, ainda que os tenham apresentado de modo discreto. Tal descrição também foi apontada por Camargo, Silva e Santos (2018), os quais concluíram que os autores de materiais didáticos desprezaram o papel das microalgas e das cianobactérias, podendo assim induzir estudantes a conclusões erradas.

Presumimos essa exclusividade ao fato daquele elemento ser fixado puramente por determinados grupos bacterianos, ao contrário do dióxido de carbono, que é removido da atmosfera pela fotossíntese de outros seres além de microrganismos, dentre eles as plantas terrestres (MADIGAN *et al*, 2016).

Importante ressaltar que a participação microbiana no ciclo do carbono é fundamental e por isso, requer maior expressividade nas obras. Para Machado *et al* (2012), os microrganismos, junto com as plantas constituem importantes elementos reguladores do carbono, pois os restos vegetais depositados no solo são aproveitados por eles na forma de matéria orgânica, favorecendo a **“decomposição, imobilização, mineralização e transformação de compostos**, promovendo a liberação de CO₂ para a atmosfera [...] e transformação de nutrientes no solo” (MACHADO *et al*, 2012, p. 185, grifo nosso).

Além do mais, no meio aquático, alguns microrganismos participam da fixação do carbono, como as cianobactérias (MADIGAN *et al*, 2016, TORTORA; FUNKE; CASE, 2017). A produção de nutrientes orgânicos em tais ecossistemas pelos microrganismos estabelece um dos mais importantes processos em curso no planeta, uma vez que integra o primeiro elo do complexo sistema alimentar aquático, sendo fundamental para a subsistência direta ou indireta dos animais deste ambiente (BARBOSA *et al*, 2013). Portanto, não destacá-los, sustenta um aprendizado incompleto e fragmentado, que não auxilia na construção de uma ampla e sistêmica visão por parte do educando quanto à participação microbiana nos ecossistemas.

Nos ciclos apresentados, há um predomínio do ambiente terrestre em relação ao aquático. Somente as coleções 2 e 5 apontaram a participação de cianobactérias também como organismos fixadores. Entretanto, a coleção 5, não especificou no texto o tipo de ambiente,

tampouco exibiu ilustração que nos permitisse deduzir a existência microbiana em tal ambiente (ver figura 11). Desta forma, assim como as demais, sugeriu que o ciclo se passa num ambiente essencialmente terrestre.

Informações superficiais em textos contribuem para proporcionar ao estudante um panorama restrito de ecossistemas nos quais os microrganismos atuam e isso exigirá do docente, o uso de elementos que complementem o conteúdo. Salientamos que existe no meio aquático um número incontável de espécies animais e, devido à sua natureza, não são capazes de fixar nitrogênio, dependendo exclusivamente dos processos metabólicos microbianos.

Em relação aos processos biotecnológicos, todas as coleções consideram a utilização dos microrganismos na discussão do conteúdo. Apesar disso, a abordagem da temática no capítulo foi reduzida a um só campo, uma vez que está voltada às aplicações da tecnologia do DNA recombinante. Essa é também uma constatação apresentada por Fonseca e Bobrowski (2015), a qual evidenciou em sua pesquisa, que a temática encontra-se reduzida a um único volume das obras analisadas, apesar de, segundo a autora, o assunto permear noutras áreas da biologia.

De fato, essa técnica amplia as possibilidades para produção de milhares de produtos industriais, sobretudo na medicina, produtos farmacêuticos, cosméticos, indústria química e outros. No entanto, as aplicações biotecnológicas vão além do que foi apresentado, pois essa ciência envolve a utilização de células, microrganismos e suas enzimas para sintetizar produtos de interesse humano.

Mesmo assim a temática foi apresentada conforme recomendações dos PCN¹¹, que sugere, dentre outros assuntos, discutir tecnologias de transferência do DNA entre organismos (BRASIL, 2006), contudo, a coleção 3 suprimiu do texto vetores de DNA, mostrando apenas por meio de ilustração. Tal condição pode influenciar equivocadamente seus usuários a não considerar a relevância dos microrganismos em processo biotecnológicos.

Embora os livros não apresentem todas as aplicações biotecnológicas descritas na literatura científica, em virtude das limitações de sua própria finalidade, a temática é abordada como suficiente nas coleções 1, 2 e 4, uma vez que são apresentados técnicas e conceitos importantes como clonagem de DNA, eletroforese, produção de organismos transgênicos além de aplicações na agricultura e produção de substâncias de uso farmacêutico.

Concernente a isso, Barros *et al* (2013) nos lembram que não necessariamente os livros devem conter todas as informações sobre determinado assunto, contudo devem

¹¹ Os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) deixaram de ser documentos de referência regulamentares, contudo podem ser utilizados ainda como orientadores importantes.

informar o que há de mais relevante e o que efetivamente pode contribuir na formação do estudante. Por isso Tortora, Funke e Case (2017) afirmam que as técnicas envolvendo a tecnologia do DNA recombinante são de grande importância e magnitude, de forma que não podem ser apresentadas por completo.

Com relação às interações microbianas os livros seguem em acordo com documentos oficiais, já que o conteúdo é abordado por todas as coleções, mencionando, por exemplo, a constituição da microbiota intestinal humana na produção de substâncias úteis (como as vitaminas) ou sua participação como integrante da microbiota intestinal de outros mamíferos, como os ruminantes.

O assunto é de importância inestimável, uma vez que a sobrevivência de um organismo perpassa pela condição de existência de outro e isso pode ter influenciado uma intensa recomendação do assunto nos PCN+. O documento orienta a abordagem como um dos temas estruturadores, reconhecendo numa de suas unidades temáticas, a diversidade de relações de convivência indiferente ou de ajuda recíproca entre seres vivos em um ecossistema (BRASIL, 2006). Do mesmo modo, a temática é preconizada pela BNCC, que propõe, dentre habilidades da competência 2 do ensino médio, “analisar as diversas formas de manifestação da vida em seus diferentes níveis de organização” (BRASIL, 2018, p. 557).

Não é mencionada nos livros analisados a presença de microrganismos noutras cavidades corporais como a bucal, nasal ou vaginal, por exemplo. Tal microbiota é extremamente importante porque, além de produzir substâncias nocivas aos micróbios invasores, nos protege contra a proliferação de patógenos por meio de exclusão competitiva (TORTORA; FUNKE; CASE, 2017; TRABULSI; ALTERTHUM, 2015).

A única microbiota mencionada além da presente na cavidade intestinal é a da pele, embora de maneira superficial, pelos autores das coleções 1 e 2, mas somente os primeiros nos advertem da proteção que os microrganismos conferem ao órgão. De um modo geral, a função de proteção conferida pelos microrganismos foi negligenciada nas demais coleções. É importante ressaltar que a microbiota atribui proteção ao hospedeiro contra patógenos. Nesse sentido, Tortora, Funke e Case (2017) esclarecem que,

a competição entre os micróbios [...] **protege o hospedeiro contra a colonização por micróbios potencialmente patogênicos** ao competir por nutrientes, produzir substâncias prejudiciais aos micróbios invasores e afetar condições como o pH e a disponibilidade de oxigênio. Quando o equilíbrio entre a microbiota normal e os micróbios patogênicos é alterado, o resultado pode ser o surgimento de doenças (TORTORA; FUNKE; CASE, 2017, p. 391, grifo nosso).

A temática encontra-se difundida em diferentes unidades, por vezes resumida a um parágrafo do capítulo, como ocorre na coleção 1; ou a informações deslocadas do texto principal, confinada a frases ou ainda a comentários de uma ilustração, como nas coleções 3 e 4. Além do mais, quando consideramos o número de páginas voltadas ao assunto, tais coleções dedicaram no máximo uma página.

Pelos motivos enumerados, consideramos que as informações foram apresentadas de modo superficial por estes autores. Para Badzinsk e Hermel (2015), é transferido ao professor a análise da importância do conteúdo e a maneira de contemplá-lo, assumindo o compromisso de preencher a lacuna que alguns livros deixam em relação aos conteúdos.

Partindo do princípio que os seres vivos não vivem isolados, mas em interação com outros, consideramos bastante positivo o fato dos livros didáticos mencionarem relações também envolvendo outros microrganismos além dos procariontes. Nesse sentido, algas unicelulares são lembradas relacionadas a fungos, constituindo líquens; e a cnidários e outros organismos marinhos. Igualmente, os protozoários foram lembrados em sua fascinante interação com cupins e o papel que exercem na degradação da madeira pela incapacidade dos insetos de assim fazê-lo.

De modo contrário, outros procariontes como as cianobactérias foram citadas somente nas coleções 1, 2 e 5, associadas aos líquens. De acordo com Tortora, Funke e Case (2017) e Madigan *et al* (2016) tais microrganismos contribuem com a sobrevivência de outros seres, promovendo interessantes relações de troca de benefícios, como os líquens. Igualmente, contribuem na sobrevivência de corais e plantas primitivas dentre elas, antóceros e musgos (REECE *et al*, 2015).

Considerando que alguns desses organismos são pioneiros em ambientes de difícil colonização por serem relativamente simples e capazes de suportar condições ambientais adversas e ainda devido ao fato de algumas espécies de cianobactérias serem fixadoras de nitrogênio, desconsiderá-las nos livros didáticos significa colocá-las em segundo plano de um contexto ambiental extremamente importante que é a formação de novos habitats e a provisão de nutrientes em uma cadeia alimentar.

A relação entre corais e algas unicelulares também foi satisfatoriamente contemplada. Isso se torna extremamente importante no contexto da função ecológica que tais seres exercem nos mares, uma vez que assumem função análoga às florestas tropicais terrestres, que é proporcionar habitat para muitas outras espécies (REECE *et al*, 2015).

Em relação ao eixo das atividades propostas, via de regra os livros trazem poucos exercícios contextualizando microrganismos nas temáticas, alguns dos quais os inserindo em

questões objetivas, enquanto noutras, abordados em questões do tipo aberta. Algumas estão relacionadas à problematização e o raciocínio lógico, enquanto outras enfatizaram memorização.

Tais achados são semelhantes aos apontados por Camargo, Silva e Santos (2018), os quais constataram que, tanto livros quanto apostilas distribuídas a estudantes de São Paulo, traziam questões não problematizando o conteúdo e que poderiam ser respondidas por simples consulta ao texto. Sodré Neto e Medeiros (2018), analisando a contextualização dos microrganismos em questões do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM), constataram que este não foi um parâmetro frequente nas 36 questões encontradas acerca do assunto.

Na concepção de Castro (2015), a resolução de exercícios melhora a assimilação e a percepção das dúvidas existentes e contribui para reforçar o que foi estudado no capítulo. Outra contribuição relacionada aos exercícios, dependendo do direcionamento docente e/ou da obra, é sua possibilidade de incentivar a participação dos estudantes em pesquisas e leituras por outras fontes como livros e páginas da internet, por exemplo. Por isso, a ausência daqueles nos livros didáticos, torna-se um fator negativo no sentido de não ofertar outros caminhos em busca da informação.

Neste eixo das atividades, há uma diferença considerável entre as coleções quando se comparam as temáticas. Deste modo, não foi encontrado nenhum exercício relacionado à biorremediação, fato que consideramos muito negativo, haja vista a quantidade irrelevante desse conteúdo abordado nas obras. Em compensação, as demais temáticas foram contempladas neste aspecto.

Houve dificuldade dos autores contextualizarem microrganismos em questões problematizadoras. Sendo assim, relacionados aos ciclos biogeoquímicos e interações simbióticas, somente a coleção 1 apresentou questões deste tipo, enquanto na temática biotecnologia, somente a coleção 3. Já em relação à fermentação, houve uma maior quantidade de questões e, desta forma, à exceção da coleção 4, as demais contemplaram questões problematizadoras.

As atividades constituem uma maneira interessante dos estudantes exercitarem os novos conhecimentos, principalmente quando estas possibilitam oportunidades de problematização. Nessa perspectiva, Mohr (2000) esclarece que tais atividades devem contemplar a capacidade de análise, de crítica e que estimule a iniciativa dos alunos, constituindo fatores que contribuem para a qualidade do livro didático.

Atividades com problematização e investigação é uma forma de conceber uma cultura científica nos sujeitos, possibilitando aquisição de um novo conhecimento sobre o

mundo natural (SASSERON, 2015) sendo, por isso, recomendada em documentos importantes como a BNCC. O documento destaca que a dimensão investigativa nas ciências deve ser enfatizada no ensino médio, aproximando os estudantes dos procedimentos de investigação (BRASIL, 2018).

Por fim, nem todas as coleções apresentaram propostas de atividades diferenciadas, como as práticas. Em relação à fermentação, três das cinco coleções expuseram atividade deste tipo, bem como na temática biotecnologia, em que duas coleções também apresentam, no entanto, sem envolver diretamente microrganismos.

Atividades diferenciadas, como são as práticas, habitualmente são realizadas por grupos de alunos, podendo se configurar num excelente momento para problematizar situações. Desta forma, possibilitaria ao estudante, conforme afirmam Souza e Garcia (2019), estimular, entre outras características, a cooperação, o espírito investigativo, a criatividade e a participação em assuntos contemporâneos da biologia.

A possível escassez de recursos biológicos em algumas unidades escolares (CASTRO, 2015) talvez não permita atividades efetuadas em ambientes de laboratório. Por isso, reiteramos a importância do planejamento docente no sentido de conhecer possibilidades que permitam a investigação, o debate e a argumentação entre os estudantes.

Mais escassas ainda foram sugestões de atividades em grupos, relacionadas somente às temáticas fermentação (coleção 3) e biotecnologia (coleção 2, 3 e 5). Podemos considerar tal estratégia como uma maneira interessante de envolver estudantes em metodologias ativas. Anastasiou e Alves (2004), afirmam que atividades desenvolvidas em grupo tornam-se uma maneira de promover interação e discussão entre os estudantes.

Sendo assim, de posse do conhecimento de estratégias de ensino, sugere-se um olhar docente diferenciado relacionado ao assunto microbiologia, condição que perpassa pela questão do planejamento, haja vista a importância microbiana para a sustentação da vida no planeta e gama de possibilidades ofertadas pelo conteúdo.

5.4 PROPOSIÇÃO E INTENCIONALIDADES DAS ATIVIDADES INVESTIGATIVAS

A pesquisa sobre a abordagem de conteúdos relacionados à microbiologia nos livros didáticos de biologia resultou na elaboração de um produto final, quer seja um caderno contendo propostas de atividades investigativas, as quais podem ser contextualizadas no ensino envolvendo temas referentes aos microrganismos.

O quadro 8 apresenta uma síntese das temáticas avaliadas nos livros didáticos, bem como a proposta das atividades relacionadas a cada assunto.

Quadro 8 – Síntese das temáticas abordadas no produto final e as respectivas atividades propostas.

TEMÁTICA	ATIVIDADES	CONHECIMENTOS RELACIONADOS
Biorremediação	Vazamento de petróleo	Diversidade metabólica microbiana; Mitigação de impacto ambiental; Biodegradação de substâncias.
	Simulando poluição	Biodegradação de substâncias; Mitigação de impacto ambiental; Princípios de metabolismo.
Fermentação	Por que os pães são “fofinhos” e macios?	Aspectos relacionados à fermentação; Princípios de metabolismo; Importância microbiana na fabricação de alimentos.
	Conservando os alimentos	Princípios de metabolismo; Importância da fermentação na conservação de alimentos.
Biotecnologia	Praga nas lavouras	Aspectos ecológicos dos organismos; Aspectos biotecnológicos.
	Jeans sustentável? Sim, é possível.	Nomenclaturas empregadas na indústria de tecidos; Mitigação de impacto ambiental; Aspectos biotecnológicos; Relações CTSA.
Ciclos biogeoquímicos	Microrganismos e o ciclo do nitrogênio	Análise comparativa; Importância bacteriana na manutenção da vida.
	Colonizando planetas	Origem da vida e evolução; Importâncias dos elementos químicos na composição da vida; Importância bacteriana na manutenção da vida.
Interações simbióticas	À procura de líquens	Observação e comparação de ambientes; Comparação e análise de dados; Aspectos ecológicos dos líquens.
	Desequilibrando a microbiota intestinal	Função dos microrganismos; Interpretação de caso.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tal produto foi organizado em cinco temáticas, as mesmas investigadas na análise dos livros didáticos: Biorremediação, Fermentação, Biotecnologia, Ciclos biogeoquímicos e Interações simbióticas, todas considerando não o assunto em si, mas a participação

microbiana. Cada tema compreende duas atividades investigativas, as quais foram observadas tópicos possíveis de contextualização e que pudessem ser abordadas em sala de aula ou noutros espaços de ensino, inclusive os não-formais.

As atividades presentes no caderno seguem propostas investigativas, nas quais os estudantes, após leitura de texto e discussão, bem como a consideração de conhecimentos prévios, irão pensar em grupo, possíveis alternativas para solucionar problemas. Essas são características apontadas por Carvalho (2013) e Sasseron e Carvalho (2011) como sendo importantes na inserção do indivíduo no processo de alfabetização científica.

Essa forma de organização dos estudantes é uma lacuna nos livros didáticos, pois em raras ocasiões, houve tal sugestão, contudo Anastasiou e Alves (2004) e Carvalho (2013) nos alertam da promoção ao debate, da facilidade de interação entre os pares e do estímulo à participação em atividades investigativas.

Como estratégia metodológica, recomendamos o Ensino por Investigação, conforme apresentado por Carvalho (2013), segundo a qual afirma que atividades investigativas precisam estar relacionadas à proposição de problemas cotidianos. Sasseron e Carvalho (2008) e Lorenzetti e Delizoicov (2001) defendem inclusive, que o ensino de ciências desde o fundamental faça uso de propostas capazes de instigar o aluno à investigação e resolução de problemas, uma vez que são capazes de desenvolver habilidades como interpretação, reflexão, argumentação e elaboração de hipóteses.

A proposta de atividades investigativas é uma recomendação presente não só na literatura científica, mas também em documentos que norteiam a educação brasileira, dentre eles a BNCC, a qual afirma que o processo investigativo deve permear toda a educação básica, além de se configurar como elemento central na formação dos sujeitos, possibilitando-lhes uma visita aos próprios conhecimentos e sua compreensão acerca do mundo em que vivem (BRASIL, 2018)

Embora existam diversas estratégias apontadas por Anastasiou e Alves (2004) e Berbel (2011) consideradas ativas, defendemos nesta pesquisa o Ensino por Investigação como sendo favorável à promoção do sujeito a uma cultura científica, sob a proposta de atividades instigantes, capazes de exercitar o pensamento, a análise, a reflexão e a argumentação na busca de solucionar problemas.

Por isso, e concordando com Sasseron e Carvalho (2008), compreendemos que propostas investigativas são necessárias em sala de aula, ainda que a unidade escolar seja carente de recursos específicos, como laboratório de ciências, pois tais atividades são capazes

de tornar o estudante um construtor de seu próprio conhecimento, fornecendo-lhe assim condições de atuar como protagonista.

Importante lembrar que propostas investigativas devam contemplar problemas carregados de significados para o estudante, ou seja, o seu contexto deve ser considerado para que ele se sinta motivado a pensar em soluções, de modo que saiba os motivos pelo qual deva investigar o problema.

Discutida a estratégia metodológica elencada nesta pesquisa, faremos a seguir uma breve apresentação das atividades relacionadas dentro de cada temática, bem como os motivos pelos quais as mesmas foram propostas, baseadas nas análises dos livros didáticos.

O assunto Biorremediação, dentre os conteúdos apontados, é o que os autores têm atribuído menor importância, sendo inclusive não mencionado por alguns deles. Nesta temática, duas atividades foram sugeridas. A primeira delas envolve uma proposta de debate sobre a importância dos microrganismos serem utilizados em processos de degradação ou mitigação de contaminantes para limpar ambientes contaminados por petróleo. O contexto é bem atual no Brasil, visto que um derramamento do produto atingiu o litoral brasileiro no segundo semestre de 2019. Para instigar o debate, sugere-se na atividade uma problematização, na qual os estudantes devem pensar alternativas para eliminar o produto em ambientes afetados dentre eles, mangue, água e praia.

A segunda atividade trata-se de uma simulação de poluição. Considerando que a manipulação de poluentes traria um risco iminente à saúde dos estudantes, e que simulações contribuem para reproduzir situações de um contexto real, optou-se por tal estratégia por permitir a visualização de transformações ocasionadas por microrganismos. Sendo assim, na atividade deve ser utilizada alguma fonte de matéria orgânica de degradação simples (como biscoitos, por exemplo) imersos em alguns potes contendo água e corante, para detectar a variação de pH ao longo de alguns dias, através da alteração de cor do ambiente. O professor deve problematizar trazendo alguns questionamentos: Por que houve alteração da cor no “ambiente” com matéria orgânica? Suponha que o biscoito seja uma fonte de matéria orgânica de um poluente, o que você acha que está acontecendo com esse material? Quais organismos são responsáveis pelas alterações ocorridas no biscoito?

A segunda temática está relacionada à fermentação e envolve duas atividades. A primeira delas, intitulada *“Por que os pães são fofinhos e macios?”*, propicia reflexão sobre a atuação microbiana na produção de bebidas e alimentos, através da leitura sobre alimentos fermentados, seguida de uma atividade experimental, na qual os estudantes poderão observar a formação de gás a partir do fermento biológico. É fundamental que, nesta

atividade, o professor contextualize esse momento com a participação microbiana, nos “furinhos” presentes em alimentos como pães e bolos, ou ainda em bebidas, como os espumantes.

Não foi observada nos livros didáticos nenhuma contextualização referente aos espumantes, tampouco uma relação direta do gás carbônico produzido na fermentação e sua contribuição para a formação dos “furinhos” em alimentos. Sendo assim, o elo (ausente nos livros) entre o experimento fermentativo e a percepção de que os gases formados são úteis na indústria de alimentos, está condicionada à seguinte problematização: “Por que alimentos como pães e alguns tipos de bolos apresenta aspecto fofinho e macio?”. Com isso acreditamos que esta, ou outra pergunta problematizadora, é capaz de conduzir o sujeito a pensar soluções a respeito do problema outrora imposto.

A outra atividade está relacionada com uma função muito importante da fermentação, que a conservação dos alimentos. O ato de conservá-los sempre foi uma necessidade humana, uma vez que permite armazená-lo por períodos relativamente longos. No entanto, principalmente em tempos onde a tecnologia atual era algo inconcebível no passado, a fermentação mostrou-se como uma alternativa interessante a esta função. Por isso, discutir esse processo histórico e, principalmente essa atribuição torna-se uma maneira interessante de apresentar conteúdos relacionados aos microrganismos.

O objetivo, portanto, dessa atividade é propiciar reflexões sobre alternativas de conservar alimentos. Para tanto, é sugerido a observação de imagens de alimentos conservados desta maneira, como salame, por exemplo. Os estudantes devem ser estimulados a pensar nos motivos pelo qual a fermentação evita processos de deterioração de alguns alimentos por longos períodos e quais organismos estariam envolvidos no processo.

A terceira temática envolve conhecimentos relacionados à biotecnologia. Este é um assunto abordado nos livros didáticos de maneira reduzida, uma vez que somente aspectos ligados à tecnologia do DNA recombinante foram observados. Contudo, o assunto é bem mais amplo, já que envolve a manipulação de componentes biológicos para sintetizar produtos de interesse humano (TORTORA; FUNKE; CASE, 2017; MADIGAN *et al*, 2016).

A primeira atividade relacionada ao conteúdo, intitulada “*praga nas lavouras*”, apresenta uma proposta discursiva que direcione os estudantes a pensar soluções a partir de problemas ocasionados por pragas nas lavouras. Na ocasião eles deverão ser instigados a levantar hipóteses sobre alternativas capazes de combatê-las, sem colocar em risco a saúde dos trabalhadores. Para tanto, sugere-se a distribuição de dois textos, um dos quais relatando o Brasil como rota de uma nuvem de gafanhotos, e outro sobre danos à saúde ocasionados pelo

uso de defensivos agrícolas. No caso dos estudantes não apontarem para caminhos biotecnológicos, o professor deverá apresentar o uso de bactérias e enzimas específicas utilizadas em tais condições, dentre elas, *Bacillus thuringiensis*.

A segunda atividade da temática, intitulada “*Jeans sustentável? Sim, é possível*”, tem a intenção de promover discussões entre estudantes sobre possibilidades do emprego de microrganismos geneticamente modificados capazes de produzir pigmentos úteis para tingir tecidos. Deverão ser conduzidos ao debate por meio da leitura de textos sobre jeans e possíveis impactos ambientais ocasionados pela indústria têxtil. Na ocasião os estudantes deverão se instigados a pensar alternativas de mitigação de tais impactos.

A sugestão de tais atividades se justifica pelo fato de não haver nas coleções analisadas, a proposição de atividades práticas, muito menos atividades investigativas que suscitem o debate acerca do uso de microrganismos em processos biotecnológicos, ainda que, no texto, alguns tenham sido mencionados.

A quarta temática envolve conhecimentos relacionados à participação dos microrganismos nos ciclos biogeoquímicos. Os livros enfatizam a participação microbiana no ciclo do nitrogênio, em detrimento dos demais, embora os microrganismos, segundo Machado *et al* (2012) sejam importantes na ciclagem do carbono, tanto no sequestro, quanto no restabelecimento do elemento à atmosfera. Além do mais, não encontramos nos livros didáticos, propostas de atividades diferenciadas, como atividades práticas, problematizadoras, discursivas, em grupo ou alguma que, de uma forma ou de outra considerada ativa e capaz de provocar o sujeito. Por isso, presumimos que a proposta das atividades relacionadas à temática possa suprir tal demanda.

A primeira, intitulada “*Microrganismos e o ciclo do nitrogênio*” tem a finalidade de promover reflexões nos estudantes sobre a participação microbiana no ciclo do nitrogênio. Como forma de instigar a curiosidade, inicialmente devem ser mostradas imagens de plantas (ou parte delas) com e sem deficiência nutricional do elemento. Em seguida, os estudantes, organizados em pequenos grupos, podem ser provocados no sentido de pensar sobre a seguinte questão: se o nitrogênio não consegue ser absorvido pelos seres vivos, mesmo eles necessitando, como esse elemento consegue chegar ao corpo dos organismos?

A outra atividade, intitulada “*Colonizando planetas*”, objetiva promover reflexões sobre a participação microbiana nos ciclos de elementos como carbono, oxigênio e nitrogênio. Para tanto, serão distribuídos textos descrevendo a importância de elementos como carbono, oxigênio e nitrogênio, bem como a descoberta hipotética de um planeta com condições semelhantes ao nosso, todavia desabitado. Como forma de instigar os estudantes,

sugere-se na atividade quais microrganismos são importantes para estabelecer condições favoráveis à vida num ambiente aquático considerado, a princípio, inóspito.

Julgamos tal problematização como sendo capaz de instigar os sujeitos a pensar sobre ciclos biogeoquímicos, não só o do nitrogênio, mas também de, pelo menos dois outros, do carbono e do oxigênio, uma vez que a vida necessita de moléculas para que organismos possam utilizá-las em seu metabolismo.

A quinta temática está relacionada às interações simbióticas envolvendo microrganismos. Embora o assunto esteja presente em todas as coleções analisadas, estão ausentes propostas de atividades diferenciadas e/ou que estimulem o debate, a participação e a autonomia do estudante, características importantes para torná-lo proativo na construção do seu próprio conhecimento.

A primeira atividade, intitulada “*À procura de líquens*”, sugere a observação em ambiente natural, de organismos simbióticos e relacionar sua possível atuação como bioindicador de ambientes poluídos (informação que não consta em todas as coleções). Para isso os estudantes serão conduzidos a uma visita guiada por espaços diferentes aos convencionais da escola, como por exemplo, parques, bosques, praça pública, nos quais deverão observar e registrar através de fotografias, a presença de líquens no ambiente. Em nova ocasião, deverão ser conduzidos a uma nova visita, desta vez, a ambiente de grande fluxo de veículos, registrá-los para fins de comparação dos resultados. Como atividade opcional e a critério do professor, os estudantes podem ser orientados a coletar o material e conduzir à escola para observações dos simbioses, no microscópio.

Após visita guiada e possível coleta e observações da estrutura dos organismos simbioses dessa relação, a questão pode ser contextualizada problematizando: Por que a quantidade de líquens não é uniforme nos dois casos? Que fatores podem estar associados a esta diferença? Julgamos tais questionamentos como importantes no sentido de promover no sujeito, reflexões sobre o problema que ora se impõe. Além do mais, as reflexões sobre as hipóteses aproximam os sujeitos a construir argumentos necessários capazes de torná-los aptos na defesa de suas próprias ideias.

A segunda atividade do caderno, denominada “*desequilibrando a microbiota intestinal*”, tem a intenção de construir nos estudantes, conhecimentos relacionados aos microrganismos simbioses de nosso corpo e as funções por eles proporcionadas, em especial os da microbiota intestinal, através da leitura de um relato clínico, no qual o uso de antibiótico ocasionou, como efeito colateral, o seu desequilíbrio. No relato, uma paciente apresentou o desenvolvimento de um quadro diarreico após o uso de antibióticos, medicamento utilizado

justamente para combater infecções. Como forma de contextualizar a temática propõe-se problematizar questionando: ‘Por que isso acontece?’.

Desta forma, julgamos importante a utilização de textos contendo relatos verídicos, uma vez que propiciam oportunidades de estimular no estudante a capacidade de avaliar informações, interpretar textos, potencializar a capacidade investigativa, elaborar hipóteses e construir argumentos baseado em evidências e conhecimentos prévios (BRASIL, 2018). Características tais pertinentes ao encaminhamento do sujeito à inserção numa cultura científica.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise de conteúdos contida nos livros didáticos torna-se importante e deve ser uma atividade constante na docência, uma vez que o material é passível de falhas em determinados aspectos, desconformidades com pressupostos educacionais e inadequações à realidade local. Desta forma pode transmitir possíveis equívocos a uma quantidade incontável de estudantes. Ainda que o PNLD seja criterioso na disponibilidade das coleções, o fato de cada componente curricular não ser específico nos conteúdos, contribui para que os assuntos sejam abordados algumas vezes, com superficialidade, fato que demanda, em algumas ocasiões, suplementos de materiais educativos e/ou pesquisas.

Sendo assim, a presente análise evidenciou alguns tópicos margeados pelos autores, como a temática Biorremediação que, quando muito, é apresentada somente num único parágrafo, quando poderia estar presente também noutros volumes das obras. Noutras temáticas, o assunto é abordado com uma visão reduzida das possibilidades de sua aplicação, como as que envolvem a relação dos microrganismos com a biotecnologia, em que nesta, o foco esteve voltado para as técnicas em si. Desta forma, entendemos que a omissão de informações pode contribuir por dificultar a apresentação do assunto na sala de aula, corroborando ao mesmo tempo com concepções equivocadas que, por ventura, podem ser formadas em relação aos microrganismos.

De um modo geral, à exceção da temática biorremediação, as demais analisadas nas obras, apresentam exemplos de contextualização. Contudo, alertamos que, neste aspecto, é fundamental a participação docente no sentido de aproximar o conteúdo à realidade social dos estudantes, bem como incentivá-los à maior participação nas aulas por meio de atividades que estimulem sua criatividade. Daí a necessidade de apresentar situações que possibilitem resolver problemas do cotidiano.

Atividade investigativa é uma recomendação da BNCC que, dentre outros aspectos, sugere uma aproximação dos estudantes a instrumentos que lhes possibilitem desenvolver habilidades voltadas à capacidade de análise, resolução de problemas, levantamento de hipóteses, argumentação, dentre outros (BRASIL, 2018). Tais pressupostos estão presentes quando se almeja alfabetizar cientificamente os sujeitos. Entretanto, essas atividades não são uma constante nos livros didáticos que, de um modo geral, apresentam poucas questões considerando os microrganismos nas temáticas analisadas e, por vezes, ausentes de problematização.

Nesse sentido, os livros cumprem seu papel enquanto artefato que estimula em diversos momentos, a memorização. Mesmo assim, os livros atenuam esse aspecto com textos e/ou atividades específicas que sugerem uma abordagem mais desafiadora, além de, como dissemos, possibilidades de contextualizar o conteúdo.

Desta forma, sugerimos que os conteúdos das obras sejam apresentados de maneira contextualizada e com atividades que tragam propostas que permitam a inserção dos estudantes a um aprendizado significativo, com vistas à formação de um sujeito crítico e consciente de sua realidade.

Com esta análise não temos a intenção de indicar ao professor a coleção a ser utilizada em sua prática pedagógica. Somente ele, enquanto conhecedor de sua comunidade e da realidade dos estudantes, e ainda de sua própria intencionalidade quando aborda conteúdos relacionados à microbiologia, saberá realizar a melhor escolha. No entanto devemos destacar como os autores abordam a temática e assim, apontar incongruências, bem como aspectos que consideramos positivos nos livros. Acreditamos que, este e tantos trabalhos que analisam livros didáticos, contribuem para aperfeiçoá-los e assim, oferecer aos estudantes um produto de qualidade, fruto de incessantes considerações.

A análise dos livros didáticos, portanto, mostra-se importante por revelar deficiências em relação ao tema Microbiologia e que, através de contribuições valiosas de outros pesquisadores, aprimorar tal conteúdo, que se mostra tão importante e se faz tão presente no cotidiano, ao mesmo tempo em que é, por vezes, esquecido pelos estudantes.

Desta forma, a proposta de atividades suplementares visa contribuir com o professor no sentido de fornecer subsídios através de Atividades Investigativas que, ao mesmo tempo, contextualizam assuntos relacionados aos microrganismos, insere o estudante no contexto da Alfabetização Científica, num circuito de debates e argumentação em sala de aula, objetivando a resolução de problemas e contribuindo para a formação de cidadãos autônomos, críticos e reflexivos.

REFERÊNCIAS

- ABREU, José Ricardo Pinto de. **Contexto atual do ensino médico:** metodologias tradicionais e ativas - necessidades pedagógicas dos professores e da estrutura das escolas. 2009. 106 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.
- ALBERTS, Bruce; JOHNSON, Alexander; LEWIS, Julian; MORGAN, David; RAFF, Martin; ROBERTS, Keith; WALTER, Peter; WILSON, John; HUNT, Tim. **Biologia Molecular da Célula**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.
- ALBUQUERQUE, Gabriela Girão; BRAGA, Rodrigo Paula da Silva; GOMES, Vinícius. Conhecimento dos alunos sobre microrganismos e seu uso no cotidiano. **Educação, Ciências e Matemática**, Rio de Janeiro, v. 2, n. 1, p.58-68, abr. 2012.
- ALVES, Karina Ferreira. **Prática de ensino diferenciada em microbiologia para alunos do ensino médio**. 2018. 72 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Projeto Educacionais em Ciências, Universidade de São Paulo, Lorena, 2018.
- AMABIS, José Mariano; MARTHO, Gilberto Rodrigues. **Biologia moderna**. São Paulo: Moderna, 2016. 3 v.
- ANASTASIOU, Léa das Graças Camargos; ALVES, Leonir Pessate (org.). **Processos de ensinagem na universidade:** pressupostos para as estratégias de trabalho em aula. 3. ed. Joinville, SC: Univille, 2004.
- ANDRADE, Juliano de Almeida; AUGUSTO, Fabio; JARDIM, Isabel Cristina Sales Fontes. **Biorremediação de solos contaminados por petróleo e seus derivados**. **Eclética Química**, São Paulo, v. 35, n. 3, p.17-43, set. 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/eq/v35n3/v35n3a02.pdf>. Acesso em: 04 abr. 2020.
- ARAUJO, Ramón Vieira. **Implementação de metodologias ativas:** aprendizagem baseada em projetos em aulas de física sobre acústica no ensino médio à luz dos campos conceituais. 2019. 106 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Tramandaí, 2019.
- AZEVEDO, Thamara de Medeiros; SODRÉ NETO, Luiz. Bacteriologia na Educação Básica: como esse tema é abordado nos livros didáticos?. **Acta Scientiae**, Canoas, v. 16, n. 3, p. 631-647, dez. 2014.
- BACICH, Lilian. WebQuest: Aprendizagem Baseada em Projetos: desafios da sala de aula em tempos de BNCC. Inovação na educação. São Paulo, 16 de janeiro de 2019. Disponível em https://lilianbacich.com/2019/01/16/aprendizagem-baseada-em-projetos-desafios-da-sala-de-aula-em-tempos-de-bncc/#_ftn1. Acesso em 04 de out. 2020
- BADZINSKI, Caroline; HERMEL, Erica do Espírito Santo. A representação da genética e da evolução através de imagens utilizadas em livros didáticos de biologia. **Ensaio**, Belo Horizonte, v. 17, n. 2, p. 434-454, ago. 2015.

BARBOSA, Eduardo Fernandes; MOURA, Dácio Guimarães de. Metodologias ativas de aprendizagem na Educação Profissional e Tecnológica. **Boletim Técnico do Senac**, Rio de Janeiro, v. 39, n. 2, p. 48-67, ago. 2013.

BARBOSA, Roberto Rivelino do Nascimento; SILVA, Aurilena de Aviz; NEVES, Myriam Galvão; GALVÃO, Alexandre Roger de Araújo; OLIVEIRA NETO, Cândido Ferreira de. Produção e sequestro de carbono na atmosfera. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 9, n. 16, p. 1783-1798, jul. 2013.

BARROS, Maria Fabíola; FARIAS, Gilmar Beserra de; SILVEIRA, Emanuel Souto da Mota; SANTIAGO, Augusto César Pessoa. Análise da abordagem sobre pteridófitas em livros didáticos de ciências do Ensino Fundamental. **Acta Scientiae**, Canoas, v. 15, n. 2, p. 321-337, ago. 2013.

BEGON, Michael; TOWNSEND, Colin R.; HARPER, John L.. **Ecologia: de indivíduos a ecossistemas**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2007. 381-385p.

BERBEL, Neusi Aparecida Navas. A problematização e a aprendizagem baseada em problemas: diferentes termos ou diferentes caminhos?. **Interface: Comunicação, Saúde, Educação**, Botucatu, v. 2, n. 2, p. 139-154, fev. 1998.

BERBEL, Neusi Aparecida Navas. As metodologias ativas e a promoção da autonomia de estudantes. **Semina: Ciências Sociais e Humanas**, Londrina, v. 32, n. 1, p. 25-40, jun. 2011.

BERBEL, Neusi Aparecida Navas. Metodologia da Problematização: uma alternativa metodológica apropriada para o ensino superior. **Semina: Ciências Sociais e Humanas**, Londrina, v. 16, n. 2, p. 9-19, out. 1995.

BOLLELA, Valdes R.; SENGGER, Maria Helena; TOURINHO, Francis; AMARAL, Eliana M.. **Aprendizagem Baseada em Equipes**: da teoria à prática. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4273481/mod_resource/content/3/TEAM-BASED%20LEARNING.pdf. Acesso em: 27 jul. 2020.

BRASIL. Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação. Disponível em: <http://www.fnde.gov.br/index.php/programas/programas-do-livro/pnld/dados-estatisticos>. Acesso em: 13 jun. 2019

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: MEC/SEB, 2018.

BRASIL. **Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+). Ciências da Natureza e Matemática e suas tecnologias**. Brasília: MEC, 2006.

BRASILIA. José Antonio Azevedo Espindola. Embrapa (org.). **Adubação verde com leguminosas**. Brasília: Embrapa, 2005.

CAMARGO, Franciele Pereira; SILVA, Antônio Fernando Gouvêa da; SANTOS, André Cordeiro Alves dos. A microbiologia no caderno do aluno e em livros didáticos: análise documental. **Revista Iberoamericana de Educación**, [S.L.], v. 78, n. 2, p. 41-58, nov. 2018.

CARVALHO, Ana Maria Pessoa de (org.). **Ensino de Ciências por Investigação**: condições para implementação em sala de aula. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

CARVALHO, Ana Maria Pessoa de. Fundamentos teóricos e metodológicos do ensino por investigação. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 18, n. 3, p. 765-794, dez. 2018.

CARVALHO, Ana Maria Pessoa de; VANNUCCHI, Andréa Infantsi; BARROS, Marcelo Alves; GONÇALVES, Maria Elisa Rezende; REY, Renato Casal de. **Ciências no ensino fundamental**: o conhecimento físico. São Paulo: Scipione, 2005.

CASTELLAR, Sonia M. Vanzella (org.). **Metodologias ativas: introdução**. São Paulo: FTD, 2016.

CASTRO, Darcy Ribeiro de; BEJARANO, Nelson Rui Ribas. Conhecimentos Prévios sobre Seres Vivos dos Estudantes das Séries Iniciais da Cooperativa de Ensino de Central - COOPEC- BA. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, Ponta Grossa, v. 6, n. 1, p.19-40, abr. 2013.

CASTRO, Laura Helena Pinto. **Análise e desenvolvimento de recursos didáticos em ciências e biologia**. Fortaleza: Eduece, 2015.

CATANI, André; BEZERRA, Lia Monguilhot; BANDOUC, Antonio Carlos; CARVALHO, Elisa Garcia; SANTOS, Fernando Santiago dos; AGUILAR, João Batista; SALLES, Juliano Viñas; OLIVEIRA, Maria Martha Argel de; CAMPOS, Sílvia Helena de Arruda; NAHAS, Tatiana Rodrigues. **Biologia**. 3. ed. São Paulo: Sm, 2016 (3 volumes).

CHASSOT, Attico. Alfabetização científica: uma possibilidade para a inclusão social. **Revista Brasileira de Educação**, Rio de Janeiro, n. 22, p. 89-100, abr. 2003.

DIESEL, Aline; BALDEZ, Alda; MARTINS, Silvana. Os princípios das metodologias ativas de ensino: uma abordagem teórica. **Revista Thema**, [S.L.], v. 14, n. 1, p. 268-288, 23 fev. 2017.

EITERER, Carmen Lúcia; MEDEIROS, Zulmira; DALBEN, Ângela Imaculada Loureiro de Freitas; COSTA, Tânia Margarida Lima (org.). **Metodologia de Pesquisa em Educação**. Belo Horizonte: UFMG, Faculdade de Educação, 2010. 48 p.

FEITOSA, Raphael Alves. Resenha. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, Belo Horizonte, v. 19, p. 1-5, dez. 2017.

FONSECA, Viviane Barneche; BOBROWSKI, Vera Lucia. Biotecnologia na escola: a inserção do tema nos livros didáticos de biologia. **Acta Scientiae**, Canoas, v. 17, n. 02, p. 496-509, ago. 2015.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia da autonomia**: saberes necessários à prática educativa. 49. ed. Rio de Janeiro - São Paulo: Paz e Terra, 2014(a).

FREIRE, Paulo. **Pedagogia do oprimido**. 57. ed. Rio de Janeiro - São Paulo: Paz e Terra, 2014(b).

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GIL-PÉREZ, Daniel; MACEDO, Beatriz; TORREGROSA, Joaquín Martínez; SIFREDO, Carlos; VALDÉS, Pablo; VILCHES, Amparo (ed.). **¿Cómo promover el interés por la cultura científica?: una propuesta didáctica fundamentada para la educación científica de jóvenes de 15 a 18 años**. Santiago: Unesco, 2005.

GODOY, A. S. Pesquisa qualitativa: tipos fundamentais. **Revista de Administração de empresas**, São Paulo, v. 35, n. 3, p. 20-29, 1995.

HURD, Paul Dehart. Scientific literacy: new minds for a changing world. **Science Education**, v. 82, n. 3, p. 407-416, jun. 1998.

LEAL, Maria Cristina; GOUVÊA, Guaracira. Narrativa, Mito, Ciência e Tecnologia: o ensino de ciências na escola e no museu. **Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 2, n. 01, p. 05-33, mar. 2002.

LEÃO, Denise Maria Maciel. Paradigmas contemporâneos de educação: escola tradicional e escola construtivista. **Cadernos de Pesquisa**, São Paulo, n. 107, p. 187-206, jul. 1999.

LINHARES, Sergio; GEWANDSZNAJDER, Fernando; PACCA, Helena. **Biologia Hoje**. 3. ed. São Paulo: Ática, 2017. 3 v.

LOPES, Renato Matos; SILVA FILHO, Moacelio Veranio; ALVES, Neila Guimarães (org.). **Aprendizagem baseada em problemas: fundamentos para a aplicação no ensino médio e na formação de professores**. Rio de Janeiro: Publiki, 2019

LORENZETTI, Leonir; DELIZOICOV, Demétrio. Alfabetização Científica no contexto das séries iniciais. **Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 3, n. 1, p. 45-61, jun. 2001.

LOVATO, Fabricio Luís; MICHELOTTI, Angela; SILVA, Cristiane Brandão da; LORETTO, Elgion Lucio da Silva. Metodologias ativas de aprendizagem: uma breve revisão. **Acta Scientiae**, Canoas, v. 20, n. 2, p. 154-171, abr. 2018.

MACHADO, Diogo Milhomem; SCHOSSLER, Thiago Rodrigo; ZUFFO, Alan Mario; ANDRADE, Fabrício Ribeiro de; PIAULINO, Adelfran Cavalcante. Atividades microbianas e as transformações no ciclo do elementos no solo. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 8, n. 15, p. 180-195, nov. 2012.

MADIGAN, Michael T. *et al.* **Microbiologia de Brock**. Porto Alegre: Artmed, 2016. 960 p.

MOHR, Adriana. Análise do conteúdo de saúde em livros didáticos. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 6, n. 2, p. 89-106, 2000.

MORÁN, José. Mudando a educação com metodologias ativas. In: SOUZA, Carlos Alberto de; MORALES, Ofelia Elisa Torres (org.). **Coleção Mídias Contemporâneas**.

Convergências Midiáticas, Educação e Cidadania: aproximações jovens. vol. II. Ponta Grossa: UEPG/PROEX, 2015. p. 15-33. Disponível em: http://www2.eca.usp.br/moran/wp-content/uploads/2013/12/mudando_moran. Acesso em: 24 jul. 2020.

NELSON, David L.; COX, Michael M.. **Princípios de bioquímica de Lehninger**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2014.

OGO, Marcela Yaemi; GODOY, Leandro Pereira de. **#Contato Biologia, 3º ano: ensino médio**. São Paulo: Quinteto, 2016.

PEREIRA, Aline Ramalho Brandão; FREITAS, Diego Antônio França de. Uso de microrganismos para a biorremediação de ambientes impactados. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, Santa Maria, v. 6, n. 6, p. 995-1006, 2012.

REECE, Jane B.; URRY, Lisa A.; CAIN, Michael L.; WASSERMAN, Steven A.; MINORSKY, Peter V.; JACKSON, Robert B.. **BIOLOGIA de Campbell**. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015.

ROSA, Marcelo D'Aquino. O livro didático, o currículo e a atividade dos professores de Ciências do Ensino Fundamental. **Insignare Scientia**, Cerro Largo, v. 1, n. 1, p. 1-20, abr. 2018.

SALSA, Ivone da Silva. A importância do erro do aluno em processos de ensino e de aprendizagem. **Rematec**, Belém, v. 12, n. 26, p. 86-99, dez. 2017.

SASSERON, Lúcia Helena. Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre ciências da natureza e escola. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 17, n. especial, p. 49-67, nov. 2015.

SASSERON, Lúcia Helena; CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. Alfabetização Científica: uma revisão bibliográfica. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v.16, n. 1, p. 59-77, 2011.

SASSERON, Lúcia Helena; CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. Almejando a alfabetização científica no ensino fundamental: a proposição e a procura de indicadores do processo. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v.13, n. 3, p. 333-352, 2008.

SCARPA, Daniela Lopes; SASSERON, Lúcia Helena; SILVA, Máira Batistoni e. O Ensino por Investigação e a Argumentação em Aulas de Ciências Naturais. **Tópicos Educacionais**, Recife, v. 23, n.1, p.7-27, jun. 2017.

SCHNEIDERS, Luís Antônio. **O método da sala de aula invertida (flipped classroom)**. Lajeado: Univates, 2018.

SILVA, Airton Marques da. **Metodologia da pesquisa**. 2. ed. Fortaleza: Eduece, 2015. 107 p.

SILVA, Rudval Souza da; PAIXÃO, Gilvânia Patrícia do Nascimento; LINS, Daniela Batista; JESUS, Rebeca Amorim de; PEREIRA, Álvaro. Estudo de caso como uma estratégia de ensino na graduação: percepção dos graduandos em enfermagem. **Cuidarte**, Bucaramanga, Colômbia, v. 5, n. 1, p. 606-612, 2014.

SODRÉ-NETO, Luiz; COSTA, Andson Soares da; COSTA, Maria Valnice Medeiros. Biotecnologia e microbiologia no ensino médio: de que maneira estudantes associam estes temas numa abordagem CTS? **Vivências**, Erechim, v. 14, n. 26, p. 86-96, maio 2018.

SODRÉ NETO, Luiz; COSTA, Maria Valnice Medeiros. Genética microbiana na percepção de estudantes do Ensino Médio. **Acta Scientiae**, Canoas, v. 18, n. 2, p. 470-480, ago. 2016.

SODRÉ NETO, Luiz; MEDEIROS, Ariane Dantas de. Considerações sobre contextualização e interdisciplinaridade na abordagem da Microbiologia no novo Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM). **Ciências & Ideias**, Nilópolis, v. 9, n. 1, p. 88-100, ago. 2018.

SOUZA, Cássia Luã Pires de; GARCIA, Rosane Nunes. Uma análise do conteúdo de Botânica sob o enfoque Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS) em livros didáticos de Biologia do Ensino Médio. **Ciências e Educação**, Bauru, v. 25, n. 1, p. 111-130, 2019.

STRONDA, Leo. **Aprendizagem Baseada em Times (Team-based Learning – TBL)**. 2016. Disponível em: <https://metodologiasativasblog.wordpress.com/2016/08/25/aprendizagem-baseada-em-times-team-based-learning-tbl/>. Acesso em: 26 jul. 2020.

THOMPSON, Miguel; RIOS, Eloci Peres. **Conexões com a Biologia**. 2. ed. São Paulo: Moderna, 2016. 3 v.

TORTORA, Gerard J.; FUNKE, Berdell R.; CASE, Christine L.. **Microbiologia**. 12. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

TRABULSI, Luiz Rachid; ALTERTHUM, Flavio. **Microbiologia**. 6. ed. São Paulo: Atheneu, 2015.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE LONDRINA. **Metodologia da Aprendizagem baseada em problemas**. Disponível em: <http://www.uel.br/pessoal/moises/Arquivos/APRENDIZAGEMBASEADAEMPROBLEMAS.pdf>. Acesso em: 25 jul. 2020.

VARGAS, Suzana Lima; MAGALHÃES, Luciane Manera. O gênero tirinhas: uma proposta de sequência didática. **Educação em Foco**, Juiz de Fora, v. 16, n. 1, p. 119-143, ago. 2011.

VASCONCELOS, Simão Dias; SOUTO, Emanuel. O livro didático de ciências no ensino fundamental – proposta de critérios para análise do conteúdo zoológico. **Ciências e Educação**, Bauru, v. 9, n. 1, p. 93-104, jun. 2003.

YIN, Robert K.. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

ZOMPERO, Andréia de Freitas. Concepções de alunos do Ensino Fundamental sobre microrganismos em aspectos que envolvem saúde: implicações para o ensino aprendizagem. **Experiências em Ensino de Ciências**, Cuiabá, v. 4, n. 3, p.31-42, dez. 2009.

APÊNDICES

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE BIOLOGIA EM REDE
NACIONAL - PROFBIO**

**MARCELO RODRIGUES TENÓRIO
JAQUELINE RABELO DE LIMA**

PRODUTO FINAL

**PROPOSTAS DE ATIVIDADES INVESTIGATIVAS NO CONTEXTO DO
ENSINO SOBRE MICRORGANISMOS**

FORTALEZA – CEARÁ

2020





UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE BIOLOGIA EM REDE NACIONAL -
PROFBIO

MARCELO RODRIGUES TENÓRIO
JAQUELINE RABELO DE LIMA

PRODUTO FINAL

PROPOSTAS DE ATIVIDADES INVESTIGATIVAS NO CONTEXTO DO ENSINO
SOBRE MICRORGANISMOS

FORTALEZA – CEARÁ

2020

AGRADECIMENTOS

Ao longo desta caminhada, sinto-me enormemente grato pela oportunidade de desenvolver este trabalho, o qual, sem a presença de pessoas e instituições nada disso seria possível. Por isso, eternizo aqui minha sincera gratidão:

Infinitamente a Deus, pela fé e coragem de enfrentar as dificuldades diárias e por permitir a confecção deste produto pedagógico.

Aos meus pais e irmãos, base de todo meu apoio, carinho e compreensão.

À minha esposa Renata Moraes e meu lindo filho Davi Tenório, pelo apoio incondicional.

À Universidade Estadual do Ceará, por contribuir com minha formação profissional e intelectual, desde os tempos da graduação.

Às contribuições dos professores Márcia Melo, Jonas Almada e Nilson Cardoso, pelos apontamentos, sugestões e críticas.

À professora Jaqueline Rabelo de Lima, pela orientação, por todo apoio, sugestões e críticas e pelas palavras de carinho.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) - Brasil - Código de Financiamento 001.

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO.....	121
METODOLOGIAS ATIVAS.....	124
ORGANIZAÇÃO E ESTRUTURA DOS TEMAS	126
1 BIORREMEDIAÇÃO	129
1.1 ATIVIDADE 1 – “VAZAMENTO DE PETRÓLEO”	131
1.2 ATIVIDADE 2 – SIMULANDO POLUIÇÃO	135
2 FERMENTAÇÃO.....	139
2.1 ATIVIDADE 3 – POR QUE OS PÃES SÃO “FOFINHOS” E MACIOS?	141
2.2 ATIVIDADE 4 – CONSERVANDO OS ALIMENTOS	145
3 BIOTECNOLOGIA	149
3.1 ATIVIDADE 5 – PRAGA NAS LAVOURAS	151
3.2 ATIVIDADE 6 – JEANS SUSTENTÁVEL? SIM, É POSSÍVEL	155
4 MICRORGANISMOS E O CICLO DOS ELEMENTOS QUÍMICOS	158
4.1 ATIVIDADE 7 – MICRORGANISMOS E O CICLO DO NITROGÊNIO	159
4.2 ATIVIDADE 8 – COLONIZANDO PLANETAS	163
5 MICRORGANISMOS E AS INTERAÇÕES SIMBIÓTICAS	167
5.1 ATIVIDADE 9 – À PROCURA DE LÍQUENS	169
5.2 ATIVIDADE 10 – DESEQUILIBRANDO A MICROBIOTA INTESTINAL	173
CONSIDERAÇÕES FINAIS	178
REFERÊNCIAS	179

APRESENTAÇÃO

Nobre professor(a),

É com grande satisfação que trago a você este caderno de atividades intitulado “Propostas de atividades investigativas no contexto do ensino sobre microrganismos”. Trata-se de um produto educacional, oriundo da pesquisa “Discutindo microbiologia no ensino médio: um novo olhar sobre microrganismos”, inserida no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Biologia em Rede Nacional – ProfBio.

Este produto apresenta propostas de ações didáticas que podem ser aplicadas no contexto das aulas de biologia sobre microrganismos. Como o assunto está amplamente distribuído em diversos conteúdos abordados nos livros didáticos, é facultado a você utilizar as propostas aqui apresentadas, em qualquer etapa do ensino médio ou ainda no ensino fundamental, a depender do contexto e da sua disponibilidade.

Não temos a intenção de substituir outro material didático utilizado, nosso objetivo é apresentar uma alternativa pedagógica dentro de sua proposta de ensino, que possa se configurar como mais uma estratégia, com vista à potencialização do processo de ensino e aprendizagem, fornecendo subsídios para seu planejamento didático.

A escolha do tema decorre da nossa prática pedagógica como professor, na qual foi possível evidenciar, que muitas vezes existe predominância de uma ideia equivocada e amplamente difundida no senso comum de que os microrganismos são seres causadores de problemas. Tais ideias são constatadas em pesquisas científicas como a de Albuquerque, Braga e Gomes (2012)¹², que revelou desconhecimento de 87% dos estudantes a algum benefício proporcionado pelos microrganismos; e a de Souza (2009)¹³, que revelou que 95,5% de seus pesquisados associaram vírus somente às doenças e desconectados de aplicações tecnológicas, que 66% deles associaram bactérias a doenças e sujeira e 75% vincularam bactérias a malefícios causados ao homem ou ao ambiente.

¹² ALBUQUERQUE, Gabriela Girão; BRAGA, Rodrigo Paula da Silva; GOMES, Vinícius. Conhecimento dos alunos sobre microrganismos e seu uso no cotidiano. **Educação, Ciências e Matemática**, Rio de Janeiro, v. 2, n. 1, p.58-68, abr. 2012.

¹³ SOUZA, Marina Verjovsky de Almeida Ribeiro de. **Estudos de caso: diferentes visões sobre os microrganismos**. 2009. 167 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Química Biológica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

Pesquisas como estas nos revelam a responsabilidade que exercemos na abordagem de determinados conhecimentos e na necessidade de desconstruir equívocos do senso comum, de cunho contraditório, como quando envolve assuntos relacionados a microrganismos, os quais alguns estão realmente vinculados a doenças, mas que a imensa maioria presta bons serviços ao nosso bem estar e ao funcionamento saudável do ambiente.

As atividades presentes neste caderno seguem as ideias propostas por Carvalho (2013), segundo a qual um contexto precisa ser criado para a formulação de um problema, visando provocar o estudante a pensar numa solução, estimulando dessa forma o raciocínio e a aprendizagem. Para a autora a proposição de um problema proporciona condições para que o estudante possa raciocinar e construir conhecimento.

E foi partindo dessa premissa, da proposição de problemas para construir conhecimentos, que as atividades foram propostas. São problemas de caráter científico que envolve situações cotidianas para possibilitar o levantamento de hipóteses e construção de conhecimentos e argumentos.

Escolhemos como estratégia o Ensino por Investigação, nos moldes apresentados por Carvalho (2013), a qual destaca quatro etapas a serem seguidas em situações de problematização:

- *Proposição do problema*, na qual uma situação-problema será proposta para a turma;
- *Resolução do problema*, momento em que os estudantes irão se reunir e discutir em suas equipes uma proposta de solução, através do levantamento de hipóteses;
- *Sistematizando as ideias*, momento em que professor e estudantes debatem sobre as hipóteses levantadas nos grupos e partir de então construir um conhecimento, revelando uma solução para problema outrora proposto;
- *Escrevendo e desenhando*, após a discussão das soluções propostas. É o momento para os estudantes produzirem algum material contendo a solução do problema, podendo ser um texto escrito, um cartaz, uma apresentação dentre outras.

A sugestão de organização dos estudantes em equipes se justifica pela facilidade de comunicação e o debate entre os envolvidos e encontra pressupostos em Anastasiou e Alves (2004, p. 75-76) quando afirmam que “trabalhar em grupo é diferente de fazer parte de um conjunto de pessoas, sendo fundamental a interação, o compartilhar, o respeito à

singularidade, a habilidade em lidar com o outro em sua totalidade, incluindo suas emoções”. As autoras mencionam ainda que “o que caracteriza o grupo não é junção dos alunos, mas o desenvolvimento inter e intrapessoal e o estabelecimento de objetivos compartilhados, que se alteram conforme as estratégias proposta” (p. 76).

Neste caderno estão disponibilizadas cinco temáticas, todas relacionadas aos microrganismos, que são: Biorremediação, Fermentação, Biotecnologia, Ciclos dos elementos químicos e Interações simbióticas. Cada temática apresenta duas propostas de atividades, as quais foram escolhidas a partir da análise do conteúdo de microbiologia em cinco coleções dos livros didáticos de biologia que fazem parte do Programa Nacional do Livro Didático – PNLD 2018, os quais foram observados temas em que o assunto merecia de um olhar mais contextualizado e atencioso e que pudesse ser abordado em sala de aula.

Professor(a), entendemos que uma transfiguração não é fácil quando estamos inseridos e/ou habituados a um modelo de ensino e que por tanto tempo faz parte de nossa prática. Em algumas situações ela até se automatiza! A pergunta que logo nos vem à mente é: *Por que mudar? Meus/minhas professores(as) eram assim e eu consegui aprender.* Contudo métodos ativos possibilitam o raciocínio dos estudantes mediante situações que lhes oportunizarão aplicar conhecimentos às situações do cotidiano, revelando uma aprendizagem significativa e aqui você terá um papel fundamental ao conduzir este processo.

Uma vez encarado o desafio, sua missão será a de criar condições para que os estudantes reconstruam novos conhecimentos microbiológicos e, ao mesmo tempo, desconstruir possíveis equívocos.

As sugestões propostas neste produto não esgotam as possibilidades de utilização. Você está munido de liberdade pedagógica que lhe auxiliará na escolha do momento mais adequado de utilização desta ferramenta, baseado em suas próprias experiências e das condições de seus estudantes. Por tudo isso, esperamos que este material possa subsidiar no preparo de suas aulas, contribuindo no desafio diário que é arte de ensinar.

Marcelo Rodrigues Tenório

METODOLOGIAS ATIVAS

As metodologias ativas constituem-se como estratégias de ensino, na qual o estudante assume uma posição protagonista, sendo responsável pela construção do seu conhecimento (CASTELLAR, 2016). Nesse contexto, revela-se como uma maneira interessante e atraente de dinamizar as relações na sala de aula, uma vez que redireciona papéis no contexto da aprendizagem ao estimular o desenvolvimento da autonomia do educando.

Tal estratégia apresenta-se como alternativa ao modelo tradicional de ensino, que utiliza quase exclusivamente a exposição do conteúdo, ocasião na qual o professor assume papel central como fonte detentora do saber. No entanto, ainda que amplamente utilizada por professores, o modelo tradicional tem sido criticado por pensadores como Paulo Freire (2014a) por ser inadequado e pouco eficiente, pois funciona tal qual um sistema bancário, ao tratar os estudantes como “depósitos” de informações.

Nas metodologias ativas o protagonismo dos estudantes é incentivado através situações de aprendizagens envolvendo problemas cotidianos. Desta forma, ao invés do professor ministrar aulas com conceitos prontos, os desafia a construir conhecimentos, provocando-os com situações investigativas.

Tais situações se configuram como fundamentais nas metodologias ativas, realidade que exige do educador a criatividade para articular os conhecimentos da escola às situações de convívio dos estudantes. Com isso, eles poderão exercitar inúmeras habilidades como refletir, analisar, comparar, criar, inferir e outras, que serão importantes para o seu desenvolvimento (DIESEL, BALDEZ, MARTINS, 2017) e que lhes permitirá o desenvolvimento de pensamentos mais complexos que poderão ser aplicados às situações cotidianas.

Nesse tipo de abordagem as experiências que os estudantes trazem consigo são especialmente importantes, pois serão a partir delas que os saberes serão construídos. Sendo assim, como forma de integrá-los ao ensino, este reconhecimento deve ser apreciado pelos docentes em sinal de respeito à sua dignidade, à sua identidade e as suas condições de existência (FREIRE, 2014b).

São muitas as abordagens divulgadas em trabalhos científicos e no meio acadêmico como exemplos de métodos ativos dentre eles Aprendizagem Baseada em Problemas (*Problem-Based Learning* – PBL), Aprendizagem Baseada em Projetos (*Project-*

Based Learning – PjBL), Aprendizagem Baseada em Equipes (*Team-Based Learning* – TBL), Problematização com o *Arco de Maguerez*, Estudos de Casos (*Case studies*), a Sala de Aula Invertida (*flipped classroom*) e outras. Contudo ressaltamos que tais métodos nem sempre funcionam como a salvação do ensino ou modelo a ser sempre seguido, pois é o docente enquanto conhecedor de sua realidade, que poderá eleger a melhor estratégia.

Em muitas situações a aula expositiva também pode promover aprendizado, pois em alguns momentos, se faz necessária uma apresentação e/ou conceituação mínima do conteúdo. Entretanto, devemos alertá-los da importância dos métodos ativos como ferramentas interessantes de ensino, por favorecer a autonomia e a capacidade argumentativa dos estudantes, através de atividades contextualizadas, proporcionando assim a construção do próprio conhecimento.

ORGANIZAÇÃO E ESTRUTURA DOS TEMAS

Professor(a), este caderno está organizado de modo que você possa adotá-lo no contexto das aulas sobre microbiologia, podendo ser utilizado inclusive para iniciar o assunto. Apresenta propostas de atividades investigativas envolvendo cinco temáticas, dentre as quais, destacamos: Biorremediação, Fermentação, Biotecnologia, Ciclos dos elementos químicos e Interações simbióticas.

Cada um desses temas segue acompanhado de duas atividades, totalizando dez propostas, resumidamente organizadas do seguinte modo:

- Tema
- Atividade
- Etapa 1 – Distribuição do material e proposição do problema
 - ✓ Organização da sala
 - ✓ Distribuição do material
 - ✓ Problematicando
- Etapa 2 – Resolução do problema
- Etapa 3 – Sistematizando as ideias
- Etapa 4 – Escrevendo e desenhando

Cada **tema** possui um texto de abertura, oportunizando ao leitor, atualizar informações sobre o assunto em questão, seguida da **atividade proposta**. Esta inicia com uma breve contextualização do conteúdo da atividade, a qual possui uma sequência de quatro etapas. Seu intuito é oportunizar ao estudante, o estímulo necessário em busca da solução de um problema, por meio da pesquisa e do debate entre os colegas.

Na etapa 1, o material deve ser distribuído aos estudantes, bem como a proposição do problema. O tópico inicia com a descrição do objetivo de cada atividade proposta. Nesta etapa, é muito importante a observação de alguns detalhes. Primeiro, sugere-se a organização dos estudantes em pequenos grupos, pois a proximidade de vivência e semelhança no desenvolvimento cognitivo favorecem a comunicação e a troca de conhecimento entre eles; Segundo, deverá ser distribuído entre eles, algum material que sirva como suporte para à leitura, pesquisa e/ou experimento, oportunizando contextualizar assuntos do cotidiano; Terceiro, que haja a proposição do problema.

Um fato importante a destacar é que alguns materiais costumam desviar a atenção do aluno, como um microscópio, por exemplo, pois são materiais que facilmente despertam a

curiosidade. Neste caso, recomenda-se que o problema seja proposto antes da entrega do material, tendo o professor o cuidado de se certificar que todos tenham entendido o problema (CARVALHO *et al*, 2005).

Na etapa 2, deverão ser dadas condições para que os estudantes possam refletir e discutir com os colegas, possibilidades para solucionar o problema. Segundo Carvalho (2013, p. 7) “a solução do problema deve levar a uma explicação do contexto [...]. É nessa etapa que aparecem raciocínios científicos como “se”/“então”, relacionando duas variáveis que foram levantadas”. Preocupações com o erro não deve existir, pois assim como o acerto, o primeiro também faz parte do processo e será através dele que os estudantes terão oportunidades de refletir sua própria produção (SALSA, 2017).

O papel do professor é assegurar este momento, **sem interferir diretamente na resolução do problema**, estimulando-os a pensar em possíveis soluções (CARVALHO, 2013). Portanto, é recomendável que o professor caminhe entre os grupos e solicite comentários sobre como estão resolvendo o problema. De acordo com Carvalho *et al* (2005) esta seria um maneira de proporcionar aos estudantes não só o entendimento do problema, como também uma tentativa de solucioná-lo, ou seja, são condições criadas para que as ações sejam mentalmente refeitas e verbalizadas.

Convém lembrar que nessa etapa, o importante não é conceito que se quer ensinar, mas as ações manipulativas que darão condições aos estudantes de levantar e testar suas hipóteses, propiciando desta forma, a oportunidade de construir o conhecimento (CARVALHO, 2013).

Na etapa 3, os grupos menores deverão ser desfeitos e a sala reorganizada novamente num grupo único, ocorrendo somente após o professor perceber que os estudantes finalizaram suas discussões. A participação do professor torna-se agora fundamental no sentido de compreender como os pensamentos foram formulados e suas hipóteses, elaboradas. É o que Carvalho (2013) conceitua como “passagem da ação manipulativa à ação intelectual”, ocasião na qual os estudantes relatam que hipóteses conseguiram levantar e como as testaram.

A partir disso, você deverá ajudá-los a construir os conhecimentos a partir das hipóteses pronunciadas. Esse é o motivo pelo qual, os conhecimentos prévios tornam-se tão importantes no processo de construção dos conhecimentos.

Ainda na etapa 3, o debate deve ser estimulado por meio de algumas perguntas instigantes:

- Como vocês conseguiram resolver o problema?
- Por que você acha que desse modo deu/vai dar certo?

- Como vocês conseguiram chegar a esta conclusão?

Ainda que as respostas não estejam cientificamente corretas, elas podem estar relacionadas ao assunto que você deseja abordar. Por isso é importante ouvir os estudantes. Certamente algumas respostas estarão no mesmo sentido, no entanto é provável que sejam enunciadas de outra maneira. Importante ressaltar que não se trata de uma etapa de correção das respostas proferidas, mas a partir delas abordar a temática desejada e/ou atuar no sentido de construir os conhecimentos.

Na tentativa de explicar o porquê do fenômeno ter dado certo, os estudantes buscarão uma justificativa, ou seja, uma explicação causal, demonstrando argumentação científica e posteriormente, conduzindo à procura de um conceito que explique o fenômeno (CARVALHO, 2013).

Na etapa 4, os estudantes deverão escrever sobre o que aprenderam, seja por meio de textos, desenhos, relatórios, elaboração de cartazes e outras opções. Essa fase torna-se importante e necessário por ser um período de aprendizagem individual dos estudantes, após terem vivenciados momentos de aprendizagem coletiva nas discussões entre colegas e com o professor.

1 BIORREMEDIAÇÃO

A biorremediação é uma técnica que objetiva degradar, atenuar ou remover contaminantes de águas ou solos afetados, por meio do emprego de microrganismos nativos ou adicionados ao local (TORTORA; FUNKE; CASE, 2017), além de plantas (PEREIRA; FREITAS, 2010) no qual suas atividades metabólicas são capazes de utilizar esses poluentes como fonte de carbono e energia, destruindo-os ou transformando-os em compostos menos nocivos.

Dentre os microrganismos, os mais promissores no uso dessa técnica são fungos filamentosos, leveduras e bactérias (ANDRADE; AUGUSTO; JARDIM, 2010). Os fungos, por exemplo, podem suportar maiores condições de estresse ambiental, fato que pode limitar algumas bactérias, além de crescer em direção à fonte de carbono, por meio do alongamento e ramificação de seus filamentos (PEREIRA; FREITAS, 2012).

Curiosamente, os microrganismos nativos podem promover degradação após longos períodos de exposição ao contaminante, adaptando-se normalmente em baixas concentrações (ANDRADE; AUGUSTO; JARDIM, 2010). Em suma, o que eles fazem é utilizar os compostos orgânicos das substâncias contaminantes para gerar energia e obter nutrientes, necessários à manutenção das funções de seu metabolismo, como crescimento e reprodução.

Em condições de aerobiose, o processo ocorre naturalmente à medida que os micróbios atacam o poluente (TORTORA; FUNKE; CASE, 2017). No entanto, condições anaeróbias são importantes em processos de degradação de poluentes halogênicos e, sendo tais substâncias mais difíceis de decompor, alguns microrganismos ficam na dependência de outros para finalizar as reações (ANDRADE; AUGUSTO; JARDIM, 2010). Esta é a razão pelo qual substâncias como o DTT (ditiotreitól) persistem no ambiente, mesmo após anos da proibição de seu uso em alguns países.

De qualquer forma é importante conhecer a biodegradabilidade do contaminante antes de decidir se a biorremediação será ou não a melhor técnica a ser empregada.

De um modo geral, a velocidade da biorremediação, dependerá da concentração do contaminante e da quantidade microbiana capaz de metabolizá-lo, sendo que qualquer fator que, indiretamente os afetem, pode aumentar ou diminuir a velocidade do processo. Por exemplo, sabe-se que a faixa ótima de atuação microbiana relacionados ao pH, são valores próximo ao neutro, entre 6,5 e 8,5. Quando consideramos a temperatura, a faixa entre 25°C e

30°C favorece igualmente maior atividade. No entanto, valores considerados fora dessa faixa de pH ou de temperatura poderão influenciar na velocidade de degradação do contaminante (ANDRADE; AUGUSTO; JARDIM, 2010).

A compreensão da técnica será fundamental para o seu sucesso e envolve basicamente dois processos, quanto ao local de aplicação: *in situ*, aplicado no próprio local do contaminante; e *ex situ*, exige retirada do material contaminado para outro mais adequado, fato que ocasiona aumento dos custos da operação (SANTOS, *et al.*, 2007).

Além da biorremediação, existem outras técnicas remediadoras?

Sim, a *química*, por meio de processos de oxidação, utilizada em situações onde emprego de outras técnicas, além da biorremediação se faz necessária; a *biológica*, podendo ser por meio da atenuação natural (envolvendo processos como a biodegradação microbiana, a volatilização, a dispersão, a diluição e a adsorção), além da biorremediação; e a *física*, que remove os vapores do local (ANDRADE; AUGUSTO; JARDIM, 2010).

Haja vista que se trata de um processo natural, a concentração do contaminante aliada às condições ambientais, pode não ser favorável à sua degradação ou ainda demandar muito tempo, exigindo, por isso monitoramento contínuo para minimizar riscos de contaminação a pessoas e animais.

1.1 ATIVIDADE 1 – “VAZAMENTO DE PETRÓLEO”

Num mundo cada vez mais globalizado, o petróleo tem sido apontado como uma substância de grande valor para a economia mundial, visto que seus derivados são aplicados largamente na indústria (ANDRADE; AUGUSTO; JARDIM, 2010). No entanto, os produtos resultantes de sua degradação, quando liberados no ambiente, podem ocasionar problemas ambientais catastróficos (ALMEIDA; BRAZ; SANTOS, 2013) e atingir diversos setores da economia regional. Portanto, uma vez vazado, é preciso conter e/ou limpar a área o mais rapidamente possível. Em algumas ocasiões, essa contenção não é possível através da simples remoção mecânica, sendo preciso incluir outras técnicas para cumprir este objetivo.

A utilização de microrganismos com fins remediadores tem sido empregada para limpeza de locais contaminados, principalmente em mangues, onde a remoção é dificultada pela própria especificidade do ambiente.

Etapa 1 – Distribuição do material e proposição do problema

A proposta desta atividade é promover o debate sobre a importância dos microrganismos como alternativa de limpeza ou mitigação de problemas ambientais ocasionados por petróleo, bem como produzir conhecimentos relacionados à técnica da biorremediação, através de textos e manchetes sobre acidentes ocorridos no Brasil no segundo semestre de 2019.

Organização da sala

Objetivando motivar a participação em atividades investigativas, os estudantes deverão ser organizados em grupos entre 04 a 05 componentes, uma vez que a proximidade de vivência, a semelhança no desenvolvimento cognitivo e a interlocução são facilitadas e até mesmo encorajadas quando tais interações se fazem entre os pares.

Distribuição do material

Professor, sugerimos distribuir notícias relacionadas ao vazamento de petróleo. Algumas seguem disponibilizadas nos links abaixo:

- ✓ <https://diariodonordeste.verdesmares.com.br/regiao/avanco-do-oleo-ameaca-area-de-manguezais-no-ceara-1.2167580>.
- ✓ <https://g1.globo.com/natureza/noticia/2019/09/26/manchas-de-oleo-no-nordeste-o-que-se-sabe-sobre-o-problema.ghtml>.
- ✓ https://brasil.elpais.com/brasil/2019/10/17/politica/1571342074_018737.html

Professor, conforme julgar necessário, você poderá ainda disponibilizar manchetes de reportagens ou ainda outros links tratando de notícias relacionadas ao assunto.

As notícias acima, retiradas de três grandes veículos de comunicação, estão relacionadas ao vazamento de petróleo, que atingiu diversas praias das regiões Nordeste e Sudeste do Brasil em agosto de 2019, e que ainda era encontrada no litoral nordestino em dezembro de 2019, ocasionando prejuízos de grande magnitude em diversos setores da região como economia, turismo, alimentação e meio ambiente e que poderá persistir por anos, segundo especialistas.

Problematizando

Esta atividade tem como propósito estimular o estudante a apresentar soluções a partir do levantamento de hipóteses, baseado no problema exposto nos textos que foram distribuídos. Para tanto, é ideal que eles sejam provocados, no sentido de pensar maneiras de retirar o contaminante de ambientes afetados, indicado no problema a seguir:

Prezado estudante, a notícia contida nos textos está relacionada a problemas reais ocorridas no litoral brasileiro no segundo semestre de 2019. Vamos supor que você tenha sido contratado para prestar uma consultoria ambiental, tendo em vista os diversos problemas que o petróleo derramado pode causar. Sendo assim, cada equipe deverá pensar e apresentar uma proposta de como eliminar o petróleo em três tipos de ambientes afetados: na água, na praia e nos mangues.

Certifique-se de que os estudantes tenham compreendido a proposição do problema a ser solucionado.

Etapa 2 – Resolução do problema

O ensino por investigação sugere que seja assegurado ao estudante condições de levantar hipóteses (CARVALHO, 2013) a partir do problema outrora apresentado, para que as ideias possam naturalmente fluir e discutir possibilidades de estar ou não corretas. Desta forma, é fundamental que sejam dadas condições dos alunos pensar sobre possibilidades de possíveis resultados. Sendo assim, o professor pode caminhar entre os grupos, solicitando aos estudantes que comentem sobre o problema. Esta seria uma maneira de assegurar que os estudantes entenderam e estão conseguindo resolver o problema. Seria ainda um momento oportuno de propiciar que ações mentais sejam refeitas e verbalizadas.

Os alunos devem ser estimulados a pensar soluções sobre o problema. Baseado em seus conhecimentos prévios, podem discutir com colegas, afim de que juntos, consigam chegar a uma conclusão.

Etapa 3 – Sistematizando as ideias

Após finalizarem as discussões em torno do problema é hora de desfazer os grupos e a classe se organizar novamente para um debate geral envolvendo alunos e o professor. Esta etapa é fundamental para que os conhecimentos gerados nos grupos possam ser compartilhados com os demais colegas. Desta forma, ouvindo uns aos outros e o professor, eles podem lembrar sobre como solucionaram o problema e colaborando na construção do conhecimento.

Como forma de estimular o debate, você pode lançar perguntas instigadoras, como:

- Como vocês fizeram para resolver o problema?
- Por que vocês acham que desse modo vai dar certo?
- Em que vocês se basearam para chegar a esta conclusão?

É importante que todas as soluções sejam ouvidas, ainda que a resposta seja a mesma, mas dita com outras palavras e, por isso repetida.

Professor, você pode participar deste momento também coletando as proposições mencionadas pelos estudantes e a partir de então construir um mapa conceitual com as palavras-chave apresentadas. Lembre-se, a sua participação neste processo de construção é essencial.

Etapa 4 – Escrevendo e desenhando

Professor você fará o papel de gestão. Oriente os estudantes a criar uma empresa (fictícia) de consultoria ambiental e produzir um relatório que contenha as soluções a serem tomadas pelo governo em caso de acidentes envolvendo derramamento de petróleo.

1.2 ATIVIDADE 2 – SIMULANDO POLUIÇÃO

A simulação é um recurso que permite inferir sobre uma situação antes de vivenciá-la em seu contexto real, contribuindo para melhoria do aprendizado porque permite a observação de resultados, possibilitando a tomada de decisões mediante os acontecimentos (PINTO JÚNIOR, 2001). Dentro do contexto das aulas sobre poluição torna-se importante por propiciar a observação uma situação prática que, de outro modo, iria expor perigosamente o estudante.

É importante destacar que os microrganismos utilizam a matéria orgânica como fonte de carbono, para suprir suas necessidades metabólicas para produzir compostos químicos e gerar energia. Sendo assim, ainda que algumas substâncias sejam tóxicas para o ambiente, o fenômeno torna-se importante por permitir reflexões sobre a atuação microbiana na reciclagem da matéria orgânica na natureza.

Etapa 1 – Distribuição do material e proposição do problema

A situação descrita nesta atividade pode ser abordada tanto para uma simulação de um ambiente aquático eutrofizado, quanto para biorremediação (desde que o biscoito utilizado seja comparado a uma fonte de carbono do poluente). Por isso, um momento de contextualização se torna muito importante antes e/ou durante a parte experimental ou ainda nos momentos de discussão.

Lembre-se, a matéria orgânica descartada irregularmente no ambiente pode ser arrastada para corpos d'água, contaminando-a e contribuindo para a proliferação de doenças infecciosas, além contaminar alimentos, solo, animais e trazer consequências danosas à vida humana (SILVA *et al*, 2018).

Organização da sala

Sugerimos nesta atividade, que a sala seja organizada em grupos contendo no máximo 04 estudantes, para que vivenciem cada etapa do experimento e assim, possam refletir e discutir sobre as alterações que ocorrerão no ambiente simulado.

Distribuição do material

Professor, antes da aula certifique-se da quantidade de grupos formados, para ajustar a quantidade de material a ser utilizada e assim, propiciar a participação de todos os estudantes. Não há necessidade de seguir um protocolo de concentração nas soluções formadas, pois o objetivo é provocá-los nesta atividade de investigação aliada à experimentação qualitativa. Sendo assim, cada grupo irá utilizar os seguintes materiais (adaptado de Silva *et al*, 2018):

- ✓ Água.
- ✓ Corante Azul de metileno (geralmente o laboratório da escola já possui, caso contrário, pode ser adquirido também em farmácias)
- ✓ 2 Erlenmeyer (pode ser substituído por Becker ou potes de vidro com tampa).
- ✓ Plástico filme de PVC (no caso de serem utilizados erlenmeyer ou Becker).
- ✓ Biscoitos.
- ✓ Colher.

Procedimentos:

- ✓ Acrescente quatro gotas do corante azul de metileno a 0,5 L de água e misture. Após a água ter adquirido coloração azulada, transfira para os erlenmeyer (ou potes de vidro).
- ✓ Acrescente os biscoitos a um dos vidros (pode ser inteiro ou quebrado em alguns pedaços). Pode também ser utilizado ou outro tipo de alimento, mas o importante é que seja constituído basicamente de carboidratos, como pão, para um efeito dentro do tempo esperado.
- ✓ Um pote será utilizado como controle.
- ✓ Tampe os potes e guarde em local protegido da luz do sol.
- ✓ Registre os resultados a cada dois dias (conforme a realidade de cada turma) até completar 7 dias.

Dica importante: evite alimento que apresente muito conservante e/ou corante em sua formulação.

A decomposição bacteriana esperada varia conforme a concentração dos nutrientes presentes nos alimentos e da temperatura do local de armazenamento, por isso faz-se necessário armazenar em local com temperatura próximo de 30°C.

A participação dos estudantes nesta simulação é fundamental para que se sintam importantes e motivados (CARVALHO, 2013), no entanto, na impossibilidade de materiais suficientes para as equipes, o professor pode realizar por meio de demonstração.

Os estudantes devem ser orientados a registrar as alterações que forem surgindo em cada vidro, tanto no início, quanto no final, podendo ser por meio de fotografia ou anotação simples, quanto a aspectos do material (alterações no próprio biscoito), quanto à cor da solução. Caso seja da preferência da equipe o registro por fotografia, o ideal é que sejam reveladas (ou projetadas) permitindo comparações entre as fotos.

Problematizando

Os estudantes devem ser estimulados a pensar sobre as possibilidades de resultados, baseado em seus conhecimentos prévios, para que discutam com colegas e consigam chegar a uma conclusão sobre o problema. Eis então algumas questões a serem problematizadas:

- ✓ Por que houve alteração da cor no “ambiente” com matéria orgânica?
- ✓ Na situação descrita, seres aquáticos como peixes, moluscos e outros, conseguem sobreviver normalmente? Quais seres seriam capazes de sobreviver bem nestas condições?
- ✓ Para o assunto eutrofização e poluição de ambientes aquáticos: você reconhece alguma semelhança desta situação em ambientes aquáticos de sua localidade?
- ✓ Para o assunto biorremediação: suponha que o biscoito seja uma fonte de matéria orgânica de um poluente (lembre-se que se trata de uma simulação), o que você acha que está acontecendo com esse material?

Etapas 2 – Resolução do problema

Após a formulação do problema, nesta fase os estudantes deverão levantar as hipóteses partir do que foi problematizado, baseado nos conhecimentos prévios e nas observações do experimento. Permitam-lhes a fluência da discussão e das ideias objetivando levantar hipóteses sobre os resultados observados.

Caso julgue necessário, finalizada a parte experimental, ainda no primeiro dia, peça para cada grupo escrever sobre o que eles acham que vai acontecer em cada vidro e assim poder comparar com os resultados observados no final.

Etapa 3 – Sistematizando as ideias

Após as discussões terem sido finalizadas, é hora de discutir com a turma as ideias formadas nos grupos. Sua participação neste momento é muito importante. Peça para os estudantes retornarem aos seus lugares e promova um debate único. Estimule-os a responder como conseguiram concluir as questões problematizadas. Você pode neste momento construir um mapa conceitual no quadro branco, com as respostas que forem dadas, promovendo junto com eles a construção do conhecimento.

Etapa 4 – Escrevendo e desenhando

Para sistematizar as ideias dos estudantes e ainda como forma de gerar um aprendizado, peçam-lhes que escrevam um relatório sobre a atividade, devendo constar os resultados esperados, as hipóteses levantadas no grupo do qual fazia parte, os resultados observados e as conclusões retiradas do experimento. Tenha somente o cuidado de direcionar as respostas dos estudantes, no caso do objetivo da atividade ter sido sobre eutrofização ou biorremediação.

2 FERMENTAÇÃO

O processo de produção de energia que ocorre nas células necessita de componentes especiais para que possam reagir e culminar na produção de uma substância especial denominada ATP (trifosfato de adenosina), a molécula que a célula traduz como energia. Os organismos precisam do gás oxigênio para produzir esta molécula, no entanto quando o processo ocorre de maneira anaeróbica, ou seja, na ausência de oxigênio, o processo é denominado fermentação (AMABIS; MARTHO, 2016). Sendo assim, podemos compreender a fermentação como sendo uma maneira dos organismos produzirem energia na ausência do gás oxigênio.

O processo ocorre porque o ácido pirúvico e o NADH (aceptor de elétrons na forma reduzida) formados ao final das reações da via glicolítica, se acumulam no citosol celular. O oxigênio, que deveria incentivar a continuidade da cadeia de reações encontra-se ausente ou ineficiente e, sem este elemento, impossibilita a continuidade das reações químicas. Desta forma, para reestabelecer o acceptor de elétrons, o ácido pirúvico sofre reações e se transforma principalmente em ácido láctico e álcool etílico (NELSON; COX, 2014; TORTORA, 2017).

Esta não é a maneira mais eficiente para os organismos obterem energia, quando comparado à respiração celular, no entanto foi o artifício encontrado pelos organismos durante o processo de sua evolução, para garantir suprimento energético e a continuidade de suas atividades quando algumas condições metabólicas não lhe são favoráveis.

Neste processo, o que interessa para o organismo é a produção de ATP, enquanto os produtos gerados são apenas resíduos, mas que os seres humanos aprenderam ao longo de sua história, a utilizá-los na indústria da panificação, produção de bebidas alcoólicas e como ingredientes de muitos alimentos fermentados (MADIGAN *et al*, 2016).

Devido às suas propriedades metabólicas e papel fundamental desempenhados nesse processo, muitas bactérias como *Streptococcus* e *Lactobacillus* tem sido utilizados para produzir queijos, iogurtes e outros laticínios fermentados, e *Saccharomyces sp.* para produzir pães, bolos, vinhos e demais bebidas fermentadas alcóolicas (TORTORA, 2017).

Dependendo do substrato que será metabolizado, do tipo de microrganismo presente no processo, e ainda, das enzimas utilizadas, haverá a formação de produtos metabólicos finais, os quais contribuirão para a classificação dos tipos de fermentação, sendo as duas mais comuns:

- ✓ **Fermentação láctica**, na qual será produzido o ácido láctico como produto final.
- ✓ **Fermentação alcoólica**, na qual o álcool etílico será produzido como produto final.

Na fermentação láctica, na qual é produzido o ácido láctico, uma molécula de três carbonos, não há a produção de gás, pois a estequiometria do carbono se conserva, diferentemente da fermentação alcoólica, na qual uma molécula de gás carbônico é liberada para o ambiente para cada molécula de álcool etílico produzida (NELSON; COX, 2014). Esse é motivo pelo qual esse tipo de fermentação é tão utilizado na indústria da panificação, pois o gás que se desprende na reação eleva a massa e deixa os “furinhos”, promovendo desta forma a maciez característica do pão francês e da maioria dos bolos.

Além da produção de alimentos e bebidas, a técnica também tem sido empregada por diversos povos para conservar alimentos e/ou alterar o sabor de determinados alimentos como salames, chucrutes, pickles, chocolates, dentre outros e ainda na produção de etanol combustível (AMABIS; MARTHO, 2016).

2.1 ATIVIDADE 3 – POR QUE OS PÃES SÃO “FOFINHOS” E MACIOS?

O consumo de alimentos fermentados pelo homem é relatado desde a idade antiga. Este processo confere ao alimento alterações quanto ao sabor, aspecto, textura e durabilidade, os quais aumentam a qualidade e o valor da matéria prima (VASCONCELOS; MELO FILHO, 2010), como é o caso dos queijos e iogurtes. Num passado distante, embora não se tenham relatos de sua existência e os primeiro registros datarem do séc. XVII, os microrganismos exercem importância fundamental por conferir novas propriedades aos alimentos alterados.

O pão é um dos alimentos mais antigos da humanidade e apontado por alguns pesquisadores como uma descoberta casual a partir dos restos de trigo que ficavam expostos à temperatura e umidade e em pouco tempo, percebiam-se alterações no volume e sabor e seu preparo, ainda que desconhecido pelos povos antigos, emprega processo fermentativos proporcionados pelas leveduras (ALMEIDA, 1998).

Atualmente este alimento, assim como outros derivados desse processo, tem se consagrado pelo sabor agradável, além de outras características, sendo consumido por diversos povos, tornando-se bastante comum em nosso cotidiano, o que o torna uma maneira excelente de contextualizar em diversas aulas, construindo conhecimentos sobre produção de energia, utilização de microrganismos ou mesmo reações químicas, possibilitando desta forma a construção e significados práticos de aplicação ao cotidiano e promovendo ações para novas descobertas.

Etapa 1 – Distribuição do material e proposição do problema

O objetivo desta atividade é possibilitar uma discussão e reflexão sobre a atuação dos microrganismos na produção de alimentos, bebidas e combustíveis, através da leitura de texto e a vivência de um breve e simples experimento sobre fermentação utilizando leveduras, obtidas a partir de fermento biológico.

Organização da sala

Sugerimos nesta atividade, que a sala seja organizada em grupos contendo no máximo 05 estudantes, para que vivenciem efetivamente o experimento e assim, possam discutir e refletir os acontecimentos que ocorrerão.

Os estudantes que participarão desta aula terão suas atividades divididas em dois momentos: o primeiro, envolvendo leitura, reflexão e discussão sobre alimentos fermentados; e o segundo envolvendo experimento sobre fermentação, que pode ser realizado no laboratório de ciências.

Distribuição do material

Professor, neste primeiro momento, distribua entre os estudantes, o texto disponibilizado no link abaixo, que apresenta a importância do pão:

<http://www.invivo.fiocruz.br/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?infoid=820&sid=8>

Outra opção de espaço que poderia ser utilizado para a realização da leitura e pesquisa seria o laboratório de informática, o qual teria a vantagem dos estudantes acessarem não só o link sugerido, como também outros ou ainda imagens (de pães e bolos) que o docente julgar necessário.

Para o experimento, cada grupo de estudantes irá utilizar os materiais mencionados abaixo (antes da aula, certifique-se da quantidade de grupos que serão formados, para que você possa ajustar a quantidade material e assim, oportunizar a participação de todos):

- ✓ 3 tubos de ensaio (na ausência deste, poderá ser substituído por garrafinhas de plástico, de preferência transparente);
- ✓ Estante para tubo de ensaio;
- ✓ Água morna (em torno de 37°C).
- ✓ 1,0g de açúcar comum.
- ✓ 2,0g de fermento biológico.
- ✓ 3 bexigas de aniversário (certifique-se previamente de não haver furos).
- ✓ Fita adesiva, para prender os balões nos tubos de ensaio (pode ser substituído por liga elástica látex amarela, desde que seja bem fixada).

O ideal é que os estudantes realizem as etapas do experimento, para que se sintam mais motivados em participar (CARVALHO, 2013), no entanto o professor pode também executar por meio de demonstração.

Procedimento:

- ✓ Identificar os tubos com numeração (1, 2, 3) e acrescentar em cada um aproximadamente 1/3 de água morna.
- ✓ No tubo 1, acrescentar somente açúcar comum (0,5g).
- ✓ No tubo 2, acrescentar somente fermento biológico (1,0 g).
- ✓ No tubo 3, acrescentar 0,5g de açúcar comum + 1,0 g de fermento biológico.
- ✓ Prenda uma bexiga de aniversário na entrada de cada tubo e aguarde aproximadamente 15 minutos.

Por se tratar de um experimento, os estudantes devem ser orientados a registrar os resultados que forem surgindo em cada tubo, tanto no início (como estava cada tubo) quanto no final (como ficou cada tubo), a aspectos relacionados à cor, textura, consistência e cheiro do material.

Problematizando

Esta atividade tem o propósito de estimular o estudante a levantar hipóteses sobre o motivo do pão (assim como o bolo) adquirir um aspecto fofinho e macio. Para compreender a participação microbiana no processo da fermentação e sua contribuição para aquisição da maciez de tal alimento, o experimento com fermento biológico ajudará nesse aspecto. Sendo assim, conduza-os à provocação, estimulando-os a pensarem sobre o assunto, com a seguinte problematização:

Por que alimentos como pães e alguns tipos de bolos que nos alimentamos no dia a dia apresenta um aspecto “fofinho” e macio?

Etapa 2 – Resolução do problema

Professor, estimule os estudantes a levantar hipóteses e permita a discussão em cada grupo oferecendo-lhes condições de pensar nas respostas. É importante que nessa discussão não sejam fornecidas respostas prontas, mas possibilite-os formalizar conclusões a respeito de cada acontecimento.

Etapa 3 – Sistematizando as ideias

Finalizado os experimentos e as observações, é hora de discutir a respeito de como os grupos responderam à pergunta proposta: “por que os pães apresentam um aspecto fofinho e macio”? Este momento pode ser feito no próprio laboratório ou no retorno à sala de aula e durante ou após o experimento. O fundamental é que os estudantes sejam estimulados a compartilhar suas ideias para que possam construir seus próprios conhecimentos.

Cabe ressaltar que questionamentos podem ser levantados no momento da realização do experimento, e assim contribuir na sistematização dos conhecimentos, como:

- ✓ Por que a água neste experimento precisa estar morna?
- ✓ Por que houve o enchimento de uma das bexigas?
- ✓ Qual a função do açúcar neste experimento?
- ✓ E se a temperatura da água estivesse diferente das condições do experimento (ou seja, fria ou quente), os resultados seriam os mesmos?
- ✓ Qual o papel do fermento biológico neste experimento?
- ✓ O que tem no fermento? (esta pergunta pode ser respondida através da visualização. Para isso, basta coletar uma gota do material contido no tubo 3, colocar sobre uma lâmina e observar ao microscópio).

Aproveite a ocasião também para contextualizar com os estudantes sobre a importância dos gases formados pelas leveduras na indústria de bebidas utilizadas no cotidiano, como os espumantes.

Etapa 4 – Escrevendo e desenhando

Professor, oriente os estudantes a sistematizar os novos conhecimentos adquiridos, produzindo um relatório sobre o experimento, que contenha a descrição dos fenômenos ocorridos em cada tubo. Informe que não se trata somente de um simples relato de como feito, mas que expresse a relação existente entre a problematização e o experimento.

Não há necessidade de seguir um modelo pronto, pois o importante é que tenham entendido a importância e aplicação do fenômeno no cotidiano.

2.2 ATIVIDADE 4 – CONSERVANDO OS ALIMENTOS

A fermentação é um dos processos utilizados pelo homem mais antigos de que se tem notícia e consiste no emprego de microrganismos para alterar alguns aspectos dos alimentos dentre eles sabor e textura. Neste processo microrganismos utilizam uma fonte de nutrientes para obter energia por via anaeróbia (MADIGAN et al, 2016), além de substâncias, que se tornam proveitosas para os humanos.

Dependendo do microrganismo atuante (e, obviamente do seu conjunto enzimático) diversas substâncias são produzidas (TORTORA; FUNKE; CASE; 2017) como alguns tipos de ácidos, os quais provocam diminuição do pH, ou álcool, no caso das bebidas alcoólicas, sendo por isso, responsáveis por preservar alimentos por um tempo maior (VASCONCELOS; MELO FILHO, 2010) se comparado ao mesmo em seu estado natural.

Diversos alimentos do nosso cotidiano tem se beneficiado por utilizar produtos oriundos da fermentação não só para adquirir novos sabores e aromas, como também serem conservados como picles, chucrutes, salames (figura A), iogurtes (AMABIS; MARTHO, 2016) e natto (figura B) e ainda agregar valor econômico como os queijos. Portanto, conhecer este serviço prestado pelos microrganismos torna-se extremamente importante para o estudante, pois oportuniza reflexões e aprendizagens a partir da observação de produtos os quais estão familiarizados.

Etapas 1 – Distribuição do material e proposição do problema

Os alimentos consumidos pelos seres humanos são constituídos por nutrientes orgânicos que são utilizados também por outros organismos, dentre eles, os seres microscópicos, os quais contribuem nos processos de deterioração dos alimentos. Por isso, conservá-los tornou-se fundamental. Ao longo de nossa história, aprendemos técnicas de conservação que nos possibilitaram armazenar por muito mais tempo. Sendo assim, a proposta desta atividade é proporcionar reflexões e discussões entre os estudantes sobre maneiras alternativas de conservação de determinados alimentos por meio de leitura de texto e formação de grupos de discussão.

Organização da sala

Nesta atividade, sugerimos que, os estudantes sejam organizados em grupos de até 05 componentes, que podem ser escolhidos aleatoriamente ou de acordo com as relações afetivas já existentes entre os próprios estudantes, motivando-os desta forma a participar da atividade. A proximidade já estabelecida em seus relacionamentos facilitará a participação e interação entre eles.

Distribuição do material

Como forma de incentivá-los a refletir sobre maneiras alternativas de conservar alimentos, sugerimos que sejam distribuídas entre os estudantes as imagens abaixo (figuras A e B). No caso de não ser possível distribuir as imagens nos grupos, você pode projetá-las com auxílio de Datashow.



Figura A – Salame artesanal¹⁴.



Figura B – Natto¹⁵.

Neste momento, as imagens podem também ser complementadas com o vídeo disponibilizado no link <https://youtu.be/aU3p7QuSeo0>, o qual mostra um processo de fabricação de salame artesanal.

¹⁴ Salame artesanal, iguaria apreciada por diversos povos do mundo inteiro. Imagem disponível em https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/37/Salame_di_Sauris.jpg. Acesso em 28 jul.2020.

¹⁵ Natto, prato típico japonês originado a partir da fermentação da soja. Imagem disponível em <https://blogdescalada.com/wp-content/uploads/2018/04/alimentos-fermentados-Natto-1.jpg>. Acesso em 28 jul. 2020.

Problematizando

Esta atividade tem o propósito de estimular o estudante a levantar hipóteses sobre o motivo pelo qual alguns alimentos conseguem ser conservados por longos períodos. A necessidade de conservação sempre foi uma necessidade humana, principalmente em locais onde, por conta de climas rigorosos, a disponibilidade de determinados alimentos se tornava escassa. Sendo assim, conduza-os à provocação, estimulando o pensamento, com a seguinte problematização:

Os alimentos mostrados nas figuras A e B conseguem ser conservados por longos meses ou mesmo mais de um ano, mesmo antes da existência dos refrigeradores, como geladeiras. Por que a fermentação evita processos de deterioração do alimento? Como isso é possível? Você consegue relacionar esse procedimento com algum ser vivo?

Etapa 2 – Resolução do problema

Neste momento os estudantes devem ser estimulados a levantar hipóteses que permita a discussão e reflexão nos grupos, oferecendo-lhes condições de formular ideias para elaborar suas respostas. Vale lembrar que, como se trata de um momento de levantamento de hipóteses na discussão dos grupos, não devem ser fornecidas respostas prontas, mas apenas possibilidades de concluir seus pensamentos.

Etapa 3 – Sistematizando as ideias

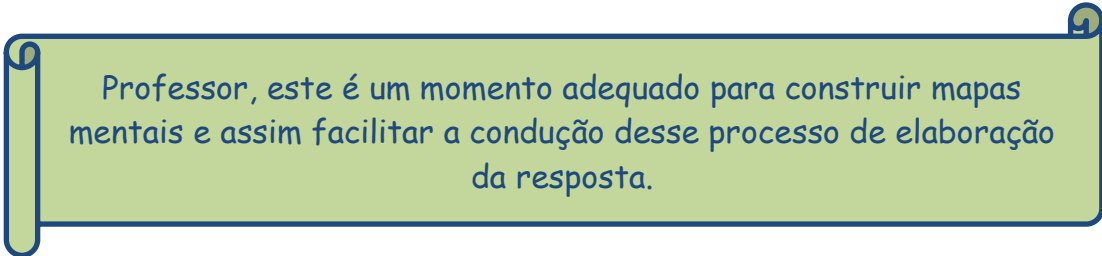
Professor, após perceber que os grupos finalizaram as discussões, é hora de organizar a sala novamente, podendo ser num formato de roda de conversa. Este formato terá a vantagem de facilitar a participação e visualização dos estudantes, uma vez que todos estão estruturados num mesmo plano. Sua função é compreender como os pensamentos foram formulados e as hipóteses foram construídas. Ajude os estudantes a construir um pensamento a partir dos conhecimentos prévios discutidos nos grupos.

Como forma de provocar e, ao mesmo tempo encoraja-los no debate, algumas perguntas podem ser proferidas, como:

- Por que o alimento não se deteriora facilmente?
- Que hipóteses vocês conseguiram levantar?

- Como vocês conseguiram chegar a esta conclusão?
- Por que foi necessário acrescentar o Yakult na fabricação do salame? (no caso de ter optado por assistir o vídeo).

Todas as respostas devem ser ouvidas atentamente, ainda que não seja a mais adequada, e a partir de então construir em cooperação com estudantes, uma resposta rumo à solução do problema.



Professor, este é um momento adequado para construir mapas mentais e assim facilitar a condução desse processo de elaboração da resposta.

Etapas 4 – Escrevendo e desenhando

Após finalizar o momento de construção dos conhecimentos é hora de sistematizá-los. Para tanto, os estudantes devem ser orientados a produzir um texto que contenha a uma receita para a produção de salames artesanais e os motivos pelos quais este alimento pode ser armazenado por longos períodos fora dos aparelhos de refrigeração.

3 BIOTECNOLOGIA

A biotecnologia é uma área da ciência que emprega sistemas biológicos como microrganismos e enzimas, para sintetizar ou modificar produtos com finalidade específica, podendo ser agrônômica, industrial, farmacêutica e outras (ALMEIDA *et al*, 2011). Podemos entender que se trata de conhecimentos biológicos que convergem aplicações para diversas áreas como a química, a tecnológica ou mesmo a informática.

Embora a palavra biotecnologia seja atual, as suas aplicações não são contemporâneos. Sendo assim, processos fermentativos são empregados há séculos para produzir alimentos como pães e queijos, e bebidas como o vinho e a cerveja (AMABIS; MARTHO, 2016), podendo ser consideradas como uma das práticas mais antigas da humanidade.

A área da biotecnologia teve um grande impulso com a descoberta das enzimas denominadas endonucleases de restrição, pelo cientista Werner Arber na década de 70, ainda que este não fosse o objetivo principal do seu trabalho, pois estava procurando compreender o motivo pelo qual algumas bactérias eram resistentes à infecção por vírus bacterianos (GRIFFITS *et al*, 2016). A partir de então, um mundo de possibilidades foi propiciado, como por exemplo, a manipulação do DNA de qualquer espécie e sua inserção na mesma ou noutra espécie, culminado na modificação genética de um organismo.

Essas “tesouras moleculares” revolucionaram a biologia como um todo, além de outras ciências, proporcionando novas áreas para pesquisa e investigação molecular, resolvendo problemas de cunho biológico, agrícola e industrial, tornando assim uma área bastante exitosa da ciência (GRIFFITS *et al*, 2016).

A utilização das endonucleases de restrição microbianas permite que características novas sejam “criadas” nos organismos, dependendo do interesse de sua aplicação, devido à técnica de recombinação do DNA, ou seja, reconhecimento e cortes em sítios específicos e posterior junção de fragmentos de DNA de espécies diferentes (PIERCE, 2016). Desta forma, um grande número de proteínas pode ser produzido, que atuarão na forma de vacinas e enzimas naturais (TORTORA; FUNKE; CASE, 2017).

Outras aplicações também são possibilitadas além das de uso médico e uma área que tem se mostrado promissora é a agricultura. Por exemplo, o DNA modificado oriundo da técnica, tem sido usado para melhorar a aparência, o sabor e a durabilidade de frutos e vegetais e ainda aumentar a resistência de plantas à seca. Além disso, linhagens de bactérias geneticamente modificadas foram desenvolvidas para proteger frutos contra danos causados

pelo frio e controlar insetos que causam danos às plantações (TORTORA; FUNKE; CASE, 2017).

Assim, podemos perceber a importância dos microrganismos e a diversidade de aplicações proporcionadas pelas técnicas em biotecnologia, o que permitirá a utilização desses conhecimentos nas soluções de problemas que emergem da saúde, da indústria, da agricultura, do meio ambiente e de outras áreas.

3.1 ATIVIDADE 5 – PRAGA NAS LAVOURAS

A manutenção da produtividade dos sistemas agrícolas torna-se um imenso desafio para produtores mediante a oferta de nutrientes, porque contribui para atrair uma diversidade de organismos em busca de alimentos. Esta condição favorece o crescimento demasiado de espécies, as quais, na ausência de seus predadores naturais, multiplicam-se a ponto de comprometer a produção, tornando-se pragas (MENEZES, 2003).

Dentre as medidas de controle, a mais utilizada se dá por meio dos defensivos agrícolas que, embora elimine temporariamente seres indesejáveis, por outro lado seu uso relaciona-se a efeitos danosos ao ambiente como contaminação de solos e mananciais, persistência no ambiente, perda de diversidade, seleção de organismos resistentes, surgimento de doenças aos manipuladores desses produtos, dentre outras (SCHIESARI, 2020).

Nessas condições, o controle biológico de pragas, termo empregado para definir a relação em que o número de indivíduos de uma população é controlado por outra, atuando como inimigo natural (MENEZES, 2003), torna-se uma alternativa interessante para minimizar os custos da produção, além de diminuir os riscos à saúde dos manipuladores e impactos ambientais quando comparados aos métodos tradicionais.

Devido ao contingente populacional que demanda cada vez mais por produtos de gênero alimentício, a abordagem do assunto na sala de aula torna-se fundamental, não só por conta dos conceitos ecológicos relacionados, mas também porque se torna uma oportunidade de apresentar aos estudantes, através de problemas que possibilitam o levantamento de hipóteses, que microrganismos podem também ser empregados no desempenho de tal função.

Etapa 1 – Distribuição do material e proposição do problema

A proposta desta atividade é promover debates e reflexões, bem como gerar conhecimentos sobre aplicações biotecnológicas através do uso de microrganismos como solução alternativa no combate às pragas nas lavouras, se apropriando do levantamento de hipóteses a partir da leitura de textos e conhecimentos prévios dos estudantes.

Organização da sala

Como forma dos estudantes serem motivados e deixá-los mais confortáveis e dispostos em participar da atividade, deverão ser formados pequenos grupos, entre 04 a 06 integrantes, de acordo com as relações afetuosas existentes na turma, uma vez que o clima de informalidade e espontaneidade é facilmente estabelecido entre colegas quando comparados em relação ao professor.

Distribuição do material

Um problema.....

Distribuir entre os estudantes uma notícia relacionada à nuvem de gafanhotos, disponibilizada no link abaixo. Poderá ainda, caso julgue necessário disponibilizar outra notícia ou manchete relacionada ao assunto:

<https://revistagloborural.globo.com/Noticias/noticia/2020/07/causa-rota-e-riscos-tudo-o-que-voce-precisa-saber-sobre-nuvem-de-gafanhotos.html>

A notícia, retirada de um veículo de comunicação disponibilizada na internet, está relacionada à imensa quantidade de gafanhotos que se desloca pela América do Sul e que tinha o Brasil como uma de suas rotas, segundo especialistas. Por se tratar de seres vivos que, obviamente precisam se alimentar, devido à grande quantidade de insetos, apresenta potencial risco de causar transtornos às lavouras.

Uma solução?

Ainda relacionado ao assunto, outro texto também pode ser distribuído aos alunos, disponibilizado no link abaixo:

http://www.tst.jus.br/noticias/-/asset_publisher/89Dk/content/utilizacao-incorreta-de-agrotoxicos-causa-acidentes-e-doencas-graves-a-trabalhadores?inheritRedirect=false

A matéria, de cunho informativo, trata de possíveis riscos à saúde do trabalhador do campo, quando manipula defensivos agrícolas nas lavouras e alerta para a importância do uso correto dos equipamentos de proteção individual (EPI's).

Problematizando

Imagine uma situação em que toda a produção de agricultura familiar de uma localidade tenha sido afetada pela mesma praga mencionada na reportagem e as soluções que lhes foram apresentadas até agora são por meio da utilização de agrotóxicos. Conscientes de que tais substâncias podem trazer problemas de saúde a médio e longo prazo para quem manuseia e também a outras pessoas, essa opção foi unanimemente descartada pelos agricultores. No entanto, eles estão diante de um problema iminente e que precisa ser solucionado.

Discuta com seus colegas outros meios considerados ecologicamente corretos capazes de eliminar esta praga.

Etapa 2 – Resolução do problema

Nesta etapa é fundamental que os estudantes se debrucem sobre o problema, a fim de pensar sobre formas de combater organismos considerados pragas, dentro das especificações lançadas no problema. É nesta etapa em que as ideias e discussões entre os colegas devem naturalmente fluir e discutir as “possibilidades de soluções”. Por isso é ideal que eles estejam organizados em grupos facilitando desta forma as discussões entre seus pares. Neste momento o professor irá gerenciar a organização dos grupos e assegurar a compreensão do problema pelos alunos.

Etapa 3 – Sistematização dos conhecimentos

Após a percepção da finalização das discussões dentro dos grupos, é hora de reorganizar a sala. O ideal é que se faça um grupo único (pode ser em forma de roda de conversa) para que um novo debate se faça, contudo desta vez com a participação do professor, que terá como função, compreender como os estudantes conseguiram solucionar o problema. Portanto eles devem ser estimulados a participar, objetivando a construção do conhecimento.

Para iniciar o debate são válidas perguntas motivadoras:

- Como vocês conseguiram solucionar o problema?
- O que vocês fizeram para chegar a esta conclusão?
- Por que vocês consideram que desta maneira vai dar certo?

Todas as respostas devem ser ouvidas atentamente, ainda que algumas sejam consideradas errôneas. O importante é que o processo seja conduzido para ser construído junto com os alunos, uma ideia rumo à solução do problema.

No caso dos estudantes não apontarem para caminhos biotecnológicos, o professor poderá apresentar o uso de bactérias e enzimas específicas utilizadas em tais condições, dentre elas, *Bacillus thuringiensis*, capaz de combater larvas de determinados insetos, ao produzir cristais de proteínas específicas que rompem suas paredes intestinais.

Etapa 4 – Escrevendo e desenhando

A fim de sistematizar os novos conhecimentos discutidos na aula, é preciso que os estudantes façam algum tipo de produção, pois assim lhes possibilita a aprendizagem individual. Sendo assim, confeccione um cartaz informativo que possa ser distribuído na comunidade local.

Esta atividade pode também ser elaborada de forma interdisciplinar com o(a) professor(a) da área de linguagem, preferencialmente no contexto da abordagem dos gêneros textuais.

3.2 ATIVIDADE 6 – JEANS SUSTENTÁVEL? SIM, É POSSÍVEL

As roupas jeans tem se tornado mundialmente famosas por utilizar um tecido, o *denim*, que se apresenta como resistente quando comparado aos demais tecidos e, aliada a uma ampla divulgação e análise, tem sido um dos mais utilizados na indústria da moda (DUARTE, 2014). No entanto, este setor têxtil enfrenta condições desafiadoras para minimizar impactos que causam ao ambiente, como o emprego de corantes e sua iminente poluição em cursos d'água. Desta forma, pensar em soluções que minimizem agressões ao ambiente torna-se necessário e uma destas maneiras é com o uso de microrganismos em etapas como amaciamento, branqueamento e tintura (TORTORA; FUNKE; CASE, 2017).

Tal problema pode então contribuir para introduzir assuntos no contexto da microbiologia e suas aplicações biotecnológicas.

Etapa 1 – Distribuição do material e proposição do problema

Esta atividade tem o objetivo de promover uma discussão e reflexão com estudantes sobre as diversas possibilidades de aplicações dos microrganismos na área da biotecnologia, através do emprego de bactérias geneticamente modificadas para produzir substâncias de interesse humano, como pigmentos para uso na indústria têxtil.

Organização da sala

Nesta atividade, sugerimos que, os estudantes sejam organizados em grupos de até 05 componentes. Deve-se permitir que esta escolha seja feita entre eles próprios, baseada em relações já existentes na turma, pois a proximidade e confiança pré-estabelecidas nas relações, facilitará a participação e interação.

Distribuição do material

Distribuir entre os estudantes um texto relacionado às diferentes nomenclaturas empregadas no contexto da indústria do jeans, frequentemente confundida por leigos no cotidiano, disponibilizada no link a seguir:

<https://guiajeanswear.com.br/noticias/a-diferenca-entre-jeans-denim-e-indigo/>

Distribuir e seguida este segundo texto, que apresenta algumas agressões que este setor da indústria têxtil, causa no meio ambiente:

<https://blog.urbanflowers.com.br/impacto-do-jeans/>

Finalizada a leitura, promova um breve momento de reflexão sobre impactos que a tintura utilizada neste tecido pode causar.

Problematizando

Mediante os impactos que a cadeia produtiva têxtil do jeans pode causar, principalmente relacionado ao tingimento empregado, percebe-se que se faz necessário e evidente uma rápida solução objetivando minimizar a eliminação dos resíduos ao ambiente. Sendo assim, esse contexto pode ser problematizado, com o seguinte questionamento:

É possível produzir jeans por outros meios diferentes do tradicional que possam minimizar os impactos causados no meio ambiente?

Etapa 2 – Resolução do problema

Os estudantes devem ser incentivados a levantar hipóteses sobre possibilidades de redução de impactos causados por este setor da indústria têxtil. Tais impactos devem servir como propulsão para gerar o debate nos grupos e pensar em alternativas ecologicamente sustentáveis. As condições de discussão e reflexão para formulação de ideias e elaboração de respostas devem ser asseguradas. Como se trata de um momento de levantamento de hipóteses, respostas prontas devem ser evitadas.

Etapa 3 – Sistematizando as ideias

Após a discussão nos grupos, as ideias devem ser sistematizadas. Procure conversar com a turma para compreender como conseguiram chegar aos resultados. Construa em concordância com os estudantes um raciocínio a partir das ideias por eles levantadas lançando neste momento algumas perguntas:

- Que hipóteses vocês conseguiram levantar?
- Como vocês conseguiram chegar a esta conclusão?
- Por que você acha que desta maneira o resultado será satisfatório?

Possivelmente muitas propostas serão lançadas, algumas viáveis e outras consideradas inexecutáveis de aplicação na indústria. Nesta etapa você pode tirar proveito da “tempestade de ideias”, na qual os estudantes podem mencionar livremente suas soluções e anotar no quadro branco palavras e/ou ideias proferidas, possibilitando a construção de um mapa conceitual.

No caso dos microrganismos não terem sido lembrados nas soluções discutidas, você pode lançar novos questionamentos, incluindo-os como possibilidades para solucionar o problema:

- E se fossem utilizados microrganismos geneticamente modificados para produzir diferentes pigmentos, bem como enzimas microbianas para desbotar tecidos?

A partir disso, novas discussões podem ser realizadas utilizando como temática, as aplicações biotecnológicas dos microrganismos.

Etapa 4 – Escrevendo e desenhando

Como sugestão, nesta etapa final, os estudantes devem ser orientados a elaborar um texto contendo soluções ecológicas e biotecnológicas que possam ser utilizadas em toda a cadeia produtiva da indústria do jeans (ou na indústria têxtil, como preferir), como forma de minimizar os impactos proporcionados ao meio ambiente.

4 MICRORGANISMOS E O CICLO DOS ELEMENTOS QUÍMICOS

Uma parte considerável dos elementos químicos presentes na natureza está em constante movimento, alternando-se entre os compartimentos bióticos e abióticos, como num circuito fechado, compondo o que se denomina ciclo biogeoquímico (BANDOUK *et al*, 2016). Neste fenômeno, o solo, a água, a atmosfera e os seres vivos são segmentos importantes e, juntos, participam em regime de colaboração para a manutenção do equilíbrio dos elementos em ecossistemas naturais (MACHADO *et al*, 2012).

Dentre os seres vivos, os microrganismos são especialmente importantes, porque atuam na decomposição da matéria orgânica, devolvendo os nutrientes para o meio abiótico, mais tardiamente para as plantas e destas para os demais seres vivos, através da cadeia alimentar. Desta forma, suas atividades favorecem a imobilização e transformação dos elementos nos ciclos biogeoquímicos, influenciando diretamente a qualidade física, química e biológica do solo (MACHADO *et al*, 2012).

Algumas atividades humanas são diretamente beneficiadas pela ciclagem dos elementos pelos microrganismos. É o caso da agricultura, em que a estreita relação das plantas leguminosas com bactérias fixadoras de nitrogênio presentes em nódulos de suas raízes permite um aporte de substâncias nitrogenadas para elas e os demais seres vivos (MADIGAN *et al*, 2016), incluindo outros microrganismos.

Os seres vivos necessitam de diversos elementos químicos para sua sobrevivência, alguns dos quais são mais consumidos pelo metabolismo, exigindo maiores demandas de consumo, o que os tornam essenciais para a manutenção e constituição da vida, como o carbono, nitrogênio, oxigênio, enxofre e fósforo (TORTORA; FUNKE; CASE, 2017). Neste processo, os microrganismos desempenham função especial. Por exemplo, após decompor outros organismos, pode devolver gás carbônico para a atmosfera ou utilizá-lo (junto com as plantas e algas) como fonte de carbono para sintetizar novos produtos por meio da fotossíntese, ou ainda transformar o abundante gás nitrogênio em formas utilizáveis para outros seres vivos.

Sendo assim, percebe-se que a atuação microbiana é imprescindível e por isso, torna-se necessário no senso comum, o conhecimento e a desmitificação das ideias criadas sobre microrganismos e uma das formas de assim fazer é promover debates e reflexões com atividades investigativas favorecendo o aprendizado e a formação de estudantes críticos e reflexivos, capazes de atuarem na resolução de problemas.

4.1 ATIVIDADE 7 – MICRORGANISMOS E O CICLO DO NITROGÊNIO

Uma quantidade incontável de espécies microbianas vive no solo ocupando nichos e desempenhando funções necessárias possibilitando a sobrevivência de todos os organismos terrestres (TORTORA; FUNKE; CASE, 2017). No entanto, ainda que o elemento nitrogênio componha aproximadamente 78% da atmosfera, somente uma pequena fração de microrganismos é capaz de promover sua fixação. Este processo consiste na transformação do nitrogênio gasoso em amônia, substância importante que será absorvida pelas plantas, as quais, através do seu metabolismo promovem a síntese das proteínas, ácidos nucleicos e outras moléculas nitrogenadas. A partir de então é possível transferir o nitrogênio que foi recém-incorporado, para outros grupos de seres vivos, normalmente através da cadeia alimentar.

A movimentação do nitrogênio propiciado por alguns grupos microbianos é o que garante a dinâmica do ciclo. Portanto, sendo imprescindível à nossa existência, torna-se fundamental compreender as etapas de seu funcionamento, bem como as bactérias que dele participam, uma vez que toda a vida do planeta depende diretamente deste fenômeno.

Etapas 1 – Distribuição do material e proposição do problema

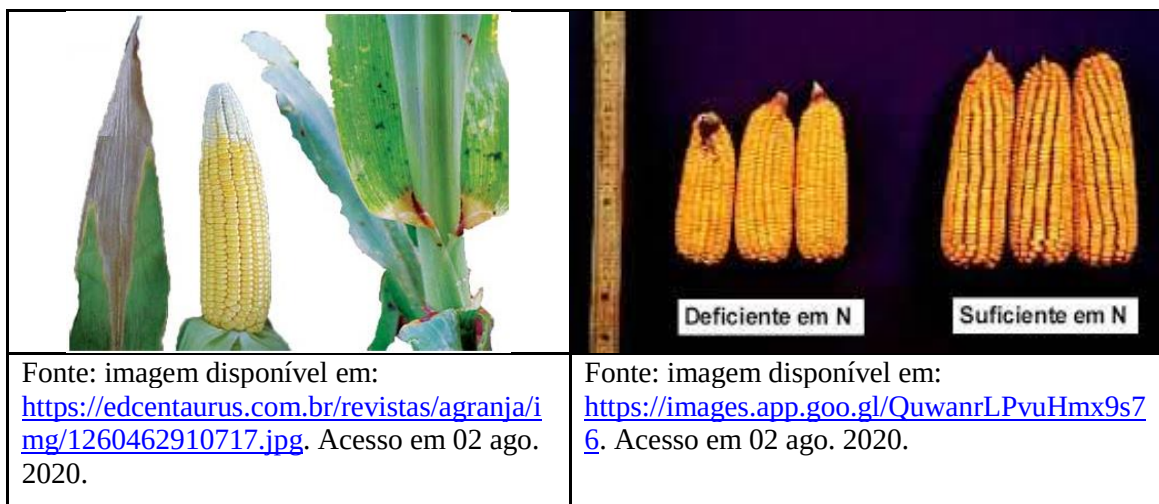
Esta atividade tem o objetivo de promover uma discussão com os estudantes sobre a participação dos microrganismos nas etapas do ciclo do nitrogênio bem como identificar as substâncias nitrogenadas produzidas e sua importância para o mundo dos seres vivos. Para isso serão mostradas algumas imagens de plantas com deficiência nutricional desse elemento como ponto de partida para problematizar a atividade.

Organização da sala

Recomendamos que os estudantes sejam organizados em duplas, no entanto pequenos grupos com até 04 componentes também podem ser formados, permitindo-lhes a discussão e o compartilhamento de ideias. Não há necessidade de interferir no processo de escolha, pois possivelmente já existam relações afetivas pré-estabelecidas e isso certamente, facilitará a interação dentro de cada dupla/trio/grupo.

Distribuição do material

Distribuir entre os estudantes imagens de plantas e/ou parte de sua estrutura como estatura, folhas ou frutos, relacionados à deficiência nutricional de nitrogênio, dentre elas algumas disponibilizadas a seguir:



Na impossibilidade da distribuição das imagens nos grupos, elas podem igualmente ser projetadas no quadro branco, utilizando aparelho Datashow.

Problematizando

Após este momento é hora de problematizar com a seguinte questão:

Partindo das premissas de que o elemento Nitrogênio está presente na composição química de todas as proteínas e que a grande maioria dos seres vivos não é capaz de absorvê-lo diretamente do ar atmosférico, como esta substância consegue chegar ao corpo de todos os organismos?

Este momento deve ser aproveitado também para lançar outras questões problematizadoras, as quais poderão auxiliar o debate e/ou a questão dita anteriormente, dentre elas:

- De que maneira o nitrogênio é incorporado ao solo?
- Quais organismos do solo são capazes de fixar este elemento? Como ocorre este fenômeno?
- Como as plantas conseguem absorver este elemento? E os animais?
- Por que compreender o ciclo do nitrogênio é tão importante para o homem?

Etapa 2 – Resolução do problema

Os estudantes devem ser incentivados a levantar hipóteses sobre o problema proposto. As imagens mostradas devem servir como impulso para o debate e o levantamento de hipóteses. Por isso, devem-se permitir condições de reflexão e discussão, no entanto respostas de questionamentos e dúvidas que certamente serão gerados devem ser evitadas, respeitando a condição deste momento pedagógico.

Etapa 3 – Sistematizando as ideias

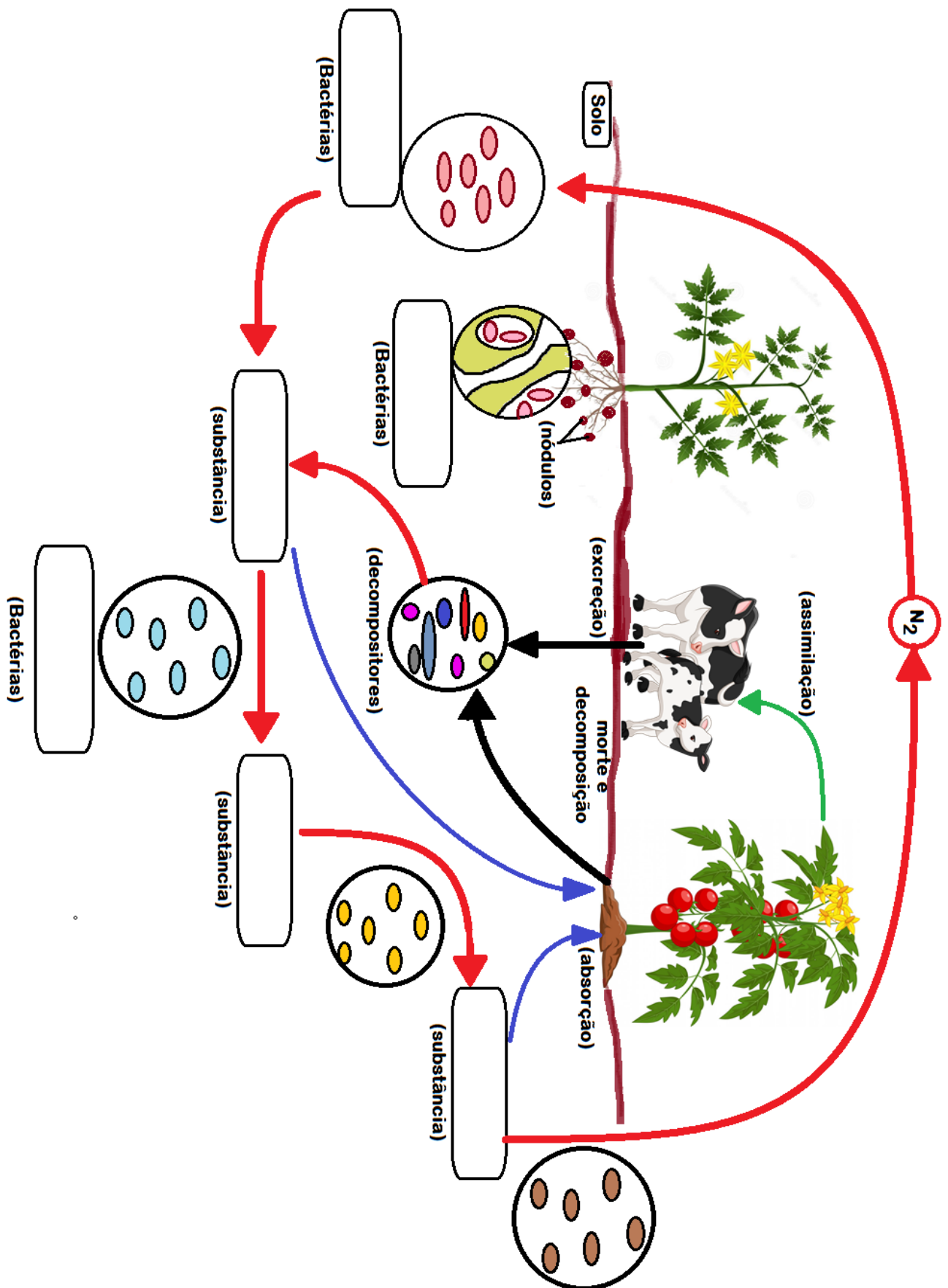
Após a discussão nos grupos, as ideias devem ser sistematizadas. Procure conversar com a turma para compreender de que modo seus pensamentos foram formulados. A partir das respostas ditas pelos estudantes, construa um raciocínio lançando neste momento algumas perguntas:

- Como o nitrogênio consegue chegar às plantas?
- Como vocês conseguiram resolver as perguntas que foram lançadas?
- Que hipóteses vocês conseguiram levantar?
- Como vocês conseguiram chegar a esta conclusão?
- Por que você acha que desta maneira o resultado será satisfatório?

Nesta discussão com a turma, devem ser elaborados os conceitos do ciclo do nitrogênio e assim descrever os principais acontecimentos de suas etapas, destacando sempre que a participação microbiana é imprescindível não só para o fenômeno como também para a sobrevivência de todos os seres vivos do planeta.

Etapa 4 – Escrevendo e desenhando

Como sugestão de atividade, oriente os estudantes a preencher, na figura adiante, os espaços em branco de um esquema simplificado do ciclo do nitrogênio, com os nomes dos microrganismos envolvidos nas reações e as respectivas substâncias nitrogenadas produzidas. Você pode imprimir a figura em folha de papel A3 ou A4. Em seguida, instrua-os a elaborar um texto contendo aproximadamente 20 linhas descrevendo o ciclo do nitrogênio, os microrganismos participantes e as substâncias produzidas em cada etapa do ciclo.



Fonte: AMABIS, José Mariano; MARTHO, Gilberto Rodrigues. **Biologia**. São Paulo: Moderna, 2016. 3 v (modificado pelo autor).

4.2 ATIVIDADE 8 – COLONIZANDO PLANETAS

A famosa frase proferida por Antoine Lavoisier (1743-1794) no século XVIII, de que “na natureza, nada se cria, nada se perde, tudo se transforma”, pode ser perfeitamente aplicada aos ciclos biogeoquímicos. Este ciclo pode ser definido como uma circulação de elementos constituintes das moléculas orgânicas entre os componentes bióticos e abióticos da Terra (AMABIS; MARTHO, 2016). Nesse sentido, se pensarmos que os corpos dos seres vivos apresentam uma composição fundamental, após a sua morte os elementos que o constituem retornarão ao ambiente para integrar-se em novas substâncias.

A passagem desses elementos entre compartimentos biológicos, geológicos e químicos permite que sofram rearranjos, caracterizando um ciclo envolvendo microrganismos e outros seres vivos, embora a prevalência microbiana em alguns ciclos seja predominante (MADIGAN *et al*, 2016). Portanto, torna-se imprescindível compreender este fenômeno e as contribuições microbianas, pois a manutenção de toda a vida existente no planeta, assim como modelos empregados de sobrevivência humana, como a prática da agricultura está diretamente conectada a esse processo.

Etapa 1 – Distribuição do material e proposição do problema

Esta atividade tem o objetivo de promover discussão e reflexão sobre a importância da participação dos microrganismos nos ciclos biogeoquímicos, principalmente do carbono, oxigênio e nitrogênio, envolvendo conceitos e funções exercidas, bem como as consequências para os outros seres vivos, através de uma situação hipotética em que os estudantes terão que pensar quais microrganismos são importantes para criar condições favoráveis à vida num ambiente aquático inóspito.

Organização da sala

Sugerimos que os estudantes sejam organizados em duplas, no entanto pequenos grupos com até 04 componentes também pode ser formados, permitindo-lhes a discussão e o compartilhamento de ideias. Não há necessidade de interferir no processo de escolha, pois possivelmente já existam relações afetivas pré-estabelecidas e isso certamente, facilitará a interação dentro de cada dupla/trio/grupo.

Distribuição do material

Esta atividade deve se problematizada com uma situação inicial sobre a importância de determinados elementos químicos para a manutenção da vida. Sendo assim, os estudantes podem se provocados com a seguinte pergunta:

- Qual a importância dos elementos carbono, nitrogênio e oxigênio para a manutenção da vida?
- É possível existir vida sem a presença desses elementos químicos?

Como forma de auxiliá-los em busca de respostas e início da discussão os textos a seguir podem ser distribuídos aos estudantes:

- ✓ Importância do nitrogênio: texto disponível no link:
<https://www.estudopratico.com.br/ciclo-do-nitrogenio-tudo-sobre-este-assunto/>. Acesso em 03 de ago. 2020.
- ✓ Importância do carbono: texto disponível no link:
<http://g1.globo.com/platb/observatoriog1/2007/07/17/o-carbono-e-a-vida/>. Acesso em 03 de ago. 2020.
- ✓ Importância do oxigênio: texto disponível no link:
<https://www.stoodi.com.br/blog/quimica/oxigenio/>. Acesso em 03 de ago. 2020.

Problematizando

Professor, esta atividade é uma situação hipotética que tem o propósito de estimular o estudante a pensar sobre quais organismos seriam mais adequados a colonizar um ambiente inóspito, mas que possa oferecer condições de instalação de outros seres vivos, através de suas atividades. Não se trata de abordar conhecimentos sobre origem dos seres vivos, mas sim questionar quais organismos seria mais adequado a ser colocada num ambiente aquático par esta finalidade.

Provoque os estudantes, estimulando seus pensamentos, com a seguinte problematização:

Caro estudante, a agência espacial que você trabalha enviou toda sua equipe a uma missão especial para visitar um planeta recém-descoberto e que foi batizado de “*Kerulemest*” (do latim, “*caerulem est*”, que significa lugar azul, devido à tonalidade da cor que aparenta quando observado pelos telescópicos). Nos registros iniciais, percebeu-se que o planeta possui diâmetro aproximado ao da Terra. Não foram observados seres vivos, mas encontrou-se a princípio água no estado líquido, além de outros componentes em sua atmosfera, como os gases nitrogênio e carbônico, os quais fazem os cientistas acreditarem que se trata de um planeta com condições semelhantes ao nosso.

A missão da equipe, portanto é explorar o novo planeta. Você deve coletar dados que possibilite o envio de outros seres para colonizar inicialmente o local, a ponto de tornar habitável para a sobrevivência de animais dentro de alguns anos. Sendo assim, considerando a inexistência de vida neste planeta, quais seres inicialmente devem ser colocados no ambiente aquático para que torne possível a sobrevivência de outros seres vivos?

Perceba que esta situação hipotética, permite a construção de diversos conhecimentos, incluindo origem da vida e evolução. No entanto, para não fugir à proposta da atividade, o debate deve ser direcionado para o reconhecimento de que os microrganismos são fundamentais para a liberação de moléculas essenciais à vida num ambiente aquático, como gás carbônico, gás oxigênio e moléculas nitrogenadas.

Etapa 2 – Resolução do problema

Incentive os estudantes a discutir ideias que solucionem a situação hipotética proposta. A situação mostrada deve servir para iniciar o debate sobre quais substâncias básicas são necessárias para a sobrevivência dos seres vivos e a importância dos microrganismos nesse processo. As condições de reflexão e discussão devem ser permitidas, mas evite responder os questionamentos e dúvidas que certamente serão gerados, respeitando a condição deste momento pedagógico.

Etapa 3 – Sistematizando as ideias

Após o momento de discussão entre os estudantes, as ideias devem ser sistematizadas. Partindo das próprias ideias por eles apontadas, pode-se compreender como chegaram aos resultados, perguntando-lhes sobre as hipóteses levantadas e seus resultados. A partir de então o assunto pode ser debatido, levando sempre em consideração os princípios

básicos de manutenção da vida, como a presença de água, gás oxigênio (para alguns seres vivos), moléculas nitrogenadas e uma fonte de carbono.

Mediante esta situação hipotética, incentive-os a pensar, abordando sobre os tipos de organismos, as substâncias primordiais necessárias, as relações tróficas, os processos de decomposição, dentre outro fatores, questionando:

- Para cada um dos elementos químicos, quais grupos de organismos seriam mais adequados neste processo de colonização?
- Os primeiros seres devem ser macroscópicos ou microscópicos? Por quê?
- Quais substâncias inicialmente seriam produzidas?
- Quais relações tróficas seriam estabelecidas?

Importante que seja ressaltado que todos os organismos necessitam de nitrogênio para sintetizar suas proteínas e ácidos nucleicos para sobreviver, gás oxigênio para realizar processo de oxidação de moléculas e geração de energia nas células, além de uma fonte de matéria orgânica para suprir suas necessidades de carbono. Sendo assim, conceitos relacionados aos ciclos do carbono, do oxigênio e do nitrogênio devem ser lembrados nessa discussão.

Etapas 4 – Escrevendo e desenhando

Como sugestão de atividade, oriente os estudantes a apresentar, em forma de seminário, quais grupos de microrganismos são importantes para criar um ambiente favorável à manutenção da vida no meio aquático, levando em consideração as condições hipotéticas apresentadas. Neste momento, para facilitar as apresentações, a turma pode ser reorganizada em três equipes, cada uma direcionada para abordar a atuação microbiana no ciclo de um elemento (carbono, nitrogênio e oxigênio), e as funções ecológicas que executam nestas condições, como as relações tróficas.

5 MICRORGANISMOS E AS INTERAÇÕES SIMBIÓTICAS

Os microrganismos habitam este planeta há bilhões de anos, conseguiram se adaptar a todos os ambientes e passaram a ocupar praticamente todos os nichos, alguns dos quais por meio do estabelecimento de consórcios com outros organismos (TORTORA; FUNKE; CASE, 2017). Quando dois ou mais organismos são determinados a viver associados, diz-se que estão em simbiose, ou seja, um tipo de interação entre espécies diferentes, por longo período, independentemente de haver ou não prejuízo para um deles (MADIGAN *et al*, 2016).

Não há um consenso do termo no meio científico. O conceito original, criado em 1879 pelo biólogo alemão Heinrich Anton de Bary (1831-1888) para designar relações de inquilinismo, parasitismo, comensalismo e mutualismo, tem sido empregado com outras finalidades, minimizando a relação algumas vezes a mutualismo obrigatório ou simplesmente a relações entre espécies diferentes em que um vive dentro ou sobre a outra (AMABIS; MARTHO, 2016).

Existem diversos exemplos na natureza de “vida conjunta”, envolvendo a participação microbiana, o qual assume diferentes funções. Sendo assim, podem ser classificados como *parasita*, quando se beneficiam em detrimento de seu hospedeiro; *patógeno*, quando causam doenças; *comensais*, quando não apresenta efeito negativo, embora não se perceba benefício notável; e *mutualista*, quando a relação é benéfica para os envolvidos, no entanto, não importa com qual organismo se relacione, o microrganismo sempre se beneficia (MADIGAN *et al*, 2016).

Alguns casos envolvendo essas interações são bastante comuns nos livros didáticos e no ajudam a compreender, pelo menos em parte, a dinâmica da relação, como nos exemplos abaixo (LINHARES; GERWANDSNAJDER, 2017; OGO; GODOY, 2016; AMABIS; MARTHO, 2016):

- ✓ Líquens – interação mutualística entre fungo (quase sempre um ascomiceto) e um organismo fototrófico (alga verde ou cianobactéria). Na relação, o simbionte fototrófico fornece nutrientes da fotossíntese, e em troca lhe é assegurado um microambiente propício ao seu desenvolvimento.
- ✓ Cupins – interação íntima entre cupins e protozoários que habitam seus intestinos. Nesta relação os protozoários digerem a celulose que compõe a madeira ingerida pelo hospedeiro, o qual se beneficia desta ação e em troca, fornece abrigo e alimento ao endossimbionte.

- ✓ Zooxantelas – protistas unicelulares fotossintéticos que pertencem a diversos grupos e se associam aos corais e a diversos seres heterotróficos marinhos. Com os corais, garantem a sua coloração e suprimento orgânicos e em troca, recebem abrigo e proteção.
- ✓ Micorrizas – associação entre alguns fungos e raízes de plantas. Os fungos asseguram às plantas uma área maior de exploração, além de fornecer determinados tipos de nutriente que, em troca recebem nutrientes orgânicos oriundos da fotossíntese.
- ✓ Microbiota intestinal – presente nos compartimentos digestórios dos animais, incluindo o homem. Sintetizam substâncias importantes para os seus hospedeiros e asseguram imunidade contra patógenos e em troca recebem abrigo e nutrientes ao seu metabolismo.
- ✓ Simbiontes fixadores de nitrogênio – interação entre bactérias do gênero *Rhizobium* e raízes de plantas leguminosas. Estes micróbios possibilita um aporte de substâncias nitrogenadas como amônia e em troca recebem do vegetal abrigo e substâncias oriundas da fotossíntese.

Importante ressaltar que todos os seres vivos do planeta estão envolvidos em algum grau de simbiose com outro e algumas destas interações se tornam extremamente importantes por sustentar a vida em nosso planeta, como é o caso das bactérias fixadoras de nitrogênio que, em suas interações com as plantas, garantem nitrogênio para a cadeia alimentar.

5.1 ATIVIDADE 9 – À PROCURA DE LÍQUENS

Os líquens consistem numa interação simbiótica entre dois importantes grupos microbianos, um fungo e uma alga ou cianobactéria, sendo frequentemente encontrados sobre rochas nuas, troncos de árvores, telhados e superfícies de solos nus, estabelecendo entre os participantes uma relação mutualista (MADIGAN *et al*, 2016). Os parceiros estabelecem funções que são compartilhadas entre si na relação. A alga, ou cianobactéria, é o organismo autotrófico e, através da fotossíntese sintetiza a matéria orgânica, utilizada pelo fungo, o qual, incapaz de se alimentar em tais ambientes, fornece um microambiente propício à proteção e crescimento do parceiro autotrófico.

Conhecer a natureza desta relação torna-se extremamente importante no contexto da sala de aula, uma vez que estes organismos são apontados como sensível a determinados poluentes (AMABIS; MARTHO, 2016), o que contribui para exercer uma nobre função bioindicadora.

Etapa 1 – Distribuição do material e proposição do problema

Esta atividade tem o objetivo de observar organismos simbióticos em seu ambiente natural e sua atuação como possível indicador biológico de ambientes contaminados, por meio da observação e comparação dos líquens em espaços não formais de ensino, bem como a disposição dos organismos envolvidos nesta simbiose.

Organização da sala

Os estudantes devem ser organizados em pequenos grupos de até 05 componentes. Não é uma obrigatoriedade, contudo esse tipo de organização além de favorecer uma discussão e reflexão, possibilita mais integração dos participantes.

Esta atividade será realizada em três (ou quatro) momentos diferenciados:

1º momento – propor aos estudantes uma breve reflexão sobre fungos e sua importância, bem como as possíveis interações ecológicas estabelecidas com outros organismos.

2º momento – conduzir os estudantes a uma visita guiada por um bosque, praça pública arborizada, parque municipal, trilha ecológica ou outro local com arborização preservada podendo ser jardim da própria escola, caso possua nestas condições. Opcionalmente você

pode orientá-los sobre a coleta desse material para posterior observação, se a escola dispuser de laboratório de ciências.

Procedimento de coleta, segundo Lima (2013):

Cortes à mão livre com lâmina de barbear ou estilete de fragmentos do líquen (podendo ser os corpos de frutificação, estruturas reprodutivas ou talos).

3º momento – conduzir os estudantes a alguma rua ou avenida por onde transitam grande número de veículos. Caso não seja possível, pode ser pedido que façam os registros em seus trajetos à escola (obedecendo a realidade de cada escola).

4º momento (opcional) – observação do material no microscópio. É provável que os estudantes perguntem sobre a constituição desses organismos. Sendo assim, conduza-os ao laboratório da escola para observação do material e eles próprios cheguem à uma descoberta sobre do que são feitos.

Procedimento de observação:

Hidratar um pedaço do líquen com água destilada por alguns segundos. Em seguida colocá-lo numa lâmina, encobrir com lamínula (inicialmente apoia-la sobre a lâmina em ângulo reto para evitar a formação de bolhas e dificultar a visualização) e observar ao microscópio, procurando identificar as hifas e as células fotossintéticas (geralmente de formato circular com coloração verde).

No segundo e terceiro momentos devem-se registrar, por fotografias e anotações, os líquens presentes no ambiente. Importante que sejam estabelecidos parâmetros como a quantidade de árvores, a contagem de unidades de líquens (num mesmo tronco ou na área total) e outros parâmetros conforme julgar necessário. Isso possibilita uma melhor comparação da sobrevivência desses organismos em diferentes tipos de ambientes.

Propomos um modelo de tabela, como mostrado abaixo, para facilitar as anotações e a comparação dos ambientes visitados. Outros parâmetros também podem ser criados.

PARÂMETROS	AMBIENTE 1	AMBIENTE 2
Número de árvores (estabelecer um tamanho de área aproximada)		
Quantidade de líquens (em cada árvore ou na área total)		

Distribuição do material

Esta aula deverá ser conduzida nos espaços não formais de aprendizado (bosque, parque municipal, praça ou outro local conforme a realidade da escola). Portanto, um agendamento da visita ao local se faz necessário (no caso do espaço não ser público), bem como autorização por escrito dos responsáveis pelos estudantes (no caso de não terem atingido ainda a maioridade).

Alguns materiais serão necessários para o registro em campo como caderno, caneta, lápis e borracha para anotações; e para o registro fotográfico, filmadora, telefone celular ou outro equipamento com função similar.

Problematizando

Esta atividade tem o propósito de estimular o estudante a levantar hipóteses sobre o motivo pelo qual os líquens não estão presentes em ambientes poluídos. Eles devem ser provocados, estimulando o pensamento, com a seguinte problematização:

Compare os líquens dos seus registros nos dois tipos de ambientes pesquisados. Por que a quantidade de líquens não é uniforme nos dois casos? Que fatores podem estar associados a esta diferença?

Etapa 2 – Resolução do problema

Os estudantes devem levantar hipóteses sobre os motivos pelos quais a quantidade de líquens não é mesma nos dois casos. A comparação dos resultados observados a partir dos registros, possivelmente servirá como ponto de partida para gerar o debate em cada grupo. Ofereça condições de discussão e reflexão entre os estudantes, para formular ideias e elaborar suas respostas. Lembre-se que, como se trata de um momento de levantamento de hipóteses. Portanto, respostas prontas devem ser evitadas.

Etapa 3 – Sistematizando as ideias

Finalizada a discussão entre os grupos, é hora de sistematizar as ideias. Portanto desfaça os grupos e procure conversar com a turma para compreender como conseguiram chegar aos resultados. Ajude os estudantes a construir um pensamento a partir dos seus próprios resultados.

Algumas perguntas podem ser lançadas para iniciar este momento, dentre elas:

- Que hipóteses vocês conseguiram levantar?
- Como vocês conseguiram chegar a esta conclusão?
- Em qual dos ambientes vocês encontraram mais líquens?
- Em qual dos ambientes visitados existem mais árvores?
- Qual dos ambientes você considera mais saudável? Por quê?
- Por que você acha que a quantidade de líquens encontrados nos dois ambientes é

diferente?

Todas as respostas devem ser consideradas, ainda que não seja a mais adequada, e a partir de então construir em cooperação com estudantes, uma resposta rumo à solução do problema formulado.

Etapa 4 – Escrevendo e desenhando

Nesta etapa final, oriente os estudantes a elaborar um vídeo, contendo imagens e/ou gravação dos líquens encontrados, relatando características do ambiente como clima, localização, aspectos relacionados aos líquens como formato, cor, quantidade dentre outras. Pode ainda, conforme desejar, orientá-los na elaboração de um relatório contendo as mesmas descrições sugeridas no vídeo.

5.2 ATIVIDADE 10 – DESEQUILIBRANDO A MICROBIOTA INTESTINAL

A todo o momento nosso corpo está em contato com microrganismos estabelecendo muitas relações, algumas de defesa contra agentes patogênicos. É o caso da microbiota intestinal, uma dinâmica relação simbiótica que quando saudável, exerce influência considerável na promoção do nosso bem-estar e nossa saúde, ao impedir que microrganismos maléficos se proliferem a ponto de nos causar efeitos danosos (SAAD, 2006).

A microbiota não é constituída igualmente pelos mesmos microrganismos. São colonizadas por diferentes espécies a depender do local do corpo, do período e das condições ‘microambientais’, sendo altamente diversificada e podendo diferenciar entre indivíduos de uma mesma população (TORTORA; FUNKE; CASE, 2017)

O nosso corpo disponibiliza microambientes para o desenvolvimento da microbiota, sendo introduzidas desde o nosso nascimento e nos acompanham por toda a vida (MADIGAN *et al*, 2016). No entanto, fatores externos que provocam seu desequilíbrio, como os antibióticos (por mais contraditório que seja) resultarão em desordens de ordem patológica, traduzidas como infecções bacterianas oportunistas que nos remetem a cuidados.

Uma ampla variedade de reações metabólicas importantes influencia a produção de substâncias, como é o caso das vitaminas K e B12, que não sendo sintetizadas pelo homem, nos põe numa relação de dependência direta desses simbioses (TORTORA; FUNKE; CASE, 2017).

Sendo assim, objetivando desmitificar a ideia de que os microrganismos somente nos causam problemas, mas também com a responsabilidade de reconhecer que determinados cuidados são importantes para a manutenção da nossa saúde, é de suma importância que este tema seja abordado no contexto das aulas sobre microbiologia, tornando possível conhecer os fatores que permeiam essa interessante relação de simbiose.

Etapa 1 – Distribuição do material e proposição do problema

Esta atividade tem o objetivo de promover a construção de conhecimentos relacionados aos microrganismos simbioses de nosso corpo, bem como as funções que nos proporcionam, em especial os que compõem nossa microbiota intestinal. Para isso será proposto um relato clínico verídico em que o uso de antibiótico ocasionou, como efeito colateral, o seu desequilíbrio.

Organização da sala

Para a realização desta atividade, sugerimos que a turma seja dividida em 05 equipes, no entanto para viabilizar a atividade e permitir a participação do máximo possível de estudantes, turmas numerosas contendo acima de 40 alunos podem formar mais equipes. Tal divisão se justifica pelo fato de, ao final da proposta e após discussão e pesquisa sobre o tema, as equipes apresentem um seminário de divulgação dos conteúdos estudados.

O assunto pode ser trabalhado no contexto das aulas sobre microrganismos, inicialmente de forma expositiva-dialogada e em seguida, problematizando com o relato clínico, mostrado adiante, oportunizando levantar hipóteses e discutir sobre o problema.

Distribuição do material

Como forma de auxiliar a reflexão sobre microrganismos simbiotes e sua importância para nosso corpo, contribuindo na busca de respostas para o relato clínico, os textos a seguir devem ser distribuídos aos estudantes:

- ✓ <https://pebmed.com.br/microbiota-intestinal-seria-um-novo-orgao/>, que relata a função desempenhada pelos microrganismos simbiotes da microbiota intestinal.
- ✓ <https://www.biologianet.com/saude-bem-estar/antibioticos.htm>, que aborda conceitos relacionados a uso dos antibióticos.

Este é um momento de introdução ao tema, no qual pode ser perguntado se os estudantes já estudaram a função que os microrganismos simbiotes desempenham e em quais partes do nosso corpo podemos encontrar.

Problematizando

Professor, esta atividade aborda um caso clínico relatado numa revista médica e tem o propósito de promover uma discussão sobre a importância dos microrganismos simbiotes que constituem a microbiota intestinal e as consequências acarretadas pelo seu

desequilíbrio em decorrência do uso de antibióticos. Tal situação oportuniza um debate na sala de aula dentro de tais circunstâncias.

Distribua entre os estudantes o caso clínico¹⁶ abaixo, seguido da problematização:

O caso clínico é referente a uma pessoa do sexo feminino, 44 anos, sem antecedentes relevantes, que foi submetida a histerectomia (cirurgia de retirada do útero). Seguindo o protocolo médico, foi utilizada como profilaxia pós-operatória, administração de cefoxitina 1,0 g (antibiótico) endovenosa. No segundo dia do pós-operatório, por conta da manipulação uretral, a paciente apresentou sintomas sugestivos de cistite aguda (inflamação da bexiga), sendo então instituído o tratamento com outro antibiótico, a cefuroxima 500mg, que possui amplo espectro, durante oito dias. No décimo dia de pós-operatório iniciou um quadro clínico com febre associada a mal estar geral e perda ponderal acentuada (4kg) que culminou, ao fim de três dias, com o aparecimento de diarreia aquosa. Análises de sangue revelaram aumento dos neutrófilos (ou seja, um tipo de célula do sangue que promove a defesa do corpo). Para exclusão de complicações cirúrgicas, foi requisitado um exame de imagem através de uma tomografia computadorizada da região abdominal e pélvica, que revelou espessamento da parede do reto e eritema (vermelhidão) local. Perante a suspeita clínica de diarreia associada à bactéria *Clostridium difficile*, foi solicitada a pesquisa de toxinas nas fezes, cujo resultado viria a ser positivo para a toxina B, sendo iniciada nova terapia com metronidazol (medicamento que possui atividade antibacteriana) por 14 dias, com resolução clínica completa em quatro dias. Manteve-se assintomática e após duas semanas, verificou-se novo episódio de diarreia, considerado uma recorrência, e que cedeu a novo esquema de 14 dias de metronidazol.

No caso clínico divulgado, a paciente apresentou o desenvolvimento de um quadro diarreico após o uso de antibióticos, medicamento utilizado justamente para combater infecções. Por que isso acontece?

¹⁶ VINAGRE, Claudia; BRAVO, Íris; VIEIRA, Águeda; GONÇALVES, Vítor; ROMÃO, Fátima. Diarreia associada a *Clostridium difficile* no pós operatório – um caso clínico. **Acta Obstétrica e Ginecológica Portuguesa**, Coimbra, v. 7, n. 2, p. 140-142, 2013.

Etapa 2 – Resolução do problema

Professor, após a leitura do texto este é momento em que os estudantes devem discutir as ideias sobre o caso clínico e tentar propor uma solução através do levantamento de hipóteses. A situação apresentada deve servir de incentivo para iniciar reflexões e debates entre os envolvidos. O seu papel por hora, não é de resolução do problema, mas de assegurar a organização das equipes, respeitando a realização deste momento pedagógico.

Etapa 3 – Sistematizando as ideias

Após a percepção de que as equipes tenham finalizado suas reflexões sobre o problema, é hora de sistematizar as ideias. Partindo das hipóteses apontadas pelos estudantes, este momento pode ser iniciado através de uma conversa com a turma sobre como conseguiram resolver o problema, iniciando com os seguintes questionamentos:

- Quais hipóteses foram levantadas?
- Se um antibiótico é utilizado para combater infecções, por que a paciente apresentou o caso clínico relatado no artigo?
- Qual o papel da flora intestinal numa pessoa saudável?
- E se houver desequilíbrio, o que acontece?

Dependendo das respostas dos estudantes, outros questionamentos podem ser lançados, acarretando na sugestão de novas hipóteses e reflexões.

Nessa discussão devem ser introduzidos conceitos como ‘microrganismos simbiotes e sua importância para o corpo’, ‘defesa proporcionada pela microbiota intestinal contra agentes patogênicos’, ‘infecções oportunistas’, ‘o papel dos antibióticos e as consequências do seu uso descontrolado’, ‘probióticos’ dentre outros.

Importante que seja ressaltada a importância que os microrganismos simbiotes proporcionam para o nosso corpo e os seres vivos em geral.

Etapa 4 – Escrevendo e desenhando

Como sugestão de atividade, os estudantes devem ser orientados a apresentar seminários, contemplando os novos conhecimentos. Para facilitar as apresentações, os seguintes subtemas devem ser distribuídos entre as equipes:

Equipe 1 – ‘Microbiota intestinal, abordando os benefícios e os principais grupos microbianos.

Equipe 2 – Infecções bacterianas (não há necessidade de especificar as bacterioses, mas apenas relacionar as circunstâncias nas quais as infecções acontecem).

Equipe 3 – Antibióticos.

Equipe 4 – Consequências do uso de antibióticos (como afeta a microbiota intestinal).

Equipe 5 – Probióticos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As propostas de atividades apresentadas neste caderno objetivam contribuir para que os estudantes possam construir conhecimentos científicos, através da leitura, do debate, do levantamento de hipóteses e da argumentação. Mais ainda, possibilita participação ativa por se tratar de uma metodologia em que o estudante é colocado no centro do processo de ensino-aprendizagem.

Tais atividades foram pensadas para serem utilizadas em aulas envolvendo conteúdos de microbiologia. Sendo assim, podem ser utilizadas, tanto para apresentar o conteúdo e/ou destacar a importância sobre seres procariontes (geralmente abordadas no 2º ano do ensino médio), quanto para abordar temáticas envolvendo microbiologia em qualquer outra etapa, uma vez que o assunto é estudado em todo o percurso do ensino médio. Outra possibilidade também é a contextualização dentro do mesmo componente curricular (ecologia e microbiologia, por exemplo) ou a interdisciplinarização com outros componentes.

Atividades investigativas podem ser desenvolvidas em qualquer contexto do ensino de ciências, não só no ambiente de laboratório (CARVALHO, 2013). Por isso, propomos além de experimentos simples, atividades envolvendo leitura de textos, observação e aula de campo, como forma de contribuir para despertar o interesse dos estudantes pelas ciências, de um modo geral.

Para que o aprendizado possa se consolidar no estudante, na visão de Carvalho (2013), é preciso que ele tome conhecimento, interagindo com material e com os colegas, analisando e discutindo possibilidades. E ainda, que possa registrar seus resultados, seja por meio de desenhos, da escrita ou exercendo a oralidade. Desta forma, após as interações e levantamento de hipóteses, são sugeridas algumas alternativas de divulgação de suas ideias.

Portanto, acreditamos que o ensino de ciências através de atividade investigativas, pode inserir o estudante no processo de Alfabetização Científica, favorecendo-o na aquisição de habilidades e competências para compreender o mundo que o cerca, contribuindo assim para exercer a sua cidadania.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, Carolina Paz de; ROCHA, Jéssica Cristina; CARITÁ, Juliana Sena; SOUZA, Tamyres Martines de Almeida; SOUZA, Paulo Vitor dos Santos. **Biotecnologia na produção de alimentos**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2011. 37 p.
- ALMEIDA, Daniel Francisco Otero de. **Padeiro e confeitoiro**. Canoas: Ulbra, 1998. 202 p.
- ALMEIDA, Wil Madson Soares; BRAZ, Eliane Marta Quiñones; SANTOS, Carlos Lopes dos. Impactos ambientais e o petróleo. **Ceciliana**, Santos, v. 2, n. 5, p. 31-37, 2013.
- AMABIS, José Mariano; MARTHO, Gilberto Rodrigues. **Biologia Moderna Amabis e Martho**. São Paulo: Moderna, 2016. 3 v.
- ANASTASIOU, Léa das Graças Camargos; ALVES, Leonir Pessate (org.). **Processos de ensinagem na universidade**: pressupostos para as estratégias de trabalho em aula. 3. ed. Joinville, SC: Univille, 2004.
- ANDRADE, Juliano de Almeida; AUGUSTO, Fabio; JARDIM, Isabel Cristina Sales Fontes. Biorremediação de solos contaminados por petróleo e seus derivados. **Eclética Química**, São Paulo, v. 35, n. 3, p. 17-43, set. 2010.
- BANDOUK, Antonio Carlos; CARVALHO, Elisa Garcia; AGUILAR, João Batista; SALLES, Juliano Viñas; NAHAS, Tatiana Rodrigues. **Biologia**: ser protagonista. 3. ed. São Paulo: Sm, 2016. 3 p. 3 v.
- CARVALHO, Ana Maria Pessoa de (org.). **Ensino de Ciências por Investigação**: condições para implementação em sala de aula. São Paulo: Cengage Learning, 2013.
- CARVALHO, Ana Maria Pessoa de; VANNUCCHI, Andréa Infantsi; BARROS, Marcelo Alves; GONÇALVES, Maria Elisa Rezende; REY, Renato Casal de. **Ciências no ensino fundamental**: o conhecimento físico. São Paulo: Scipione, 2005.
- CASTELLAR, Sonia M. Vanzella (org.). **Metodologias ativas: introdução**. São Paulo: FTD, 2016.
- DIESEL, Aline; BALDEZ, Alda; MARTINS, Silvana. Os princípios das metodologias ativas de ensino: uma abordagem teórica. **Revista Thema**, [S.L.], v. 14, n. 1, p. 268-288, 23 fev. 2017.
- DUARTE, Luciana dos Santos. Design de jeans para sustentabilidade: aplicação de ferramentas de redução de impacto ambiental para análise do jeans co/pet reciclado. **Iara**: revista de moda, cultura e arte, São Paulo, v. 7, n. 2, p. 84-112, 2014.
- GRIFFITHS, Anthony J. F.; WESSLER, Susan R.; CARROLL, Sean B.; DOEBLEY, John. **Introdução à genética**. 11. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia da autonomia**: saberes necessários à prática educativa. 49. ed. Rio de Janeiro - São Paulo: Paz e Terra, 2014a.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia do oprimido**. 57. ed. Rio de Janeiro - São Paulo: Paz e Terra, 2014b.

LIMA, Edvaneide Leandro de. **Riqueza e composição de líquens corticícolas crostosos em área de Caatinga no Estado de Pernambuco**. 2013. 109 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Biologia de Fungos, Micologia, Universidade Federal de Pernambuco, Pernambuco, 2013.

LINHARES, Sérgio; GERWANDSNAJDER, Fernando; PACCA, Helena. **Biologia Hoje**. 3. ed. São Paulo: Ática, 2017.

MACHADO, Diogo Milhomem; SCHOSSLER, Thiago Rodrigo; ZUFFO, Alan Mario; ANDRADE, Fabrício Ribeiro de; PIAUILINO, Adelfran Cavalcante. Atividades microbianas e as transformações no ciclo dos elementos no solo. **Enciclopédia Biosfera**: centro científico conhecer, Goiânia, v. 8, n. 15, p. 180-195, 2012.

MADIGAN, Michael T. *et al.* **Microbiologia de Brock**. Porto Alegre: Artmed, 2016. 960 p.

MENEZES, Elen de Lima Aguiar. **Controle biológico de pragas**: princípios e estratégias de aplicação em ecossistemas agrícolas. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2003. 44 p. (Embrapa Agrobiologia. Documentos, 164).

NELSON, David L.; COX, Michael M.. **Princípios de bioquímica de Lehninger**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2014.

OGO, Marcela Yaemi; GODOY, Leandro Pereira de. **Contato Biologia**. São Paulo: Quinteto, 2016.

PEREIRA, Aline Ramalho Brandão; FREITAS, Diego Antônio França de. Uso de microrganismos para a biorremediação de ambientes impactados. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, Santa Maria, v. 6, n. 6, p. 975-1006, 2012.

PEROTONI, Gabriel. **Seleção de bactérias ambientais para o controle biológico de *Dysdeercus peruvianus* associado ao fungo *Metarhizium anisopliae***. 2010. 58 f. Monografia – Curso de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010

PIERCE, Benjamin A.. **Genética**: um enfoque conceitual. 5. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016.

PINTO JUNIOR, Orlando Pinna Ferreira. **Simulação e otimização**: desenvolvimento de uma ferramenta de análise de decisão para suprimimento de refinarias de petróleo através de uma rede de oleodutos. 2001. 135 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

SAAD, Susana Marta Isay. Probióticos e prebióticos: o estado da arte. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, São Paulo, v. 42, n. 1, p. 1-16, mar. 2006.

SALSA, Ivone da Silva. A importância do erro do aluno em processos de ensino e de aprendizagem. **Rematec**, Belém, v. 12, n. 26, p. 86-99, dez. 2017.

SANTOS, Renata da Matta dos; LEITE, Selma Gomes Ferreira; SOBRAL, Luiz Gonzaga Santos; RIZZO, Andréa Camardella de Lima. Remediação de solo contaminado por petróleo em biopilhas - ecala piloto. **ABGP**, Campinas, p. 1-10, out. 2007.

SCHIESARI, Luis. **Defensivos agrícolas**: como evitar danos à saúde e ao meio ambiente. Disponível em: https://ipam.org.br/wp-content/uploads/2012/08/defensivos_agri%CC%81colas_como_evitar_danos_a%CC%80.pdf. Acesso em: 02 ago. 2020.

SILVA, Isabel do Nascimento; ALMEIDA, Janiele Mayara Ferreira de; SOUZA, Sheila Pricila Marques Cabral de; OLIVEIRA, Érica Souza; FERNANDES, Nedja Suely. Proposta metodológica de avaliação da técnica do azul de metileno na avaliação da qualidade da água. **Holos**, [S.L.], v. 6, p. 82-91, dez. 2018.

TORTORA, Gerard J.; FUNKE, Berdell R.; CASE, Christine L.. **Microbiologia**. 12. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

VASCONCELOS, Margarida Angélica da Silva; MELO FILHO, Artur Bibiano de. **Conservação de Alimentos**. Recife: EDUFRPE, 2010. 130 p.